

**MEMORIAS 2008
CONGRESO NACIONAL
DE ADMINISTRACIÓN Y
TECNOLOGÍA PARA LA
ARQUITECTURA, INGENIERÍA
Y DISEÑO**

16



**PROPUESTA PARA EVALUAR
EL DESEMPEÑO DE LA
GESTIÓN DE PROYECTOS EN
LA SUSTENTABILIDAD DE LA
CONSTRUCCIÓN: APLICACIÓN
DEL CONOCIMIENTO**

**Gilberto A. Corona Suárez,
Carlos E. Arcudia Abad,
y José H. Loría Arcía**

PROPUESTA PARA EVALUAR EL DESEMPEÑO DE LA GESTIÓN DE PROYECTOS EN LA SUSTENTABILIDAD DE LA CONSTRUCCIÓN: APLICACIÓN DEL CONOCIMIENTO

**Gilberto A. Corona Suárez,
Carlos E. Arcudia Abad,
y José H. Loría Arcila**

INTRODUCCIÓN

La construcción sustentable apunta hacia la incorporación de los principios de desarrollo sustentable en la práctica. Sin embargo, aunque el conocimiento sobre desarrollo sustentable ha estado en constante expansión, la construcción sustentable todavía no es una práctica estandarizada. Una barrera técnica que inhibe su implementación es la falta de un modelo que integre los conceptos de sustentabilidad en la gestión de los proyectos de construcción. Por este motivo, se propone el desarrollo de un sistema basado en el conocimiento que facilite la comprensión del alcance de implementar los principios de sustentabilidad en los procesos de gestión de los proyectos de construcción. Un aspecto que debe considerar este sistema es que sea útil para evaluar el efecto que tendría el desempeño de los procesos de gestión de proyectos sobre los indicadores de sustentabilidad de los proyectos. Otro aspecto que debe considerar el sistema propuesto es la necesidad de evaluar la sustentabilidad de un proyecto de construcción a través de las diferentes etapas de su ciclo de vida, es decir, su planeación, diseño, construcción, mantenimiento y finalmente, su disposición final. Este esfuerzo, parte de las siguientes preguntas de investigación:

¿Qué factores dentro de los sistemas de gestión de proyectos deben ser promovidos para lograr la sustentabilidad del proceso constructivo en los proyectos de construcción de viviendas?

¿Cómo estimar objetivamente los efectos del desempeño de los sistemas de gestión de proyectos sobre los indicadores de sustentabilidad del proceso constructivo de estos proyectos?

Para responder a estas cuestiones, se pretende experimentar con la aplicación de técnicas de modelación que permiten la integración del conocimiento en la solución de problemas y toma de decisiones. Para esto, se pretende aprovechar el conocimiento sobre construcción sustentable que existe en forma explícita o tácita en el contexto académico, industrial e institucional, así como explorar la aplicación de técnicas de lógica difusa y sistemas expertos para el desarrollo de un prototipo del sistema propuesto. La propuesta incluye la provisión de un prototipo del sistema que pueda apoyar la toma de decisiones sobre la implementación de procesos de gestión encauzados a lograr las metas de sustentabilidad de los proyectos de construcción.

ANTECEDENTES SOBRE CONSTRUCCIÓN SUSTENTABLE

La consideración de la sustentabilidad en el desarrollo de los países se inició en la década de 1970. En 1972, durante la Conferencia Mundial de Naciones Unidas sobre el Medio Humano, la comunidad internacional manifestó por primera vez sus preocupaciones en torno a los problemas ecológicos y del desarrollo y la necesidad; mientras que en 1976, con motivo de la Conferencia Mundial de Naciones Unidas sobre Asentamientos Humanos, se consideró la necesidad de mejorar la calidad de vida a través de la provisión de vivienda adecuada para la población y el desarrollo sustentable de los asentamientos humanos [INEGI, 2000]. Sin embargo, es a partir de la creación de acuerdos internacionales tales como el Tratado de Kyoto en 1997, así como de la creciente evidencia científica sobre el cambio climático mundial, que los gobiernos de diversos países han comenzado a tomar acciones sobre el desarrollo sustentable de sus economías, incluyendo el sector de la construcción [Winch, 2002]. Charles Kibert [citado en Bourdeau, 1999] definió construcción sustentable como la creación y gestión responsable de una construcción saludable basada en el uso eficiente de recursos y principios ecológicos; mientras que el Consejo Internacional para la Investigación e Innovación en la Edificación y la Construcción (CIB por sus siglas en francés) la considera como la producción, uso, mantenimiento, demolición y reutilización sustentables de edificios, construcciones y sus componentes [CIB, 2004].

Un componente importante del concepto de desarrollo sustentable es la consideración de las futuras generaciones como partes virtualmente afectadas por el desarrollo de esta infraestructura [WCED, 1987]. Myers [2005] ha enfatizado que estas generaciones dependen en regulaciones implantadas por los gobiernos para asegurarles que contarán con oportunidades para su desarrollo, ya que los actuales planeadores y desarrolladores de infraestructura se han mostrado poco motivados para tomarlas en cuenta por si mismos. Eventualmente, dichas regulaciones deberán ser entendidas como una más de las metas de desempeño de los proyectos de construcción. Por otro lado, Du Plessis [2007] ha externado que en los países en vías de desarrollo existe una especial urgencia en el esfuerzo de introducir prácticas de construcción sustentable, ya que en la mayoría de ellos se está experimentando una rápida tasa de urbanización y un acelerado desarrollo de su infraestructura. Sin embargo, los autores anteriores coinciden en que las organizaciones dedicadas a la construcción en estos países deberán primero ajustar su capacidad de gestión para poder cumplir las metas de sustentabilidad y responder a las demandas que los criterios de construcción sustentable incorporarían a sus actividades.

Por otro lado, la construcción de vivienda también es considerada como parte medular del desarrollo sustentable ya que determina la calidad de vida y alcanza a influir en el transporte, la salud, el empleo, y la comunidad en general [Stevenson y Williams, 2000]. Carter y Fortune [2007] también consideran que la construcción de vivienda de interés social generalmente representa un segmento significativo de la infraestructura pública de un país y que, por lo tanto, su gestión con un enfoque sustentable significa un reto para aquellos involucrados en su procuración. Ellos además indicaron que aunque en el sector de la construcción de vivienda de interés social se han definido innumerables líneas de acción sobre cómo integrar el concepto de sustentabilidad en su

procuración, en la práctica aun hay falta de entendimiento sobre sus implicaciones y, por lo tanto, falta de apoyo por parte de varias partes involucradas en la procuración de vivienda sustentable.

El logro de las metas de desempeño establecidas para los proyectos de construcción es conducido a través de los sistemas de gestión de proyectos implementados en las organizaciones [Bassioni et al. 2004]. Sin embargo, la evaluación del impacto de la gestión de proyectos sobre el desempeño de los proyectos de construcción, ha sido una materia difícil debido al nivel de incertidumbre involucrado en este proceso. Esto se ha debido principalmente a:

- La complejidad de los proyectos de construcción, lo cual inhibe la evaluación de los factores involucrados en dichos sistemas [Aoieong et al. 2002; Tang et al. 2004].
- La subjetividad de las variables involucradas en los sistemas de gestión [Eldabi et al. 2002; Yasamis et al. 2002; Crawford y Vogl, 2006]. Por tanto, aunque es indiscutible el efecto de la gestión sobre el desempeño de los proyectos, esto ha sido difícil de verificar con medidas objetivas [Sharma y Gadenne, 2002].

En este orden de ideas, Kibert et al. [2000], Pearce y Vanegas [2002a] revelaron que aún hay mucho por hacer en cuanto a hacer operativa la práctica de la construcción sustentable a nivel del proyecto ya que, a pesar de todas las iniciativas y herramientas que han sido desarrolladas, el movimiento de la construcción sustentable escasamente ha logrado la creación de construcciones que pudieran ser consideradas realmente sustentables. También Lombardi y Brandon [2002] coincidieron con los autores anteriores al destacar que las herramientas disponibles no cubren las necesidades individuales de un proyecto y que aun hacía falta una metodología apropiada que facilitara la comprensión de las implicaciones del desarrollo sustentable a los responsables de tomar las decisiones en los proyectos de construcción. Más recientemente, Du Plessis [2007], refiriéndose a los países en vías de desarrollo, señaló que aun hay necesidad de desarrollar ciertos facilitadores que apoyen la introducción de tecnologías y prácticas de construcción sustentable.

El uso del conocimiento en la evaluación de la sustentabilidad de los proyectos de construcción.

Un sistema basado en conocimiento es en esencia un sistema basado en reglas cuya fuente de experticia es obtenida tanto a través del conocimiento de expertos como del conocimiento explícito o que ha sido documentado [Turban y Aronson, 2001]. En este caso, este conocimiento debe ser representado en forma de reglas de tipo if (premisa) – then (conclusión) dentro de una computadora, con el fin de resolver problemas complejos del mundo real que normalmente requerirían de la inteligencia humana [Abraham, 2005]. Por lo tanto, este proyecto de investigación se desarrollará bajo la primicia de que existe una extensa cantidad de conocimiento, ya sea tácito o explícito, sobre dos tópicos: la gestión de los proyectos y la sustentabilidad de la construcción.

En cuanto a la gestión de proyectos, aunque cada organización tiene su propio sistema para gestionar sus proyectos, se pueden identificar dos modelos que concentran el conocimiento existente sobre los procesos administrativos que deben incluir los sistemas de gestión de proyectos:

1. La Guía del Conocimiento Colectivo en Gestión de Proyectos (PMBOK Guide, por sus siglas en inglés), formulado por el Instituto para la Gestión de Proyectos (PMI por sus siglas en inglés). Este modelo agrupa los procesos de la gestión de proyectos en nueve áreas del conocimiento que incluyen la gestión de la integración del proyecto, el alcance del proyecto, el tiempo del proyecto, el costo del proyecto, la calidad del proyecto, los recursos humanos del proyecto, la comunicación en el proyecto, los riesgos del proyecto, y la procuración del proyecto [PMI, 2004]. Aun más, el PMI también ha editado una extensión del PMBOK Guide especial para proyectos de construcción que adiciona cuatro áreas a las nueve anteriores, las cuales se refieren a la gestión de la seguridad del proyecto, el medio ambiente del proyecto, el financiamiento del proyecto, y las reclamaciones del proyecto [PMI 2007].
2. El estándar ISO 10006:2003 – Directrices para la administración de la calidad en proyectos, propuesto por la Organización Internacional para la Estandarización (ISO por sus siglas en inglés). Este modelo incluye diez procesos, compuestos a su vez por subprocesos, que están relacionados con los siguientes elementos que requieren gestionarse para un proyecto: la interdependencia de los procesos, el alcance, el tiempo, el costo, los recursos, el personal, la comunicación, los riesgos, las compras, y el mejoramiento de los procesos [ISO, 2003].

Debe observarse que aunque el PMBOK Guide provee un marco administrativo más completo para proyectos de construcción, los dos modelos anteriores coinciden en la mayoría de sus elementos. De hecho, este proyecto de investigación se basa en el argumento de que, en mayor o menor grado, cada uno de los procesos implícitos en estos modelos tiene relación con el logro de metas de sustentabilidad en un proyecto de construcción. Esto ha sido comprobado empíricamente mediante el estudio de la relación entre el desempeño de los sistemas de gestión y el desempeño resultante de los procesos de producción [Brown y Adams, 2000; Langford et al., 2000; Prajogo y Brown, 2004].

Por otro lado, la literatura sobre la sustentabilidad de la construcción es extensa y con múltiples enfoques. Pearce y Vanegas [2002b] realizaron una revisión de la literatura sobre el tema, mediante la cual pudieron establecer cinco diferentes categorías de las fuentes identificadas: 1) referencias generales sobre construcción sustentable, 2) modelos y marcos de referencia de la sustentabilidad en proyectos de construcción, 3) heurística y directrices para la planeación, diseño, construcción, mantenimiento, y disposición final de las construcciones, 4) herramientas para la evaluación y valoración de la sustentabilidad de los proyectos de construcción, y 5) Guías de alternativas de construcción. Aunque todas estas fuentes son relevantes para el desarrollo de esta investigación, son de especial interés las referencias relacionadas con los modelos, la heurística, y las herramientas para evaluación.

Los modelos y marcos de referencia integran de manera conceptual los parámetros, objetivos y variables involucrados en la sustentabilidad de los proyectos de construcción [Pearce y Vanegas, 2002b]. Estos modelos y marcos de referencia pueden estar definidos con dos diferentes enfoques: el reduccionista (que considera de manera detallada cada uno de los componentes del sistema) y el holístico (que estudia de manera integral el sistema). Entre los modelos más recientes, se

encuentran los propuestos por Hill y Bowen [1997], CIB [1998], Lombardi y Brandon [2002], Pearce y Vanegas [2002a], Du Plessis [2007], y Matar et al. [2007].

La heurística y directrices representan las aportaciones de los practicantes de la construcción al conocimiento relacionado con la manera de implementar los conceptos de sustentabilidad en las etapas de planeación, diseño, construcción, mantenimiento, y disposición final de los proyectos de construcción [Pearce y Vanegas, 2002b]. Pearce y Vanegas clasifican la literatura encontrada en este rubro en tres niveles de especificidad: principios (nivel más general del conocimiento sobre sustentabilidad), heurística (normas o reglas generales que aplican a un dominio específico, la construcción en este caso), y especificaciones (nivel más detallado del conocimiento y que se encuentran en forma de normas operables y cuantificables dentro del dominio específico). Entre los esfuerzos realizados bajo este rubro se encuentran *The Guidebook to Sustainable Design* propuesta por Mendler y Odell [2000]; *A Sourcebook for Green and Sustainable Building del Austin Green Builder Program* [2008]; *The Green Guide to Specification* propuesta por la Fundación para la Investigación en Edificación [BRE por sus siglas en inglés, 2008]; la Guía de Edificación Sostenible para la Vivienda en la Comunidad Autónoma del País Vasco desarrollada por el Ente Vasco de la Energía et al. [2006]; y el ISO DIS 15392 emitido por la Organización Internacional para la Estandarización [ISO por sus siglas en inglés, 2006].

Las herramientas para la evaluación y valoración de la sustentabilidad de los proyectos de construcción incluyen los trabajos que son operacionalmente útiles para la toma de decisiones. El propósito de estas herramientas es evaluar los parámetros y objetivos de sustentabilidad en diferentes escalas de un proyecto de construcción: materiales específicos que componen la instalación construida, la instalación construida completa, y los procesos que serán llevados a cabo dentro de la instalación construida cuando haya sido concluida. Entre las herramientas desarrolladas para este propósito se encuentran el *LCA Environmental Profile Methodology* propuesto por el BRE [2007]; el modelo denominado *operational context space* propuesto por Matar et al. [2007]; *The Code for Sustainable Homes* desarrollado por el Departamento para las Comunidades y Gobierno Local del Reino Unido [Communities and Local Government, 2008]; y *The Leadership in Energy and Environmental Design (LEED) Green Building Rating System* establecido por el Consejo para la Edificación Verde de los Estados Unidos [USGBC por sus siglas en inglés, 2008]. Aun más, varias de estas herramientas están basadas en una metodología conocida como Análisis del Ciclo de Vida, la cual ha sido recomendada por el ISO 14001 [ISO, 2004] para evaluar los impactos ambientales atribuibles a los productos y procesos de los sistemas de producción.

Es necesario concluir que ninguna de las propuestas anteriores ha considerado evaluar el papel que juegan los procesos de gestión de proyectos en el alcance de objetivos y metas de sustentabilidad de los proyectos de construcción. Sin embargo, más que proponer un nuevo modelo o herramienta, este proyecto de investigación pretende integrar el conocimiento documentado en estas fuentes con el fin de hacerlo más operable en la toma de decisiones sobre la manera más efectiva de lograr dichos objetivos y metas. Para este fin, se pretende experimentar con diferentes técnicas de modelación, tales como los sistemas expertos, sistemas difusos y la lógica difusa, ya que actualmente se consideran como las técnicas más ortodoxas para integrar la incertidumbre que

existe en información imprecisa y evaluaciones subjetivas en la solución de un problema [Bojadziev y Bojadziev, 1997]. En este caso, se propone la aplicación de estas técnicas para el desarrollo de un sistema que sea capaz de estimar los indicadores de sustentabilidad en un proyecto, dados los niveles de implementación de los principios de sustentabilidad en los procesos de gestión de los proyectos.

JUSTIFICACIÓN

Coincidiendo con las conclusiones hechas por Ofori [1998], el sistema propuesto se debe desarrollar bajo la premisa de que se requiere transferir a los practicantes de la construcción el conocimiento y experiencia que investigadores y administradores tienen sobre la administración de la construcción sustentable, con el fin de que las empresas dedicadas a la construcción puedan desarrollar su capacidad de gestión y responder a las demandas de desarrollo sustentable. Más recientemente, Wetherill et al. [2007] también han destacado que aunque la industria de la construcción hace un esfuerzo por innovar e implementar mejores prácticas, métodos, y materiales, sus metas de sustentabilidad solamente podrán realizarse cuando sus actividades se fundamenten en nuevas fuentes de conocimiento y experticia. Aún más, Du Plessis [2007] ha precisado que esto es únicamente posible mediante la provisión de los siguientes facilitadores tecnológicos:

- Tecnología de software, tales como sistemas expertos, modelos de decisión y herramientas basadas en la tecnología computacional e informática; las cuales apoyarían la toma de decisiones, el análisis y la evaluación.
- Conocimiento e información, por ejemplo: bases de datos, estándares e indicadores, parámetros de referencia, guías y manuales, sistemas de conocimiento autóctono.
- El desarrollo y uso de mecanismos y herramientas para la evaluación del desempeño de los procesos administrativos y de producción, como parte de las acciones que se deben tomar para apoyar la activación de la construcción sustentable.

En respuesta a estas necesidades, es razonable la propuesta de desarrollar un sistema que incorpore el conocimiento experto en la toma de decisiones sobre cómo gestionar el logro de metas de sustentabilidad en proyectos de construcción de viviendas. Esto además, coincide con el objetivo principal del Cuerpo Académico de Ingeniería de la Construcción de la UADY: innovar los procedimientos administrativos y productivos de la construcción, para asegurar el aprovechamiento sustentable de los recursos que en ella intervienen. El logro de este objetivo se contempla en los siguientes objetivos específicos:

1. Crear o validar métodos de administración de manera que permitan una gestión de las empresas constructoras con un enfoque sustentable.
2. Desarrollar tecnología sustentable para la optimización y racionalización del uso de los materiales de construcción, principalmente los regionales y, el mejoramiento y estandarización de los procedimientos de construcción.

3. Desarrollar sistemas de información que apoyen la toma oportuna de decisiones técnicas y administrativas.

OBJETIVO, ALCANCE Y CONTRIBUCIONES

Se pretende desarrollar un sistema para evaluar el efecto del desempeño de la gestión de proyectos sobre los indicadores de sustentabilidad de la construcción de viviendas, en base al conocimiento explícito y tácito que existe en el contexto académico, industrial e institucional sobre construcción sustentable. Este sistema deberá facilitar la toma de decisiones sobre la implementación y mejoramiento de sistemas de gestión para el logro de metas de sustentabilidad. Este esfuerzo se debe enfocar en la evaluación de las varias etapas que comprende su ciclo de vida: la planeación, el diseño, la construcción, la operación y mantenimiento, y la disposición final del producto del proyecto. Aquí se debe aclarar que la sustentabilidad de un proyecto de construcción se puede evaluar tanto en términos de la sustentabilidad del producto del proyecto (un edificio para vivienda, por ejemplo), como del proceso constructivo llevado a cabo para realizar el producto [Treloar et al. 2000]. La sustentabilidad del producto del proyecto se define principalmente en las etapas de planeación y diseño del proyecto, mientras que la sustentabilidad del proceso constructivo se define propiamente durante la etapa de construcción.

La contribución al campo del conocimiento en construcción sustentable, que se espera alcanzar al concluir la realización de este proyecto de investigación, incluye las siguientes metas:

1. Un sistema basado en el conocimiento existente de manera tácita y explícita sobre construcción sustentable, que facilite la estimación objetiva del efecto del desempeño de la gestión de proyectos sobre la sustentabilidad del proceso constructivo de viviendas.
2. Un prototipo para demostrar la aplicabilidad del sistema en la evaluación de estrategias de implementación y mejoramiento de los procesos de gestión de proyectos, en cuanto al logro de metas de sustentabilidad en proyectos de edificación de viviendas.

METODOLOGÍA

La investigación implícita en el desarrollo del sistema propuesto es de carácter interpretativo ya que pretende integrar la información, experiencia y conocimiento disponible, en un modelo que servirá como base para el desarrollo del sistema propuesto. Esto último se apoya en la premisa de que esta relación no puede ser evaluada empíricamente y, por tanto, sería más apropiado la aplicación de técnicas de modelación heurística, que implica el uso de reglas o criterios generales para agrupar las variables en el sistema analizado en base a relaciones asumidas, u ontológica, cuyo propósito es replicar o simular la realidad tan precisamente como sea posible [Fellows y Liu, 2003].

Tomando en cuenta lo anterior, se realizará un proceso de adquisición de datos, información y conocimiento que permita: 1) identificar los principales indicadores de sustentabilidad que aplican a la construcción de vivienda, y 2) identificar los principales inhibidores de estos indicadores y que están implícitos en los sistemas de gestión de proyectos. Esto se realizará consultando diversas fuentes impresas y electrónicas que incluyen:

- a) Libros y publicaciones periódicas especializadas.
- b) Reportes y divulgaciones de organizaciones locales e internacionales dedicadas al desarrollo sustentable.
- c) Modelos de gestión de proyectos que aplican a la construcción.
- d) Códigos, regulaciones, y estándares ambientales implementados en la industria de la construcción.
- e) Estudios de impacto ambiental realizados para proyectos de construcción locales e internacionales.
- f) Programas públicos y privados para el desarrollo de construcciones sustentables en el contexto local e internacional.
- g) Guías y reportes de aplicación de prácticas recomendadas para la implementación de construcción sustentable.
- h) Reportes sobre el desempeño de los procesos de construcción en proyectos de vivienda locales.

En base a la información obtenida anteriormente, se diseñará un instrumento de estudio con preguntas de tipo abierto y cerrado, cuyo fin será validar y depurar los indicadores e inhibidores de la sustentabilidad en los proyectos de construcción. Se propone el uso de un proceso analítico de jerarquía [Saaty, 1980], con el fin de detectar los principales indicadores e inhibidores que aplican en la construcción, y especialmente en proyectos de construcción masiva de vivienda. Este instrumento se aplicará entre académicos y practicantes de la construcción con amplios conocimientos y experiencia en gestión de proyectos y desarrollo sustentable. La identificación de estos expertos se hará en base a las fuentes consultadas anteriormente. Las actividades más trascendentales de este proyecto ameritarán la participación de estos expertos en el desarrollo y la validación del modelo a proponer.

El siguiente paso, será identificar y modelar la interacción que existe entre las variables implícitas en los procesos de gestión de proyectos y los indicadores de sustentabilidad identificados anteriormente. Para esto se realizarán las siguientes actividades:

1. Diseñar un instrumento apropiado para llevar a cabo el análisis de i) los factores que afectan directamente a los indicadores de sustentabilidad, y ii) los procesos de gestión de proyectos que deben estar implementados para controlar dichos factores.
2. Para la aplicación del instrumento, se realizarán entrevistas y discusiones con grupos focales de expertos identificados anteriormente. Este paso incluiría la realización de una prueba piloto para validar la idoneidad del instrumento.
3. Desarrollar un diagrama de influencia para identificar la relación entre los factores e indicadores de sustentabilidad. Para esto, se explorará la aplicación de técnicas tales como mapas cognitivos, diagramas cíclicos de causas, y árboles de decisión, entre otros.

4. Determinar una estructura, en base al diagrama anterior, que facilite el análisis del efecto de los procesos de gestión sobre los indicadores
5. Determinar las variables que aplicarán en la evaluación del desempeño de los procesos de gestión, los indicadores de sustentabilidad, y los demás factores integrados en la estructura anterior.

Una vez realizado esto, se analizará las capacidades de diferentes técnicas de modelación heurística tales como los sistemas expertos, con el fin de incorporar el conocimiento tácito y explícito en la estimación del efecto de los factores sobre los indicadores. La metodología implícita en el desarrollo de estos sistemas incluirá:

1. Diseñar un método apropiado para modelar las condiciones de las variables determinadas anteriormente, en base al conocimiento que los expertos tienen sobre éstas. Especialmente se explorará la aplicación de sistemas difusos y lógica difusa con el fin de describir de manera objetiva las variables vagas e imprecisas involucradas en el sistema a estudiar. Los sistemas difusos pueden servir para obtener conclusiones mediante operaciones de lógica difusa [Zadeh 1996].
2. Diseñar y aplicar un instrumento para recopilar los datos que servirán para construir los modelos. El instrumento se aplicará con los expertos identificados anteriormente. Este paso incluirá la realización de una prueba piloto para validar y ajustar, en caso necesario, el instrumento.
3. Construir los modelos de las variables evaluadas en base a los datos obtenidos.
4. Seleccionar y aplicar un software especializado para implementar un prototipo del sistema.
5. Probar la funcionalidad del prototipo y realizar los ajustes necesarios.

Finalmente, se realizará un estudio de caso para validar la capacidad del modelo en la toma de decisiones sobre la implementación de estrategias para mejorar la sustentabilidad de los proyectos de construcción. Para esto, se experimentará con diferentes estrategias de mejoramiento del sistema de gestión implementado en el proyecto estudiado. Este proceso tiene contemplado la necesidad de ajustar el modelo con el fin de responder mejor a las condiciones específicas del caso estudiado. Por lo tanto, se considerará la participación del personal directamente involucrado para obtener resultados congruentes con el caso. Ejemplos del análisis y reportes de los resultados serán generados al concluir esta etapa.

RESUMEN Y CONCLUSIONES

Este trabajo presenta una propuesta para desarrollar un sistema que facilite la evaluación del efecto que tiene el desempeño de los procesos de gestión de proyectos sobre los indicadores de sustentabilidad. Este esfuerzo tiene como primicia la falta de un modelo que integre los principios desarrollo sustentable en la gestión de los proyectos de construcción. Por otro lado, se tiene que aunque el conocimiento sobre desarrollo sustentable ha estado en constante expansión, la construcción sustentable todavía no es una práctica estandarizada. En este sentido, este sistema propone la aplicación de técnicas de modelación, tales como la lógica difusa y los sistemas expertos, para incorporar el conocimiento sobre construcción sustentable a la solución de problemas y toma de decisiones relativas a la implementación de los procesos de gestión que apoyen el logro de metas de sustentabilidad en los proyectos de construcción. Esto incluye aprovechar el conocimiento que existe, en forma explícita o tácita en el contexto académico, industrial e institucional, en la identificación y evaluación de factores e indicadores involucrados en la sustentabilidad de las construcciones. También se plantea la aplicación de este sistema en la evaluación de la sustentabilidad de las diferentes etapas del ciclo de vida de los proyectos de vivienda construida de manera masiva, tales como la planeación, el diseño, la procuración y construcción, el mantenimiento y la disposición final del producto del proyecto.

BIBLIOGRAFÍA

- Abraham, A. [2005]. "Rule-based Expert Systems", Handbook of Measuring System Design, editado por Peter H. Sydenham y Richard Thorn, John Wiley & Sons, pp. 909-919.
- Aoieong, R. T., S. L. Tang y S. M. Ahmed [2002], "A process approach in measuring quality costs of construction projects: model development", Construction Management and Economics, Vol. 20, No. 2, pp. 179-192.
- Asprey, L. [2004]. "Information strategies: Are we aligning the business case with enterprise planning?" Rec. Manage. J., Vol. 14, No. 1, pp. 7-13.
- Austin Green Builder Program [2008]. A Sourcebook for Green and Sustainable Building, <http://www.greenbuilder.com> (consultado el 5 de junio de 2008).
- Bassioni, H. A., A. D. F. Price, y T.M. Hassan [2004]. "Performance Measurement in Construction", Journal of Management in Engineering, Vol. 20, No. 2, pp. 42-50.
- Bojadziev, G. y M. Bojadziev [1997]. Fuzzy logic for business, finance, and management, Advances in Fuzzy Systems– Applications and Theory Vol. 12, Singapore: World Scientific.
- Bourdeau, L. (ed.) [1999]. Agenda 21 on Sustainable Construction, CIB Report Publication 237, Rotterdam: International Council for Research and Innovation in Building and Construction.
- BRE – Building Research Establishment [2007]. BREEAM: BRE Environmental Assessment Method, <http://www.breeam.org> (consultado el 6 de junio de 2008).
- BRE – Building Research Establishment [2008]. The Green Guide to Specification, <http://www.thegreenguide.org.uk/index.jsp> (consultado el 6 de junio de 2008).

- Brown, A. y J. Adams [2000]. "Measuring the effect of project management on construction outputs: a new approach", *International Journal of Project Management*, Vol. 18, pp. 327-335.
- Carter, K. y C. Fortune [2007]. "Sustainable development policy perceptions and practice in the UK social housing sector", *Construction Management and Economics*, Vol. 25, No. 4, pp. 399 – 408.
- CIB – International Council for Building Research Studies and Documentation [1998]. *Sustainable Development and the Future of Construction: A Comparison of Visions from Various Countries*, CIB Publication 225, W82 – Future Studies in Construction, Rotterdam, The Netherlands.
- CIB – International Council for Research and Innovation in Building and Construction [2004]. *50 Years of International Cooperation to Build a Better World*, CIB, Rotterdam, The Netherlands.
- Communities and Local Government [2008]. *The Code for Sustainable Homes: Setting the standard in sustainability for new homes*, Londres: Communities and Local Government Publications.
- Crawford, P. y B. Vogl, [2006]. "Measuring productivity in the construction industry", *Building Research & Information*, Vol. 34, No. 3, pp. 208-219.
- Du Plessis, Christina Du [2007]. "A strategic framework for sustainable construction in developing countries", *Construction Management and Economics*, Vol. 25, No. 1, pp. 67-76.
- Eldabi, T., Z. Irani, R.J. Paul, y P.E.D. Love [2002]. "Quantitative and qualitative decision-making methods in simulation modeling", *Management Decision*, Vol. 40, No. 1/2, pp. 64-73.
- Ente Vasco de la Energía, Sociedad Pública de Gestión Ambiental, Centro de Gestión del Suelo, Vivienda y Suelo de Euskadi, S.A., Departamento de Vivienda y Asuntos Sociales del Gobierno Vasco, con la colaboración de Labein [2006]. *Guía de edificación sostenible para la vivienda en la Comunidad Autónoma del País Vasco*, Euskadi, País Vasco, España.
- Fellows, R. y A. Liu [2003]. *Research Methods for Construction*, 2nd Edition, India: Blackwell Science.
- Hill, R.C. y P.A. Bowen [1997]. "Sustainable construction: principles and a framework for attainment", *Construction Management and Economics*, Vol. 15, pp. 223-239.
- INEGI [2000]. *Indicadores de Desarrollo Sustentable en México*, México: Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática.
- ISO – International Organization for Standardization [2006]. *Sustainability in building construction– General principles*, Draft International Standard ISO DIS 15392, ISO, Ginebra, Suiza.
- ISO – International Organization for Standardization [2004]. *Environmental management systems – Requirements with guidance for use*, International Standard ISO 14001:2004, ISO, Ginebra, Suiza.
- ISO – International Organization for Standardization [2003]. *Quality management systems – Guidelines for quality management in projects*, International Standard ISO 10006:2003, ISO, Ginebra, Suiza.
- Kibert, C.J., J. Sendzimir, y B. Guy [2000]. "Construction ecology and metabolism: natural system analogues for a sustainable built environment", *Construction Management and Economics*, Vol. 18, No. 8, pp. 903–916.

- Langford, D.A., H. El-Tigani y M. Marosszeky [2000]. "Does quality assurance deliver higher productivity?", *Construction Management and Economics*, Vol. 18, pp. 775-782.
- Lombardi, P. L. y P. S. Brandon [2002]. "Sustainability in the built environment: a new holistic taxonomy of aspects for decision making", *International Journal of Environmental Technology and Management*, Vol. 2, No. 1/2/3, pp. 22-37.
- Mendler, S.F. y W. Odell [2000]. *The HOK Guidebook to Sustainable Design*, New York, NY: John Wiley & Sons.
- Myers, D. [2005]. "A review of construction companies' attitudes to sustainability", *Construction Management and Economics*; Vol. 23, No. 8, pp. 781-785.
- Ofori, G. [1998]. "Sustainable construction: principles and a framework for attainment – comment", *Construction Management and Economics*, Vol. 16, No. 2, pp. 141-145.
- Pearce, A. R. y J. A. Vanegas [2002a]. Defining sustainability for built environment systems: an operational framework, *Int. J. Environmental Technology and Management*, Vol. 2, No. 1/2/3, pp. 94-113.
- PMI [2004]. *A Guide to the Project Management Body of Knowledge (PMBOK Guide)*, Tercera Edición, Philadelphia, EUA: Project Management Institute.
- PMI [2007]. *Construction Extension to the PMBOK Guide*, Tercera Edición, Philadelphia, EUA: Project Management Institute.
- Poon, C. S., Ann T. W. Yu y L. Jaillon [2004]. "Reducing building waste at construction sites in Hong Kong", *Construction Management and Economics*, Vol. 22, No. 5, pp. 461-470.
- Prajogo, D. I. y A. Brown [2004]. "The Relationship Between TQM Practices and Quality Performance and the Role of Formal TQM Programs: An Australian Empirical Study", *The Quality Management Journal*; Vol. 11, No. 4, pp. 31 – 42.
- Saaty, T.L. [1980]. *The Analytic Hierarchy Process*, Nueva York: McGraw-Hill.
- Sharma, B. y D. Gadenne, [2002]. "An inter-industry comparison of quality management practices and performance, *Managing Service Quality*, Vol. 12, No. 6, pp.394-404.
- Sor, R. [2004]. "Information technology and organizational structure: Vindicating theories from the past", *Manage. Decis.*, Vol. 42, No. 2, pp. 316-329.
- Stevenson, F. y N. Williams [2000]. *Sustainable Housing Design Guide for Scotland*, London: Stationery Office.
- Tang, S. L., R. T. Aoieong, y S. M. Ahmed [2004]. "The use of Process Cost Model [PCM] for measuring quality costs of construction projects: model testing", *Construction Management and Economics*, Vol. 22, pp. 263-275.
- Treloar, G.J., P.E.D. Love, O.O. Faniran, y U. Iyer-Raniga [2000]. "A hybrid life cycle assessment method for construction", *Construction Management and Economics*, Vol. 18, pp. 5-9.
- Turban, E. y J. E. Aronson [2001]. *Decision support systems and intelligent systems*, 6a edición, Upper Saddle River, New Jersey: Prentice Hall.
- USGBC – U.S. Green Building Council [2008]. *USGBC: LEED Rating System*, <http://www.usgbc.org/DisplayPage.aspx?CMSPageID=222> (consultado 6 de junio 2008).

- Wetherill, M., Y. Rezgui, S. Boddy y G. S. Cooper [2007]. "Intra- and Inter-organizational Knowledge Services to Promote Informed Sustainability Practices", *Journal of Computing in Civil Engineering*, Vol. 21, No. 2, pp. 78 – 89.
- Winch, Graham M. [2002]. *Managing construction projects: an information processing approach*, Oxford, Reino Unido: Blackwell Publishing.
- World Commission on Environment and Development (WCED) [1987]. *Our common future*, Oxford, Reino Unido: Oxford University Press.
- Yasamis, F., D. Arditi, y J. Mohammadi [2002]. "Assessing contractor quality performance", *Construction Management and Economics*, Vol. 20, No. 3, pp. 211-223.
- Zadeh, L.A. [1996]. "The role of fuzzy logic in modeling, identification, and control", *Fuzzy sets, fuzzy logic, and fuzzy systems*, Singapore: World Scientific, pp. 783-795.

Las citas, reproducciones gráficas y fotográficas, trabajos de diseño y demás material incluido en el presente texto, está libre del pago de derecho de autor, según la “Ley Federal de Derechos de Autor”, publicada en el Diario Oficial de la Federación, de diciembre 31 de 1965, reformada según decreto del 4 de noviembre de 1963. El artículo 18 de dicha ley, dice al pie de la letra:

“Art. 18. El derecho de autor no ampara los siguientes casos:

- c) La publicación de obras de arte o arquitectura que sean visibles desde lugares públicos.
- d) La traducción o reproducción, por cualquier medio, de breves fragmentos de obras científicas, literarias o artísticas, en publicaciones hechas con fines didácticos,...., etc.”

“Memorias 2008 Congreso Nacional de Administración y
Tecnología para la Arquitectura, Ingeniería y Diseño”
se terminó de imprimir en el mes de Noviembre de 2010

La presente edición consta de 75 ejemplares.