

SOSTENIBILIDAD, ENERGÍA Y GESTIÓN URBANA: ENFOQUE INTEGRAL PARA EL DISEÑO DE PROYECTOS DE INGENIERÍA EN EL CONTEXTO DE FORMACIÓN MDP-UPC

Sugey Granados Pérez

Santos Gracia Villar

Ágata García Carrillo

Luis Dzul López

Departamento de Proyectos de Ingeniería. Escuela Técnica Superior de Ingeniería Industrial de Barcelona. Universidad Politécnica de Cataluña

Abstract

The last few decades contextualizes the model of sustainable development (SD) as the unique development model possible, in the field of Project Engineering, this trend demands taking into account the sustainability since conceptualization and design stage of an engineering project. Due to the wide diversity and large body of knowledge around of sustainable development that do exist, the process of translating sustainability criteria into project design, for engineering students in general, and in particular from a determined context (Proyectos -UPC), represents a difficult task and they omit it. For that reason, as first step for providing of a practical route for the analysis and application of sustainability criteria (sustainability, energy and urban management, CRISEUM) in the design of an engineering project; this paper presents a review about state of art and the methodology of design of projects MDP-UPC, in order to obtain a first integral approach and the initial generic structure, which organize a new proposal MDPACS to satisfy the exposed lack.

Keywords: *project design; sustainability, energy and urban management criteria; engineering projects; engineering education*

Resumen

Las últimas décadas contextualiza el modelo de desarrollo sostenible (DS) como único modelo de desarrollo posible; en el campo de la Ingeniería de Proyectos, esta tendencia exige y presiona cada vez más, tomar en cuenta la sostenibilidad desde la etapa de conceptualización y diseño de un Proyecto de Ingeniería (PI). Debido a la gran diversidad y amplio conocimiento que se genera en torno al DS, integrar criterios de sostenibilidad en el diseño de un PI, para los estudiantes de ingeniería en general, y en particular los de un contexto de formación en proyectos determinado (Proyectos-UPC), representa tal dificultad que omiten realizar esta tarea. Por lo cual, como primer paso para proveer de una vía práctica que facilite el análisis y la aplicación de criterios de sostenibilidad, (clasificados en sostenibilidad, energía y de gestión urbana: CRISEUM) en el diseño de un PI; en esta comunicación se presenta una revisión del estado del conocimiento y de la metodología de diseño de proyectos MDP-UPC, para la obtención de un primer enfoque integral y una estructura inicial de carácter genérico; que conforman una nueva propuesta metodológica (MDPACS) para satisfacer de una manera la carencia expuesta.

Palabras clave: *diseño de proyectos; criterios de sostenibilidad, energía y gestión urbana; proyectos de ingeniería; educación en ingeniería.*

1. Introducción

Implementar una ideología de sostenibilidad y/o de desarrollo sostenible en los Proyectos de Ingeniería (PI), con el transcurrir del tiempo, ha sido tratado desde diferentes perspectivas y enfoques en diversas propuestas; en atención a la amplia aplicabilidad de la que puede ser objeto un proyecto de ingeniería (De Cos, 1999) y a que no existe una teoría unificada de sostenibilidad que se presenta en múltiples formas (Vanegas, 2003).

La diversidad de propuestas que se han generado, aunque aportan puntos de vista diferentes, algunos de ellos compatibles y otros en conflicto entre sí, se enfocan en mayor parte, a implementar la sostenibilidad en las etapas de realización (construcción-operación) de los PI y/o a proponer en las etapas de diseño (conceptualización, diseño básico y de detalle), características de estudio que solo vinculan la dimensión ambiental de la sostenibilidad; lo cual dificulta que los estudiantes de ingeniería en general, y en particular los de un contexto de formación en proyectos al que se tiene acceso (Proyectos-UPC), puedan asociar, analizar y aplicar de manera integral, criterios uniformes de sostenibilidad en el diseño de los PI, provocando impermeabilidad de su inclusión en esta etapa, o bien, una limitación por solo atender criterios de tipo ambiental. A los estudiantes de ingeniería, les resulta más sencillo establecer en el diseño de un PI, materiales o métodos de producción seguros desde el punto de vista ambiental, sin analizar por ejemplo, criterios relacionados, que vinculan a futuro, la salud o la economía de la sociedad a la cual se dirige el PI específico; y por ello se tenga que implementar medidas correctoras de algún tipo en posteriores etapas al diseño, que no fueron previstas desde un análisis sostenible en esta etapa inicial, y que generará consecuentemente, cambios y costos adicionales al proyecto.

2. Objetivos

Por lo expuesto anteriormente, el objetivo de este trabajo se enfoca en analizar el estado del conocimiento y la metodología de Diseño de Proyectos MDP-UPC, para definir correlaciones que permiten proponer un enfoque integral y organizar una nueva propuesta metodológica de carácter genérico (MDPACS); que facilite y dirija el análisis y la aplicación de criterios de sostenibilidad (clasificados en sostenibilidad, energía y gestión urbana, CRISEUM) en el diseño de proyectos de ingeniería.

Con esta nueva herramienta metodológica, se pretende orientar y mejorar, respecto a las actividades actuales, la calidad del diseño de los PI, desarrollados en un determinado contexto de formación en Ingeniería de Proyectos (Proyectos-UPC), en torno a la valoración de la sostenibilidad que hoy en día se hace imprescindible y que coadyuvara en la justificación y pertinencia de un PI específico, así como en las sucesivas etapas al diseño, para la toma de decisiones.

3. Metodología

A partir de la revisión sobre el estado del conocimiento, se concluyó que para estructurar un enfoque integral y proponer una nueva metodología genérica (MDPACS) para el análisis y aplicación de criterios de sostenibilidad CRISEUM en el diseño de un PI, se deben integrar cinco pasos, individualizando las aportaciones requeridas de cada uno de ellos:

1. La adopción de una definición de sostenibilidad y delimitación del contexto de desarrollo de sostenible, para el diseño de un PI específico como solución a una problemática particular.

2. La conformación de un marco conceptual que dirija la identificación, el análisis y la aplicación de criterios de sostenibilidad en el diseño de proyectos de ingeniería; en atención a una perspectiva transversal y holística ineludible, generada a partir de marcos ordenadores de la sostenibilidad que se vinculan a los proyectos de ingeniería.
3. La adopción de una clasificación de proyectos de ingeniería, que permita generalizar y ordenar sistemáticamente en la etapa de diseño, la asociación de variables vinculadas a criterios de sostenibilidad (CRISEUM); para el estudio de diferentes alternativas de PI como mejor solución viable-sostenible a un determinado problema, y cumpliendo las perspectivas que resulten de los puntos 1 y 2 en un caso específico.
4. La definición de criterios de sostenibilidad clasificados en sostenibilidad, energía y gestión urbana, para desarrollar variables de medición y seguimientos durante el diseño del proyecto de ingeniería determinado de acuerdo al punto 3. Propuestas de guías de verificación que permitan su facilidad en el manejo.
5. La integración adecuada de los puntos anteriores a la metodología MDP-UPC, para generar una nueva propuesta metodológica MDPACS, que satisfaga la carencia de una vía práctica para el análisis y la aplicación de criterios de sostenibilidad (CRISEUM) en la etapa de diseño de un PI.

3.1 Sostenibilidad y desarrollo sostenible

Desde que el concepto de desarrollo sostenible DS comenzó a evolucionar en los 70's y aun después de que la Comisión Brundtland estableciera una definición formal en 1987, ha habido mucha discusión y poco acuerdo acerca del significado e implicaciones de este concepto (Ríos, Ortiz, & Álvarez, 2005); por lo cual se han generado múltiples definiciones de DS y el concepto de "sostenibilidad" ha sido utilizado en diferentes sentidos. Para el enfoque de MDPACS se considera la integración de dos definiciones que se adaptan a los objetivos que se desean lograr:

- (1) Por una parte, la que define un desarrollo sostenible, como aquel desarrollo mediante el cual las generaciones actuales utilizan los capitales disponibles (en función de criterios socialmente aceptables y deseables, ecológicamente viables y no degradantes, y económicamente realizables con tecnologías apropiadas), dejando a las futuras generaciones unos capitales no menores ni con más carencias que los que las generaciones actuales tienen a su disposición. (Xercanvins et al., 2005),
- (2) Por otro lado, considerando la definición de sostenibilidad, que da Liverman citada por Vanegas (2003) y García-Serna, Pérez-Barrigón & Cocero (2007), como la supervivencia indefinida de la especie humana (con una calidad de vida más allá de la pura supervivencia biológica) a través del mantenimiento de los sistemas básicos de soporte de la vida (aire, agua, tierra, biota) y de la existencia de una infraestructura e instituciones que distribuyen y protegen los componentes de estos sistemas.

De la primera definición, implica lo relativo a la utilización de los recursos de modo tal, que puedan ser preservados para generaciones venideras. La segunda definición referencia, a medios de sustento sostenibles o medios de vida de las personas o grupos, que les permiten mejorar su situación socioeconómica de forma duradera, resistiendo a posibles crisis y sin dañar las oportunidades de otros o de generaciones futuras. De esta forma, al generar una nueva propuesta metodológica de diseño de proyectos que aplica criterios de

sostenibilidad (MDPACS) postulamos que: siguiendo un método de aplicación de criterios de sostenibilidad (CRISEUM) genérico en el diseño de un PI específico, se tiende a facilitar, de la primera definición; seleccionar de entre diferentes alternativas tecnológicas, aquella que minimice la repercusión sobre el entorno y que atienda mejor a diferentes criterios uniformes, ambientales, económicos y sociales en todo el ciclo de vida de un PI específico; considerando el estudio de todas las alternativas razonables que puedan ser generadas para atender una problemática. De la segunda definición, proponer proyectos de aplicaciones tecnológicas viables-sostenibles, que le brinden una capacidad al proyecto de sostenerse eficientemente en el tiempo, para afectar positivamente al mayor número de personas y generar cambios que coadyuven en un contexto de DS geográfico y temporal determinado.

3.2 La visión de marcos ordenadores vinculados a la aplicación de criterios de sostenibilidad en el diseño de proyectos de ingeniería

De la literatura analizada, se encontró que son seis propuestas de en las que se sintetizan y agrupan marcos ordenadores que correlacionan diferentes elementos sobre una perspectiva transversal y holística, necesaria para un marco conceptual coherente que constituya el enfoque integral de MDPACS. Las aportaciones importantes de estas propuestas generadas por autores específicos de diferentes corrientes de pensamiento, se resumen en la tabla 1.

Tabla 1. Aportaciones de conocimiento para conformar el enfoque y desarrollo de MDPACS

Autores	Aportaciones de conocimiento
García-Serna, Pérez-Barrigón & Cocero (2007)	Un modelo, en etapas consecutivas, para el análisis de sostenibilidad: definición, interpretación, concepción de metas y especificaciones, medición y evaluación. Principios que integran una filosofía de diseño sostenible en torno a la innovación y creatividad en la ingeniería en general, y en la ingeniería química en específico.
Vanegas (2003)	Un modelo para incorporar los criterios y principios de sostenibilidad en el diseño, construcción y gestión de las infraestructuras, que propone aplicable a cualquier discusión de sostenibilidad en la ingeniería, arquitectura y construcción (AIC). Su modelo abarca: tres visiones de sostenibilidad (una visión global; una visión sectorial y una visión de proyecto); tres mapas para la implementación de la sostenibilidad (estratégico, táctico y operativo) y el señalamiento de principios de sostenibilidad de fuentes específicas, manifestando una libertad en su adopción siempre y cuando estos principios, se puedan hacer efectivo al expresarlos en términos de metas específicas; objetivos cuantificables asociados a la meta; y un plan de aplicación, para proyectos concretos en AIC.
Segalás (2009)	Un modelo de evaluación de la sostenibilidad de proyectos de ingeniería empleando criterios de sostenibilidad específicos, a los que les asocia variables de medición y evaluación en las diferentes etapas del ciclo de vida de un proyecto; y un modelo de evaluación del aprendizaje sobre DS que adquieren estudiantes de ingeniería en diferentes asignaturas por medio del uso específico de mapas conceptuales.
Vezzoli & Sciamia (2006)	Guías y check-list para el diseño de un determinado tipo de producto con un enfoque eco-eficiente, señalando la importancia de elaborar guías específicas y lista de comprobación para cada tipología de producto, como herramientas para hacer el diseño sostenible de un objeto una realidad.
Labuschange, Brent & van Erck (2005)	Visión de la aplicación de indicadores de sostenibilidad en el proceso de diseño de un proyecto de ingeniería. A partir del análisis de marcos ordenadores actuales establece un marco de indicadores que pueden guiar en las diferentes etapas de un proyecto, de un producto o de un sistema; para vincular principios de sostenibilidad en todo el ciclo de vida del proyecto y entre las diferentes etapas que lo conforman. También aporta la importancia cualitativa de la evaluación de sostenibilidad con técnicas de análisis de decisión (MCDA).
Fernández, Rodríguez & Hruškovič (2009)	Aporta otros elementos de consideración desde un punto de vista de la gestión de proyectos, para identificar factores e indicadores de sostenibilidad en los proyectos de ingeniería en general y de ingeniería civil en particular.

3.3 Tipología de los proyectos de ingeniería.

En la ingeniería actual se utiliza la palabra proyecto para designar el proceso creativo (el proyectar) mediante el cual se pasa de una necesidad, al objeto que la satisface y concreta (lo proyectado). Partiendo de la teoría que recopila y explica García (2004) sobre el “proyectar” y lo “proyectado” que manifiesta la dualidad de un PI (proyecto-objeto), y para conformar una metodología genérica (MDPACS) de un amplio campo de aplicación y fácil ordenación, se hace necesario definir una tipología de proyectos de ingeniería en función del objeto proyectado, mostrada en la tabla 2. Definir esta clasificación permitirá identificar la aplicación de criterios de sostenibilidad de acuerdo al nivel de complejidad, integralidad y multidisciplinariedad que impliquen las características de “lo proyectado”, una vez que se haya definido la problemática a solucionar con un PI y el contexto de sostenibilidad que se vincule en sus diferentes etapas a partir de su diseño.

Tabla 2: Clasificación de los proyectos de ingeniería a partir del objeto proyectado

Motivación del proyecto: tipos y grados de conflicto	Objetivo del proyecto: objeto proyectado		Clasificación para MDPACS	
<ul style="list-style-type: none"> Solución a un problema Satisfacción de necesidades Implementar cambios necesarios Capitalizar una oportunidad Realización de una aspiración 	Materiales	Productos naturales (carácter único o múltiple)	Tipo I Productos	
		Productos manufacturados (carácter único o múltiple)		
		Prototipo de producto		
		Instalaciones que han de producir el producto		
	Inmateriales	Infraestructuras-edificaciones	Tipo II Sistemas	
		Servicios y/o sistemas auxiliares		
		Equipos y/o Máquinas		
		Estudios de ingeniería		Tipo III Intangibles
		Diseños de ingeniería		
		Servicios de ingeniería intangibles		
Programas informáticos u otros				

3.4 Definición de Criterios de sostenibilidad clasificados en sostenibilidad, energía y gestión urbana, CRISEUM

El estudio de la aplicación de criterios de sostenibilidad (CRISEUM) se focaliza en la etapa de diseño de un proyecto, a quienes algunos autores clasifican como diseño básico del proyecto (García, 2004); que pese a que toma en cuenta las sucesivas etapas del proyecto, es una etapa creativa, en donde la mayor parte de la información con la que se cuenta no precisa muchas veces de datos numéricos confiables; el empleo de criterios aporta pragmatismo (Joham, Metcalfe, & Sastrowardoyo, 2009) para el estudio del diseño del PI al no optar por una expectativa cuantitativa con rigor, requerida por ejemplo para el empleo de indicadores de sostenibilidad, y brinda una flexibilidad necesaria; porque los PI que se desarrollan en el contexto de estudio (Proyectos-UPC), versan sobre diferentes ámbitos y aplicaciones del ejercicio profesional que realizaría el futuro ingeniero; y el adoptar criterios de sostenibilidad permite hacerlos genéricos para atribuirles un mismo significado, y estudiar su aplicación en el diseño de un PI específico como solución a un conflicto determinado.

Por otro lado, se ha decidido que en la nueva propuesta metodológica (MDPACS), se analicen criterios de sostenibilidad clasificados en tres tipos: de sostenibilidad, de energía y de gestión urbana (CRISEUM), porque los tres tipos pueden adquirir relevancias específicas, para diferentes contextos donde se vincule la generación de un PI determinado, y facilita analizar consideraciones particulares posibles solo, desde una perspectiva individual. En el caso de los criterios energía y de gestión urbana, la

relevancia enlaza en considerar una perspectiva de sociedad “postpetróleo” en un contexto urbanístico (rural-ciudad) determinado, lo cual guiará a la búsqueda y estudio de alternativas en el diseño del PI, que contribuya a la planificación de ciudades o localidades con criterios ecológicos y el empleo de fuentes de energía diferentes a los combustibles de origen fósil para, entre otros propósitos, auxiliar en la disminución de la emisión antropogénica de dióxido de carbono y otros gases de efecto invernadero que impactan en un cambio climático global a consecuencia del aumento de la temperatura.

Por lo anterior, considerando las propuestas de Labuschagne, Brent & van Erck (2005); Segalás (2009) y Vezzoli & Sciama (2006), junto con las reflexiones de algunos autores en cuanto a las expectativas de un contexto sociedad-energía que recopila Páez (2009), permiten desarrollar guías de criterios y subcriterios CRISEUM que proveen de un instrumento genérico, para su aplicación y análisis en el diseño de un PI específico, son propuestos a detalle en la metodología MDPACS y se describen de manera general en la tabla 3.

Tabla 3. Descripción general de criterios que conforman las guías de CRISEUM en MDPACS.

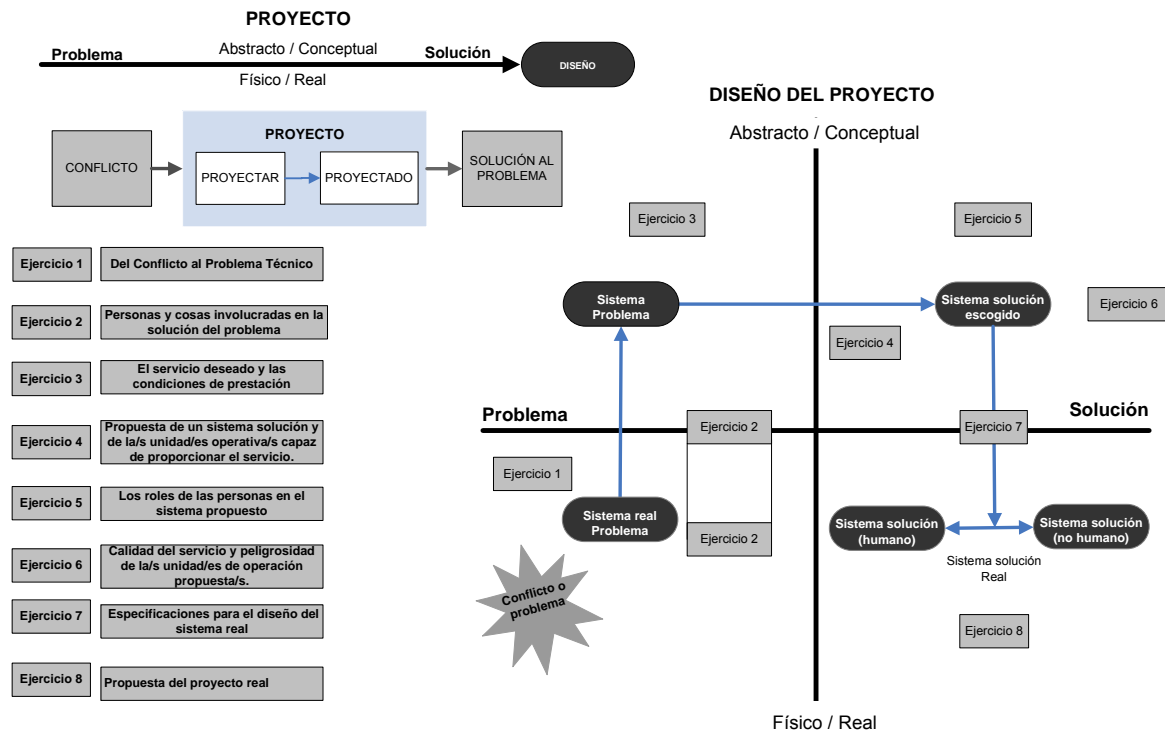
Tipos de Criterio	Descripción
Contenido ambiental:	Criterios que vinculan la relación con el Medio ambiente que tiene el PI específico. Se consideran tanto las inmisiones (recursos, energía) como las emisiones (residuos, afluentes) Subcriterios: Contaminación del medio (agua, suelo y aire). Uso de recursos (naturales y energía) Generación de residuos (cantidad y toxicidad).
Contenido Social:	Criterios que vinculan la relación que tiene el PI específico con la sociedad. Entre ellos considera la seguridad e higiene de los puestos de trabajo, las condiciones sociales y laborales de los trabajadores y el impacto en el entorno social cercano (suministradores, clientes y población) y lejano (regional- internacional).
Contenido económico:	Criterios que vinculan la relación de un coste económico de la contaminación, generación de residuos y uso de energía, así como la repartición equitativa de los beneficios entre la comunidad, asociadas a un PI específico. Subcriterios: Internalización de costes ambientales. Internalización de costes sociales.
Contenido Energético:	Criterios que vinculan la relación de la eficiencia de los sistemas, equipos, u otro similar que actúen en el PI específico respecto a lo que se invierte. Cuanto más eficiente sea una actividad, menos consumo de recursos y energía por unidad de beneficio obtenida, hecho que provoca que ésta sea más sostenible. Subcriterios: Eficiencia energética. Eficiencia en recursos.
Contenido de Gestión urbana	Criterios que vinculan la relación del proyecto con iniciativas, procedimientos, instrumentos y mecanismos que normalicen la ocupación y uso del suelo, un buen manejo ambiental de áreas y de mejores relaciones entre el ser humano, las actividades que desarrolla y el ambiente en el que estará asentando un PI. Subcriterios: medidas para limitación del crecimiento urbano y/o reestructuración de actividades (análisis de reservas forestales, por ejemplo).

3.5 La metodología de diseño de proyectos actual MDP-UPC

Desde hace diez años, algunos profesores del Departamento de Proyectos de Ingeniería de la Escuela Técnica Superior de Ingeniería Industrial de Barcelona (ETSEIB) de la Universidad Politécnica de Cataluña (UPC) en España, desarrollaron y han estado aplicando y mejorando una metodología propia, de diseño de proyectos (MDP-UPC). Las bases teóricas de esta metodología, sus rasgos esenciales, sus procesos de aprendizaje, y el trabajo colaborativo-virtual en que se enmarca; han sido descritos en diversos trabajos desarrollados durante los años de su progreso y aplicación, y de los cuales solo se hace referencia a los más relevantes que vinculan la presente comunicación. (Nicolcara et al., 2009) (García, et al., 2007) (García, 2004).

La metodología MDP-UPC consiste en el desarrollo de 8 ejercicios que guían de manera práctica la resolución de determinados aspectos del diseño de un proyecto, en ese proceso se adquieren enfoques que van de lo abstracto y conceptual a lo real y físico para precisar el conflicto, determinar el problema y proponer una solución de aplicaciones tecnológicas que lo resuelvan. Figura 1.

Figura 1: Metodología de diseño de proyectos MDP-UPC



Fuente: García-Carrillo, et al. (2007)

La filosofía estructural de los ejercicios es cíclica, lo que significa que en la medida en que se avanza con el desarrollo de los ejercicios se vuelve a los ejercicios anteriores para mejorar, corregir y complementar información. De este modo se van teniendo versiones mejoradas de cada uno de los ejercicios, que permitirán obtener un resultado con un mayor valor práctico, fruto de sus múltiples revisiones; con lo cual se asegura no sólo que la solución propuesta sea adecuada, sino que tanto el problema como los conflictos, situaciones y actores asociados están bien identificados y delimitados, lo que hará que una vez ejecutado el proyecto que se ha diseñado, el problema se solucione realmente.

Esta metodología, por otro lado, al ofrecer una plataforma virtual de trabajo colaborativo, facilita la interacción (virtual) con los profesores o entre los mismos compañeros, para asimilar conceptos y discutir decisiones respectivamente; lo cual genera una práctica de trabajo virtual y a distancia, que entre otros, permite salvaguardar registros de la fase creativa a lo largo del diseño del proyecto que pueden resultar útil durante la evolución del diseño del proyecto, para el mismo proyecto o de algún proyecto similar o diferente.

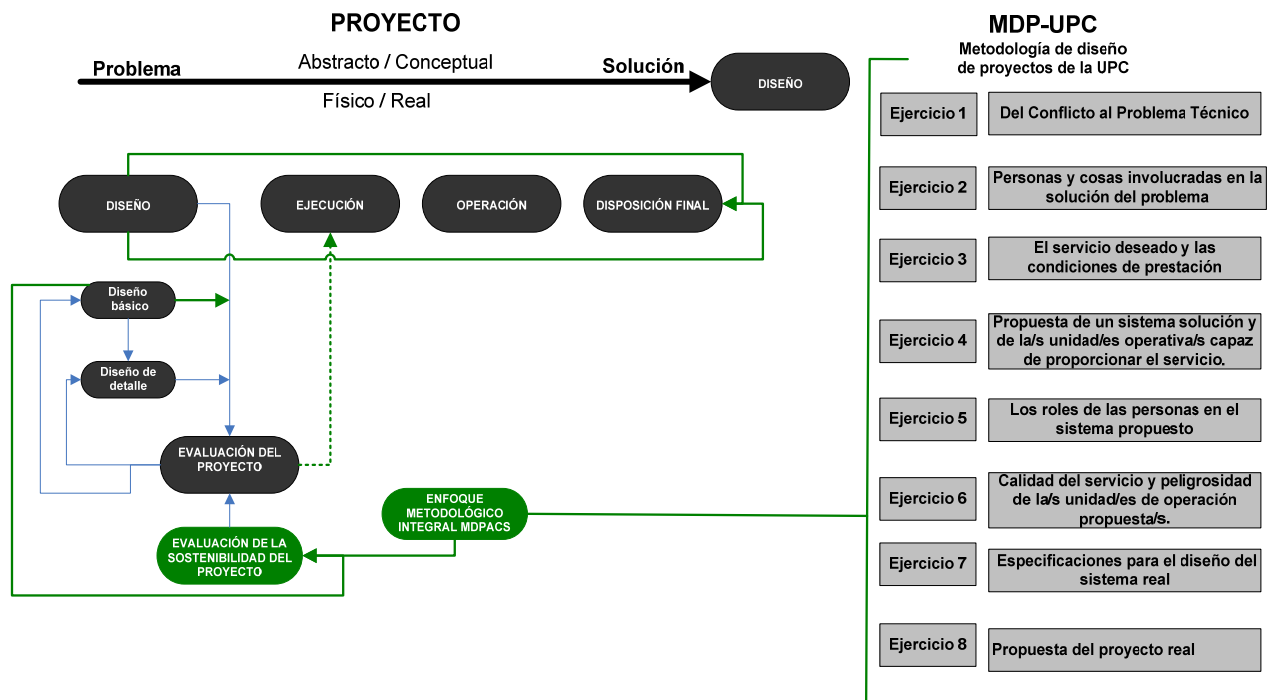
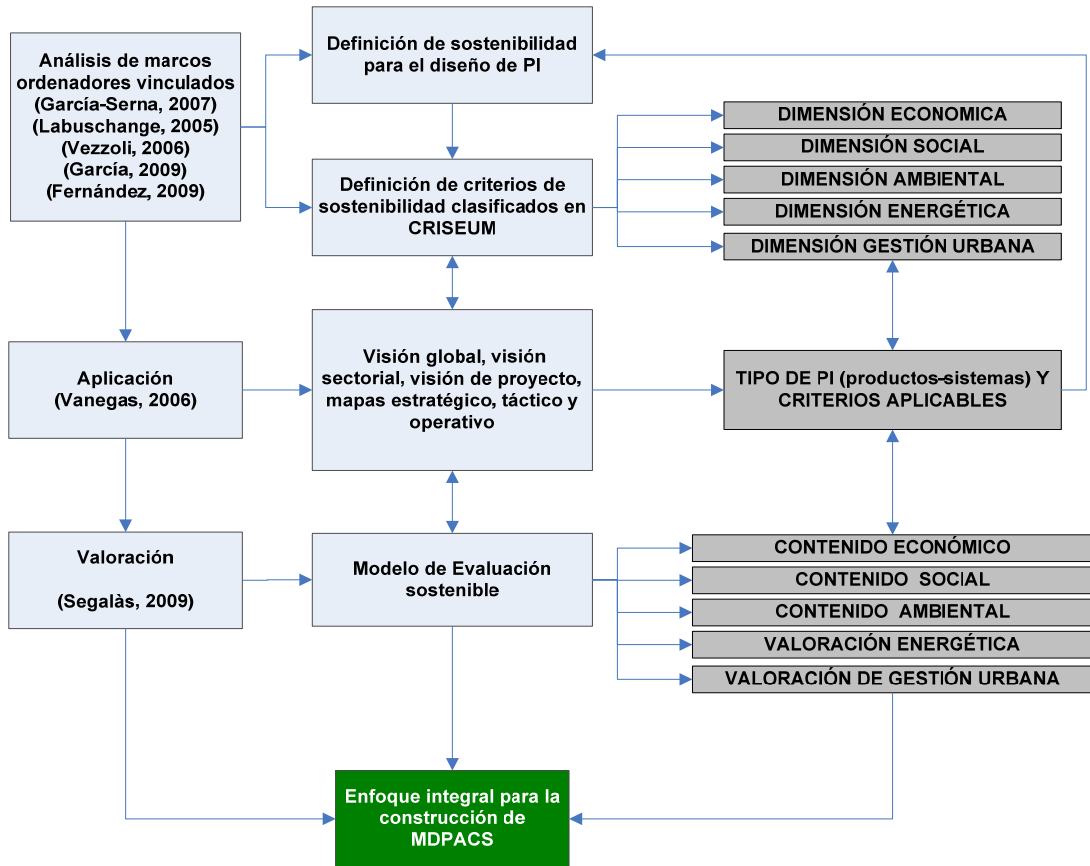
4. Resultados

La metodología MDP-UPC, empleada actualmente por algunos profesores en la docencia de la asignatura de Proyectos en ETSEIB-UPC, no contempla de manera formal y explícita una estrategia que permita el análisis y la aplicación de criterios de sostenibilidad en el diseño de un proyectos de ingeniería, al no llevar un proceso formal se propuso un estudio para darle seguimiento y evaluar durante el primer ciclo escolar 2009-2010, los aspectos cognoscitivos que los estudiantes desarrollan para vincular la aplicación de criterios de sostenibilidad en el diseño de PI. Los resultados obtenidos del estudio, mostraron en general que los proyectos de ingeniería realizados, aportaban ideas sostenibles e innovadoras como soluciones a diferentes problemáticas, pero, presentaban falta de claridad para el análisis y aplicación de criterios de sostenibilidad en el desarrollo de esas soluciones por la poca formalidad que tenía esta valoración.

Por lo tanto, considerando las bases teóricas, la madurez y la experiencia tanto en el contexto enseñanza-aprendizaje como en el contexto de diseño de proyectos, que ha generado la metodología MDP-UPC durante los años de su aplicación y mejora continua, y considerando la carencia que presenta, justificaron emplearla para integrar en ella nuevos elementos (enfoque, método e instrumentos) y generar una nueva herramienta metodológica denominada MDPACS, con la cual se provea a los ingenieros en formación, de una vía práctica para realizar el diseño de un proyecto de ingeniería teniendo en cuenta criterios de sostenibilidad. Con esta nueva herramienta metodológica, no solo se pretende orientar y mejorar, respecto a las actividades actuales, la calidad del diseño de los PI en cuanto a la valoración de una ideología de sostenibilidad; sino también secundariamente, fortalecer competencias sostenibilizadoras (Segalás, 2009) en los ingenieros, en solicitud a un contexto de desarrollo sostenible que les depara la futura práctica profesional.

Con este interés se investigo sobre las diferentes aportaciones de conocimiento necesarias en MDP-UPC para generar la nueva propuesta metodológica MDPACS. Estas aportaciones, que han sido descritas en los puntos anteriores de esta comunicación, han dado lugar a la conformación del enfoque e interacciones que se muestra esquemáticamente en la figura 2.

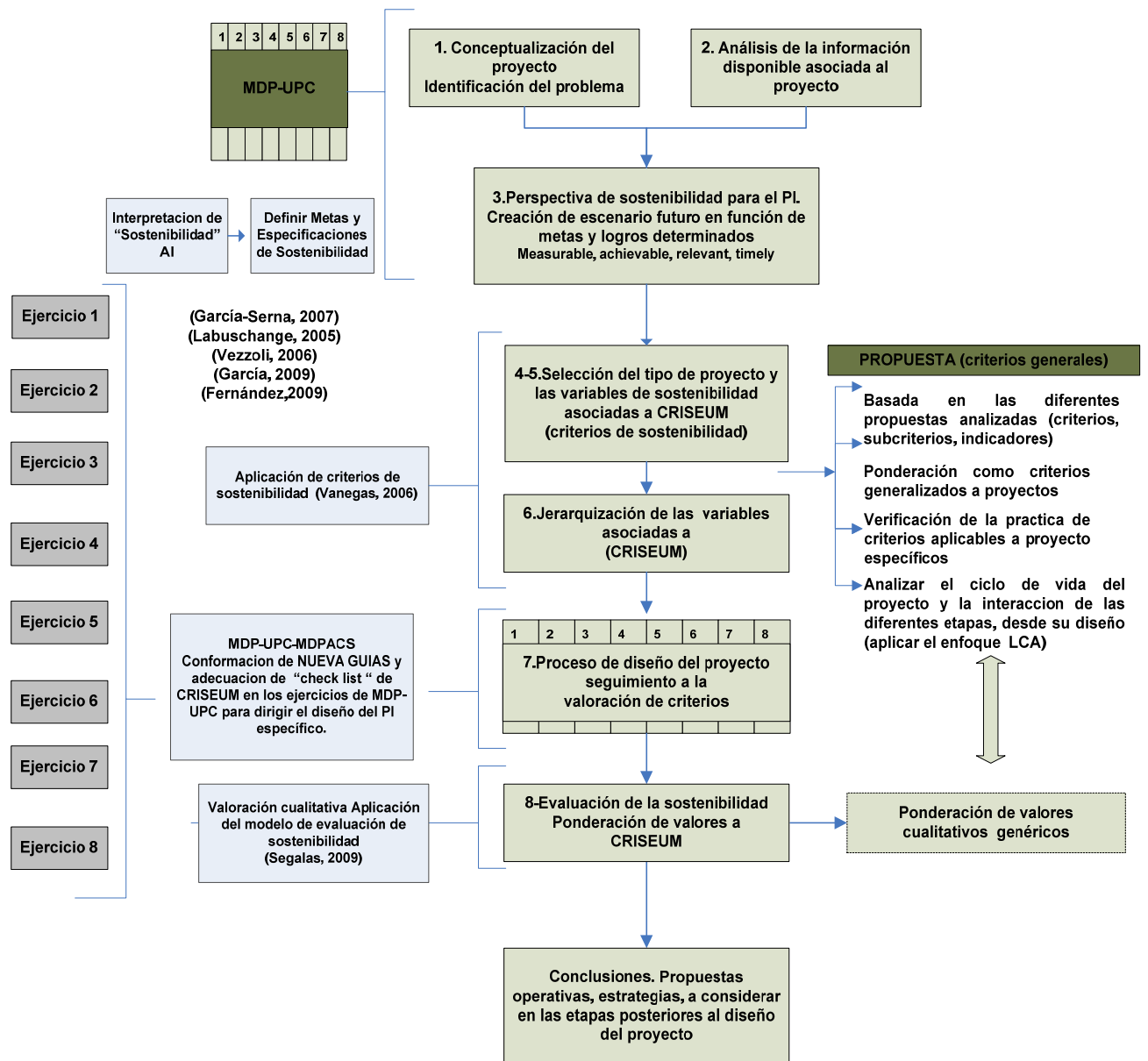
Figura 2: Enfoque integral para MDPACS



Fuente: Creación propia

El enfoque integral mostrado en la figura 2, reúne una serie de elementos que para poder ser llevados a la práctica se integran en un proceso metodológico que se ha denominado MDPACS, mostrado en la figura 3, el cual esquematiza 8 pasos agrupados en 4 etapas.

Figura 3: Integración de la Metodología MDPACS



Fuente: Creación propia

3. Conclusiones

Se ha descrito que en la etapa de diseño de un proyecto de ingeniería es necesario fortalecer y destacar la valoración de criterios de sostenibilidad de forma integral y no solo de tipo ambiental, y que existe la necesidad de contar con una herramienta genérica y flexible que proporcione una vía para ello. Por lo cual se han analizado las diferentes propuestas metodológicas que vinculan el análisis y la aplicación de criterios de sostenibilidad en el diseño de proyectos de ingeniería, así como los señalamientos de diferentes autores sobre este tema; para de manera específica, proponer un enfoque y una metodología de tipo genérico, que satisfaga de una manera el proceso carente, de valoración de criterios de sostenibilidad en el diseño de un Proyecto de Ingeniería (PI), que se presenta en general, y en particular en un contexto de formación en Ingeniería de Proyectos determinado (Proyectos-UPC).

De este modo se han encontrado que los diferentes autores analizados, agrupan una serie de elementos que no permiten fácilmente estandarizar un método, por las diferentes interpretaciones que cada uno les otorga. Por lo que en esta nueva propuesta metodológica (MDPACS) tiende a proponer, un primer intento de estandarización de esas interpretaciones para una aplicación genérica en el diseño de proyectos de ingeniería. Por otro lado, esta propuesta aún de carácter conceptual, está siendo complementada con la generación de una serie de instrumentos para su futura aplicación en el contexto Proyectos-UPC con la finalidad de validarse y verificarse; para servir de modelo en otro contexto de aplicación más específico de proyectos determinados (México).

Referencias.

- De Cos Castillo M. (1999). *Teoría general del proyecto*. Ed. Síntesis. Madrid.
- Estay Niculcara, C., Fernández-Ros, J., Gracia Villar, S., García-Carrillo, A., Cremades Oliver, L., Dzul López, L.; González Benítez, M. (2009) *Metodología de diseño de proyectos de Ingeniería Química a partir del fomento del aprendizaje cooperativo*. *Afinidad*, 65(539).
- Fernández Sánchez, G. Rodríguez López, F.& Hruškovič, P. (2009) Identificación de factores e indicadores de sostenibilidad genéricos en los proyectos de ingeniería civil. En memorias de congreso AEIPRO 2009.
- García-Carrillo, A. (2004). *Metodología de enseñanza-aprendizaje colaborativo y cooperativo basada en la resolución de problemas-proyectos, con soporte de entornos virtuales de trabajo*. Tesis Doctoral. Consultada en <http://catalog.upc.edu/>
- García-Carrillo, A.; Gracia, S.; Estay-Niculcara, C.; Cisteró, J.; Fernández-Ros, J.; Álvarez-Larena, A. (2007). *Metodología de enseñanza-aprendizaje en diseño de proyectos de ingeniería*. *Afinidad*, LXIV (529): 456-463.
- García-Serna, J., Pérez-Barrigón L., Cocero M.J. (2007) *New trends for design towards sustainability in chemical engineering: Green engineering*. *Chemical Engineering Journal* 133 7–30
- Joham, C., Metcalfe, M., & Sastrowardoyo, S. (2009). *Project conceptualization using pragmatic methods*. *International Journal of Project Management*, 27(8), 787-794. Elsevier Ltd and IPMA. doi: 10.1016/j.ijproman.2009.03.002.

- Labuschagne C., Brent C., van Erck R. (2005). *Assessing the sustainability performances of industries*. Journal of Cleaner Production International 13. 373- 385l
- Páez García, A. (2009). *Sostenibilidad urbana y transición energética*. Tesis Doctoral. Consultada en <http://www.dgbiblio.unam.mx/>
- Ríos, O., A., Ortiz. L. M y Álvarez. X. (2005). *Debates on sustainable development: towards a holist view of reality*. Environment, Development and Sustainability. No 7. 501-518
- Segalàs, J. (2009). *Engineering education for sustainable future*. Thesis Dissertation. Retrieved from <http://cataleg.upc.edu/>
- Vanegas, J. A. (2003). *Road Map and Principles for Built Environment Sustainability*. Environmental Science & Technology, 37(23), 5363-5372.
- Vezzoli, C. & Sciama, D. (2006) *Life Cycle Design: from general methods to product type specific guidelines and checklists: a method adopted to develop a set of guidelines / checklist handbook for the eco-efficient design of NECTA vending machines*. Journal of Cleaner Production 14, 1319-1325
- Xercanvins, J., Cayuela, D., Cervantes, G., & Sabater A, (2005). *Desarrollo sostenible*. Ediciones UPC. Barcelona.

Correspondencia

Sugey Granados Pérez
Departamento de Proyectos de Ingeniería. Universidad Politécnica de Cataluña.
Escuela Técnica Superior de Ingeniería Industrial de Barcelona
Av. Diagonal 647, Piso 10. 08028 Barcelona (España)
email: sugey.granados@upc.edu
tlf.: (+34) 93 401 7165