



PROGRAMA ANALÍTICO

FACULTAD: INGENIERÍA

DEPARTAMENTO: QUÍMICA

CARRERA: INGENIERÍA QUÍMICA

PLAN DE ESTUDIO: 1994

MODALIDAD DE CURSADO: PRESENCIAL

ORIENTACIÓN: No posee

ASIGNATURA: ENERGÍA SOLAR

CÓDIGO: 9153

DOCENTE RESPONSABLE:

NOMBRE	GRADO ACAD. MAX	CARGO	DEDICACIÓN
Juan Martin Lucchini	Ingeniero Químico	Profesor Adjunto	Semi-Exclusiva

EQUIPO DOCENTE:

NOMBRE	GRADO ACAD. MAX	CARGO	DEDICACIÓN
Juan Martin Lucchini	Ingeniero Químico	Profesor Adjunto	Semi-Exclusiva
Jorge Adaro	Magister en Técnicas Renovables en la Ingeniería, Arquitectura y Agricultura	Profesor Asociado	Exclusiva
Jorge Daghero	Magister en Ingeniería Química	Profesor Adjunto	Exclusiva
Pablo Galimberti	Magister en Energías Renovables	Profesor Adjunto	Exclusiva
Javier Garnica	Ingeniero Mecánico	Jefe de Trabajos Prácticos	Exclusiva
Jorge Morsetto	Ingeniero Químico	Jefe de Trabajos Prácticos	Exclusiva
Fabián Romero	Magister en Energías Renovables, Arquitectura y Urbanismo	Jefe de Trabajos Prácticos	Exclusiva
Rodolfo Stoll	Magister en Ciencias de la Ingeniería	Jefe de Trabajos Prácticos	Exclusiva
Javier Zizzias	Magister en Ciencias de la Ingeniería	Jefe de Trabajos Prácticos	Exclusiva

AÑO ACADÉMICO: 2022

CARÁCTER DE LA ASIGNATURA: Optativa

RÉGIMEN DE LA ASIGNATURA: Cuatrimestral

UBICACIÓN EN EL PLAN DE ESTUDIO: 1ER. CUATRIMESTRE DE 5TO. AÑO

RÉGIMEN DE CORRELATIVIDADES:

<i>Aprobada</i>	<i>Regular</i>
9129	-
9132	-
9130	-



ASIGNACIÓN DE HORAS:

Horas Totales		(90 h.)
Semanales		(6 h.)
Teóricas		(45 h.)
Prácticas	Resolución de problemas	(15 h.)
	Laboratorio	(... h.)
	Proyecto	(30 h.)
	Trabajo de campo	(... h.)
Teórico-Prácticas		(...h.)

FUNDAMENTACIÓN DE LOS OBJETIVOS, CONTENIDOS, PROPUESTA METODOLÓGICA Y EVALUACIÓN DEL PROGRAMA:

Energía Solar es una materia optativa de la carrera Ingeniería Química ubicada en el primer cuatrimestre del quinto año, que procura complementar la formación básica de los estudiantes. Dada la asignación horaria su característica es de una asignatura de carácter teórica práctica, intentando dar una formación conceptual sobre los principios que se aplican en las distintas utilidades de la energía solar.

Se aborda a partir de conceptos y conocimientos de las distintas materias como físicas y cálculos y a partir de los cuales se desarrollan los temas propios de la asignatura.

La asignatura da una formación conceptual de los principios que se aplican tanto para interpretar los datos de radiación como los necesarios para realizar cálculos de equipos como calentadores de agua, fotovoltaicos, destiladores, concentradores, etc.

En la formación dada se espera que el estudiante obtenga una visión comprometida con lo ambiental, uso racional de la energía y una inclinación al uso de las energías renovables.

OBJETIVOS PROPUESTOS:

OBJETIVOS GENERALES

Se espera que el alumno:

- a) Comprenda las consecuencias de la utilización de las energías de origen fósil sobre el ambiente y conozca distintos aspectos de la crisis energética global.
- b) Conozca los fundamentos de la radiación solar, su geometría, la influencia de la atmósfera, la medición de la radiación solar y los datos disponibles para cálculos ingenieriles.
- c) Integre los contenidos de la asignatura con conceptos y procedimientos básicos de otras asignaturas afines anteriores como Termodinámica, Mecánica de los Fluidos, Electricidad y Magnetismo.
- d) Comprenda el comportamiento de los distintos materiales utilizados en las aplicaciones de energía solar.



- e) Sea capaz interpretar conceptualmente los análisis térmicos y eléctricos que se producen en los distintos componentes solares que se vean en el curso.
- f) Adquiera habilidad en la aplicación de su conocimiento teórico en problemas reales, teniendo en cuenta aspectos económicos vinculados a la aplicación de las energías renovables.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Se pretende que el alumno sea capaz de:

- a) Aplicar los conceptos básicos de radiación y geometría solar, como así también los modelos teóricos de atenuación atmosférica para calcular la radiación solar incidente sobre superficies con distintas orientaciones y bajo diferentes condiciones climáticas.
- b) Manejar los conceptos de transferencia de calor y comportamiento de los materiales para su aplicación a problemas característicos de la ingeniería solar.
- c) Interpretar el funcionamiento térmico de los colectores solares de placa plana para estimar ganancias y pérdidas de energía del mismo, extrapolando la metodología de análisis a otros componentes solares.
- d) Analizar el funcionamiento de sistemas solares activos y pasivos que utilicen distintos tipos elementos de captación, almacenamiento y control de la energía térmica.
- e) Comprender el funcionamiento de los sistemas de calentamiento de agua, como así también realizar el dimensionamiento de los mismos.
- f) Entender los principios que se deben utilizar para realizar la climatización de edificios mediante energía solar, fundamentalmente mediante el uso de métodos pasivos e híbridos y conservación de la energía.
- g) Entender los principios básicos de otras aplicaciones de la energía solar como lo son: Invernaderos, Secadores, destiladores, Pozas solares, etc.
- h) Manejar los conceptos que importan a la conversión de energía solar en eléctrica, como así también realizar el dimensionamiento de fotovoltaicos sistemas básicos.

COMPETENCIAS:

- **Competencias genéricas:**

- 1- Desempeñarse de manera efectiva en equipos de trabajo.
- 2- Comunicarse con efectividad.
- 3- Aprender en forma continua y autónoma.

- **Competencias específicas:**

- 1-a Reconocer y respetar los puntos de vista y opiniones de otros miembros del equipo y llegar a acuerdos.
- 1-b Asumir responsabilidades y roles dentro del equipo de trabajo.
- 2-a Seleccionar las estrategias de comunicación en función de los objetivos y de los interlocutores y de acordar significados en el contexto de intercambio.
- 2-b Producir e interpretar textos técnicos (memorias, informes, etc.) y presentaciones públicas.
- 3-a Reconocer la necesidad de un aprendizaje continuo a lo largo de la vida.
- 3.b Lograr autonomía en el aprendizaje.



EJES TEMÁTICOS ESTRUCTURANTES DE LA ASIGNATURA Y ESPECIFICACIÓN DE CONTENIDOS:

UNIDAD 1: Introducción a la energía solar

- 1.1 La crisis ambiental y el problema energético.
- 1.2 El panorama energético global y nacional.
- 1.3 Las energías renovables y la energía solar.

UNIDAD 2: Radiación Solar

- 2.1 El sol, la constante solar, radiación extraterrestre y su variación.
- 2.2 Rayo solar sobre superficies horizontales e inclinadas, ángulos.
- 2.3 Instrumentos de medición: Piranómetros y Pirheliómetros.
- 2.4 Atenuación atmosférica. Estimación de la radiación solar media.
- 2.5 Datos de radiación solar disponibles sobre la superficie terrestre.
- 2.6 Estimación de la radiación solar. Valores medios horarios, diarios y mensuales.
- 2.7 Componentes directa, difusa y reflejada. Modelos de radiación solar. Radiación solar sobre superficies inclinadas.
- 2.8 Utilizabilidad de la radiación solar.

UNIDAD 3: El Colector Solar Plano, su análisis energético.

- 3.1 Descripción del colector solar de placa plana.
- 3.2 Transferencia de calor en dispositivos solares. Revisión de conceptos previos.
- 3.3 Ecuaciones básicas de balance energético del colector solar de placa plana.
- 3.4 Coeficiente global de pérdidas de calor del colector.
- 3.5 Factores de eficiencia, de remoción de calor y de flujo del colector.
- 3.6 Producto Transmitancia-Absortancia efectivo.
- 3.7 Efectos de ensuciamiento y sombreado. Efectos de capacidad térmica del colector.
- 3.8 Colectores de aire.
- 3.9 Medición de las performances de los colectores. Test de eficiencia. Modificador del ángulo de incidencia. Correcciones. Consideraciones prácticas.
- 3.10 Colectores solares concentradores. Otros tipos de colectores.

UNIDAD 4: Cálculo de Sistemas de Aprovechamiento Térmico Pasivos y Activos.

- 4.1 La necesidad de almacenamiento de energía en los sistemas solares.
- 4.2 Almacenamiento en agua. Proceso de estratificación en tanques.
- 4.3 Almacenamiento en lecho de piedras, en paredes y con sistemas de cambio de fase.
- 4.4 Cargas térmicas en los procesos solares. Calentamiento de agua. Climatización, método de los grados-día.
- 4.5 Sistemas activos y Pasivos. Aplicaciones prácticas. Concepto de fracción solar.
- 4.6 Análisis económico de los sistemas solares. Variables de diseño. Distintos métodos de análisis. Amortización, Inflación, Costo del ciclo de vida del sistema.



UNIDAD 5: Calentamiento de Agua.

- 5.1 Características de las demandas de agua caliente.
- 5.2 Distintos sistemas de calentamiento solar de agua.
- 5.3 Operación de los sistemas de provisión de agua caliente.
- 5.4 Dimensionamiento de los sistemas.
- 5.5 Predicción de la performance del sistema.
- 5.6 Calentamiento solar de agua de piscinas.

UNIDAD 6: Climatización de Edificios.

- 6.1 Definiciones de arquitectura bioclimática,
- 6.2 Sistematización de variables climáticas para la ciudad de río cuarto
- 6.3 Concepto de confort. Identificación de pautas constructivas de acuerdo con los métodos de Givoni y Mahoney
- 6.4 Descripción de algunas estrategias bioclimáticas: ventilación e inercia térmica.
- 6.5 Estudio del comportamiento térmico dinámico de distintos sistemas constructivos de pared. Descripción de casos simples de simulación.

UNIDAD 7: Tratamiento solar de aguas.

- 7.1 Destilación solar: Principio de funcionamiento de un destilador solar.
- 7.2 Clasificación. Cálculo de la producción de agua destilada. Aplicaciones.
- 7.3 Cálculo de una planta de destilación solar.
- 7.4 Reactores solares: Principio de funcionamiento. Clasificación.
- 7.5 Principales características de los componentes de un fotorreactor.
- 7.6 Principales usos. Planta de tratamiento de aguas contaminadas: Pautas a seguir para su dimensionamiento

UNIDAD 8: Sistemas Fotovoltaicos.

- 8.1 Conversión directa mediante células solares. Principios básicos. Comportamiento de las células solares.
- 8.2 El sistema fotovoltaico: generador, acumulador, regulador y carga.
- 8.3 Característica y tipo de paneles fotovoltaicos.
- 8.4 Interconexión de paneles.
- 8.5 Aplicaciones: sistemas fotovoltaicos autónomos, sistemas híbridos y sistemas conectados a red.
- 8.6 Dimensionado de sistemas fotovoltaicos. Estimación de la radiación solar a partir de los valores medios mensuales y Cálculo de los elementos de la instalación.
- 8.7 Estudio de viabilidad. Presentación de Proyecto. Ejecución y mantenimiento de las instalaciones fotovoltaicas.
- 8.8 Centrales fotovoltaicas: Descripción de su diseño y características de operación.



UNIDAD 9: Secado y cocinas solares.

- 9.1 Introducción a la teoría de secado solar. Propiedades de aire húmedo. Diagrama psicrométrico. Curvas y cinética de secado.
- 9.2 Clasificación de los sistemas de secado solar. Métodos clásicos y tipos de secaderos solares. Análisis de variables y materiales utilizados.
- 9.3 Principios generales de cocinas solares.
- 9.4 Tipos y clasificación de cocinas. Comparación, funcionamiento, ventajas y desventajas.
- 9.5 Pautas de fabricación. Cuidados y medidas de seguridad en fabricación y cocción de alimentos.

UNIDAD 10: Concentradores Solares

- 10.1 Introducción. Parámetros característicos. Clasificación.
- 10.2 Tipos de concentradores: Cilíndrico-parabólicos, de Fresnel lineal, de disco parabólico, de torre central.
- 10.3 Concentradores cilíndrico-parabólicos (CCP): Principios de operación. Componentes. Parámetros de rendimiento y pérdidas. Aplicaciones industriales.

FORMAS METODOLÓGICAS:

METODOLOGÍA DE ENSEÑANZA

Las clases serán teórico-prácticas. En las mismas se desarrollarán los principios fundamentales y se resolverán problemas de aplicación.

Desde la primera clase se trabajará fijando como punto inicial los objetivos, ya sean éstos de la asignatura, del capítulo en estudio, o de cada tema en particular, a fin de que el alumno tenga en claro en todo momento qué está haciendo, por qué y para qué.

Algunos temas cubiertos parcialmente en asignaturas anteriores serán repasados conceptualmente y ampliados si es necesario a fin de lograr una optimización del tiempo de alumnos y docentes y lograr una conexión adecuada entre las asignaturas.

Con el objeto de lograr el interés de los alumnos, se trabajará ejemplificando continuamente sobre casos prácticos reales, mostrando la aplicación de las herramientas ya conocidas de otras asignaturas y/o los conceptos básicos de la energía solar. Se profundizarán algunos aspectos tecnológicos de carácter general y algunos puntos más específicos de acuerdo a las posibilidades de avance del curso y la consecuente disponibilidad de tiempo.

En la resolución de problemas se promoverá la discusión de los mismos, desarrollando algunos de ellos en clase. Se requerirá la resolución de algunos problemas numéricos mediante la programación y uso de computadora.

Como se indicó las clases serán teórico-prácticas de manera presencial dos días a la semana y además de las clásicas clases de tiza y pizarrón se incorpora contenidos multimedia como PowerPoint, o pasar videos (en especial lo que refuercen los contenidos conceptuales de los temas).



Por otro lado, todo el material de clase estará disponible en las aulas virtuales de Ingeniería como así también en el SIAL.

Cabe recordar que el material como la clase están preparados para poder darse en forma virtual a través de plataformas como las del aula virtual de ingeniería, JITSY o MEET Google, respetando los horarios de clase teórica-práctica, si hubiera la necesidad de volver a este sistema por cuestiones de protocolo.

También se realizarán visitas a instalaciones del GES (Grupo de Energía Solar), en donde los alumnos recibían una descripción de todos los equipos, actividades e instrumentos.

PROGRAMAS Y/O PROYECTOS PEDAGÓGICOS E INCLUSIVOS:

Dentro de las condiciones de dictado, se da todo el apoyo posible a los alumnos, como material en video generado por la cátedra explicando temas teóricos o prácticos y buscados en internet a fin de reforzar los conceptos vertidos, en forma de simulaciones o explicaciones de funcionamiento (por ejemplo, funcionamiento de equipos solares). Clases de consulta tanto en el cursado como así también en la elaboración del Proyecto de Final de Curso para aprobar la materia, en el cual se prevé que el docente responsable sobre el tema elegido por el alumno lo guíe para su correcta realización.

CRONOGRAMA TENTATIVO DE CLASES Y PARCIALES Y NÓMINA DE TRABAJOS PRÁCTICOS:

No existen parciales en la materia, ya que para regularizarla deben presentar un trabajo de cada capítulo.

Semana	Temas
1 (21/03)	Teórico Practico (Capítulo 1) - Introducción a la energía solar.
2 (28/03)	Teórico Practico (Capítulo 2) - Radiación Solar.
3 (04/04)	Teórico Practico (Capítulo 2) - Radiación Solar. Teórico Practico (Capítulo 3) – Climatización de Edificios.
4 (11/04)	Teórico Practico (Capítulo 3) – Climatización de Edificios
5 (18/04)	Teórico Practico (Capítulo 4) - El Colector Solar Plano, su análisis energético.
6 (25/04)	Teórico Practico (Capítulo 5) - Cálculo de Sistemas de Aprovechamiento Térmico Pasivos y Activos.
7 (02/05)	Teórico Practico (Capítulo 6) - Calentamiento de agua.
8 (09/05)	Teórico Practico (Capítulo 5) - Cocina solar



9 (16/05)	Teórico Practico (Capítulo 6) – Secadero Solar.
10 (23/05)	Teórico Practico (Capítulo 7) - Sistemas Fotovoltaicos.
11 (30/05)	Teórico Practico (Capítulo 7) - Sistemas Fotovoltaicos.
12 (06/06)	Teórico Practico (Capítulo 7) - Sistemas Fotovoltaicos.
13 (13/06)	Teórico Practico (Capítulo 8) - Tratamiento solar de aguas.
14 (20/06)	Teórico Practico (Capítulo 9) -Concentradores Solares.

BIBLIOGRAFÍA OBLIGATORIA Y DE CONSULTA ESPECIFICANDO EL EJE TEMÁTICO DE LA ASIGNATURA:

Título	Autor/s	Editorial	Año de Edición	Ejemplares Disponibles
Solar Engineering of Thermal Processes, Photovoltaics and Wind. Fifth Edition	<i>Duffie, J. A. y Beckman, W. A. with Nathan Blair</i>	John Wiley & Sons, Inc.	2020	1
Energía Solar Térmica	<i>Sánchez Masa, M A</i>	Nueva Librería	2017	1
Aplicaciones de la Energía Solar,	Meinel, A. Meinel, M.	Reverté	1982	1
Energía Solar Térmica	Rufes Martinez, Pedro	Marcombo	2009	
Fundamentos, dimensionado y aplicaciones de la energía solar fotovoltaica	Ciemat -Ministerio de educación y ciencia España	Ciemat - Madrid	2007	1
Conversión Térmica de la Radiación Solar	Chassériaux, J. M	Mosaico,	1990	1
Solar Design, Components, Systems, Economics,	Kreider, J. F., Hoogendoorn, C. J. y Kreith, F., ,	Hemisphere Publishing Corporation,	1989	
Energía Solar, Selección del Equipo, Instalación y Aprovechamiento	Montgomery, R. N.	Limusa	1994	1
La Radiación Solar, Conversión Térmica y Aplicaciones,	Bernard, R., Menguy, G. y Schwartz, M.,	Lavoisier	1982	



Passive Solar Energy	Anderson, B. y Wells, M.	Brick House Publishing Company	1994	1
Solar Electricity,	Markvart, T.	Wiley & Sons	1994	1
The Solar Electric House: A Design Manual for Home-Scale Photovoltaic Power Systems,	Strong, S. J. y Scheller, W. G.	Sustainability Press	1991	1
Solar Energy: Fundamentals, Design, Modelling and Applications	G.N. Tiwari	Alpha Science International Ltd.	2008	2
Solar Energy Engineering	S. Kalogirou	Elsevier	2009	1
Concentrating Solar Thermal Power. In Handbook of Energy Efficiency and Renewable Energy	M. Romero-Alvarez, E. Zarza	CRC Press	2007	-

HORARIO DE CLASES:

DÍA	HORARIO
Jueves	16 a 18h
Viernes	08 a 10h

HORARIO Y LUGAR DE CONSULTAS:

DÍA	HORARIO		LUGAR
Martes	16:30 a 18:30 h	Adaro, J	Cubículo N°:13
Miércoles	10 a 12 h	Daghero, J	Cubículo N° 3
Miércoles	10 a 12 h	Galimberti, P	Laboratorio Energía Solar
Viernes	14 a 16 h	Garnica, J	Laboratorio de Física
Lunes	13 a 15 h	Morsetto, J	Cubículo N°:3
Lunes	8 a 14 h	Lucchini, J M	Laboratorio de Física
Jueves	14:30 a 14:30 h	Stoll, R	Laboratorio Energía Solar
Jueves	9 a 11 h	Zizzias, J	Cubículo N° 4

REQUISITOS PARA OBTENER LA REGULARIDAD Y LA PROMOCIÓN:

Régimen de promoción Para obtener la promoción de la materia el alumno deberá realizar un trabajo por cada tema de la materia. Dicho trabajo será presentado al profesor correspondiente en tiempo y



forma, una vez presentado y aprobados todos los trabajos con nota no inferior a siete (7), el alumno quedará en condición de promoción en la materia, lo cual para aprobar la materia deberá presentarse a un coloquio apenas finalizado el dictado y presentar un pre proyecto el cual deberá defender en forma oral.

Alumnos regulares: Para obtener la regularidad de la materia el alumno deberá realizar un trabajo por cada tema de la materia y será presentado al profesor correspondiente en tiempo y forma, una vez presentado y aprobados todos los trabajos con nota no inferior a cinco (5), el alumno quedará en condición regular en la materia.

Régimen de aprobación para estudiantes regulares: A la finalización del curso, y en función de los temas vistos, los alumnos deberán presentar un proyecto de final de curso, el cual se podrán realizar en forma grupal (grupos de no más de tres alumnos). El tema elegido de dicho proyecto será elegido dentro de los temas dados en el curso. El proyecto se reflejará en un informe, el cual básicamente incluirá:

a) Memoria Descriptiva:

Ésta deberá ser de una o dos páginas de extensión, conteniendo puntos esenciales del trabajo realizado: de que se partió, qué se supuso, cuáles fueron los objetivos, que metodología básica de trabajo se utilizó y a qué conclusiones se arribó (y algunas otras cuestiones que también se consideren de importancia).

Debe pensarse que dicha memoria descriptiva está dirigida a un gerente empresario que no está familiarizado con los detalles de los procesos solares pero que es un profesional con experiencia en distintos campos de la ingeniería.

b) Reporte Técnico:

Esté deberá constar de los siguientes ítems: el planteamiento del proyecto (datos iniciales), los fundamentos en los cuales se basaron los cálculos, las suposiciones realizadas, las tablas, gráficos y bases de datos utilizados (lo que corresponda), esquemas o planos, análisis económico del proyecto (a grandes rasgos) y un análisis de los resultados. Sería conveniente que se enumeraran también las dificultades encontradas, problemas tecnológicos, propuestas alternativas (si las hubiera), etc. Este reporte debe estar orientado a un supuesto supervisor técnico de su trabajo que es un ingeniero familiarizado con la tecnología solar.

La nota obtenida en los trabajos parciales se integrará a los resultados de la evaluación del proyecto para conformar la nota final de la asignatura.

La modalidad de rendir el examen final (virtual o presencial) queda supeditado a la disposición de la facultad de ingeniería y sus respectivos protocolos.

Alumnos libres: se realizará según el programa vigente de la asignatura consistiendo de una evaluación escrita que se aprobará obteniendo una nota de por lo menos cinco (5) puntos (correspondiendo al 50% de los temas evaluados). Aprobado el examen escrito se accede al examen oral que se aprobará con cinco (5) (correspondiendo al 50% de los temas evaluados) o más puntos. La nota del examen final será el promedio de las dos evaluaciones antes mencionadas.



Universidad Nacional de Río Cuarto

Facultad de Ingeniería



"LAS MALVINAS SON ARGENTINAS"

La modalidad de rendir el examen final (virtual o presencial) queda supeditado a la disposición de la facultad de ingeniería y sus respectivos protocolos.

CARACTERÍSTICAS, MODALIDAD Y CRITERIOS DE LAS INSTANCIAS EVALUATIVAS, INCLUYENDO EXÁMEN FINAL, ESTABLECIENDO TIEMPOS DE CORRECCIÓN DE LAS MISMAS Y LA DEVOLUCIÓN A LOS ESTUDIANTES:

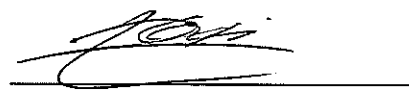
EXÁMENES PARCIALES				
INSTANCIA EVALUATIVA	CARACTERÍSTICAS	MODALIDAD	TIEMPO DE CORRECCIÓN	TIEMPO DE DEVOLUCIÓN A LOS ESTUDIANTES
Proyecto de Final de Curso	Proyecto que tiene memoria descriptiva y reporte técnico	Mixto	4 días	7 días

EXÁMENES FINALES	
CARACTERÍSTICAS	MODALIDAD
Regular	Oral
Libre	Escrito y Oral

La modalidad de rendir el examen final (virtual o presencial) queda supeditado a la disposición de la facultad de ingeniería y sus respectivos protocolos.



Firma Docente Responsable



Firma Secretario Académico