



### **Science Arts & Métiers (SAM)**

is an open access repository that collects the work of Arts et Métiers Institute of Technology researchers and makes it freely available over the web where possible.

This is an author-deposited version published in: <https://sam.ensam.eu>  
Handle ID: <http://hdl.handle.net/10985/8617>

#### **To cite this version :**

Ernesto Efrén VELÁZQUEZ ROMO, Jean-Pierre NADEAU - Selección de indicadores de sostenibilidad para el diseño preliminar de edificios de oficinas desde el punto de vista energético - 2012

Any correspondence concerning this service should be sent to the repository

Administrator : [scienceouverte@ensam.eu](mailto:scienceouverte@ensam.eu)



# **“Selección de indicadores de sostenibilidad para el diseño preliminar de edificios de oficinas desde el punto de vista energético”**

**Autores:** Ernesto Efrén Velázquez Romo, Jean-Pierre Nadeau

**Universidad:** Arts et Metiers ParisTech, I2M, UMR 5295, F-33400 Talence, Francia.

**Palabras clave:** Apoyo a la decisión, edificios terciarios, evaluación de la sostenibilidad, diseño preliminar, análisis del ciclo de vida

## **I) Introducción y objetivos**

El sector de la edificación se caracteriza por un alto consumo energético y altas emisiones de gases de efecto invernadero. Según cifras del World Business Council for Sustainable Development, este sector representa más del 40% del consumo de energía primaria a nivel mundial, superando al impacto relacionado al transporte en su conjunto [1]. Esto, aunado a la característica larga vida útil de los edificios, trae consigo que las decisiones tomadas durante su proceso de diseño tengan repercusiones de larga duración y de tipo multidimensional sobre la sociedad y el medio ambiente.

En los últimos años se ha despertado un creciente interés en estudiar el carácter multidimensional de los impactos de los edificios a través del concepto de la sostenibilidad, considerando sus tres pilares o dimensiones fundamentales: los aspectos económicos, medioambientales y sociales. Este es el caso de los sistemas de certificación, los cuales permiten analizar desde una perspectiva holística e integral el diseño del edificio. Sin embargo, estos métodos de evaluación han sido creados en el contexto de la declaración medioambiental o energética, que se realiza cuando los edificios están ya en las últimas etapas de diseño o en la fase de utilización. Por otro lado, es durante las primeras etapas de diseño cuando se presenta una mayor oportunidad para influir en el desempeño energético de un edificio, mediante la toma de decisiones clave tales como los métodos constructivos y las estrategias generales de operación [2]. Sólo un número reducido de las metodologías de evaluación actualmente disponibles tienen como objetivo el apoyo a la toma de decisiones en estas etapas de diseño preliminar, y en ciertos casos estos se limitan a una o dos dimensiones de la sostenibilidad.

En este contexto, en este trabajo se propone un conjunto de indicadores para la evaluación de propuestas de alternativas de diseño, construidos de acuerdo con los 3 pilares fundamentales de la sostenibilidad y bajo una perspectiva de análisis del ciclo de vida, con el fin de evaluar alternativas de diseño de edificios en las etapas preliminares. Esto representa la primera etapa en el desarrollo de una herramienta de apoyo a la toma de decisiones en el diseño energético de edificios, es decir la selección y dimensionamiento de las disposiciones arquitectónicas y los

[1] World Business Council for Sustainable Development. Energy Efficiency in Buildings: Transforming the market. Agosto 2009.

[2] International Energy Agency. Integrated Design Process: A guideline for Sustainable and Solar-Optimised Building Design. Abril 2003.

sistemas técnicos que tienen una influencia determinante en el desempeño energético del edificio. Las conclusiones de este estudio se enfocan en el diseño energético de edificios terciarios, oficinas en particular, en el contexto francés.

El presente trabajo se divide en dos secciones: en primer lugar, se presenta una discusión sobre las conclusiones de un estudio del estado del arte de los indicadores de sostenibilidad en edificios; posteriormente, el conjunto de los indicadores seleccionados en este estudio es presentado y justificado. Asimismo, se presentan las perspectivas de trabajo a futuro.

## **II) Estado del arte de los indicadores de sostenibilidad en edificios**

Para la selección del conjunto de indicadores que se propone en este trabajo, se ha realizado un estudio del estado del arte de los criterios de evaluación utilizados para cuantificar las repercusiones derivadas de ciclo de vida de un edificio. Este estudio se ha basado principalmente en la documentación de diversos proyectos de homologación a nivel internacional sobre el desempeño energético y la calidad medioambiental de los edificios.

Dos proyectos de particular interés son los trabajos SuPerBuildings y Perfection de la Comisión Europea. El objetivo de ambos proyectos es la normalización de definiciones de indicadores de sostenibilidad para en un futuro servir de base para nuevas metodologías para la evaluación comparativa y la certificación de edificios. Sin embargo, mientras el proyecto SuPerBuildings explora las 3 dimensiones de la sostenibilidad, el proyecto Perfection se enfoca solamente en la temática social. Por otro lado, el proyecto SBA Framework for Common Metrics, actualmente en desarrollo por la Sustainable Building Alliance (SBA), tiene como objetivo la identificación de indicadores comunes a nivel internacional para la evaluación, la clasificación y la comparación del desempeño de edificios. A diferencia de otras iniciativas similares, este proyecto no desarrolla la dimensión económica y propone un número conciso de indicadores. Por último, el trabajo del Comité Técnico TC50 del Comité Europeo de Normalización, en particular el conjunto de normas europeas EN 15643, representa la base de una serie de estándares a nivel europeo para la evaluación de la contribución del edificio a la sostenibilidad.

Estos métodos de evaluación coinciden en que al aplicar el concepto de la sostenibilidad en los edificios, cada una de las tres dimensiones fundamentales se relaciona a un aspecto de desempeño o funcionamiento: la dimensión económica se caracteriza mediante el costo financiero; la dimensión ecológica por medio de la degradación del medio ambiente; y la dimensión social con respecto al bienestar y la interacción con los ocupantes del edificio. Se ha considerado esta misma convención al seleccionar los indicadores de este trabajo.

[3] SuPerBuildings Consortium. SuPerBuildings: Sustainability and Performance assessment and Benchmarking of Buildings. Accesado en noviembre 2012: <http://cic.vt.fi/superbuildings/>

[4] Perfection. Perfection: Coordination action for Performance Indicators for Health, Comfort and Safety of the Indoor Environment. Accesado en noviembre 2012: <http://ca-perfection.eu/>

[5] Sustainable Building Alliance. A Framework for Common Metrics of Buildings 2010. 2010.

### III) Selección de indicadores de sostenibilidad

Teniendo en cuenta que el objetivo de este estudio es la selección de los sistemas energéticos que componen un edificio, sólo se han tomado en cuenta las categorías directamente relacionadas con el desempeño energético de este sistema. Particularmente, en el caso de la dimensión social se ha considerado solamente la categoría de salud y confort de los ocupantes. Asimismo, se considera una perspectiva de análisis del ciclo de vida completo del edificio, incluyendo las fases de construcción, utilización/operación y fin de vida útil.

El conjunto de indicadores seleccionados se presenta en la Tabla 1. La selección de estos indicadores se ha basado en el consenso entre los proyectos y trabajos analizados en el estudio del estado del arte, así como en aspectos operacionales que se describirán en cada caso.

En la dimensión económica se ha seleccionado el indicador Coste de ciclo de vida, propuesto por la norma EN 15643 y el proyecto SuPerBuildings. Este indicador representa la suma de todos los costos asociados al edificio durante su ciclo de vida, considerando una tasa de actualización para los costos diferidos en el tiempo. En este trabajo, tanto para la dimensión económica como la medioambiental, se prevé que el perímetro de análisis para la evaluación de estos indicadores evolucione de acuerdo al nivel de detalle de las decisiones a través de las diferentes etapas de diseño, aumentando el número de elementos a considerar en cada etapa.

Para caracterizar la dimensión medioambiental se ha elegido una serie de indicadores provenientes del trabajo del Comité Técnico TC50, el cual ha sentado las bases para la definición del formato de los perfiles de declaración medioambiental tanto de productos de construcción como de edificios. Actualmente en Francia la base de datos INIES ofrece un catálogo de perfiles medioambientales basados en el formato de la norma francesa NF P 01-010, igualmente desarrollada por este comité técnico [7]. La introducción de la nueva norma EN 15804 anuncia un cambio en el formato de estos perfiles a partir de enero de 2014 [8]. En este trabajo se han seleccionado los indicadores medioambientales comunes entre ambas normas, para así asegurar la disponibilidad de datos para el cálculo durante y posteriormente este periodo de transición.

Por su parte, la dimensión social se ha caracterizado a través de la categoría salud y confort de los ocupantes, tal como lo proponen los proyectos SuPerBuildings y SBA Framework for Common Metrics, que a su vez se divide en 4 sub-categorías. Por un lado, el confort higrotérmico representa la satisfacción de las condiciones adecuadas de factores tales como temperatura, humedad y velocidad del aire dentro de un espacio del edificio. El número de factores a considerar puede variar en función del modelo de confort elegido, por lo que se ha seleccionado un indicador general que se adapta a esta circunstancia: el porcentaje de tiempo

[6] European Committee for Standardization. EN 15643-1 – EN 15643-4: Sustainability of construction works – Sustainability assessment of buildings. 2010-2012.

[7] Base de datos francesa de perfiles medioambientales de productos INIES. Accesado en noviembre 2012.

[8] Comité technique INIES. Compte rendu du comité technique INIES N°33. 8 febrero de 2012.

fuera de un intervalo de condiciones de confort higrotérmico. Por otro lado, se ha seleccionado el Factor de luz natural como el indicador para el confort visual. Esta medida representa tanto el potencial de aprovechamiento de la luz natural como la minimización de las necesidades de iluminación artificial. En cuanto al confort acústico, se ha seleccionado el aislamiento acústico a ruido aéreo, un indicador que caracteriza la capacidad de la envolvente de un edificio para aislarlo de fuentes exteriores de ruido. La envolvente representa un elemento clave desde el punto de vista de diseño energético, ya que su composición está directamente ligada al comportamiento térmico del edificio. Finalmente, para caracterizar la calidad del aire interior se ha seleccionado el flujo de renovación de aire, que representa la cantidad de aire fresco que es introducida a un espacio para retirar contaminantes del aire interior, tales como emisiones biológicas como el dióxido de carbono o sustancias químicas emitidas por productos de construcción como el formaldehído. Para la evaluación de estos indicadores de salud y confort se prevé una adaptación de su método de cálculo en función del nivel de información disponible a cada etapa del proceso de diseño del edificio..

Tabla 1. Conjunto de indicadores seleccionados.

<b>Dimensión</b>	<b>Sub-categoría</b>	<b>Indicador</b>	<b>Unidades</b>
<b>Económica</b>	Costo financiero	Coste de ciclo de vida	€
<b>Medioambiental</b>	Consumo de recursos físicos	Energía primaria total	kWh
		Energía primaria no renovable	kWh
		Energía primaria renovable	kWh
		Consumo de agua	m <sup>3</sup> de agua
	Producción de desechos	Desechos peligrosos	Toneladas
		Desechos no peligrosos	Toneladas
		Desechos radioactivos	Toneladas
	Impactos sobre el medio ambiente	Cambio climático	kg eq. CO <sub>2</sub>
		Acidificación atmosférica	kg eq. SO <sub>2</sub>
		Formación de ozono fotoquímico	kg eq. C <sub>2</sub> H <sub>4</sub>
Destrucción de la capa de ozono estratosférica		kg eq. CFC 11	
<b>Social</b>	Confort higrotérmico	Porcentaje de tiempo fuera de un intervalo de confort	% de tiempo
	Confort visual	Factor de luz natural	%
	Confort acústico	Aislamiento acústico a ruido aéreo	dB
	Calidad del aire interior	Flujo de renovación de aire	m <sup>3</sup> de aire

#### **IV) Conclusiones y perspectivas a futuro**

En este trabajo se ha presentado un conjunto de indicadores para la evaluación de la sostenibilidad en edificios, como primer paso en el desarrollo de una herramienta de apoyo a la toma de decisiones durante las primeras etapas del diseño energético. Entre las perspectivas a futuro se encuentran la definición de valores de referencia para la interpretación de estos indicadores. Estos valores de referencia representarían por un lado el mínimo esfuerzo aceptable (representativo de la práctica común) y por el otro un valor recomendado (representativo de proyectos altamente sostenibles). Asimismo, se trabaja en la determinación de ponderaciones de base para la agregación de estos indicadores, lo cual permitiría la construcción de un índice global de sostenibilidad, que simplificaría la comparación entre alternativas de diseño.