

## FORMACIÓN EN INGENIERÍA SOBRE ENERGÍAS ALTERNATIVAS Y MEDIO AMBIENTE PARA LA SOSTENIBILIDAD

### *ENGINEERING EDUCATION ON ENERGY ALTERNATIVES AND THE ENVIRONMENT FOR SUSTAINABILITY*

**Hernán Carvajal-Osorio**

Universidad La Gran Colombia, Bogotá (Colombia)

#### Resumen

Se presenta un modelo de formación en ingeniería sobre energía y su relación con el medio ambiente, que se aplica en forma de cátedra especializada, creada ante la necesidad de difundir conocimiento, hasta ahora insuficiente sobre este tema, en programas de ingeniería y de ciencias. Se tratan las múltiples fuentes energéticas, tanto convencionales como alternativas, y su aprovechamiento considerando efectos medioambientales, en beneficio del desarrollo de las naciones, específicamente en el caso de Colombia. El modelo aplicado en la cátedra, con enfoque holístico y básico, tiene las particularidades de gran flexibilidad, simplicidad y adaptabilidad, lo que permite ajustes tanto a las condiciones del programa en que se quiere incluir, como a las diferencias de conocimiento de los participantes sobre el tema en los niveles de pregrado o posgrado, así como a su intensidad y duración. Se hace énfasis en las energías renovables, estado del arte, limitaciones y perspectivas en contribución a la sostenibilidad. La cátedra, desarrollada por el autor con base en su larga experiencia y en investigaciones sobre el tema, ha sido aplicada con éxito en varias universidades del país, incluida La Gran Colombia, en Bogotá, a un número cercano a los 500 participantes. Los resultados más destacados han sido la fuerte motivación de los estudiantes y la buena acogida de la cátedra. Así se cumple el objetivo principal de la aplicación del modelo, remediando en parte la preocupante falta de preparación de los ingenieros en un tema de tanta trascendencia.

**Palabras claves:** formación en energía, modelo de formación en ingeniería, energía y medio ambiente, energía para la sostenibilidad.

## Abstract

A teaching model on energy and the environment for a specialized course is presented to overcome detected deficiencies on this such important subject in engineering and sciences education. Different energy sources, conventional and alternatives included and environmental consequences, are here considered as an approach to any country development, Colombia's in particular. This model, with an holistic characteristic and under basics considerations, shows great flexibility, simplicity and adaptability, easing adjustments in intensity and in adaptation to the particular requirements of both the offering institution and the participants formation differences, at undergraduate and graduate levels. Emphasis is given to renewable energies, their state of art, limitations and perspectives for sustainability. This course has been developed based on the long author's teaching and research experience on the subject, and, successfully taught at several Colombian universities, Universidad La Gran Colombia at Bogota included, completing around five hundred participants. An strong student motivation and a good course acceptance are the most significant results. Therefore, the model main objective has been accomplished in behalf of improving engineering student preparation on this important matter.

**Keywords:** education on energy, engineering course model, energy and the environment, energy for sustainability.

## Introducción

“Vida es nada menos que un proceso de conversión y transformación de la energía... La energía es indispensable para el continuo desarrollo humano y el crecimiento económico. El suministro de energía en forma adecuada y asequible es algo esencial para erradicar la pobreza, mejorar el bienestar, y el incremento de los estándares de vida a nivel mundial”. Con este texto se inicia el libro de las Naciones Unidas (Goldemberg, 2000), *World energy assesment: energy and the challenge of sustainability* (Evaluación energética mundial: energía y el reto de la sostenibilidad), en el que se resalta la importancia de la energía en el desarrollo con prioridad en lo social, a la vez, y se dejan entrever aspectos básicos de la sostenibilidad.

En la utilización de la energía el mundo moderno afronta un dilema: la humanidad requiere energía en crecientes cantidades para su desarrollo socioeconómico, pero con consecuencias medioambientales que al exceder ciertos límites, aún no bien definidos, afectan negativamente dicho desarrollo. Adicionalmente, se exige del medio la disponibilidad suficiente del recurso que, de no ser renovado oportunamente, se agotará en poco tiempo. Ésta es la idea central de la sostenibilidad, aspecto que deben tener muy

en cuenta las generaciones presentes para que las futuras también puedan disponer de esos recursos para continuar su desarrollo.

Sin embargo, a pesar de la trascendencia de los anteriores conceptos, con algunas excepciones, son casi desconocidos por los profesionales, más en el caso de la ingeniería y las ciencias, pilares del desarrollo. Es fundamental entender estos principios para lograr el uso racional de la energía y otros recursos, comprendiendo sus transformaciones y evitando o reduciendo los efectos negativos medioambientales. Esta situación se ve en el cambio climático y las consecuencias que experimentamos. Dicho conocimiento también debe conducir a una normativa apropiada para el buen aprovechamiento de la energía en promoción del crecimiento socioeconómico con características de sostenibilidad.

El estudio crítico de dichas situaciones, asociadas a la utilización de la energía, incluyendo incidencias geopolíticas y sociales, constituyen el punto central de la cátedra que sobre energía y medio ambiente se desarrolla según el modelo de enseñanza que se presenta, principalmente para la formación en ingeniería y ciencias relacionadas. Sólo de esta forma se podrá reconocer que la energía y su disponibilidad guardan un estrecho vínculo con el desarrollo de los

pueblos en convivencia con la naturaleza, buscando mayor calidad de vida por medio del aprovechamiento de la energía, como motor principal de la sociedad moderna. Como perspectiva energética ha sido expresada (Amarocho et al. 2000, p. 174): "...una clara orientación al mayor cuidado del ambiente y logro del desarrollo sostenible, en gran medida influenciado por el control de la relación consumo de energía–economía–asentamientos humanos y paisaje– y modificaciones climáticas”.

Se definió como objetivo del modelo, evidente mediante una cátedra especializada sobre energía y medio ambiente, desarrollar en el estudiante, con alto grado de motivación, conocimientos básicos sobre las transformaciones energéticas y su relación con el entorno y la naturaleza, considerando aspectos socioeconómicos generales, seguidas por el estudio y comprensión de las tecnologías convencionales y alternativas y su uso con energías renovables, de manera que permitan poner en práctica las competencias adquiridas en la cátedra para el aprovechamiento racional de la energía, en consideración de un desarrollo sostenible.

Para el cumplimiento de dicho objetivo del modelo, el autor ha desarrollado la cátedra sobre energía y medio ambiente que aquí se detalla, actualmente en ejecución, buscando la formación de estudiantes y profesionales de la ingeniería y otras ciencias afines, con estructuración de las competencias, entre otras, de: capacidad de comprensión y análisis desde lo básico de los fenómenos de transformaciones energéticas y sus implicaciones en el desarrollo energético y el ambiente, además del conocimiento general de las tecnologías existentes para lograr el beneficio social. Esto implica tener presente el concepto de sostenibilidad en el uso de la energía con el mínimo impacto ambiental y aprovechando los recursos naturales existentes, haciéndolos disponibles para ésta y las futuras generaciones.

Aún sabiendo que los índices de pobreza tienden a bajar, paradójicamente continúan aumentando las necesidades básicas insatisfechas, en términos absolutos (*El Tiempo*, 2012), con más de un millardo de habitantes de la Tierra todavía sin acceso a la

electricidad. Esto indica la necesidad de acudir a fuentes energéticas alternas y de mucho menor impacto en el medio ambiente.

Conocer, entender y manejar adecuadamente dichos conceptos y cómo aplicarlos sabiamente, exigía la implementación de un modelo de formación de fácil aplicación y ampliación, más cuando el rápido avance tecnológico exige mayor preparación a todo nivel. La cátedra que se organizó es de aplicación en la educación superior, en pregrado y posgrado, niveles en los que se genera el interés suficiente para que los profesionales continúen profundizando en la temática y así se preparen mejor para la atención a la problemática del empleo de la energía y propicien un desarrollo con calidad. A la vez, la preparación de profesionales competentes y capaces debe contribuir a reducir la brecha entre los propósitos académicos y los problemas del desarrollo, tal como lo indica Cañón et al. (2011).

La cátedra se ha desarrollado enfatizando las opciones energéticas más representativas para el país, con un tratamiento desde lo más básico de las transformaciones energéticas, resaltando la inevitable relación energía-medio ambiente, reconociendo, además, el importante papel de las energías convencionales, para luego hacer un recorrido somero sobre las tecnologías de energía renovable, culminando con análisis y conclusiones sobre ventajas y desventajas y condiciones requeridas para su aplicación benéfica en el medio.

No se encontró en el país un programa de características similares, aunque sí se tratan estos temas pero con estrategias diferentes y contenidos más extensos. Por ejemplo, en los pocos programas de carreras dedicadas a la energía: el de Ingeniería en Energía ofrecido por la Universidad Autónoma de Bucaramanga (Amarocho et. al, 2000), en el que el autor participó en su concepción y ha colaborado ofreciendo esta cátedra.

El curso que se presenta como modelo de formación en ingeniería y otras ciencias relacionadas es resultado de varios años de investigación y experiencia del autor sobre el tema energético, actualmente en la Facultad de Ingeniería de la Universidad La Gran Colombia (Bogotá).

## Marco teórico

La aplicación del modelo que se presenta por medio de la cátedra sobre energía y medio ambiente atiende aspectos fundamentales de la energía, propio de su naturaleza, y explica en buena parte el origen de los problemas medioambientales relacionados, así como los mecanismos básicos que se requiere para reducir los impactos. Se exponen las características diferenciadoras resultantes, indicando el modelo pedagógico y su aplicación, en busca de su máximo aprovechamiento.

### *La energía y el medio ambiente*

Hacer útil la energía en sus diferentes formas requiere transformaciones y acondicionamiento para poder aplicarla eficazmente por medio de tecnologías propias, y a la vez generar impactos ambientales ineludibles. Dado que es la naturaleza la que suministra la energía, esto se cumple según las leyes que rigen el proceso, en especial, la ley de la entropía (segunda ley de la termodinámica). Por más sofisticados que sean los procesos tecnológicos aplicados, siempre se estará afectando de una u otra forma el medio, ya que es la misma naturaleza la que suministra constantemente la energía y, si bien se conserva (primera ley de la termodinámica), siempre está fluyendo, pero transformándose de una forma de más alta calidad (esto es, mayor capacidad de hacer trabajo útil) a otra de menor calidad, por lo que se estará degradando mientras hace su trabajo (aumento de entropía), y se convierte totalmente en calor (Tyller M., 2007). A medida que aumenta la demanda de energía, los efectos se incrementan, por un lado, sobre la disponibilidad del recurso que se torna más difícil de extraer, generando a la vez más energía de baja calidad y, por tanto, de menor capacidad de producir trabajo útil. De aquí que siempre quedará como desperdicio en forma de calor una porción importante de la energía, lo cual significa afectación inevitable del medio ambiente.

Hoy, la energía eléctrica, como elemento clave del desarrollo, necesita varios procesos de transformación energética en los que cada uno deja huella en el

ambiente, sobre todo en el caso de generación por combustión, en la cual se parte de energía de baja calidad, el calor, para producir energía de alta calidad, la electricidad.

Lo anterior también explica por qué no es acertado el tan usado término de “energía limpia”, pues realmente no existe proceso alguno que pueda evitar dicho remanente de baja utilidad, además de los desechos que se generan en la cadena de transformaciones. Esto señala la necesidad de considerar los aspectos ambientales conjuntamente con el uso de la energía.

Aspectos básicos como los anteriores son poco conocidos por los profesionales a pesar de la importancia creciente de la energía como motor de desarrollo. Por lo tanto, forman parte de los conocimientos que se imparten en la cátedra aquí presentada.

### *Características diferenciadoras del modelo*

El modelo cuenta con características diferenciadoras que hacen muy atractiva la cátedra de aplicación para replicarla en varias instituciones y adaptarla con profundidad y formación previa de participantes e intensidad. Estas características son:

- **Flexibilidad:** es el aspecto más destacado de esta cátedra, al tratar los temas con mecanismos que fomentan y facilitan la participación activa de los estudiantes, como método de aprendizaje efectivo. El contenido del curso no es rígido, se ajusta en nivel, extensión o profundidad, según el caso. Más adelante se indican los componentes que hacen evidente esta flexibilidad.
- **Adaptabilidad:** esta característica se deriva de la flexibilidad que caracteriza al curso, por cuanto se puede ajustar en cierto grado a las condiciones de los estudiantes, lo que facilita su participación activa. Es posible introducir variaciones y ajustes antes y durante el desarrollo del curso, sin afectar su metodología u organización, teniendo en cuenta tanto los intereses de la institución oferente, como la experiencia, multidisciplinariedad y niveles de formación de los participantes.

- **Simplicidad:** afrontando la complejidad del tema energía y medio ambiente, este curso logra considerable simplicidad al no entrar en formalidades matemáticas, cubriendo desde lo más básico, por ejemplo las leyes de la termodinámica y las transformaciones energéticas que explicitan la estrecha relación energía-medio ambiente. Se incluyen ejercicios numéricos sencillos aplicando los conceptos de energía, potencia y eficiencia energética y manejo de las unidades correspondientes.
- **Multidisciplinariedad:** la temática interdisciplinaria del curso exige esta característica, así como la necesidad de adaptarse a la diversidad en áreas de formación de los participantes. Se indican los fundamentos necesarios de física, química, biología y ecología, que soportan las relaciones energía y medio ambiente y dan bases a las tecnologías, agregando elementos socioeconómicos generales relacionados.
- **Aceptabilidad:** las particularidades de la cátedra, dadas a conocer desde la presentación del curso a la institución interesada, así como por los temas que se tratan, han producido una amplia aceptación por parte tanto de los responsables de los programas como de los participantes. Esto se hace evidente, primero, por el elevado interés demostrado y, segundo, por su evaluación positiva, sobre todo por ser un curso generalmente escogido como materia electiva.
- **Oportunidad:** los temas de energía y medio ambiente y su papel en el desarrollo sostenible se hacen cada más trascendentes en la medida en que la demanda y las necesidades de desarrollo crecen. Esto hace de este curso una gran oportunidad, ante la necesidad urgente de enfrentar el desarrollo moderno con los efectos adversos que se están evidenciando y exigen intervención. Esto adquiere mayor significado en la formación actual de profesionales, especialmente de la ingeniería, proque el cubrimiento de este tema es muy limitado.

La cátedra presenta un carácter holístico, en el sentido de que, partiendo de un análisis general de lo más básico sobre la energía desde su origen, su modo de transcurrir y sus efectos de pérdida de calidad, se adentra a examinar las consecuencias del uso intenso

y las múltiples formas de aplicación, enseñando a la vez a hacer cálculos sencillos sobre los conceptos de energía, potencia y eficiencia, tanto en los modos convencionales de aprovechamiento de la energía como en las alternativas. Se hace referencia también a los aspectos generales de la geopolítica de la energía, por su alta incidencia en la disponibilidad energética, y sobresalen como ventajosas las energías renovables por su mayor disponibilidad, dado que está mejor distribuida en el mundo.

### Modelo pedagógico aplicado

La figura 1 presenta el modelo pedagógico que se aplica en la cátedra de energía y medio ambiente. Se aprecian los componentes principales y sus relaciones, agrupados según categorías, así como los procesos de aprendizaje y las estrategias más indicadas para el trabajo de los estudiantes, siempre con la guía del docente. Se han incluido ejemplos para cada componente como ayuda para una mejor aproximación al modelo en pro de la máxima efectividad del curso.

La metodología necesaria para hacer efectivo el modelo explicado se expone a continuación.

### Metodología

La metodología para hacer efectivo el modelo al aplicarlo en la cátedra de energía y medio ambiente, cuenta con procesos variados que evidencian sus características diferenciadoras, facilitando su flexibilidad y el seguimiento de los lineamientos indicados, con un cubrimiento amplio y preciso de los temas tratados.

En relación con las metodologías de enseñanza aprendizaje consideradas para la cátedra, entre las más conocidas y probadas como efectivas, no todas con total éxito, se encuentran las que se basan en técnicas activas colaborativas y de solución de problemas, en este caso la denominada aprendizaje activo - cooperativo (AAC) (o ACL por sus siglas en inglés) (Froyd, 2007). Componente principal es el trabajo dirigido que realizan los estudiantes y luego,

en talleres y discusiones grupales, se confrontan los resultados, lo cual despierta el interés y la disposición de los participantes en alto grado.

Las características del modelo se aprovechan con una organización adecuada del curso que asegure la puesta en práctica de las particularidades propias del modelo, explicadas antes, condición que se ha venido perfeccionando. Inicialmente se revisa y ajusta la composición y duración del curso según las condiciones de la institución, y después, al aplicar el modelo pedagógico propuesto, se determina un buen proceso de enseñanza aprendizaje, base indispensable para alcanzar el objetivo propuesto.

El gráfico 1, sobre el modelo pedagógico, ha sido utilizado como guía para su aplicación, según las categorías de aprendizaje indicadas. Se señalan varios procesos del aprendizaje correspondientes. Cada componente considerado contiene ejemplos de cómo aplicarlos; si bien es difícil que un curso contenga todos los elementos, se exige una mejor aproximación en cada curso que se dicte, una vez ajustado a las condiciones particulares.

Se asegura la práctica de procesos de preparación del estudiante para el cambio cognitivo y la resignificación conceptual que debe ocurrir al hacer frente al nuevo conocimiento o al corregir preconceptos equivocados, situación frecuente por una formación previa incompleta. En cualquier curso, la falla en este aspecto se puede convertir en obstáculo serio para su ejecución y el logro de sus propósitos, por lo que el docente juega un papel fundamental en la adecuada presentación y explicación de contenidos y aplicaciones de lo aprendido en el curso, promoviendo una amplia participación crítica de los estudiantes. Esto se acompaña de tareas indicadas para que el estudiante las desarrolle

en forma independiente, con revisión y discusión conjunta en la clase siguiente. La lectura asignada de artículos y capítulos de libros y uso de internet sobre la temática, es una componente principal de la cátedra, como forma de complementación importante. También se asigna y ejecuta hacia el final del curso un proyecto en equipo que consiste en la elaboración, presentación y discusión de un ensayo profundizando alguno de los aspectos tratados.

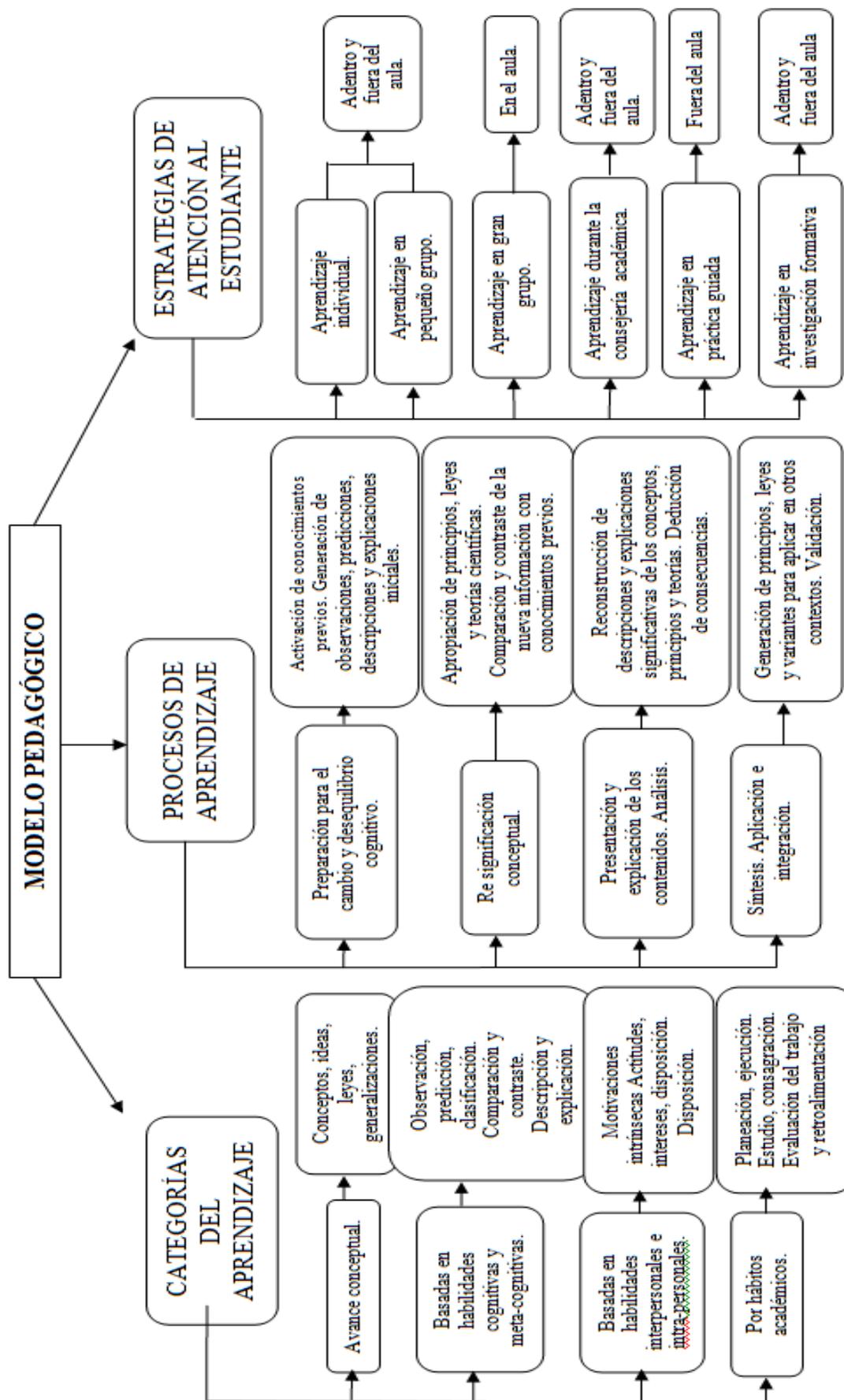
Lo anterior se logra por medio de motivación, actitudes y disposición frente al modelo y su ejecutoria, por parte de los estudiantes y el profesor, lo cual debe reflejar el ejercicio de habilidades interpersonales e intrapersonales de los participantes.

### ***Organización de la cátedra***

Los componentes metodológicos principales utilizados en la ejecución de la cátedra son: cátedra, presentación y discusión de puntos claves de lo tratado, lecturas asignadas para discusión en sesión tipo seminario, cierre conceptual, análisis de casos en talleres, presentación y discusión de tareas asignadas, elaboración de un ensayo con su respectiva sustentación a cargo del estudiante y tutoría del docente.

En las estrategias de motivación y atención al estudiante se incluyen varias modalidades de realización del trabajo, con ambientes diferentes al del aula que, junto con un proceso de investigación formativa, se vuelven medios relevantes para la práctica del estudiante. Esto se cumple, a veces con limitaciones logísticas, al realizar prácticas externas en visitas a empresas en las que se pueda aplicar lo visto en clase, incluyendo instalaciones convencionales de generación de electricidad, así como de energías renovables.

Gráfico 1. Aplicación del modelo pedagógico en el curso de energías alternativas y medio ambiente.



Fuente: el autor basado en TECNAR (2007).

Las ayudas aprovechan las tecnologías de la información y las comunicaciones (TIC). Aunque el curso es presencial, se utiliza internet para búsqueda de información, consultas bibliográficas, lecturas asignadas, revisión de videos y preparación de documentos, además de las presentaciones del docente y los estudiantes en clase, y la comunicación vía correo electrónico. Actualmente se está creando un blog específico con apoyo de la plataforma Moodle.

El tiempo de cada sesión generalmente se distribuye en presentación de puntos claves acerca de lo visto anteriormente, seguido de ejercicio tipo seminario a cargo de los estudiantes. Ellos, guiados por el

docente, exponen brevemente sus reflexiones sobre las lecturas asignadas o lo visto en clase, y en ocasiones lo complementan con videos cortos y luego realizan talleres de resolución de casos, y la cátedra sobre los conceptos básicos. Hacia el final del curso, los estudiantes sustentan en parejas el ensayo de profundización.

El desempeño del estudiante se evalúa considerando todas las actividades referidas, en forma continua a lo largo del curso, estableciendo un promedio ponderado como calificación final, según los pesos en cifras que a manera de ejemplo se muestran a continuación.

Actividad por evaluar	Peso relativo (%) (ejemplo)
• Talleres y tareas	15
• Quices (ejemplo: tres)	15
• Pruebas escritas (dos o tres)	20
• Participación en el seminario (interno)	15
• Ejecución y presentación de puntos claves	15
• Ensayo y sustentación sobre tema específico	20
<b>Total:</b>	100 %

El peso de cada aspecto se define según se estime el esfuerzo del estudiante y su significado para el tratamiento de los temas en la cátedra. La flexibilidad del modelo permite variedad en el número y tipo de evaluaciones, respondiendo a la dinámica del curso, con retroalimentación suficiente. La calificación se hace, preferiblemente, con letras (A la mejor, D la más baja o que indica que las metas no se alcanzaron), por tratarse de evaluación cualitativa de las competencias. Por último, si la institución lo requiere, se hace la conversión a números, según escala previamente definida.

### **Temática**

Lo tratado en el curso es variado debido a la extensión de la temática y sus intrincadas relaciones. Por eso es necesario delimitarla según la extensión prevista, aplicando la flexibilidad de la metodología, adaptable

al nivel y grado de profundización requeridos, acorde con el tiempo de dedicación y el número de créditos académicos establecidos en cada caso.

El gráfico 2 presenta, como ejemplo, el contenido sinóptico para un trabajo en aula de 36 horas, y alrededor de 70 adicionales de trabajo independiente del estudiante, intensidad ajustable a los requerimientos específicos, aplicando la flexibilidad que ofrece el modelo. El curso no trata en todo su detalle las tecnologías energéticas específicas, ante la abundante información y facilidad de adquisición valiéndose de internet, además del cambio rápido que experimentan. El docente indicará oportunamente la información específica que se llevará a la clase para discutirla. El tratamiento temático se fundamentó y está muy influenciado por las excelentes obras de G.Tyler Miller, Jr. (2007 y 1975).

Gráfico 2. Ejemplo de contenido sinóptico de la cátedra sobre energía y medio ambiente.

Unidad	Tema	Subtemas
1	Introducción y motivación: la energía en contexto y principios básicos  (16 horas)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Papel de la energía en el desarrollo. Sociedad y sostenibilidad, situación energética nacional e internacional.- Geopolítica de la energía. <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Energías renovables y su papel en el desarrollo.</li> <li>▪ Utilización de las energías y consecuencias en la naturaleza. Calentamiento global y efectos principales.</li> <li>▪ Energía convencional, importancia y proyección.</li> <li>▪ Transformaciones energéticas y leyes (termodinámicas) que las rigen. Entropía. -Calidad de la energía y de la materia. -Consecuencias.</li> <li>▪ Energía y potencia. Manejo de unidades y conversiones. Eficiencia energética y factor de capacidad de generación.</li> </ul> </li> </ul>
2	Aprovechamiento de las energías renovables y no renovables. Efectos ambientales  (12 horas)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Alternativas energéticas disponibles. <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Energías no renovables (carbón, petróleo, gas natural, uranio), y efectos en el medio ambiente.</li> <li>▪ Energías renovables: demanda y proyección.</li> <li>▪ Energía solar fotovoltaica (FV), energía solar térmica; hidroelectricidad; la biomasa como energético; biocombustibles. Desechos orgánicos para energía.</li> <li>▪ Energía eólica, geotermia, energía del océano; uso racional de la energía (URE).</li> <li>▪ Tecnologías avanzadas: economía de hidrógeno, celdas de combustible, energía nuclear avanzada; aplicaciones.</li> </ul> </li> </ul>
3	<b>Gestión energética para el desarrollo sostenible en Colombia</b>  (8 horas)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Implicaciones políticas, sociales, económicas de la energía. <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Situación energética actual en Colombia: recursos energéticos y utilización. Condiciones en Colombia para las energías renovables.</li> <li>▪ Gestiones para suplir energía con reducción del impacto ambiental. Proyección a mediano y largo plazo.</li> <li>▪ Conclusiones y recomendaciones.</li> </ul> </li> </ul> <p style="text-align: right;"><b>Total horas: 36</b></p>

Fuente: el autor

## Resultados

El modelo presentado, creación del autor con base en su amplia experiencia docente e investigativa acerca del tema, ha sido implementado e impartido en forma de cátedra en permanente actualización durante la última década, en alrededor de diez universidades de Colombia, incluida la La Gran Colombia (Bogotá), Facultad de Ingeniería, con un número de participantes de diferentes carreras profesionales cercano a los 500, en niveles de pregrado y posgrado.

La diversidad de programas de los participantes en esta cátedra ha sido enriquecedora, tanto para los estudiantes que han trabajado en equipos, como para el perfeccionamiento y actualización de la cátedra, con una mayoritaria presencia de estudiantes de programas sobre medio ambiente. Allí se aprecia más la necesidad del tratamiento de aspectos energéticos dadas las circunstancias de aplicación del tema en casi todas las instancias, así como la incidencia en el medio ambiente y la posibilidad de incrementar el calentamiento global y las contaminaciones tanto locales como regionales y mundiales.

El ejercicio de puntos claves al inicio de cada clase ha dado excelentes resultados. Una pareja de estudiantes hace una corta exposición sobre los puntos más importantes de lo tratado en la clase anterior, cumpliendo varios propósitos: primero, permite concentrar la atención en el análisis de los temas más destacados; segundo, refuerza la recordación de lo más importante, y tercero, da continuidad a los aspectos tratados. La recopilación de los documentos con los puntos claves constituye un excelente complemento a los apuntes de clase.

Las evaluaciones del curso, hechas por los estudiantes, han sido favorables, y sus observaciones han servido como retroalimentación para el mejoramiento continuo de la cátedra.

Como resultado indirecto de la cátedra, también ha sucedido que los estudiantes, motivados sobre el tema, han elaborado proyectos de grado relacionados, con asesoría del autor. Esto demuestra que se ha logrado interesar lo suficiente a los participantes para que continúen indagando y aprendiendo más sobre el tema, ampliando campos de acción profesional con nuevas y múltiples oportunidades.

## Conclusiones

El modelo de esta cátedra sobre energía y sus alternativas presenta componentes sencillos y bien articulados, atendiendo casos de aplicación de la energía, con énfasis en energías renovables, en concordancia con necesidades actuales. Se ha cumplido su objetivo. Se destaca el interés que despierta en los participantes, sobre todo tratándose de un nuevo enfoque de la temática para formación de profesionales de la ingeniería y carreras relacionadas.

El curso, al enfatizar más que en lo tecnológico en aspectos socioeconómicos y ambientales asociados a la energía, sin perder su orientación hacia el aprovechamiento racional y sostenible de los recursos energéticos, cubre un campo relativamente árido en la formación académica actual.

Entre las características que este modelo de formación presenta, se destaca la flexibilidad que permite ampliar su alcance para la formación tanto

en ingeniería como en otras ramas del saber, así como el grado de profundización en temas muy específicos. A pesar de su relevancia, la investigación realizada por el autor sobre el tratamiento en la academia de los temas de energía, indica total insuficiencia en los programas de ingeniería y otras ciencias asociadas, lo cual explica en parte la falta de preparación en el campo. Esta situación puede conducir a soluciones inadecuadas en la atención a las necesidades energéticas, ahora más que antes con alta incidencia en el desarrollo sostenible. La cátedra sobre energía y medio ambiente expuesta ha permitido llenar en parte este vacío, con su ofrecimiento de fácil alcance para estudiantes de pregrado de varias carreras y para profesionales de posgrado que se están formando en campos relacionados con la energía y el medio ambiente.

Con el conocimiento adquirido en la cátedra de energía y medio ambiente para la sostenibilidad, aplicando el modelo propuesto, se aseguran las competencias apropiadas para reconocer que la energía en su disponibilidad guarda estrecha relación con el desarrollo de los pueblos en convivencia con la naturaleza, para mejorar la calidad de vida y así convertir la disponibilidad de la energía y su tecnología en motor principal de la sociedad moderna.

La cátedra ha tenido mayor acogida en programas de posgrado en ingeniería ambiental y su gestión, en los que el tratamiento de aspectos energéticos ha resultado excelente complemento de formación, precisamente donde más se necesita por ser un tema obligadamente presente en casi todas las instancias y con incidencia en el medio ambiente y su posible contribución al calentamiento global.

El interés que ha despertado en los participantes del curso el tema energético ha generado otro resultado: la elaboración de proyectos de grado sobre problemáticas relacionadas, en los que el autor ha sido director y evaluador. Esto también ha constituido un apoyo investigativo al desarrollo y la aplicación de las alternativas energéticas, derivado de la participación y difusión de la cátedra.

En vista de los resultados logrados, se recomienda aplicar este modelo para acometer la tarea de

formación que tanto se requiere en el campo energético, sobre todo si se consideran los aspectos

que constituyen la exigencia de hoy día para el desarrollo sostenible.

## Referencias

---

Amoroch, E. & Villamizar, G. (2000). *Apuntes sobre energía y recursos energéticos*. Bucaramanga: Universidad Autónoma de Bucaramanga (UNAB).

Cañón, J. C. & Salazar, J. (2011, agosto). La calidad de la educación en ingeniería: un factor clave para el desarrollo. *Ingeniería e Investigación*, Vol. 31, edición especial, pp. 40-50.

A la humanidad se le está agotando el tiempo. (5 de febrero de 2012). *El Tiempo*, sección Debes Leer, p. 4.

Froyd, J.E. (2007). Evidence for the efficacy of student-active learning pedagogies. NSF (USA). Recuperado el 15 de julio de 2011 de [www.foundationcoalition.org](http://www.foundationcoalition.org).

Goldemberg, J. (ed.). (2000). *World energy assessment: energy and the challenge of sustainability*. New York (USA): United Nations - UNDP, p. 31.

Tecnar. (2003). Instituto Tecnológico A. Arévalo. Cartagena. Comunicación personal.

Tyler Miller, G. Jr. (2007). *Living in the environment principles, connections and solutions*. 13<sup>th</sup> ed. Boston (USA): Thomson Learning.

Tyler Miller, G., Jr. (1975), *Living in the environment, concepts, problems and alternatives*. Belmont (USA): Wadsworth Publishing Co.

## Sobre el Autor

---

### Hernán Carvajal-Osorio

Ingeniero electricista de la Universidad Industrial de Santander, Bucaramanga, Colombia, *Master of Sciences* en Ingeniería Nuclear, University of Illinois, Urbana, Ill, USA, Doctor (Ph.D.) en

Ingeniería, University of Florida, Gainesville, Fa, USA. Docente Investigador de la Universidad La Gran Colombia y asesor de proyectos de grado en la Pontificia Universidad Javeriana y la Universidad Libre, Bogotá, Colombia.  
[hernan.carvajal@ugc.edu.co](mailto:hernan.carvajal@ugc.edu.co)

Los puntos de vista expresados en este artículo no reflejan necesariamente la opinión de la Asociación Colombiana de Facultades de Ingeniería.