

**Compilación de Artículos de Investigación
de la Red Académica Internacional
Diseño y Construcción 2014.**

**Administración y Tecnología para
Arquitectura, Diseño e Ingeniería.**

**Programa de
colaboración
de la Red
Académica
Tecnología
BIM**

**Compilación de Artículos de Investigación
de la Red Académica Internacional
Diseño y Construcción 2014.**

**Administración y Tecnología para
Arquitectura, Diseño e Ingeniería.**

**Propuesta de un sistema de
administración de
infraestructura para
la UADY, utilizando
tecnologías SIG y BIM**

**Arq. Pamela Leticia Alcalá Certz
Mtra. Selene Aimeé Audeves Pérez
Mtro. José Antonio González Fajardo
Dr. José Humberto Loría Arcila
UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE YUCATÁN**

Propuesta de un sistema de administración de infraestructura para la UADY, utilizando tecnologías SIG y BIM

Arq. Pamela Leticia Alcalá Certz

pamelaalcala88@gmail.com

Mtra. Selene Aimeé Audeves Pérez

selene.audeves@uady.mx

Mtro. José Antonio González Fajardo

jose.gonzalez@uady.mx

Dr. José Humberto Loría Arcila

jose.loria@uady.mx

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE YUCATÁN

ABSTRACT

Infrastructure Management is defined as the process of managing the infrastructure of an area as efficiently by analyzing the life cycle of the components of a community. Such administration plays an important role in the planning, maintenance and operation of infrastructure both short and long term, with the main outputs: the life cycle costs, service levels, risk and future demands, support managers with complete information for decision-making, improve data management and evaluation of the Return of the Investment (ROI). Given the above, the present research aims to develop a system for managing infrastructure of the Engineering and Exact Sciences Campus of the Autonomous University of Yucatan, using Geographic Information Systems (GIS) and Building Information Modeling (BIM). Under that system procedures and information, a conceptual model will be developed so it could be used as an example for other university facilities.

KEYWORDS

Infrastructure management, GIS, BIM.

RESUMEN

La administración de la Infraestructura se define como el proceso de administrar la infraestructura de un territorio de la manera más eficiente por medio del análisis del ciclo de vida de los componentes de una comunidad. Dicha administración juega un papel muy importante en la planeación, mantenimiento y operación de la infraestructura tanto a corto como largo plazo, teniendo como salidas principales: los costos del ciclo de vida, niveles de servicio, riesgos y demandas futuras, asistencia a los administradores con información completa para la toma de decisiones, mejorar los datos de administración y la evaluación del retorno de la inversión. Ante lo anterior, se desarrolla la presente investigación cuyo objetivo es elaborar un sistema para la administración de la infraestructura del Campus de Ingenierías y Ciencias Exactas de la Universidad Autónoma de Yucatán, utilizando Sistemas Información Geográfica (SIG) y tecnología Building Information Modeling (BIM). En dicho sistema se definirán los procedimientos y la información requerida para diseñar un modelo conceptual que podrá ser tomado como ejemplo para otras instalaciones universitarias.

PALABRAS CLAVE

Administración de Infraestructura, SIG y BIM.

OBJETIVO ESPECÍFICO

Elaborar un sistema para la administración de la infraestructura del Campus de Ingenierías y Ciencias Exactas de la Universidad Autónoma de Yucatán utilizando Sistemas de Información Geográfica (SIG) y tecnología Building Information Modeling (BIM).

INTRODUCCIÓN

La infraestructura civil es esencial para la prosperidad económica y la calidad de vida. Desafortunadamente, no importa que tan bien esté diseñada o construida la infraestructura, ésta se deteriora con el paso del tiempo y por el uso. Por este motivo el mantenimiento de dichas instalaciones es demandante, y la situación actual ha sido exacerbada debido al hecho de que se postergó durante muchos años las tareas de mantenimiento para usar los recursos en nuevas construcciones.

En 2005 la American Society of Civil Engineers (ASCE) realizó un estudio que examinó 15 categorías de infraestructura e instalaciones de Estados Unidos, estimó que se necesitaría una inversión mínima de \$1.6 trillones de dólares para regresar las instalaciones a sus estándares originales¹. Esto nos indica que hay una preocupación y estudios de costos de operación y mantenimiento de la infraestructura construida que no se consideraron en el momento de su ejecución.

ADMINISTRACIÓN DE INFRAESTRUCTURA

La administración de la infraestructura se define como proceso de administrar la infraestructura de un territorio de la manera más eficiente por medio del análisis del ciclo de vida de los componentes en una comunidad con el propósito de desarrollar información sobre el mantenimiento futuro, nuevos desarrollos y la capacidad de dicho componente².

Dicha administración juega un papel importante en la planeación, mantenimiento y operación de la infraestructura tanto a corto como largo plazo; teniendo como salidas principales: los costos del ciclo de vida, niveles de servicio, riesgos y demandas futuras, asistir a los administradores con información completa para la toma de decisiones, mejorar los datos de administración y la evaluación del retorno de la inversión³.

Este término ha cobrado importancia debido a que se ha observado que las organizaciones alrededor del mundo están siendo contratadas no sólo para proveer productos, sino para ofrecer soporte técnico a lo largo de su vida útil. Esto significa que los trabajos de operación, mantenimiento y ac-

1 Pratt R. (2011) Mulling Infrastructure Efficiency, Service Management. Powergrid. Disponible en: <http://www.power-grid.com> Recuperado el 24 de enero de 2014.

2 MunicipalAssetManagementPlans(2010).Disponibleen http://www.civicinfo.bc.ca/Library/Asset_Management/Toolsand_Resources/AssetSMART

3 Municipal Asset Management Plans (2010). Documento Tomado de http://www.auma.ca/live/AUMA/Toolkits+%26+Initiatives/Guide_for_Municipal_Asset_Management_Plans. Capturado: Mayo 07, 2014. Traducción libre por: Pamela Alcalá

tualización ya no recaerán con el cliente sino que será responsabilidad del proveedor del servicio⁴.

La herramienta del análisis del costo de ciclo de vida (LCC, por sus siglas en inglés) de un producto o proyecto resulta relevante para esta investigación y se define como: todos los gastos incurridos en la adquisición y utilización de un producto a lo largo de su vida útil⁵.

Como se puede observar en la Figura 1, el pico de los costos se ejerce en la etapa de producción, pero los costos de operación y soporte se ejercen en un periodo más prolongado lo cual indica que es un aspecto muy relevante. Los costos iniciales, que incluyen diseño, desarrollo y producción, pueden ser aminorados por medio de la reducción de áreas construidas, adopción de métodos de construcción más apropiados, sistemas estructurales simples y la estandarización de diseños y componentes⁶.

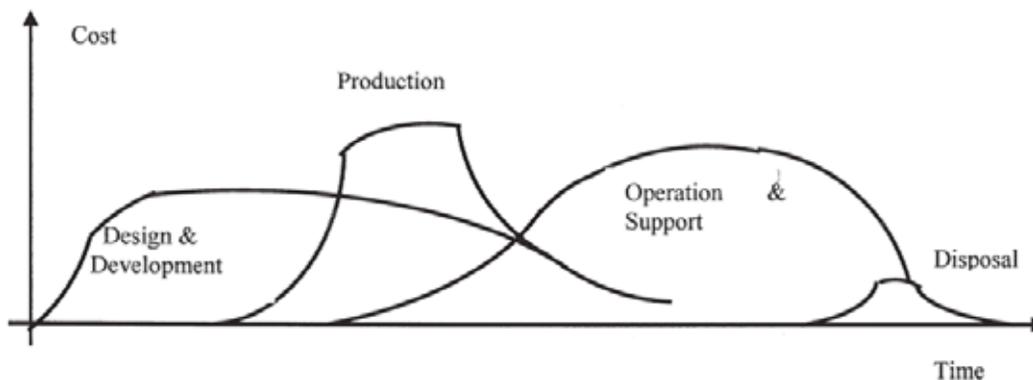


Figura 1. Curvas de costos en las diferentes etapas del LCC del proyecto.

En el caso particular de los proyectos se identifican cuatro etapas cuyos costos se desglosan de la siguiente manera:

- **Diseño y desarrollo:** Incluye materiales, administrativos, trabajadores, transporte todas aquellas actividades que tengan como objeto el diseño de un proyecto.
- **Producción:** Incluye costos de ejecución del proyecto.
- **Operación y soporte:** Incluye los costos de mantenimiento, administración de inventarios, soporte técnico, capacitación del personal, documentación de datos técnicos y la administración logística del edificio. Adicionalmente, se pueden presentar pérdidas financieras cuando alguno de los sistemas presenta una interrupción en su desempeño debido a fallas.
- **Disposición final:** todos aquellos costos asociados con la desactivación y preparación del edificio para su disposición final⁷.

4 Oliva, R., Kallenberg, R. (2003) Managing the transition from products to services. "International Journal of Service Industry Management", 14(2), p.160-72.

5 Elmakis, D., Lisnianski, A. (2006) Life cycle cost analysis: Actual problem in industrial Management. "Journal of Business Economics and Management" 7(1), 5-8

6 Sherif, A. (1999) Hospitals of developing countries: Design and construction economics. "Journal of Architectural Engineering", 5(3), p. 74- 81.

7 Gaio, C., de Brito, J., & Silvestre, J. (2012). Inspection and pathological characterization of gypsum plasterboard walls. *Materiales de Construcción*, 62(306), 285-297.

La etapa de operación del edificio representa el 55% del costo total considerando un periodo de 40 años⁸. Por lo tanto, enfocarse solamente en el costo inicial sin consideración alguna del valor presente de los costos de mantenimiento y de operación futuros es a menudo una seria omisión durante la programación, planeación y diseño de los proyectos⁹.

A comienzos del siglo XXI se reconoció el valor de las propiedades como un gran centro de capital que puede contribuir en las utilidades, y por esa razón, deben ser administrados de manera efectiva¹⁰.

La administración de los edificios puede ser subdividida en cinco categorías principales:

- Administración y planeación de edificios.
- Operación y mantenimiento de edificios.
- Estados financieros.
- Factores humanos y ambientales.
- Análisis de riesgos

El presente documento está orientado a la categoría de operación y mantenimiento de edificios y uno de los sistemas que se puede adoptar es la Administración Basada en Desempeño del Edificio (PeBBu, Performance-Based Building) cuyos principios son los siguientes:

- Traducir las necesidades humanas a requerimientos de los usuarios.
- Transformar dichas necesidades en requerimientos técnicos y criterios cuantitativos.
- Responder a dichos requerimientos a lo largo del ciclo de vida del edificio¹¹.

Los estudios recientes de la administración de edificios han empezado a considerar los aspectos técnicos y sus repercusiones en los programas de mantenimiento y modernización de los edificios¹².

Los rápidos avances tecnológicos que estimulan requerimientos de desempeño más altos, acompañado de la gran complejidad de los edificios modernos, han forzado a los administradores a considerar nuevos patrones para conseguir el confort, seguridad, eficiencia energética y costo-beneficio de sus construcciones.

8 Flanagan, R. and Norman, G. (1989) Life-Cycle Costing: Theory and Practice. RICS, Surveyors Publications Ltd, London.

9 Documento Tomado de: <http://www.maxwideman.com/papers/managing/summary.htm>. Capturado: Octubre 26, 2004. Traducción libre por: José H. Loría Arcila.

10 Douglas, J. (1996) Building performance and its relevance to Facilities Management. "Facilities", Vol. 14 No.3, p 23-32.

11 Lavy, S., Shohet, I. (2004) Integrated maintenance management of hospital buildings: a case study, "Construction Management and Economics", 22 (1), p 25-34.

12 MacSporran C., Tucker S. (1996) Target budget levels for building operating costs, "Construction Management and Economics", 14 (2), p 103-119.

SISTEMAS DE ADMINISTRACIÓN DE INFRAESTRUCTURA

En este punto es relevante identificar sistemas que apliquen el ciclo de vida, uno de ellos son los Sistema de Ingeniería (System Engineering Process, SEP por sus siglas en inglés) que se define como una aproximación interdisciplinaria para proveer un conjunto de soluciones, basados en el ciclo de vida, que satisfaga las necesidades de un cliente¹³

A manera de ejemplo, en la Figura 2 se muestra un proceso iterativo de un Sistema de Ingeniería (SEP por sus siglas en inglés). Se puede observar que se inicia con las entradas determinadas por el cliente o involucrados en el diseño de sistemas, seguidamente se realiza un análisis de dichos requerimientos que detona el estudio del funcionamiento que incluye el desglose de los componentes o elementos que podría incluir el sistema; finalmente se llega una síntesis en donde se definen cuáles son los componentes finales del sistema, información, relaciones, soluciones y procesos. Así se tiene un modelo conceptual del sistema por medio del cual se puede tener información para la toma de decisiones o selección de alternativas.

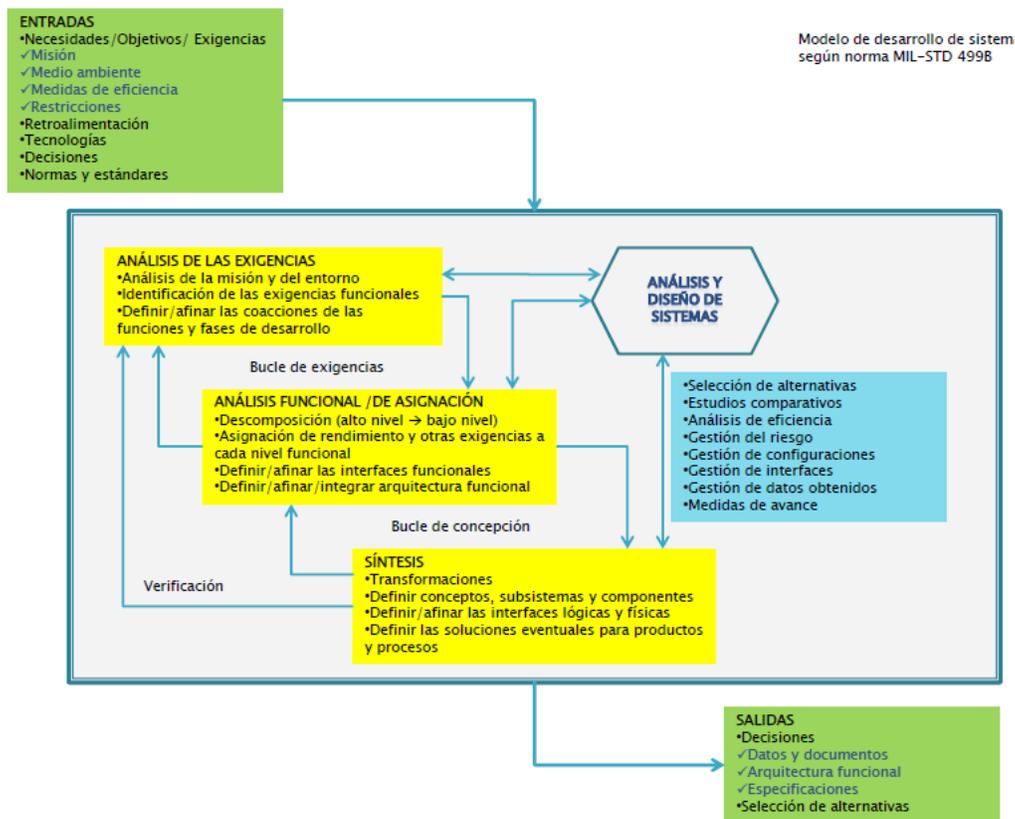


Figura 2. Ejemplo de Sistema de Ingeniería (SEP).

El funcionamiento del sistema anterior no difiere mucho de los sistemas de administración de infraestructura, ya que éstos también localizan componentes en el sistema para identificar deficien-

13 Air Force Instruction MIL-STD-499B (Draft) (2005). Disciplined Systems Engineering Process.

cias y mejoras¹⁴. Los pasos para desarrollarlos también incluyen: recolección de datos, monitoreo del sistema, impactos en los usuarios, selección de estrategias y la implementación y retroalimentación de dicha estrategia¹⁵.

ADMINISTRACIÓN DE INFRAESTRUCTURA UTILIZANDO TECNOLOGÍA SIG

Un Sistema de Información Geográfica (SIG) se define como un conjunto de métodos, herramientas y datos que están diseñados para actuar coordinada y lógicamente para capturar, almacenar, analizar, transformar y presentar toda la información geográfica y de sus componentes con el fin de satisfacer múltiples propósitos. Los SIG son una nueva tecnología que permite gestionar y analizar la información espacial y que surgió como resultado de la necesidad de disponer rápidamente de información para resolver problemas y contestar a preguntas de modo inmediato.

Las técnicas y procedimientos de los SIG juegan un papel importante en el análisis de alternativas en la toma de decisiones por parte de los administradores de la infraestructura¹⁶. De acuerdo a Richter hay cinco razones principales de porqué los gobiernos adoptan la tecnología SIG:

- Se mejora la eficiencia,
- Se cuenta con mejor información para la toma de decisiones,
- Más consistencia en la información,
- Mejor organización debido a un enfoque holístico de la información
- Hay una mejor interacción entre el público y el gobierno¹⁷

ADMINISTRACIÓN DE EDIFICIOS UTILIZANDO TECNOLOGÍA BIM

De acuerdo al comité de The National Building Information Modeling Standards (NBIMS) la definición de BIM es: representación digital de las características físicas y funcionales de un inmueble. Un modelo BIM es una fuente de información confiable que puede servir de base para la toma de decisiones durante el ciclo de vida del edificio, definido como el periodo comprendido desde la concepción del proyecto hasta la demolición de la construcción¹⁸.

BIM provee muchas ventajas sobre los dibujos 2D tradicionales debido a que permite una representación digital, paramétrica e inteligente, rica en información, orientada a los componentes. A nivel mundial se están desarrollando programas de investigación que son parte del desarrollo de la tecnología BIM; las áreas de estudio y sus autores se sintetizan la Tabla 1¹⁹.

14 Sanford, K., McNeil S. (2008) Agent-Based Modeling: Approach for Improving Infrastructure Management. "Journal of Infrastructure Systems" 14 (3) p. 253-261.

15 Haas, R., Hudson, W., Zaniewski, J. (1994). Modern pavement management, Krieger, Melburne.

16 Malczewski, J., (2006) GIS based multicriteria decision analysis: a survey of the literature, "International Journal of Geographical Information Science" 20 (7)

17 Richter, M., Governing Guide/ Mapping the Future, Governing Magazine. November 1992.

18 NBIMS, (2007) , disponible en http://www.wbdg.org/pdfs/NBIMsv1_p1.pdf.

19 Wong, A., Wong, F., Nadeem A. (2010) Attributes of Building Information Modelling Implementations in Various Countries, "Architectural Engineering and Design Management", 6 (4), p. 288-302

ÁREA DE APLICACIÓN	DESCRIPCIÓN / PROPÓSITO
Environmental sustainability of built environment (Häkkinen and Kiviniemi, 2008)	Utilizar la información BIM de la etapa de diseño para la operación del edificio. Investigar el potencial de BIM en la búsqueda de soluciones para los problemas de procesos sustentables en los edificios.
Integration of BIM into web service application (Permala et al., 2008)	Compartir información en tiempo real para aminorar el problema de transparencia de información en la cadena de la construcción. El producto final terminado fue un prototipo, llamado CS Collaborator. El programa CS Collaborator fue uno de los primeros intentos de construir un servicio BIM, basado en servicios web.
Integration of BIM and IFC standards into performance-based building standards and business processes (Huovila, 2008)	Para mejorar la innovación y desarrollo sustentable. El potencial de la valuación durante todo el ciclo de vida de los edificios con el uso de BIM fue identificado en un buen número de áreas incluyendo los requerimientos del cliente y el usuario final, la sustentabilidad del edificio en sus diversas fases del ciclo de vida, toma de decisiones, reingeniería de procesos constructivos, etc.

Tabla 1. Síntesis de aplicación de tecnología BIM en la administración de edificios

Utilizando BIM se desarrolla un modelo computacional de un edificio que puede contener información de cada una de las etapas del ciclo de vida de un edificio. De acuerdo al estándar ISO 22263:2008 de la Organización de la información de los trabajos de construcción- Marco para la administración de la información del proyecto (Organization of information about construction Works, Framework for management of project information) los modelos tienen una clasificación y se representa en la Tabla 2.

Modelo	Roles principales / Roles Secundarios	Fase	Etapas
Modelo BIM	P) Propietario A) Arquitecto I) Ingenieros C) Contratista	Pre-proyecto	0. Requerimientos del portafolio 1. Concepción de las necesidades 2. Primeras aproximaciones de factibilidad 3. Factibilidad
Modelo tipo borrador	A) Arquitecto I) Ingenieros C) Contratista	Pre- construcción	4. Primeras aproximaciones al diseño conceptual 5. Diseño conceptual completo 6. Coordinación del diseño (y procuración)
Modelo detallado	C) Contratista I) Ingenieros	Construcción	7. Producción de información 8. Construcción

Modelo	Roles principales / Roles Secundarios	Fase	Etapas
Modelo 'as built' como fue construido	C) Contratista l) Ingenieros	Post-construcción	9. Operación
Modelo para administración de edificios	F) Administrador del Edificio	Uso del edificio	10. Mantenimiento

Tabla 2. Modelo de referencia para la información del ciclo de vida y los roles en las fases de los edificios de acuerdo al ISO 22263:2008¹

La administración de los edificios por medio de la tecnología BIM provee la visualización de las relaciones que guardan los diferentes componentes del inmueble su localización precisa y el acceso los datos de la condición actual de los diferentes atributos asignados a cada componente.

SISTEMAS DE ADMINISTRACIÓN DE INFRAESTRUCTURA CON TECNOLOGÍAS SIG Y BIM

Como se ha explicado en apartados anteriores la tecnología SIG se utiliza en la administración de infraestructura en muchas ciudades alrededor del mundo. Sin embargo, los edificios también son parte de la infraestructura pero tienen un mayor grado de complejidad y detalles, es decir, se conjuntan múltiples sistemas en su interior que serían difíciles de administrar con el SIG; es por eso que para el caso particular de los edificios se requiere de la tecnología BIM para modelar los componentes del edificio que requieran administrarse.

Un aspecto importante para la integración de ambas tecnologías radica en la transformación de la información detallada de un edificio a un ambiente geoespacial. Actualmente el desarrollo de los SIG permiten la inclusión de geometrías 3D (modelos geométricos) y reflejar sus relaciones espaciales (en modelos topográficos)². Con el desarrollo paralelo de ambas tecnologías ahora es posible desarrollar sistemas de administración de infraestructura que permitan un uso integrado de información geoespacial y del edificio.

A continuación se describen dos proyectos cuyas características y procedimientos implementados resultan relevantes para la presente investigación.

Caso 1. Sistema de administración de infraestructura en la Ciudad de Alberta, Canadá

En Canadá cada uno de sus municipios es responsable de la propiedad, operación y mantenimiento de su infraestructura. En este caso implementan el siguiente proceso para la administración de la infraestructura municipal:

20 Hjelseth E. (2010) Exchange of Relevant Information in BIM Objects Defined by the Role- and Life-Cycle Information Model, "Architectural Engineering and Design Management", 6(4), p. 279-287

21 Isikdag U, Underwood J, Aouad G, Trodd N,.. (2007) Investigating the Role of Building Information Models as part of an Integrated Data Layer: A fire response management case, "Architectural Engineering and Design Management", 3, p. 124-142



Figura 3. Proceso para la administración de la infraestructura

La unidad básica para implementar este sistema es el componente de infraestructura que se define como un componente o parte de uno que puede ser reemplazado de manera independiente o que tiene un periodo de vida significativamente diferente³.

Caso 2. Administración del edificio de la Ópera de Sydney, Australia.

La investigación para el modelado del proyecto de la Administración del edificio de la Ópera de Sydney ha demostrado beneficios significativos en el diseño y digitalización de manuales operativos y de mantenimiento. Este edificio no contaba con modelos digitales de su estructura interna, por lo que se identificó una oportunidad para investigar la aplicación de modelado del edificio con tecnología BIM para la administración del inmueble.

Los objetivos de esta investigación fueron los siguientes:

- La implementación de los estándares internacionales de la tecnología BIM para propósitos de administración de edificios.
- Determinar el potencial de la tecnología BIM como un marco de referencia en donde se integren los datos para administración del edificio.
- Determinar la flexibilidad y extensión de la tecnología BIM para afrontar requerimientos y datos específicos para la administración del edificio.
- Determinar la habilidad de la tecnología BIM para agregar inteligencia al modelo.
- Determinar la metodología para administración de la Ópera de Sydney utilizando tecnología BIM.

22 Municipal_Asset_Management_Plans (2010) Disponible en [http://www.civicinfo.bc.ca/Library/Asset_Management/Tools_and_Resources/AssetSMART_-_A_Local_Government_Self_Assessment_Tool_\(BETA\)--LGAMWG--September_2010.pdf](http://www.civicinfo.bc.ca/Library/Asset_Management/Tools_and_Resources/AssetSMART_-_A_Local_Government_Self_Assessment_Tool_(BETA)--LGAMWG--September_2010.pdf).

Metodología utilizada para el Sistema de Administración del edificio:

- Se inicia con la determinación de los requerimientos del edificio por medio de encuestas directas con los involucrados en la administración.
- Se define que el sistema será un modelo de la ópera de Sydney que contendrá información exacta, confiable y relevante que permita la administración de sus operaciones, alteraciones o adiciones de sus sistemas y para la administración del mantenimiento.
- Se utiliza tecnología SIG para integrar el modelo maestro a su entorno por medio de referencias geoespaciales definido como “Plano de referencia de la Ópera de Sydney”, para geoposicionarlo, de tal manera que el modelo pueda ser calibrado de acuerdo a su escala real. También se obtiene información relevante para la administración del lote en donde está construido tal como: información catastral, uso de suelo, tenencia, registro del terreno y otros aspectos.
 - o El modelo maestro fue dividido en sub-modelos más especializados agrupados de acuerdo a las necesidades administrativas. También se definió una organización jerárquica de los componentes.
- Se continúa con el modelo arquitectónico en donde se definen los siguientes aspectos: Propiedades de los elementos o componentes del edificio: Las propiedades se definen como la información relevante para la administración (tipo de elemento, material, color etc.) contenida en los elementos identificados dentro del modelo. En este caso, se toman como referencia de las especificaciones internacionales para determinar las propiedades que conforman al edificio y se sigue el esquema de la figura 4.

Property					
Material	<table border="1"> <tr> <td><i>Material (and layers) — in accordance with Australian Building Glossary or other definitive industry reference</i></td> <td><i>FireRating — in accordance with BCA*</i></td> </tr> </table>	<i>Material (and layers) — in accordance with Australian Building Glossary or other definitive industry reference</i>	<i>FireRating — in accordance with BCA*</i>		
<i>Material (and layers) — in accordance with Australian Building Glossary or other definitive industry reference</i>	<i>FireRating — in accordance with BCA*</i>				
Nivel de acústica	<table border="1"> <tr> <td><i>AcousticRating — in accordance with BCA</i></td> <td><i>Combustible</i></td> </tr> </table>	<i>AcousticRating — in accordance with BCA</i>	<i>Combustible</i>		
<i>AcousticRating — in accordance with BCA</i>	<i>Combustible</i>				
Superficie flamable	<table border="1"> <tr> <td><i>SurfaceSpreadOfFlame</i></td> <td><i>ThermalTransmittance</i></td> </tr> <tr> <td><i>LoadBearing</i></td> <td><i>Compartmentation</i></td> </tr> </table>	<i>SurfaceSpreadOfFlame</i>	<i>ThermalTransmittance</i>	<i>LoadBearing</i>	<i>Compartmentation</i>
	<i>SurfaceSpreadOfFlame</i>	<i>ThermalTransmittance</i>			
<i>LoadBearing</i>	<i>Compartmentation</i>				
*Building Code of Australia					

Figura 4. Ejemplo de propiedades de los componentes del edificio

Mantenimiento: Los elementos o componentes enlistados con anterioridad también pueden presentar los siguientes atributos, que se definen como: la información orientada al mantenimiento muy particular contenida en cada uno de ellos (localización, tipo de elemento, descripción, etc.). En la figura 5 se muestra un ejemplo de propiedades de los componentes del edificio orientados al mantenimiento.

	Property	Setting
Nombre	Name	<i>Plant reference as defined by Sydney Opera House e.g. "BG1147".</i>
Descripción	Description	<i>Plant description as defined above (complementing the matching asset item Name e.g. "Lift No. 06").</i>
Elemento	Element	<i>Sydney Opera House Asset element classification e.g. "Transportation".</i>
Localización del ítem	ItemLocation	<i>Sydney Opera House Room number.</i>
Espacio funcional	Functional space	<i>Refer Figure 4: Spatial hierarchy</i>
Parentezco	Parent	<i>Owning Plant reference e.g. "BG1141 Lifts".</i>
	Name	<i>Plant reference as defined</i>

Figura 5. Ejemplo de propiedades de los componentes del edificio orientados al mantenimiento

Índice de condición del edificio (operación): Es un método que se ha adoptado en este edificio para medir su limpieza y apariencia general, cuya información también se incluye en el modelo por medio de un formato como el de la figura 6.

	IFC property	Setting
Nombre	Name	<i>Asset element or place as defined above</i>
Descripción	Description	<i>Asset name as defined above (complementing the asset name)</i>
Fecha	BFI Date	<i>dd/mm/yyyy date the Fabric index was measured</i>
Calificación	BFI Rating	<i>% rating</i>
Calificación deseable	BFI Target	<i>% rating to be achieved</i>
Referencia con otros elementos	BFI Benchmark	<i>Reference rating</i>
Notas de la inspección	BFI Note	<i>Comments made at the measurement inspection</i>
Nombre de la inspección	BFI Inspection name	<i>Reference for inspection</i>
	BPI Date	<i>dd/mm/yyyy date the Presentation</i>

Figura 6 Ejemplo de propiedades de los componentes del edificio orientados a la operación

- Para finalizar se realiza una auditoría al modelo para su validación, esto se logra por medio de softwares como: Solibri Model Checker, Finland, NavisWorks Jetstream, UK y el DesignCheck, CRC for Construction Innovation, Australia.

En la figura 7 se puede observar la implementación del sistema en donde se observa el modelo en 3D y la información que se puede obtener de sus componentes. En este caso específico se realizó una prueba con los niveles de consumo de energía en las diferentes áreas del edificio.



Figura 7. Operatividad del Sistema de Administración de Edificios

SITUACIÓN ACTUAL DE LA ADMINISTRACIÓN DE EDIFICIOS DE LA UADY

Para la UADY uno de los ejes fundamentales para el trabajo universitario es la consolidación de los campus por área del conocimiento, dotándolos de instalaciones apropiadas que faciliten la adecuación de espacios para el aprendizaje de los estudiantes y espacios funcionales de convivencia. Esto le ha significado una inversión de \$349, 288, 000.00 que se desglosa en la Tabla 3.

	M ² Construidos	Monto total que se ha invertido en la construcción
Campus de Ciencias Sociales, Económico-Administrativas y Humanidades	22.025 m ²	\$176, 200, 000
Campus de Ciencias Exactas e Ingenierías	10, 942 m ²	\$87, 536, 000
Campus de Ciencias Biológicas y Agropecuarias	6, 037 m ²	\$48, 296, 000
Campus de Ciencias de la Salud	1, 510 m ²	\$12, 080, 000
Unidad Multidisciplinaria Tizimín	2, 710 m ²	\$21, 680, 000
Unidad Académica Bachillerato con Interacción Comunitaria	437 m ²	\$3, 496, 000
Total	43, 661 m²	\$349, 288, 000

Administrar infraestructura con esta extensión es complejo y se hace más complicada debido a que los campus enlistados se encuentran en diversos puntos de la ciudad y presentan características propias. Sin embargo, esta cantidad no representa la superficie total de UADY debido a que cuenta con otro tipo de infraestructura tal como oficinas, unidades deportivas, coordinaciones y los edificios que han sido desalojados como consecuencia de su traslado a los campus.

Existe un departamento de Gestión del Medio Ambiente y otro de Ahorro y Eficiencia energética que tienen requerimientos específicos de información para llevar a cabo sus planes estratégicos, dichos requerimientos se enlistan a continuación:

Eficiencia Energética	La inversión en tecnologías amigables con el medio ambiente ha propiciado un ahorro de energía del 11%, lo equivalente al consumo eléctrico mensual de 1,000 casas*	Requiere Información de las instalaciones y equipos instalados para su operación
Reforestación Institucional	Se han plantado 530 árboles endémicos que tendrán una capacidad de captación de 12 Ton de CO2 al año.	Requiere Información de la superficie de áreas verdes y paso de instalaciones para ubicar las áreas para su sembrado.
Gestión Ambiental	* Se ha realizado el 1er Diagnóstico Ambiental Integral de la UADY * Se ha iniciado la etapa de implementación del SGA para alcanzar la Certificación ISO 14001:2004 * Se inicia con el diplomado "Programa de Liderazgo Ambiental para la Competitividad" * Certificación Ambiental de la SEMARNAT	Tiene un programa de protección civil que Elabora planes de atención a emergencias. Éste requiere información de la ubicación y características de la infraestructura en donde se llevan a cabo estas actividades.

Como se puede observar, se han planteado programas de construcción y mejora de las instalaciones universitarias; sin embargo, para lograr estos proyectos se necesita de información confiable sobre la cual se pueda trazar una estrategia adecuada.

RESULTADOS

Actualmente se está trabajando para cumplir con el primer objetivo específico, el cual consiste en: analizar los sistemas existentes para la administración de infraestructura orientados a la operación y mantenimiento.

CONCLUSIONES

- La importancia de la administración de los edificios radica en que ofrece datos y herramientas para la toma de decisiones de los administradores.
- En la primera sección del documento se hace evidente la importancia del periodo de operación en el ciclo de vida de los proyectos de construcción; en donde los costos de operación y mantenimiento pueden representar hasta el 55% del costo total considerando un periodo de 40 años.
- En cuanto al uso de la tecnología SIG, ésta ha sido utilizada para la administración de la infraestructura de las ciudades y muchos gobiernos la han implementado como una herramienta que proporciona datos localizados en un espacio específico que se representa por medio de imágenes y tablas de datos
- La tecnología BIM se ha implementado en varios proyectos para la administración de edificios desde su etapa de pre diseño hasta la de operación.

- La presente investigación puede contribuir al Programa de Gestión Responsable de la Infraestructura Institucional, proporcionando una herramienta piloto para la administración de infraestructura de la UADY.

BIBLIOGRAFÍA

- Air Force Instruction MIL-STD-499B (Draft) (2005). Disciplined Systems Engineering Process.*
- Ciclo de Vida de un proyecto de Construcción. Documento tomado de: <http://www.maxwideman.com/papers/managing/summary.htm>. Capturado: Octubre 26, 2004. Traducción libre por: José H. Loría Arcila*
- Douglas, J. (1996) Building performance and its relevance to Facilities Management. "Facilities", Vol. 14 No.3, p 23–32.*
- Elmakis, D., Lisnianski, A. (2006) Life cycle cost analysis: Actual problem in industrial Management. "Journal of Business Economics and Management" 7(1), 5-8*
- Flanagan, R. and Norman, G. (1989) Life-Cycle Costing: Theory and Practice. RICS, Surveyors Publications Ltd, London*
- Gaio, C., de Brito, J., & Silvestre, J. (2012). Inspection and pathological characterization of gypsum plasterboard walls. *Materiales de Construcción*, 62(306), 285–297.*
- Haas, R., Hudson, W., Zaniewski, J. (1994). Modern pavement management, Krieger, Melbourne.*
- Hjelseth E. (2010) Exchange of Relevant Information in BIM Objects Defined by the Role- and Life-Cycle Information Model, "Architectural Engineering and Design Management", 6(4), p. 279-287*
- Isikdag U, Underwood J, Aouad G, Trodd N,.. (2007) Investigating the Role of Building Information Models as part of an Integrated Data Layer: A fire response management case, "Architectural Engineering and Design Management", 3, p. 124-142.*
- Lavy, S., Shohet, I. (2004) Integrated maintenance management of hospital buildings: a case study, "Construction Management and Economics", 22 (1), p 25-34.*
- MacSporran C., Tucker S. (1996) Target budget levels for building operating costs, "Construction Management and Economics", 14 (2), p 103-119.*
- Malczewski, J., (2006) GIS-based multicriteria decision analysis: a survey of the literature, "International Journal of Geographical Information Science" 20 (7)*
- Municipal Asset Management Plans (2010). Disponible en http://www.civicinfo.bc.ca/Library/Asset_Management/Toolsand_Resources/AssetSMART*

Municipal Asset Management Plans (2010). Documento tomado de http://www.auma.ca/live/AUMA/Toolkits+%26+Initiatives/Guide_for_Municipal_Asset_Management_Plans. Capturado: Mayo 07, 2014. Traducción libre por: Pamela Alcalá

Municipal Asset Management Plans (2010) Disponible en [http://www.civicinfo.bc.ca/Library/Asset_Management/Tools_and_Resources/AssetSMART_-_A_Local_Government_Self_Assessment_Tool_\(BETA\)--LGAMWG--September_2010.pdf](http://www.civicinfo.bc.ca/Library/Asset_Management/Tools_and_Resources/AssetSMART_-_A_Local_Government_Self_Assessment_Tool_(BETA)--LGAMWG--September_2010.pdf)

NBIMS, (2007), disponible en http://www.wbdg.org/pdfs/NBIMsv1_p1.pdf.

Oliva, R., Kallenberg, R. (2003) Managing the transition from products to services. "International Journal of Service Industry Management", 14(2), p.160–72.

Pratt R. (2011) Mulling Infrastructure Efficiency, Service Management. Powergrid. Disponible en: <http://www.power-grid.com> Recuperado el 24 de enero de 2014.

Richter, M., Governing Guide/ Mapping the Future, Governing Magazine. November 1992.

Sherif. A. (1999) Hospitals of developing countries: Design and construction economics. "Journal of Architectural Engineering", 5(3), p. 74- 81.

Sanford, K., McNeil S. (2008) Agent-Based Modeling: Approach for Improving Infrastructure Management. "Journal of Infrastructure Systems" 14 (3) p. 253-261.

Wong, A., Wong, F., Nadeem A. (2010) Attributes of Building Information Modelling Implementations in Various Countries, "Architectural Engineering and Design Management", 6 (4), p. 288-302