



Congreso Nacional del Medio Ambiente
Cumbre del Desarrollo Sostenible

COMUNICACIÓN TÉCNICA

Análisis y diagnóstico de la eficiencia energética de edificios existentes mediante sistemas no destructivos

Autor: Victor Garcia Barba

Institución: Universidad Camilo José Cela. Escuela Superior de Arquitectura y tecnología

E-mail: garzarq@arquired.es

Otros autores: Farid Mokhtar Noriega (Universidad Camilo José Cela. Escuela Superior de Arquitectura y Tecnología); Alicia Ozámiz Fortis (Universidad Camilo José Cela. Escuela Superior de Arquitectura y Tecnología); Jose Miguel de Prada Poole (Universidad Politécnica de Madrid (E.T.S. Arquitectura de Madrid); Enrique Rayón Alvarez (Acciona)



RESUMEN:

Introducción: La conservación de edificios, tanto históricos como otros sin especial relevancia esta adquiriendo un carácter prioritario dentro del ámbito de la unión europea: por un lado la escasez y el cada vez mayor coste del suelo edificable; por otro la necesidad de un crecimiento sostenible y por ultimo la continua demanda de vivienda indican que una gran parte de la actividad constructiva de las próximas décadas va a estar dirigida a este sector. Sin embargo, y a diferencia de lo que ha venido ocurriendo con el campo de la obra nueva, se va a requerir un elevado grado de especialización, tanto de técnicos como de mano de obra. Cumplir las metas fijadas por la UE en el libro verde será pues un objetivo prioritario; y en lo que a los edificios ya construidos compete, el ahorro energético en calefacción y refrigeración y la incorporación de nuevos sistemas y tecnologías de eficiencia energética se convertirá en una metodología habitual y obligatoria. **Metas:** La adecuación del proceso de actualización y conversión de los edificios exigentes para cumplir dichos objetivos no se puede alcanzar de una manera eficaz utilizando las técnicas tradicionales de medición manual, prospecciones, etc. El elevado coste en tiempo, su inexactitud y falta de rigor no permitirían de ningún modo generar un proceso de transformación sobre el inmenso parque de edificaciones con una antigüedad de más de 10 años que necesitarían ser reconvertidos para su reutilización eficiente. Existen sistemas de tecnología avanzada que permiten el levantamiento rápido y preciso de las edificaciones, sin embargo estas tecnologías se utilizan de forma arcaica que disminuye su efectividad. Se propone una metodología integral de uso que permite optimizar los procesos de levantamiento e incrementar su eficacia para el análisis y el diagnóstico. **Partes de la comunicación:** Conocimiento de la realidad construida de los edificios mediante sistemas de levantamiento y representación basados en la fotografía y fotogrametría Digital, y la utilización de medios de fotografía aérea de apoyo. Estudio de las pérdidas de energía mediante sistemas no destructivos (termografías, endometria). Análisis del subsuelo para evaluar sus posibilidades como fuente adicional o única de suministro energético. Generación de un modelo 3D de análisis integral de la construcción o construcciones. Propuesta de intervención de rehabilitación Integral. Análisis comparado de coste con los sistemas tradicionales de rehabilitación. (Hipotético).



INTRODUCCION

1. EL EDIFICIO COMO FUENTE DE RIQUEZA.

El valor a largo plazo de un edificio depende de 3 factores; a) la capacidad de satisfacer las necesidades de los usuarios; b) de condiciones medioambientales variables; c) Evolución de las expectativas sobre calidad del proyecto.

Por lo tanto, los edificios bien ventilados e iluminados, que tengan un consumo mínimo de energía y que resulten atractivos a los consumidores constituirán una inversión mas sólida y duradera que los dependientes de combustibles fósiles o los que no permitan una vida saludable.

Como consecuencia, la prolongación de la vida útil de el edificio ya construido y la conservación de su valor como inversión a largo plazo va a depender de una serie de intervenciones de rehabilitación destinadas a mejorar la construcción en función de los factores enumerados.

En gran parte de los cascos urbanos europeos, los edificios construidos con anterioridad al S. XX, han sido objeto de procesos de intervención en sentido contrario; inicialmente con bajo consumo energético, han sufrido la introducción de una serie de instalaciones de calefacción, saneamiento, fontanería, derrochadoras de agua y combustibles fósiles.

Por ello, cualquier operación de rehabilitación actual debe considerarse como una recuperación del valor de el edificio si consigue los objetivos reseñados.

En cualquier caso, el futuro energético incierto parece apuntar a que la distancia a la ciudad va a convertirse en un valor negativo, debido a el coste prohibitivo de los combustibles fósiles. Ello implicara un retorno a la ciudad de parte de la población residente en el extrarradio, como ya recogía Richard Rodgers en su estudio de 1999 "Towards a strong urban renaissance", y la preocupación de estos "retornados", que van a repoblar espacios urbanos infrautilizados o degradados va a estar en función de que los edificios reutilizados posean un valor a largo plazo.

2. LA DIRECTIVA EUROPEA.

La unión europea dio impulso al proyecto sostenible a mediados de la década de 1980, a través de la directiva 85/383/CEE, por el cual exigía niveles de formación, estándares profesionales y códigos deontológico para la prestación de servicios profesionales de arquitectura en Europa.

El Acta única Europea introdujo unas normas mínimas a cumplir para garantizar la coherencia de estos servicios en los países de la UE.

Ello produjo un impacto importante, no solo en la formación de los estudiantes de Arquitectura, sino en la reconversión de los profesionales en activo desde esa fecha.

Libro verde UE 2001. Publicado en marzo de 2000, fija un marco sobre la responsabilidad de las empresas en el apartado de la sostenibilidad y sobre todo de la innovación en el campo de la sostenibilidad.

En cuanto a España, la aparición, en 1999 de la Ley de ordenación de la Edificación, Ha culminado con la aparición del CTE (Código Técnico de la Edificación). En su estructura, en la parte II, habla de los método de verificación y de los Documentos de aplicación. Entre ellos están el CTE-HE "ahorro de energía"; el CTE-HR "protección contra el ruido".y el NTE-HS "salubridad", que afectan de manera sustancial a la rehabilitación de viviendas.



3. EL CICLO DE VIDA ACV.

Este análisis es uno de los más efectivos e incorpora los principios ecológicos al desarrollo de cualquier proyecto.

El ACV evalúa el rendimiento medioambiental de un edificio según un planteamiento global.

En un edificio, el ACV se centra principalmente en la construcción, uso y eliminación de residuos.

El método ofrece grandes ventajas; puede servir de guía para arquitectos y gestores de mantenimiento en el periodo de vida útil del edificio y suponer un ahorro en lo relativo a la anticipación de futuras leyes medioambientales y a facilitar el mantenimiento. El periodo de vida útil supuesto es de 30-50 años.

Por lo tanto el ACV es una herramienta que no solo permite evaluar un proyecto de obra nueva, sino que es de aplicación en cualquier proceso de renovación o rehabilitación.

Es preferible reutilizar que reciclar; y reciclar que eliminar. Aquí reside una de las evidentes ventajas del proceso de rehabilitación en contraposición a la nueva construcción: permite reutilizar un viejo contenedor, y eliminar solo una mínima parte de él mismo. Evidentemente, los porcentajes de elementos constructivos a reutilizar, reciclar y eliminar variarán sensiblemente según la época de construcción y el estado del edificio a rehabilitar.

El ACV considera en su análisis una amplia área geográfica, evitando traspasos de impactos negativos en construcción, como la prevención en la utilización de materiales que provienen de países lejanos con una legislación ambiental menos estricta. En este caso, una rehabilitación también tiene factores de evaluación positivos; cuanto más antiguo sea el edificio, más próximos estarán los materiales utilizados, y cuantas más partes se puedan reaprovechar, menor será el impacto creído en el entorno.

4. HERRAMIENTAS DE ANÁLISIS MEDIOAMBIENTAL PARA LOS EDIFICIOS.

Hay otras herramientas que evalúan la sostenibilidad de un proyecto. Unas se centran en el consumo de energía; otras abarcan un campo mucho más amplio.

Entre ellas tenemos el Sustainability Assessment Model (SAM), el Eco-Management and Audit Scheme (EMAS), el BREDEM, el BREEAM y el SEAM. Los tres últimos son para tipologías edificatorias específicas.

El SAM.

evalúa el proyecto durante el ciclo de vida útil, mediante 22 parámetros agrupados en 4 bloques que engloban:

- Impacto en el consumo de recursos
- Impacto medioambiental
- Impacto social
- Impacto económico.

Es una herramienta flexible y admite posibilidades e variación para tipologías específicas, lo cual favorecería su aplicación a los procesos de rehabilitación.

EL EMAS.

Es el modelo preferido en la UE. Es muy parecido al ACV, pero en este caso la evaluación la realizan empresas externas. se debe:

- Establecer un sistema de gestión medioambiental



- Elaborar una declaración medioambiental
- Someter tanto el sistema como la declaración a una auditoria externa.

En el caso de los proyectistas, el *EMAS* proporciona criterios para reducir el impacto ambiental directamente o a través de contratistas o proveedores.

Para topologías edificatorias específicas, existen:

BREDEM

Se centra en los edificios domésticos. Es un conjunto de programas informativos que se centran en el estudio de el consumo energético. Se puede adaptar para controlar información sobre niveles de confort y humedad.

BREEAM

Principalmente usado en edificios de oficinas en el Reino Unido.

Comprende los siguientes aspectos:

- Emisiones de CO₂
- Características saludables del edificio
- Calidad del aire y ventilación
- Medidas contra el agotamiento de la capa de Ozono y la lluvia ácida
- Reciclaje y reutilización de materiales
- Ecología del emplazamiento
- Ahorro de agua
- Ruido
- Riesgo de Legionelosis
- Materiales peligrosos
- Iluminación

SEAM

Auditoria creada para centros escolares. El SEAM investiga distintos aspectos, desde consumo de energía hasta ahorro de agua, otorgando hasta 45 puntos.

5. FORMACIÓN EN SOSTENIBILIDAD

No ha sido hasta 1970 cuando se ha comenzado a considerar el proyecto ecológico como una materia docente. Sin embargo, la preocupación por la ecología se puede rastrear ya en textos antiguos, como por ejemplo el tratado de arquitectura de Vitrubio, donde se habla ya de la conveniencia de una buena orientación, de la posición respecto al viento, la configuración de ciudades y orientación de las calles.

Aun así, el concepto de bioclima es más moderno y cristaliza en los años en torno a 1960, con arquitectos como Buckminster Fuller y Reiner Banham.

Un paso decisivo lo marca la ya citada directiva UE 85/383/CEE, en la cual se establecen dos de las 11 áreas de conocimiento para los estudiantes que están relacionadas directamente con el medio ambiente.

Finalmente, la legislación de la UE, ha establecido una serie de parámetros clave en su legislación que afectan a el medio ambiente. Estos parámetros son los siguientes:

- Quien contamina, paga.
- Si no esta seguro, adopte medidas preventivas.
- Considere todos los impactos ecológicos.
- Utilice los conocimientos científicos más avanzados.



El tratado de Bolonia, finalmente, aprobado en el 1999, unificara la formación de los profesionales de la construcción europeos en materia de sostenibilidad.

Aun con lo anteriormente expuesto, es raro encontrar ejemplos en el campo de la construcción, de aplicación de energía solar, o modificaciones de mejora medioambiental en edificios ya construidos en el entorno de las enseñanzas universitarias. Mucho mas raro aun es la aplicación de estos parámetros sostenibles en la rehabilitación.

6. ESTRATEGIAS PARA ALCANZAR LA EFICIENCIA

Factores fundamentales

Hay tres factores fundamentales para promover la eficiencia energética en los edificios; Los avances tecnológicos, las políticas estatales y los intereses de los usuarios que conocen el problema medioambiental.

El peso de cada factor en un proyecto varia en función de el interés de los promotores, el conocimiento de los proyectistas y el clima político imperante.

Importancia de la innovación para los profesionales de la edificación.

En lo que corresponde al profesional de la arquitectura, las tecnologías energéticas existentes podrían separarse en dos grupos: nuevas formas de energía y mejor aplicación de las existentes. Se prevé que en el futuro, muchos edificios sean exportadores netos de energía en lugar de importadores. Evidentemente, en el caso de el parque existente de edificios, la implantación de el primer grupo y la mejora del segundo serán decisivas para su subsistencia, lo que implicara que habrá que tener un conocimiento muy preciso de los elementos constructivos que los constituyen.

Evolución de las prioridades medioambientales.

El replanteamiento de los problemas medioambientales en la cumbre de Río de Janeiro (1992) , ha obligado a reexaminar una serie de situaciones clave que no solo afectan a las ciencias medioambientales sino a otros aspectos tan variados como el comercio, la agricultura y el orden económico.

La cumbre de Río estableció un programa de tres puntos, extensible a toda la actividad humana. Correspondía a la arquitectura y a la construcción la integración de estas exigencias. Los arquitectos no solo debían tener en cuenta los temas energéticos sino otros recursos medioambientales y el impacto de los edificios en la ecología en general.

La arquitectura ecológica ha adquirido una importancia mas amplia. Se ha desarrollado un sistema general de la evaluación del impacto ecológico de los edificios e incluso de la ciudad entera.

Indicadores de evaluación

Muchas de las herramientas de evaluación antes citadas, como el BEEAM o el LEED de Estados unidos, reconocen cada vez mas la compleja naturaleza de las decisiones afrontadas. Los indicadores de evaluación aportan dos tipos de información; a) Grado de consecución del objetivo y b) Fluctuaciones del sistema.



Se trata en definitiva, de considerar no solo el análisis previo, sino durante el ciclo de vida útil del edificio, midiendo el impacto ambiental mediante indicadores naturales específicos.

Indicadores de evaluación

Muchas de las herramientas de evaluación antes citadas, como el BEEAM o el LEED de Estados Unidos, reconocen cada vez más la compleja naturaleza de las decisiones afrontadas. Los indicadores de evaluación aportan dos tipos de información; a) Grado de consecución del objetivo y b) Fluctuaciones del sistema.

Se trata en definitiva, de considerar no solo el análisis previo, sino durante el ciclo de vida útil del edificio, midiendo el impacto ambiental mediante indicadores naturales específicos.

7. LA EDIFICACION SOSTENIBLE. LA REHABILITACION SOSTENIBLE.

Si consideramos la vida útil de un edificio (funcionalmente unos 50 años), veremos que los edificios que se construyen hoy día, en su mayor parte, van a tener que afrontar un futuro incierto respecto al clima y las reservas de recursos. Por ello, tanto el proyecto de nueva construcción como la rehabilitación deberían seguir determinadas reglas para optimizar y flexibilizar los edificios.

La edificación sostenible deberá de ser susceptible de crear comunidades de el mismo tipo por medio de un consumo eficiente de recursos. Estos recursos son ; la energía; el agua; el suelo; los materiales y el trabajo humano.. Por lo tanto, las viviendas deben sostenibles deben ser:

- Eficientes en el consumo de energía.
- Eficiente en consumo de agua.
- Ser comunidades autosuficientes de uso mixto.
- Tener un larga vida útil.
- Garantizar flexibilidad de estilos de vida y régimen de propiedad
- Pensarse par maximizar el reciclaje

Estas cualidades son evidentemente tomadas en consideración de una manera consciente cuando proyectamos un edificio de nueva planta. Sin embargo, la actuación de rehabilitación posee una serie de limitaciones en el campo del diseño que seria conveniente enumerar, para ver que ventajas e inconvenientes presentan de cara a su posible adaptación a los principios de la sostenibilidad.

-Configuración física previa

Los edificios a rehabilitar poseen ya una configuración constructiva precisa. Su capacidad de modificación o adaptación depende de muchos factores. Por ejemplo, un conjunto de viviendas tradicionales con muros de fabrica y de 3 o 4 plantas, podrían cumplir ciertas condiciones, mientras que edificios mas modernos de 10 o mas alturas y estructura de hormigón no las cumplirían. Dependiendo del tipo de edificio, la envolvente externa o la distribución interna podrían modificarse en mayor o menor grado para adaptarse a los objetivos antes fijados.

Además, los cascos urbanos consolidados poseen ya condicionantes que no es posible modificar; orientación de las calles, y por tanto de los edificios; limitaciones de



soleamiento impuestas por estas mismas calles; alturas muchas veces superiores a las recomendadas (3 o 4 plantas). Densidad fija de viviendas / hectárea.

Paradójicamente, muchos edificios de bajo consumo energético y relativamente saludables han sufrido modificaciones a lo largo de su vida útil que los hacen “derrochadores” y no saludables, por ejemplo el cambio de revestimientos de revocos de cal por pinturas plásticas; la introducción de sistemas de calefacción o climatización erróneos, eliminado sistemas de ventilación o sombreadores que los hacían mas adaptables.

Como vemos, nos estamos introduciendo en un contenedor preconfigurado que podremos adaptar mas o menos radicalmente. Por lo tanto, siempre estamos hablando de mejorar lo existente, puesto que no podemos eliminarlo (salvo en los casos en los cuales se considerara que los edificios no pudieran cumplir unos mínimos parámetros de eficiencia).

Por ello la rehabilitación sostenible se debe considerar como un proceso de reconfiguración o adaptación, para lo cual necesitamos disponer de la máxima información posible, a fin de poder tomar las decisiones que puedan llevarnos a la optimización de los edificios. Para ello debemos adoptar los medios de análisis y levantamiento mas avanzados y precisos, pero también debemos poder tener en cuenta los resultados de manera global, con el fin de garantizar a los edificios rehabilitados una larga vida útil. Dados los avances en el campo de las instalaciones, garantizar un reducido consumo de agua y un buen aislamiento resultara relativamente fácil. Sin embargo, mejorar las condiciones de soleamiento y ventilación serán actuaciones mucho mas complejas.

también el planeamiento urbano en áreas consolidadas, permitiendo el aumento o la reducción de la densidad de viviendas, podrá ayudar a cumplir los objetivos que se planteen en las áreas a rehabilitar.

8. SISTEMAS DE ANÁLISIS Y LEVANTAMIENTO DE EDIFICIOS EXISTENTES.

Metodología

En cuanto a la metodología a utilizar en el proceso de rehabilitación, podríamos establecer una clara distinción entre los sistemas de análisis y levantamiento tradicionales y los actuales.

Frente a la utilización de métodos externos de control, o en su defecto sistemas mas traumáticos, que implicaban un daño al edificio (sobre todo a su envolvente), se comienzan a utilizar, sobre todo en edificios de gran valor histórico, métodos de medición y análisis que permiten atravesar la corteza externa y evaluar su fabrica y componentes constructivos.

El proceso habitual de reconocimiento y obtención de datos consiste pues, en dos partes: obtener una imagen lo mas precisa posible de la configuración física de la construcción, (envolvente, muros, cubiertas..) y obtenida esta, analizar de manera individual los aspectos mas relevantes que interesan al proceso de reparación o rehabilitación; composición del subsuelo, composición de muros, aislamientos...obteniendo una serie de

datos mediante un sistema mico de hardware y software (en cada evaluación), que se utilizaran mas tarde en el proceso de proyecto.

Es pues, un recorrido laborioso y complejo, aunque de el se obtengan resultados muy precisos, dada la avanzada tecnología utilizada.

Para aclarar un poco este panorama complejo, vamos a describir someramente algunas de las principales tecnologías utilizadas en el levantamiento y análisis:

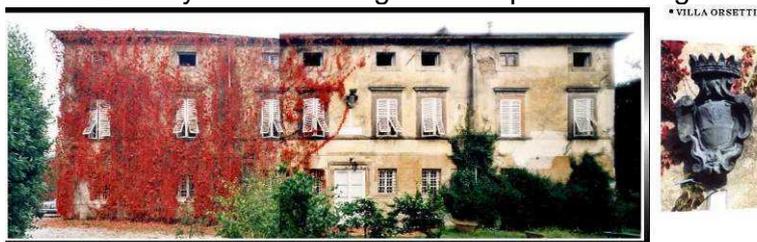
Sistemas de levantamiento digital:

- Modelado Geométrico por imágenes digitales:

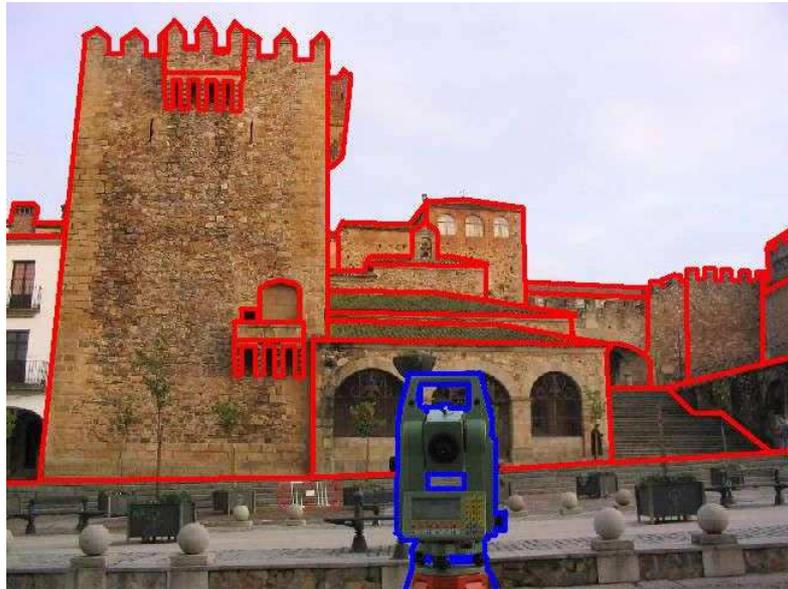
Basado en la fotogrametría, permiten obtener levantamientos 2D y 3D a partir de fotografías digitales rectificadas y tratadas. El resultado es de una gran precisión, aunque la introducción de datos es laboriosa. (Asrix, Photomodeler). Su principal desventaja es la lectura de la envolvente de cubiertas, aunque se están utilizando métodos de apoyo que permiten ubicar cámaras remotas en altura para la obtención de imágenes (Microdrone gmbh).



Elaboración de alzados y documentos gráficos a partir de imágenes fotográficas



Elaboración de alzados y documentos gráficos a partir de imágenes fotográficas



Elaboración de alzados y documentos gráficos a partir de imágenes fotográficas



Elaboración de alzados y documentos gráficos a partir de imágenes fotográficas

-Scanner Láser:

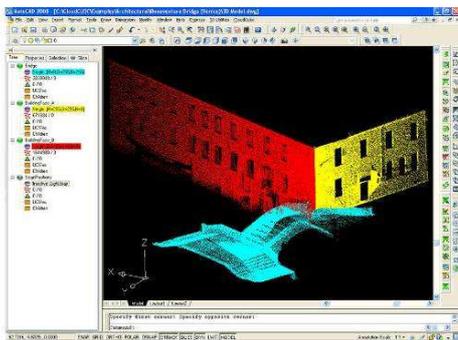
Basado en tecnología de barrido láser en 3D con georeferencias que también permiten la generación de imágenes 2D y 3D de una enorme precisión. En este caso, la captura y transformación de datos es mucho más rápida aun que en el caso anterior.



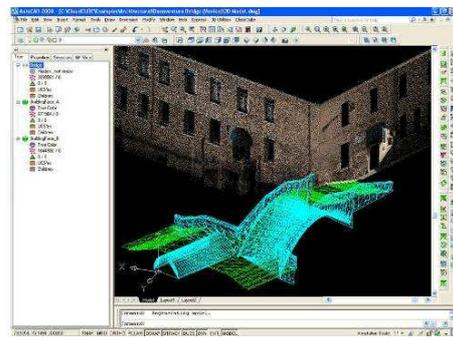
Scanner Láser 3D Modelo Riegl Z210i Fuente ebay



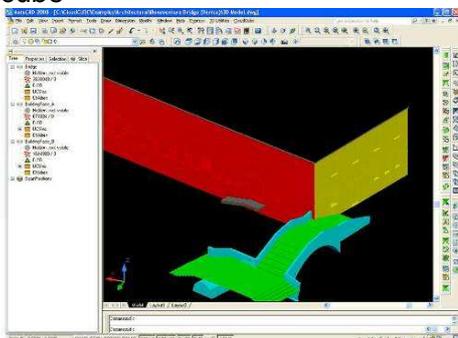
Edificio, estado actual) Fuente Cloudcube



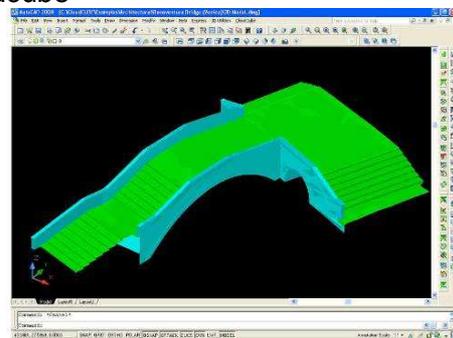
Levantamiento de edificios con técnicas de Escaneo Láser (interpretación) Fuente Cloudcube



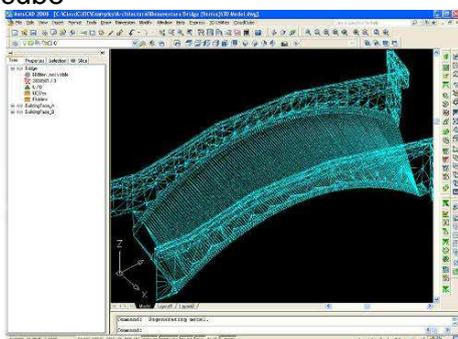
Levantamiento de edificios con técnicas de Escaneo Láser (interpretación)) Fuente Cloudcube



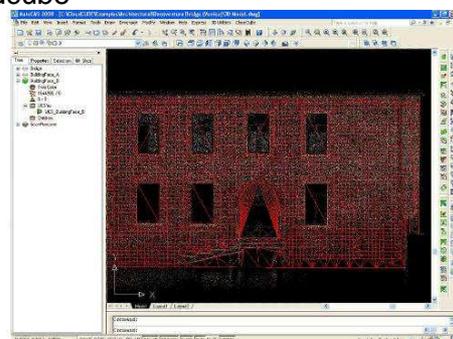
Levantamiento de edificios con técnicas de Escaneo Láser (interpretación)) Fuente Cloudcube



Levantamiento de edificios con técnicas de Escaneo Láser (interpretación)) Fuente Cloudcube



Levantamiento de edificios con técnicas de Escaneo Láser (interpretación)) Fuente Cloudcube

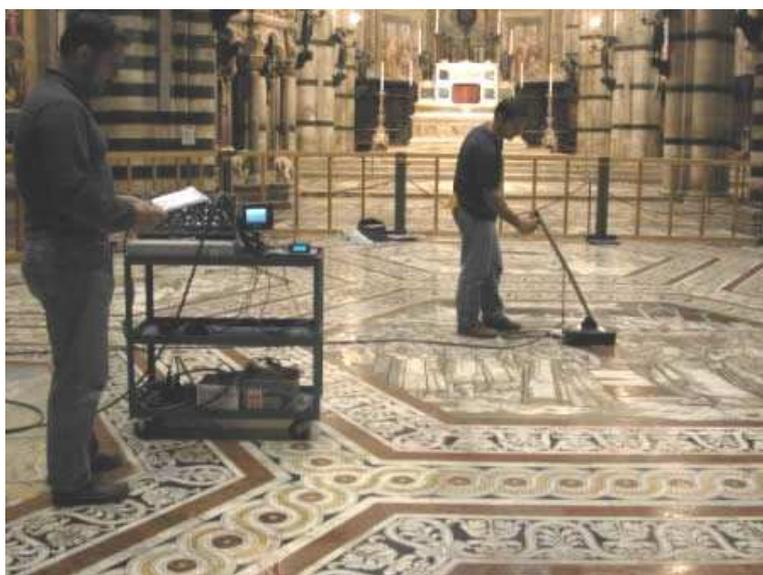


Levantamiento de edificios con técnicas de Escaneo Láser (interpretación)) Fuente Cloudcube

Sistemas de Análisis:

-GPR o Georadar (Ground Penetrating Radar).

Apoyándose en tecnología geofísica no destructiva basada en el radar que permite la obtención de datos relativos al subsuelo, rocas, detección de aguas, instalaciones, análisis de cimentación y muros. Pertenece al grupo de métodos electromagnéticos. Se transmiten impulsos muy cortos en frecuencias comprendidas entre 10MHz y 2 GHz, y se mide la respuesta del terreno a estos impulsos en forma de imagen bidimensional. Al ser frecuencias muy altas la penetración es muy baja (aunque esta penetración depende de los materiales de las primeras capas del terreno, pudiendo llegar hasta los primeros 15 metros de profundidad en condiciones óptimas) y la resolución muy alta.



Utilización de georadar dentro de un edificio.

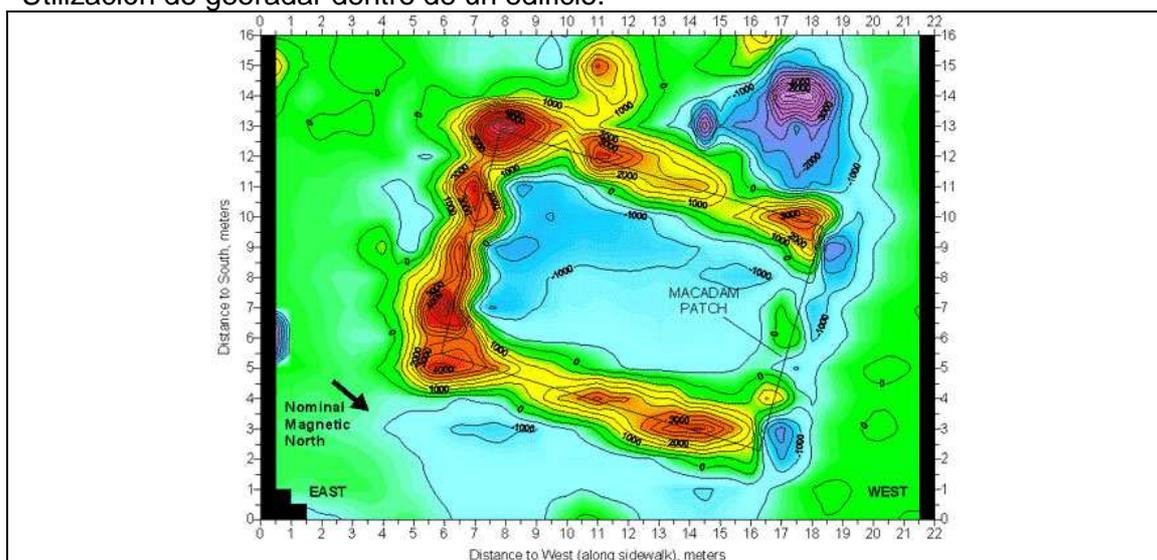


Imagen de subsuelo obtenida por georadar. Fuente: Conradgeo.com

-Tomografías eléctricas:

Análisis de estructuras basados en métodos electro físicos. El método eléctrico es una de las técnicas mas antiguas y ha ido variando en función de las capacidades de los equipos de obtención y procesado de datos. Entre los más habitualmente utilizados cabe citar los dispositivos polo-dipolo, polo-polo, dipolo-dipolo, Schlumberger, Wenner, etc.

Combinando adecuadamente resolución lateral y profundidad de investigación, la Tomografía Eléctrica es, sin duda, una de las herramientas de carácter no destructivo más eficaz para el estudio y caracterización de posibles discontinuidades del subsuelo en el rango desde algunos metros hasta centenares de metros de profundidad.

-Video endoscopia:

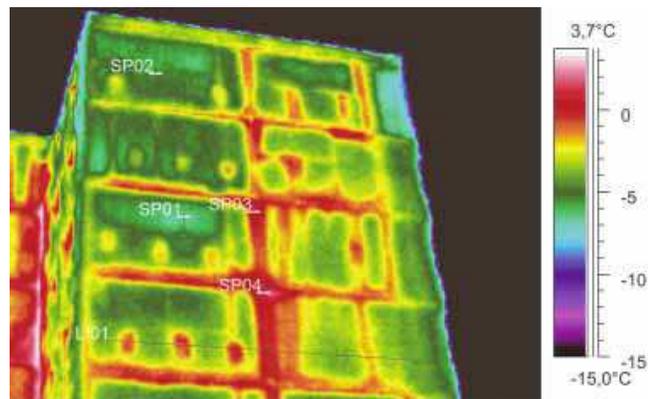
Introducción de micro cámaras para el análisis murario. Permite el conocimiento de la estructura de el muro, localización de posibles cavidades y composición de el mismo, sin destruir le envolvente.



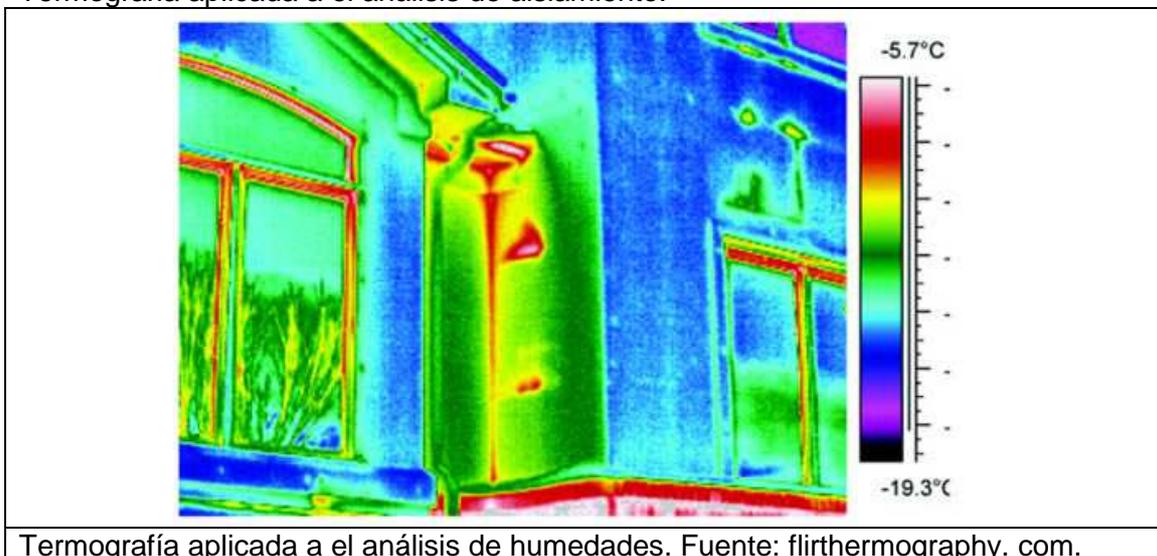
análisis de muros a partir de endoscopia. Fuente: aiceconsulting.it

-Termografías:

Análisis no destructivos a partir de maquinas fotográficas basadas en la captación de la energía calorífica cuantificando la radiación infrarroja. Detectan fugas, humedades, heterogeneidad de material, oquedades en muros, falta de aislamiento...Las posibilidades de esta tecnología para el sector de la edificación son muy importantes, nos permitirá analizar las condiciones de aislamiento de un edificio, localizar y evaluar puentes térmicos, humedades internas e infiltraciones de aire, calcular la transmisión térmica de un paramento e incluso analizar los sistemas de climatización.



Termografía aplicada a el análisis de aislamiento.



Termografía aplicada a el análisis de humedades. Fuente: flirthermography. com.

-Higrómetros:

Permiten la detección de los distintos niveles de humedad en el interior de la edificación.



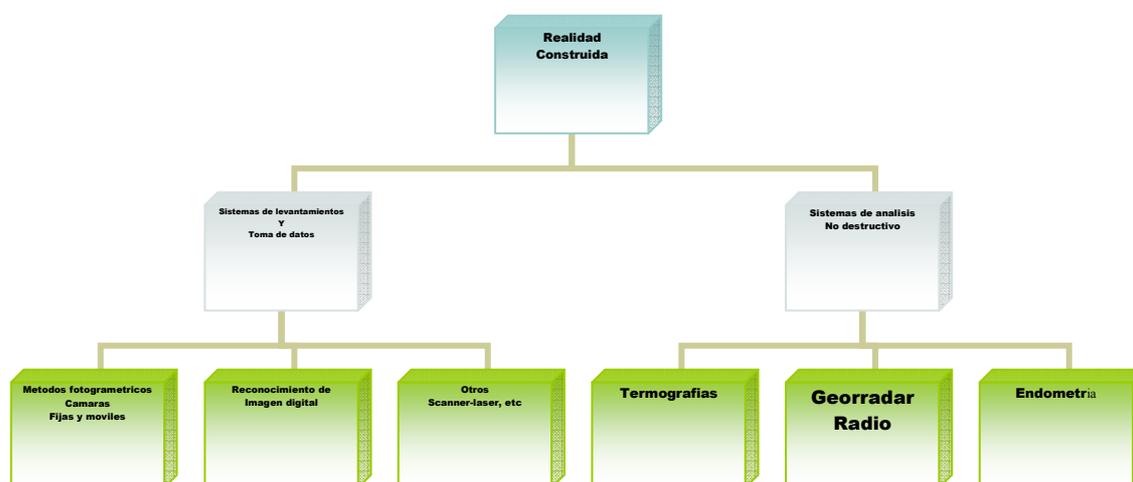
Higrómetros portátiles.. Medida de humedades en interiores. Fuente: Edilbase.com

-Resonancia magnética nuclear unidireccional:

Permite medir y obtener imágenes de partículas subatómicas. Utilizado esencialmente para medir la degradación de los materiales porosos y humedad en muros sin llegar a perforarlos.



Resonancia magnética para verificar niveles de humedad. Fuente: cienciaonline.com



Cada uno de estos métodos, con su Hardware y software propios, produce una documentación y unos datos que suponen, si se utilizan en conjunto, una labor compleja y especializada, que se traduce en horas de trabajo. Sin embargo, la gran precisión de los datos los hace preferibles a los análisis tradicionales, porque nos van a proporcionar mucha mayor seguridad a la hora de definir las soluciones correctas y por tanto supondrán un ahorro económico en el proceso de ejecución.

Este coste en tiempo de elaboración, fácilmente asumible cuando el edificio es de una importancia histórica excepcional, no es viable si vamos reduciendo este valor y

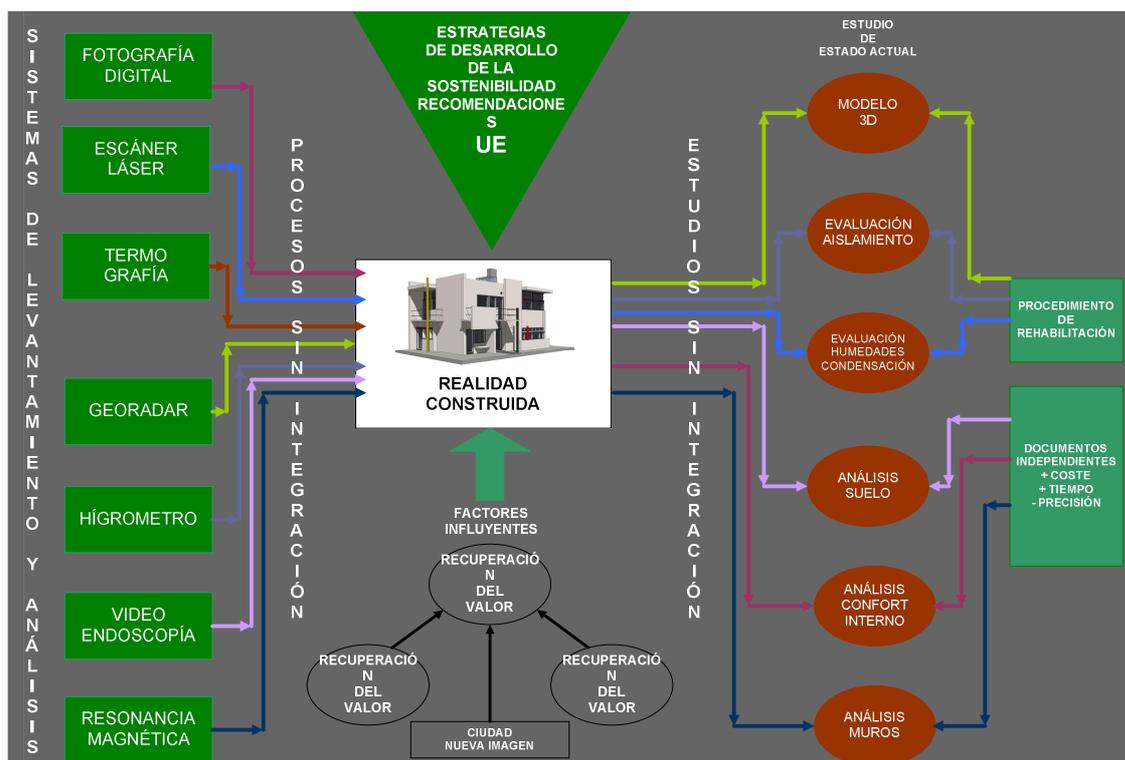
aumentando el número de los edificios a tratar y queremos aplicar estos sistemas complejos al campo de la vivienda moderna y contemporánea. Como hemos visto, gran parte del parque de edificios a rehabilitar en la UE, (aproximadamente un 75%, según el país) en función de la renovación de su ciclo de vida, son viviendas que superan los 30 años de antigüedad.

Es decir, en un futuro inmediato, la realidad que hemos descrito en la introducción se va a transformar en la necesidad de actuar de una manera rápida, eficaz y barata sobre un inmenso conjunto de edificios, a fin de optimizar sus condiciones de habitabilidad y reducir su coste energético.

Hay que tener en cuenta que en su mayor parte, los edificios construidos antes de la década de 1980 no tienen aislamiento térmico o lo si lo tienen, este es muy deficiente.

En algunos casos podremos utilizar partes del edificio o la totalidad, alterar su envolvente o no, o cambiar radicalmente su configuración.

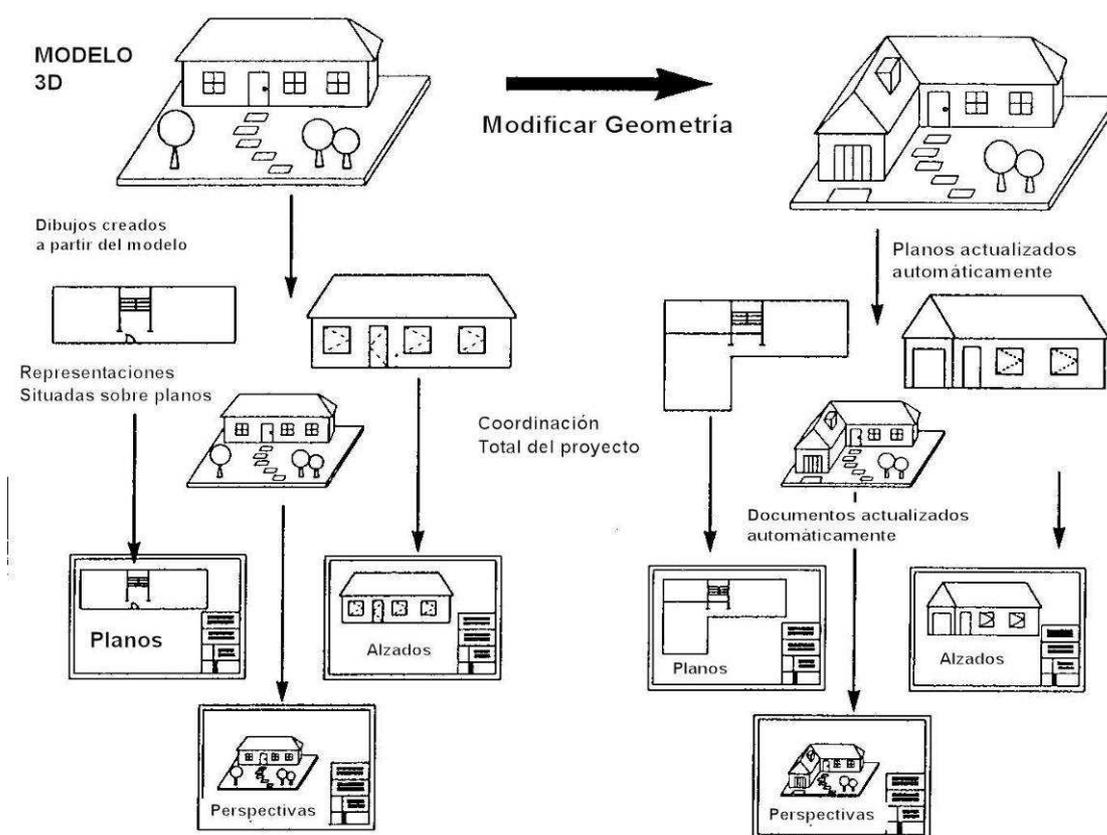
Si quisiéramos aplicar estos sistemas avanzados de levantamiento y análisis a estos edificios, tendríamos otra desventaja evidente: los modelos obtenidos para cada análisis son básicos e independientes. Debemos pues, realizar análisis, para cada aspecto a tratar; aislamiento, estructura, saneamiento, cimentación, soleamiento...los modelos obtenidos no son interrelacionables, haciendo que el diagnóstico de rehabilitación, por parte de el proyectista, sea complejo y poco fiable. Por lo tanto, no podemos evaluar propuestas integradas para la rehabilitación.



SITUACIÓN ACTUAL: DATOS/ACTIVIDADES INDEPENDIENTES

9. ENTORNOS INTEGRADOS BIM

Los entornos Integrados o “Building Information Model” (BIM), se basan en un modelo de representación abierto que coordina y asocia a sistemas de representación geométrica (2D, 3D y visual) y descriptivos (propiedades físicas, funcionales, coste y tiempo de ejecución) de edificio. Desde un punto de vista técnico es una base de datos (BB.DD.) integrada que puede almacenar la información gráfica y descriptiva del edificio. Generalmente los programas no cuentan con una sola base de datos, sino de múltiples bases de datos especializadas enlazadas a través de una base central, el objetivo es aligerar la representación y la velocidad de lectura de los datos según las necesidades del proyecto.



Concepto de mantenimiento y actualización automática de la documentación del proyecto en un sistema BIM

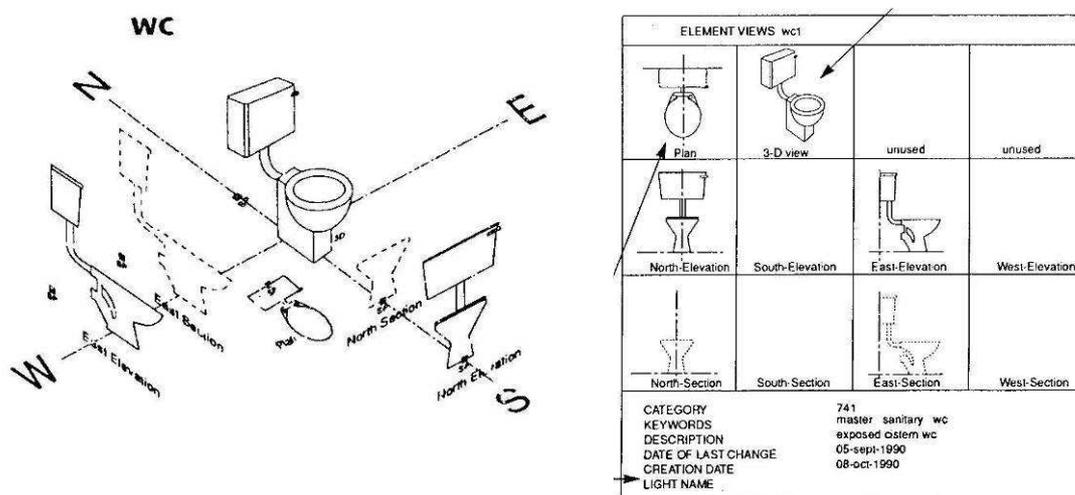
El usuario del sistema BIM representa objetos arquitectónicos o componentes estructurales del edificio, cada objeto representa un registro de una base de datos, cuyos campos son la descripción geométrica (2D y 3D), la representación visual (texturas y colores), la descripción física (resistencia, propiedades térmicas, etc....) Coste (precio de unidad) y Tiempo de ejecución.

El equipo encargado del desarrollo del proyecto dispone de varias herramientas gráficas y no gráficas para introducir en la Base de Datos BIM la información necesaria. Puede usar un sistema de representación gráfica para introducir los datos geométricos y

visuales (aplicación de Computer Aided Geometric Modeling), o un sistema de representación alfanumérica para introducir los datos descriptivos (hojas de cálculo o ventanas de opciones múltiples).

Las aplicaciones de Modelado Geométrico están dotadas de modeladores especializados que permiten a los usuarios construir representaciones avanzadas de componentes del edificio (tabiques, ventanas, puertas, etc.) y elementos constructivos (escaleras, cubiertas, estructuras, etc.), cualquier objeto creado por el sistema es de geometría paramétrica que se puede modificar según las especificaciones del proyecto. Estos elementos se pueden almacenar en una base de datos auxiliar para su posterior uso en otros proyectos. Generalmente los componentes están diseñados según unas tipologías específicas, de frecuente uso en la arquitectura del país. La capacidad de generar nuevas formas para proyectos singulares es limitada, en la mayoría de los casos requiere una adaptación o personalización, con la ayuda de un lenguaje de programación auxiliar o la intervención directa del fabricante.

Los entornos BIM están equipados con un sofisticado sistema de gestión de documentación del proyecto. Su función es coordinar la información gráfica o alfanumérica que se puede extraer de la Base de Datos Integrada. Cuenta con varios subsistemas para generar documentos gráficos (planos a cualquier escala), imágenes y gráficos representativos (infografías y gráficos) e informes (listados, tablas y memorias descriptivas). Los sistemas cuentan con herramientas y mecanismos para programar las características de las plantillas de documentos. Las plantillas representan al diseño normalizado a partir del cuál se generan automáticamente toda la documentación actualizada al día que puede producir el programa. Los diseños de las plantillas están configurados según las normas tecnológicas de cada país o sus códigos técnicos de la edificación. Los gestores de la documentación garantizan la puesta al día y la coordinación de la información reflejada en ellos.



Representación esquemática de un objeto BIM Vistas normalizadas del objeto representado

Los entornos BIM generalmente poseen una arquitectura modular, que permite enlazar a diferentes aplicaciones de cálculo y análisis de datos. Estas aplicaciones, tienen la



capacidad de leer las bases de datos y extraer la información que requieren para cada caso. La ventaja de las Bases de Datos BIM, es que permiten el acceso a toda la información geométrica o alfanumérica almacenada en ellas, de esta forma cada aplicación puede obtener los datos que necesita sin necesidad de duplicar la captura o entrada de datos. Otra de las ventajas es que el sistema puede generar múltiples representaciones de la información técnica que contiene el proyecto, algunas llamativas e ilustran propiedades del diseño difíciles de percibir de forma abstracta (tablas, informes o listados alfanuméricos).

Generalmente, los entornos BIM cuentan con entornos de simulación y visualización de la geometría del edificio. Estas visualizaciones pueden ser de diferentes tipos: imágenes estáticas o infografías de diferente calidad, animaciones por fotogramas, sistemas de animación en tiempo real y simuladores de sistemas físicos (estructuras, iluminación, etc.) y mecanismos dentro del edificio. Estas aplicaciones se basan en plantillas de diseño, que almacenan los datos de configuración en plantillas especiales. Las plantillas de diseño permiten actualizar las imágenes del proyecto, en cada momento. Parte de la información visual se archiva en la Base de Datos BIM y otra en bases de datos auxiliares del programa de infografía.

- Integración de la Información de levantamientos en Entornos BIM

Los entornos BIM pueden jugar un importante papel en el análisis, diagnóstico y propuesta de soluciones de tratamiento de los edificios con problemas de eficiencia energética. Lo que exponemos a continuación no está desarrollado, las aplicaciones existentes son totalmente independientes y producen información sesgada, no obstante, las necesidades del mercado ayudarán a generar respuestas innovadoras al problema existente.

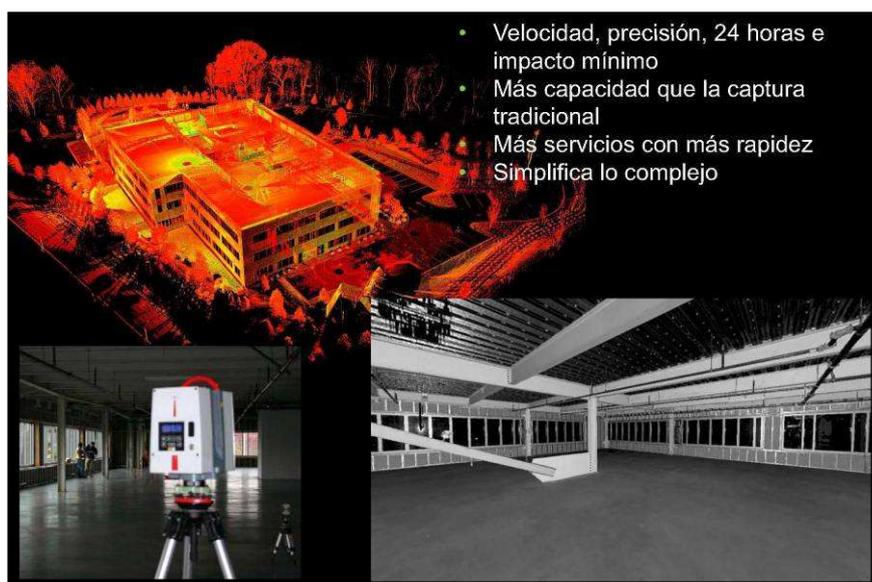
- Captura de Datos

Los entornos BIM poseen una arquitectura abierta como bases de datos relacionales, las empresas que desarrollan dispositivos de captura de datos podrán desarrollar programas que ayudarían a transferir los datos capturados a los diferentes formatos de datos de los programas. En el apartado de captura con escáner Láser, podemos observar el proceso de interpretación de la información en una aplicación de dibujo asistido por ordenador (Autocad). La tecnología de interpretación de los datos puede ser transferida a otra aplicación de modelado, sólo es necesario adaptarla al interfaz del nuevo entorno. Lo importante es la flexibilidad del modelo tridimensional capturado, en algunas situaciones será necesario remodelar algunos componentes del edificio para elaborar los estudios posteriores de diagnóstico y propuesta de soluciones. El punto crítico es convertir los objetos capturados del exterior, en objetos paramétricos con capacidad de integrar datos descriptivos y geométricos adicionales. Este proceso es complejo y difícil de resolver de forma automática, con los programas y tecnologías de software actuales.

Lo ideal sería que toda la información capturada con los diferentes dispositivos, se volcasen en los registros correspondientes de las bases de datos del edificio, por ejemplo, la información de eficiencia térmica en los elementos de cerramiento y posiblemente en un apartado especial de habitáculos, para la información de los espacios interiores. Lo cierto es que la captura de datos es una tarea crítica, y el obstáculo por resolver.

El principal obstáculo para la construcción de un modelo BIM integrado es, la elección o el desarrollo de un modelo normalizado para la representación digital de la información del edificio. Este modelo tendría suficiente flexibilidad para poder incorporar toda la información en sus registros.

Cada fabricante de dispositivos de captura de datos sólo tendrá que desarrollar un módulo auxiliar para transferir sus datos, desde el programa de volcado de datos al entorno BIM. El usuario tendría que aplicar algunos ajustes, que requieren un tiempo inferior al necesario para reconstruir modelos de datos para aplicaciones autónomas.



Levantamiento captura mediante escáner láser y su posterior integración en un entorno BIM

(Fuente: Autodesk)

El uso de módulos autónomos compatibles, reduciría el tiempo de desarrollo e implementación al mínimo. La formación en el uso no tendría que ser complicada para un usuario medio.

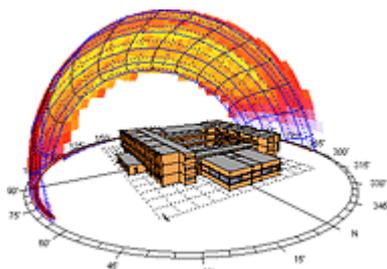
- Análisis e Interpretación de datos

La interpretación de los datos de eficiencia energética de los edificios en los entornos BIM, necesitarán diferentes aplicaciones de software, que los usuarios integrarían en forma de módulos generales y plugins para fines específicos. Esta arquitectura será necesaria por la heterogeneidad del parque de edificios a analizar y tratar.

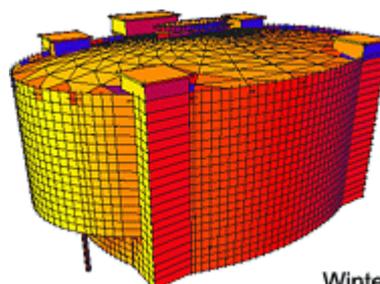
Lo importante es la aplicación matriz que gestionará todos los procesos de análisis integrado y gestionará los diagnósticos obtenidos representando los datos resultantes en los diferentes formatos gráficos y alfanuméricos necesarios para redactar informes y entender el problema en su conjunto.

La arquitectura modular de la aplicación y los componentes, permitirá mantener el sistema de forma rápida y precisa. La corrección de errores o adaptación de los

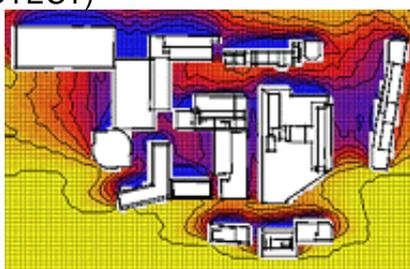
programas a cualquier modificación en los códigos de la edificación. Esta modularidad permitirá a los fabricantes de sistemas energéticos (calefacción, energía solar, energía geotérmica, etc.) o soluciones constructivas para rehabilitar edificios (sistemas de aislamiento térmico, fachadas ventiladas, etc.) añadir módulos y bases de datos de componentes y soluciones que pueden ayudar al usuario a desarrollar propuestas y ensayar múltiples soluciones, controlando a la vez los parámetros de eficiencia deseada, coste de obra y tiempo de ejecución.



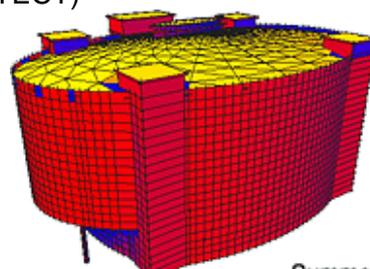
Análisis de Radiación Solar (fuente ECOTECH)



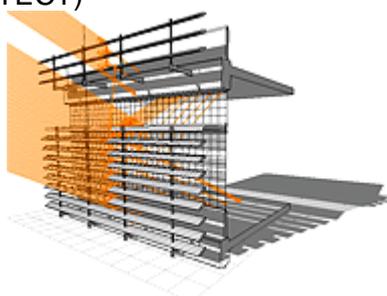
Análisis de Radiación Solar (fuente ECOTECH)
Winter



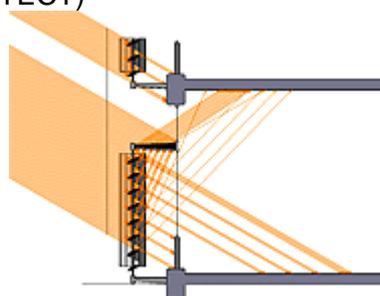
Análisis Radiación Solar (fuente ECOTECH)



Análisis de Radiación Solar (fuente ECOTECH)
Summer



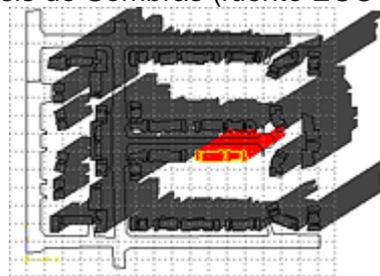
Análisis de Sombras (fuente ECOTECH)



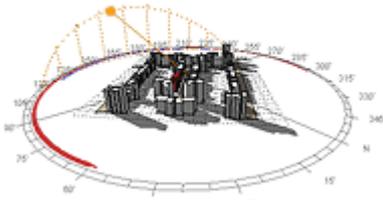
Análisis de Sombras (fuente ECOTECH)



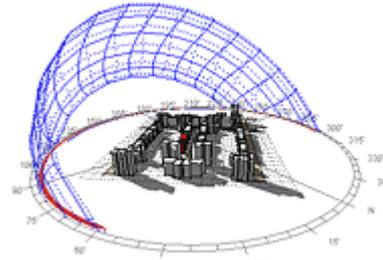
Análisis de Sombras (fuente ECOTECH)



Análisis de Sombras (fuente ECOTECH)



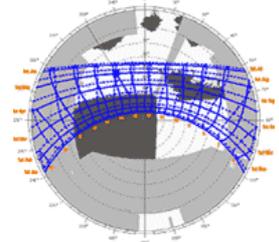
Análisis de Sombras (fuente ECOTECT)



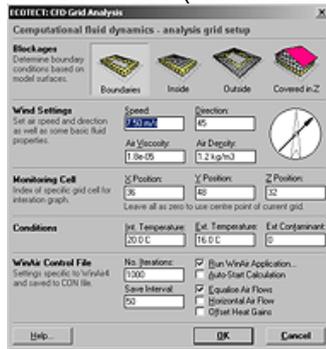
Análisis de Sombras (fuente ECOTECT)



Análisis de Sombras (fuente ECOTECT)



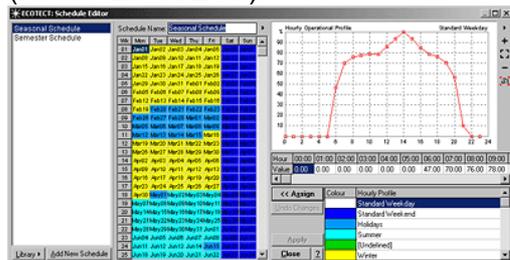
Análisis de Sombras (fuente ECOTECT)



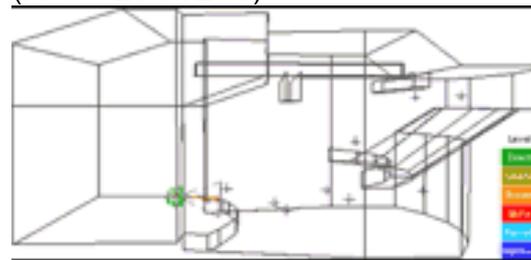
Análisis de Flujo de Aire y Ventilación (fuente ECOTECT)



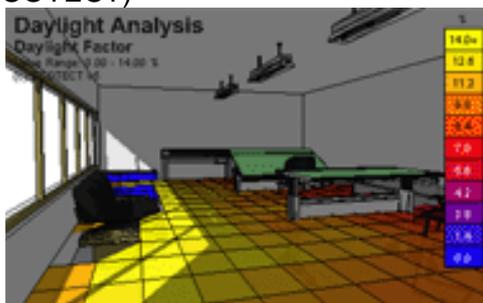
Análisis de Flujo de Aire y Ventilación (fuente ECOTECT)



Análisis del confort térmico (fuente ECOTECT)



Análisis acústico de los espacios interiores (fuente ECOTECT)



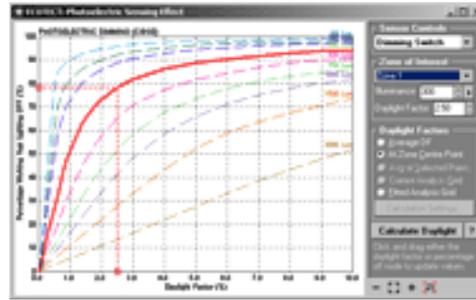
Diseño de Iluminación (fuente ECOTECT)



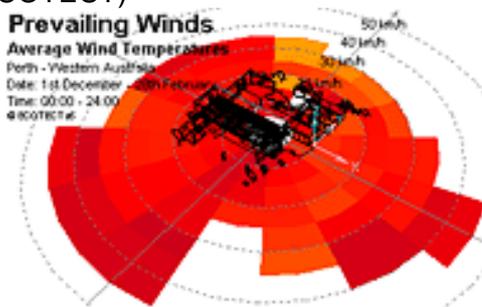
Diseño de Iluminación (fuente ECOTECT)



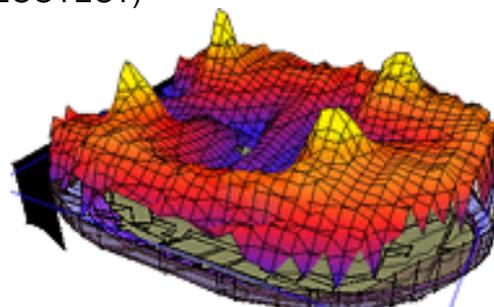
Diseño de Iluminación (fuente ECOTECT)



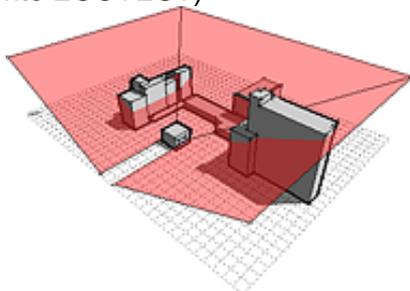
Diseño de Iluminación (fuente ECOTECT)



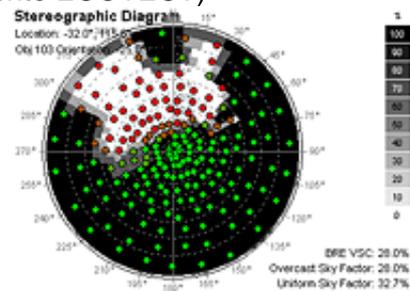
Análisis de Flujo de Aire y Ventilación (fuente ECOTECT)



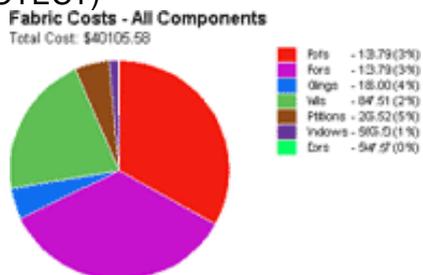
Análisis de Flujo de Aire y Ventilación (fuente ECOTECT)



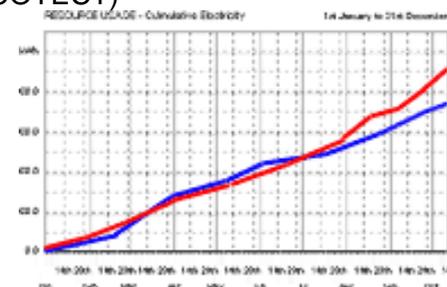
Análisis de Sombras Arrojadadas (fuente ECOTECT)



Análisis de Sombras Arrojadadas (fuente ECOTECT)



Análisis de recursos del edificio (fuente ECOTECT)

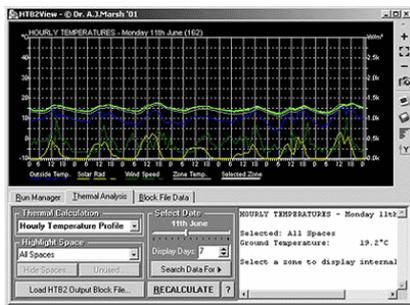


Análisis de recursos del edificio (fuente ECOTECT)

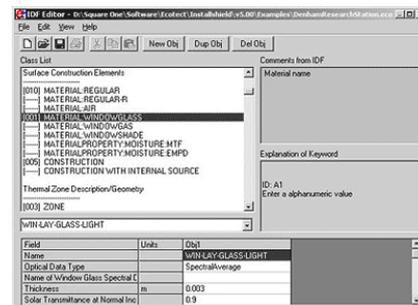
- Representación de datos

Las aplicaciones verticales de análisis de la eficiencia energética de los edificios basados en entornos BIM, podrían generar automáticamente todo tipo de informes técnicos y documentación gráfica de los proyectos. Su ventaja está en comunicar los diagnósticos y las propuestas en diferentes formatos gráficos, infografías y simulaciones en tiempo real de interpretaciones de datos.

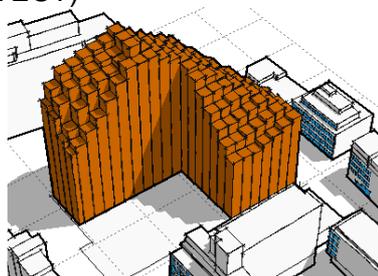
La ventaja de los sistemas de representación integrados con entornos BIM es su capacidad para ilustrar de forma creativa una información árida y difícil de interpretar (listados alfanuméricos, gráficos estadísticos, etc.). Estas representaciones son difíciles de realizar de forma manual o con las técnicas de ilustración convencional.



Representación de datos (fuente ECOTECH)



Representación de datos (fuente ECOTECH)



Representación Visual de datos (fuente ECOTECH)

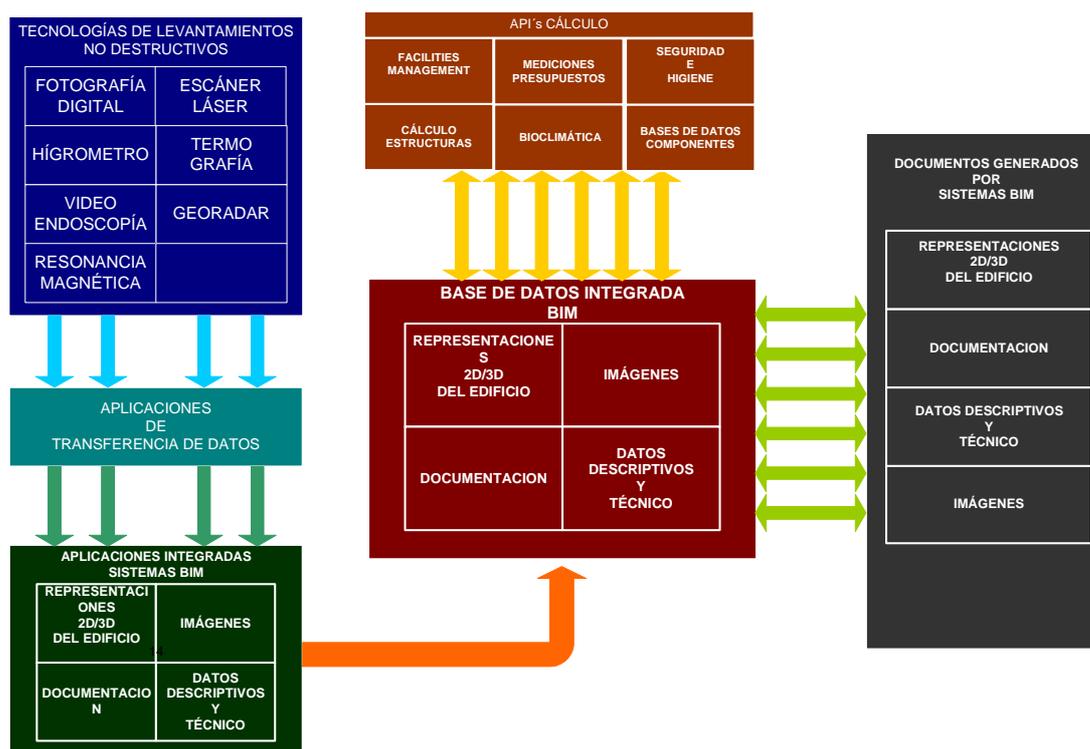


Representación Visual de datos (fuente ECOTECH)

10. PROPUESTA DE SOLUCION INTEGRAL CONCLUSIONES GENERALES.

Para cumplir el objetivo previsto, es decir la aplicación de los sistemas de análisis y levantamiento avanzado a un gran volumen de edificios y obtener unos resultados fiables, sobre los que se pueda interactuar y que den una información fácilmente legible a posteriori, debemos obtener un conocimiento preciso y rápido de su estado actual, tanto de la envolvente como de los elementos constructivos que lo componen.

Necesitamos generar un modelo digital 3D exacto y añadirle datos recogidos por los distintos sistemas de análisis y diagnóstico, a fin de poder trabajar sobre estos parámetros de manera conjunta. En otras palabras, imaginemos que en el edificio objeto del proyecto de rehabilitación estamos introduciendo una nueva solución de aislamiento térmico. Al mismo tiempo, modificamos las aberturas exteriores para mejorar la iluminación natural. ¿Podríamos evaluar simultáneamente la influencia de la nueva superficie acristalada, la ganancia térmica que produce, la nueva configuración de la iluminación interna y las variaciones de temperatura y humedad interior? Y, en caso de que no dieran el resultado apetecido, ¿podríamos variar esta superficie y obtener una nueva lectura de todos estos parámetros?



SITUACIÓN PROPUESTA: DATOS/ACTIVIDADES INTEGRADOS

Es evidente que solo mediante un sistema con capacidad de introducir y modificar datos de forma rápida y flexible, que cuenta con los mecanismos apropiados para interpretar de forma inmediata la información capturada, sería posible satisfacer todos estos requisitos.

Nuestra propuesta, describe una solución hipotética, actualmente no existe una propuesta comercial concreta, es necesario llevar a cabo trabajos de Investigación y



Desarrollo posteriores, de ellos, probablemente surgirán innovaciones técnicas y tecnológicas. La construcción de un entorno integrado eficiente, requiere un esfuerzo sincero, su ventaja es que las necesidades futuras del mercado de la rehabilitación y mantenimiento de edificios los convierte en viable, por parte de los fabricantes de dispositivos de captura, por una parte y, los fabricantes de entornos BIM, por otra, para el desarrollo de una solución integral de análisis, diagnóstico y propuesta. Las necesidades del mercado son inmensas y de largo plazo.

El principal escollo es capturar e integrar la información en el modelo de datos general del entorno BIM, con precisión y exactitud. El resto de los procesos, no deberían tener ningún inconveniente si las bases de datos y los registros están correctamente integrados.

Otro de los aspectos a investigar, es la adaptación de los programas de análisis y diagnóstico a las normas tecnológicas y los códigos técnicos de la edificación de los países usuarios de esta tecnología. El código técnico español no ofrece referencias exhaustivas sobre la materia, pero introduce un mayor número de indicadores a tomar en cuenta cuando se evalúa un edificio desde el punto de vista de eficiencia energética.

Los métodos de captura seguirán siendo los mismos. Pero hace falta diseñar sistemas de representación de datos y traductores de códigos para transferir la información del programa de levantamiento y toma de datos al programa BIM. Y por último, comprobar, mediante la aplicación del sistema a ejemplos reales, la eficiencia de la utilización del sistema y los beneficios obtenidos.

Los objetivos generales del sistema integrado propuesto, serían los siguientes:

- 1- Captura de la información con precisión.
- 2- Reducir el coste y tiempo de captura de la información.
- 3- Proporcionar seguridad a los miembros del equipo de levantamiento
- 4- Integrar la información en un modelo integrado evaluable con diferentes aplicaciones relacionadas con el análisis y diagnóstico de la eficiencia energética en los edificios.
- 5- Reducir el coste total del proceso de análisis-diagnóstico.
- 6- Producir informes coherentes con una visión global del problema e integrando todos sus parámetros.
- 7- Uso de la información generada para el diseño de propuestas de intervención coherentes.
- 8- Reducir el tiempo empleado en el desarrollo de todo el proceso.



Conclusiones finales

- a) El Análisis de la eficiencia energética de los edificios es un proceso lento y costoso. Usar medios tradicionales, ralentiza el proceso y ofrece una visión sesgada del problema. El diagnóstico no es la suma de múltiples fragmentos.
- b) El uso de métodos y tecnologías avanzadas en el proceso resuelve parte del problema de recogida de datos, pero el análisis y el diagnóstico se sigue realizando en aplicaciones aisladas, la integración e interpretación de la información se mantiene sesgado.
- c) El uso de Entornos Integrados BIM permitiría crear modelos de representación 6D (Modelo geométrico 3D+coste+tiempo+descripción de elementos).
- d) Utilizar un único modelo digital del edificio para realizar todas las operaciones de análisis de forma integral, es la situación ideal.
- e) El obstáculo actual son los interfaces de software que faciliten el proceso de transferencia de la información de los medios de captura de datos a las aplicaciones especializadas con la mayor rapidez e integración posibles.
- f) El diseño del sistema debería ser modular, flexible y abierto en todos sus niveles y en toda la arquitectura de las aplicaciones para poder adaptarlas a los códigos técnicos de la edificación y los cambios de las normativas en las diferentes regiones de un país.
- g) Los entornos BIM con arquitectura modular abierta, permitirían a los fabricantes de soluciones técnicas y fabricantes de soluciones constructivas a incorporar sus sistemas como posibles alternativas para la solución del problema de eficiencia energética.
- h) La importante ventaja de los entornos BIM es que facilitarían la redacción de los informes técnicos, la documentación de los proyectos de rehabilitación y la interpretación visual de la información del edificio para su comunicación al cliente (gobierno, autoridades municipales, docencia, etc.).



Bibliografía:

- ALIAS RESEARCH; **Sonata Concepts and Principles**; Inglaterra, 1990.
- BOUBETA SANTOMÉ, Jose Manuel; **La rehabilitación actual; diagnóstico e intervención. COAAT Madrid**, 2008.
- DZAMBAZOVA, Tatiana; DEMCHAK, Grez; KRYGIEL, Eddy; **Mastering Revit Architecture 2008**; Sybex, Wiley Publishing; Canada; 2008.
- EASTMAN, Check; TEICHOLZ, Paul; SACKS, Rafael; LISTON, Kathleen; **BIM Handbook: A Guide to Building Information Modeling for Owners, Managers, Designers, Engineers and Contractors**; Wiley Publishing, Indiana, 2008.
- EDUARDES, Brian; **Guía básica de la sostenibilidad**; segunda edición, Barcelona, Gustavo Gili, 2008.
- JIMÉNEZ MARTÍN, Alfonso; PINTO PRIETO, Francisco; **Levantamiento y análisis de edificios; tradición y futuro**; Ed. Universidad de Sevilla 2003.
- KRYGIEL, Hedí; NIES, Brad; **Green BIM: Successful Sustainable Design with Building Information Modeling**; Wiley Publishing, Indiana, 2008.
- KYMMELL Willem; **Building Information Modeling, Planning and Managing constructoin projects with 4D CAD and Simulations**; McGraw Hill; Newyork; 2008.
- M. VITRUBIO; **Los cuatro libros de Arquitectura**;
- MALDONADO RAMOS, Luis; RIVERA GAMEZ, David; VELA COSSIO, Fernando; **Los estudios preliminares en la restauración del patrimonio arquitectónico**. Ed. Mairea Libros. 2005.
- REINER, Bamham; **La arquitectura del entorno bien climatizado**;
- URBAN TASK FORCE; **Towards a strong urban renaissance**; 1999.

Bibliolinks:

Aplicación del BIM al diseño sostenible colección de artículos

<http://www.autodesk.es/adsk/servlet/index?id=9652076&siteID=455755>

<http://www.autodesk.es/adsk/servlet/index?siteID=455755&id=9658189>

<http://www.autodesk.es/adsk/servlet/index?siteID=455755&id=9652648>

Software de diseño de sostenibilidad y bioclimática

<http://ecotect.com/>

<http://squ1.org/>

Páginas web sobre sostenibilidad

<http://www.seam.com.au/>

<http://www.breeam.org/>

<http://www.bre.co.uk/newsdetails.jsp?id=51>

<http://earth-architecture.com/portfolio/>

<http://www.sustainableabc.com/>

<http://www.umich.edu/~nppcpub/resources/compendia/architecture.html>

<http://www.lib.berkeley.edu/ENVI/GreenAll.html>

<http://web.taed.unifi.it/incolab/AH&SD.seminar.programme.pdf>

http://noahsark.isac.cnr.it/partners.php?html_contents=../contents/partners/ucl.html

<http://www.buildingconservation.com/directory/1a682.htm>

http://www.rics.org/JoinRICS/Accreditedcourses/uclaccreditation_130606.html

http://www.cica.es/aliens/gimadus/17/03_materiales.html

http://www.architecture.com/Search/Search.aspx?CommandArray=SR%7cMD_DC_Description_MD_DC_Subject_MD_keywords_SC_Content_PROPERTY_FolderName_PROPERTY_Title%7cFULLTEXTRANKING%7csustainable