

**DOCENCIA DE GRADO EN ENERGÍA SOLAR**  
**FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS - UNCUYO**  
**Gabriel Azzoni<sup>(1)</sup>, Alfredo Esteves<sup>(2)</sup>, Teresa Hiramatsu<sup>(1)</sup>, Kiyoe Hiramatsu**

(1) Departamento de Ciencias Económico, Jurídico y Sociales,  
Facultad de Ciencias Agrarias - Universidad Nacional de Cuyo  
Almirante Brown 500, Chacras de Coria, Luján de Cuyo, Mendoza  
Tel. 54 261 4135010 int.1205

e-mail: [gazzoni@uncu.fca.edu.ar](mailto:gazzoni@uncu.fca.edu.ar), [thiramat@fca.uncu.edu.ar](mailto:thiramat@fca.uncu.edu.ar)

(2) Laboratorio de Ambiente Humano y Vivienda (LAHV-INCIHUSA-CONICET)  
Centro Regional de Investigaciones Científicas y Tecnológicas (CRICYT)  
Av. Ruiz Leal s/n – Pque. Gral. San Martín – Mendoza – Argentina  
Tel.: 54 261 4288797 int. 109 – Fax: 54 261 4287370  
[aesteves@lab.cricyt.edu.ar](mailto:aesteves@lab.cricyt.edu.ar)

**RESUMEN:** El ambiente rural y su explotación, hecho que se enseña en la FCA-UNCuyo, hace extenso uso de la energía solar, aplicado al crecimiento y desarrollo de vegetales y animales. Sin embargo, adolecía de una enseñanza metódica de las múltiples maneras en las cuales un ingeniero puede hacer uso de la energía solar. Sobre todo nos referimos a los procesos de servicios en el campo, tales como: calentamiento de agua, calentamiento de ambientes, cocción solar de alimentos, invernaderos, generación fotovoltaica, etc. La carrera de Ingeniería en Recursos Naturales Renovables, inaugurada en el 2003 en la FCA de la UNCuyo, vino a satisfacer una necesidad social, que advierte el avance de una crisis sobre la utilización de los recursos a nivel mundial. A partir de 2005, se creó la cátedra opcional “Energía Solar, economía de su aprovechamiento”, dictada en forma conjunta entre el departamento de Economía de la Facultad de Ciencias Agrarias UNCuyo y el Laboratorio de Ambiente Humano y Vivienda (LAHV-INCIHUSA-CONICET). El resultado del primer año de dictado ha sido importante tanto en cantidad de alumnos como en el resultado alcanzado. Se presenta en este trabajo, el programa realizado y las posibilidades que genera la enseñanza con la incorporación de los talleres de armado.

**Palabras clave:** energía solar, docencia de grado, ingeniería agraria

## INTRODUCCIÓN

El desarrollo sustentable pide que más actores se sumen a un trabajo sustentable, es decir, según el informe Brundtland, las personas en el futuro tienen derecho a gozar de los mismos bienes que nosotros, por lo tanto, esto nos lleva a considerar las fuentes renovables y no renovables y su consumo actual y actuar sobre ellas.

Efectivamente consiste en el respeto a los siguientes límites (Scandurra, 1995):

- Para un recurso renovable (agua, suelo, bosque, etc.) la tasa de uso sustentable no puede exceder la tasa de regeneración.
- Para un recurso no renovable (combustibles fósiles, yacimientos minerales, etc.), la tasa de uso sustentable no puede exceder la tasa a la que es posible reemplazar por un recurso renovable empleado de manera sustentable.
- Para un agente contaminante, la tasa de emisión sustentable no puede ser mayor que la tasa a la que se puede reciclar, absorber o volver inofensivo dicho agente.

Por lo tanto, la enseñanza de la energía solar y sus múltiples posibilidades de aprovechamiento, es un desafío que debe implementarse en todas las facultades de ingeniería y de arquitectura, dado que se trata del aprovechamiento de la energía disponible en muchos ambientes de trabajo y es una energía que desde el punto de vista de los tiempos puede considerarse renovable. Aunque los recursos energéticos puedan parecer un tópico esencialmente para clases de ciencias, varias curriculas las han integrado en otras disciplinas académicas con total éxito, además los recursos energéticos, por naturaleza proveen una conexión natural entre temas locales y globales (California Department of Education, 1998).

El ambiente rural y su explotación, hecho que se enseña en la FCA-UNCuyo, hace extenso uso de la energía solar, aplicado al crecimiento y desarrollo de vegetales y animales. Sin embargo, adolecía de una enseñanza metódica de las múltiples maneras en las cuales un ingeniero puede hacer uso de la energía solar. Sobre todo nos referimos a los procesos de servicios en el campo, tales como: calentamiento de agua, calentamiento de ambientes, cocción solar de alimentos, invernaderos, generación fotovoltaica, etc. Las energías renovables son especialmente críticas para mejorar la calidad de vida en zonas rurales (Gronbeck, 1999).

La carrera de Ingeniería en Recursos Naturales Renovables, inaugurada en el 2003 en la FCA de la UNCuyo, vino a satisfacer una necesidad social, que advierte el avance de una crisis sobre la utilización de los recursos a nivel mundial. Esta carrera contempla por una parte, una sólida formación básica y biológica; por otra parte complementa con una formación humanística, social y de gestión, con la finalidad de contar con profesionales que sepan gestionar los recursos teniendo en cuenta todos los factores. Uno de ellos es la utilización de una de las energías renovables: el uso de la energía solar. Por esta razón se incorporó esta asignatura en la carrera de Ingeniería en Recursos Naturales Renovables, e inmediatamente se vio la necesidad de incluirla también en las demás carreras de la misma Facultad, ya que tratan sobre la producción de alimentos y su control. Esta materia optativa, se dicta con el aporte de personal del Laboratorio de Ambiente Humano y Vivienda (LAHV-INCIHUSA-CRICYT), quienes tienen la responsabilidad del dictado de los talleres y temas específicos del aprovechamiento de energía solar. Esto se nutre con la dedicación de docentes del Departamento de Ciencias Económico, Jurídico y Sociales, con los cuales, cada tema abarca consideraciones económicas que le son propias y resultan de fundamental importancia al momento de transferir conocimientos aplicables en la actualidad.

## CONCEPTOS DE DOCENCIA

Se ha desplegado un conjunto de diferentes unidades temáticas, cuyos contenidos están orientados a abordar, desde distintos puntos de vista, el principal concepto de éste, que es el aprovechamiento de la energía solar en ambientes agrícolas, manteniendo una concepción de sustentabilidad desarrollando un conjunto de capacidades que se articulen con el complejo de experiencias formativas profesionales, de acuerdo a los alcances de profesionalidad y los criterios de responsabilidad social del ingeniero.

Desde esta perspectiva, y considerando que es en el diseño donde se generan los equipos solares y teniendo en cuenta que en el procedimiento de diseño es donde más se aprende sobre el sistema, se propone incorporar herramientas de dimensionamiento, control y evaluación en cada unidad temática, haciendo un aporte específico en el taller de armado del producto. Todo esto, inmerso en conocimientos estrechos con la eficiencia económica, de manera de poder insertar efectivamente la tecnología en la actualidad del ambiente rural hoy.

## FUNDAMENTOS PEDAGÓGICOS

### *Objetivos*

- Incorporar el concepto de energía renovable y el conocimiento de las diferentes fuentes
- Comprender todo lo referente a la naturaleza de la energía solar.
- Comprender las leyes intervinientes para su aprovechamiento, control y aplicación
- Comprender su aprovechamiento en operaciones específicas: calentamiento de agua, producción de agua potable, calefacción de ambientes, secado, producción de energía eléctrica fotovoltaica.
- Dimensionar los sistemas en función de las variables específicas y económicas
- Entrenamiento para la conformación de aparatos que utilicen la energía solar.

### *Metodología y Organización de los Procesos de Enseñanza y Aprendizaje*

Se utilizan metodologías que permitan transferir la información teórica necesaria a través de exposiciones didácticas de los conocimientos necesarios y clases teórico-prácticas de gabinete que le permita al alumno adquirir y analizar información de materiales y tecnologías existentes

### *Trabajos Prácticos*

Se realizarán clases prácticas de taller donde el alumno deba responder a los requerimientos señalados, ejercitando su creatividad, inteligencia y combinando los conocimientos adquiridos en la resolución del problema. Se hará uso de la planilla de cálculo como herramienta de apoyo en todos los cálculos involucrados en la resolución de problemas en todas las unidades, como una forma de alentar la resolución de los mismos y a la vez, de contar con herramientas útiles tanto para aprender como para su futuro trabajo profesional.

### *Visitas a Experiencias*

Se realizarán visitas a emprendimientos que utilizan la Energía Solar que sean ejemplos de la región.

### *Asistencia y Regularidad*

El Régimen de la Asignatura requiere que el alumno:

- Registre 75% de asistencia
- Apruebe el 100% de los trabajos prácticos
- Apruebe el 100% de los exámenes parciales

### *Evaluación*

- Se tomarán exámenes parciales de los temas más relevantes de la materia a fin de que el alumno vaya estudiando y madurando el mismo.
- Evaluación oral final de la materia.

### *Contenidos:*

UNIDAD 1: Introducción a Aplicaciones de la Energía Solar. Sistema energético actual y futuro. Energía renovable, fuentes Posibilidades de reemplazó de combustibles fósiles. Naturaleza de la energía solar, eólica. Aprovechamiento económico de la energía solar. Relación solar, valores para distintos países y Argentina. Relación solar para una vivienda. Radiación solar, valores disponibles en Argentina, interpretación.

UNIDAD 2: Estudios de Asoleamiento y Sombras. Orientaciones. Trayectorias. Carta solar. Distintos tipos. Ejercicio de para determinar sombreado en colectores entre si y por elementos externos al aprovechamiento. Aplicación en construcciones urbanas y rurales. Intensidad solar resultante por orientación y hora del día del año, incluyendo obstrucciones. Ejercicios

UNIDAD 3: Transferencia de calor, Elementos de Colectores Solares. Formas. Ganancia solar, superficies selectivas: por rugosidad, por pinturas, etc. Superficies reflejantes: planas, curvas, materiales utilizados. Acumulación de energía: materiales sólidos, líquidos. Acumulación con cambio de fase.

UNIDAD 4: Variables Económicas en el Aprovechamiento. Costos de inversión, costos operativos, costos totales, costos de mantenimiento, costo de oportunidad. Amortización, valor residual, vida útil, recambio. Ejemplos. Ingresos, ganancia bruta y neta. Flujo. Tasa de descuento. Evaluación económica del sistema: VAN, TIR. Análisis de Sensibilidad.

UNIDAD 5: Calentamiento de Agua con Energía Solar. Análisis del problema. Temperaturas necesarias. Abordaje actual. Sistemas para el calentamiento de agua con energía solar: sistemas pasivos y activos. Pozas convectivas. Elementos del sistema de calentamiento de agua: colector, tanque, instalaciones complementarias (bombas, válvulas, sistema de

distribución, etc.). Análisis técnico-económico de su aplicación. Ejercicios: cálculo de una instalación de calentamiento de agua con un sistema de colectores planos y con un sistema de pozas convectivas. Evaluación VAN, TIR

**UNIDAD 6:** Sistemas de Cocción Solar de Alimentos. Temperaturas de cocción en diferentes procesos. Artefactos utilizados. Cocinas y hornos solares. Ventajas y desventajas de cada uno. Concentradores. Ventajas y desventajas de la concentración. Construcción del sistema. Evaluación técnico-económica de los distintos sistemas.

**UNIDAD 7:** Calentamiento de Aire con Energía Solar. Generalidades y fundamentos de su utilización. Colectores solares, materiales, costos. Calefacción, Invernaderos. Secado. Dimensionamiento del sistema. Variables técnicas-económicas.

**UNIDAD 8:** Estrategias en Construcciones. Generalidades del problema de calefacción y enfriamiento. Confort térmico y productividad. Sistemas solares pasivos: ganancia directa, muros acumuladores, invernaderos de calefacción en viviendas. Dimensionamiento del sistema. Viabilidad. Ejercicios en planilla de cálculos. Sistemas de enfriamiento pasivo: sistema convectivo-nocturno, sistema subterráneo. Dimensionamiento. Evaluaciones Económicas. Visita a instalaciones con sistemas solares.

**UNIDAD 9:** Sistemas fotovoltaicos. Convertidores fotovoltaicos, características y modelos. Acumuladores de energía eléctrica, características, variables. Dimensionamiento. Tecnología de las instalaciones. Proyecto de instalación. Evaluación Económica.

## CONCLUSIONES

A partir de una relación vinculante entre la investigación y la formación de grado, parte de los conocimientos que han aportado los proyectos de investigación en el Laboratorio de Ambiente Humano y Vivienda, LAHV-INCIHUSA, en los temas de ingeniería solar, han podido ser transferidos a los estudiantes. Desde la capacitación a través de la participación en los talleres se adquiere la formación de capacidades y habilidades en el diseño y modificación de ese diseño y se ponen en acción esas capacidades y habilidades para abordar las temáticas y la noción de una sustentabilidad aplicada. La estrategia de enseñanza está centrada en la transferencia de conocimientos por medio de la actividad experimental en cada tema. Los conocimientos adquiridos, las capacidades y habilidades desarrolladas por los alumnos, son puestas en consideración a través de evaluaciones periódicas, parciales y un examen final. De esta manera, por medio de este especial programa compartido entre el Departamento de Economía FCA-UNCuyo y la transferencia de conocimientos desde la Investigación que se desarrollan en el LAHV-INCIHUSA-CONICET en el 2005 se desarrolló por primera vez esta asignatura y continuará su dictado en el 2006.

## REFERENCIAS

- California Department of Education. 1998. Environmental Education. Compendium for Energy Resources. California Energy Comisión.
- Gelder J. 1998. "Using School Buildings to teach environmentally sustainable design". Rev. Environment Sustainable Guide. N 23, pp 1-4. Royal Australian Institute of Architects.
- Gronbeck, C. Electronic communication technologies for renewable energy education. Centre for Renewable Energy and Sustainable Technology. Seattle.
- Scandurra E. (1995). "Los nuevos términos de la cuestión ambiental: el informe Brundtland y el desarrollo sustentable". Desarrollo sustentable y recursos naturales. Cap. 10. *Ed. Fac. Ing. Universidad Central de Venezuela*. Caracas.

## BIBLIOGRAFÍA UTILIZADA

- Rodriguez M.O. 2003. Energías Renovables. Ed. Thomson Paraninfo. Australia
- Duffie y Beckman 1992. "Solar Engineering of Thermal Processes". J. Wiley.
- Incropera. 1991. "Fundamentals of Heat Transfer". J. Wiley.
- Kreith y Kreith. 1981. "Solar Energy Handbook". Mc. Graw Hill.
- Schepens G., Mahy D. Editores. "Solar Energy in Agriculture and Industry". D. Reidel Publishing Company. 1986.
- ATECYR. "Aplicaciones de la Energía Solar a Baja Temperatura". Ed. INDEX. Barcelona.
- Corvalan R., Horn M, Román R., Saravia L. 1990. "Ingeniería del Secado Solar". CYTED. Subprograma VI: Nuevas Fuentes y Conservación de Energía.
- Quadri Néstor Pedro "Instalaciones de Aire Acondicionado y Calefacción". Ed. Alsina. 3° Ed. 1993.
- Stein B. Y Reynolds J.S. "Mechanical and Electrical Equipment for Buildings". Ed. Wiley. 1992.
- Calloni Juan C. "Instalaciones Eléctricas - Operación y Mantenimiento". Ed Alsina. 1997.
- Oliveros Alfredo. "Tecnología Energética y Desarrollo". Ed CONCYTED. 1990.
- Bartoletti Mario. "Guía Práctica del Aislamiento Térmico". Ed. Everest. 1988.
- Quintero González J., Lamas J., Sandoval J. "Sistemas de control para viviendas y edificios". Ed. Paraninfo. 1999.
- Palz W. "Electricidad Solar". Ed Blume. 1977.
- Bernard R., y ot. M. "LA RADIACION SOLAR. Conversión Térmica y Aplicaciones". Edit. Lavoisier, Francia. 1982.
- Gallo C., Sala M., Sayigh A.M. "ARCHITECTURE. Comfort and Energy". Ed Pergamon, Amsterdam . 1998.
- Revista Solar Energy
- Revista Avances de Energías Renovables y Medio Ambiente.