



Resolución de Consejo Directivo **404 / 2026 - EXA -UNSa**

EXP-169/2026-EXA-UNSa: Autorizar el dictado del Curso de Posgrado "Tópicos avanzados de medición y evaluación de radiación solar", bajo la dirección del Dr. Germán Ariel SALAZAR

De: **EXACTAS-Dirección de Posgrado**



Salta,
30/06/2026

VISTO la presentación efectuada por el Dr. Germán Ariel SALAZAR, por la cual propone el dictado del Curso de Posgrado "*Tópicos avanzados de medición y evaluación de radiación solar*", en el marco del dictado de la Maestría en Energías Renovables – Plan 2021, y

CONSIDERANDO:

Que la Comisión de Docencia e Investigación, teniendo en cuenta el visto bueno del Comité Académico de Especialización y Maestría en Energías Renovables y de la Comisión de Posgrado, desde el punto de vista académico, aconseja autorizar el dictado del curso propuesto por el Dr. Germán Ariel SALAZAR.

Que el arancel para el curso fue establecido por la RESCD-271/2026-EXA-UNSa.

Que el curso en cuestión se encuadra en la Res. Res. R-0640/2021 y CS-155/2021 (Reglamento de Cursos de Posgrado Presenciales o a Distancia de la Universidad), en la RESCD-EXA N° 481/2012 (Normativa para el dictado de Cursos de Posgrado de la Facultad) y en la RESCD-EXA N° 017/2016.

Por ello y en uso de las atribuciones que le son propias.

EL CONSEJO DIRECTIVO DE LA FACULTAD DE CIENCIAS EXACTAS
(en su 8° Sesión Ordinaria del 20/05/2026)
RESUELVE

ARTÍCULO 1º: Autorizar el dictado del Curso de Posgrado "*Tópicos avanzados de medición y evaluación de radiación solar*", bajo la dirección del Dr. Germán Ariel SALAZAR, con las características y requisitos que se explicita en el Anexo de la presente resolución.

ARTÍCULO 2º: Disponer que, una vez finalizado el dictado del curso, el director responsable elevará el listado de los participantes promovidos para la confección de los certificados respectivos, los que serán emitidos por esta Unidad Académica de acuerdo a lo establecido en la reglamentación vigente.

ARTÍCULO 3º: Dejar aclarado que la presente resolución no acredita la concreción del curso; para ello el director responsable del mismo deberá elevar el informe final de realización correspondiente, con los detalles que el caso amerite, dentro de los 8 (ocho) meses desde la finalización del dictado. En caso de que el curso no se pudiera dictar, el docente responsable deberá informar tal situación, dentro de los 30 (treinta) días de la fecha prevista para su inicio.


ARTÍCULO 4º: Hágase saber al Dr. Germán Ariel SALAZAR, a los docentes colaboradores mencionados en el anexo de la presente resolución, al Comité Académico de Especialización y Maestría en Energías Renovables, al Departamento de Física, a la Comisión de Posgrado, a la Dirección General Administrativa Económica (Cr. Héctor FLORES), a la Dirección Administrativa Económica y Financiera (Sr. Oscar R. LESCANO) y a la Dirección Administrativa de Posgrado. Cumplido, resérvese.

mxs/aa




LIC. MARCELA F. LÓPEZ
SECRETARÍA ACADÉMICA Y DE INVESTIGACIÓN
FACULTAD DE CS. EXACTAS - UNSa




Dr. JOSÉ RAMÓN MOLINA
DECANO
FACULTAD DE CS. EXACTAS - UNSa



Resolución de Consejo Directivo **404 / 2026 - EXA -UNSa**

EXP-169/2026-EXA-UNSa: Autorizar el dictado del Curso de Posgrado "Tópicos avanzados de medición y evaluación de radiación solar", bajo la dirección del Dr. Germán Ariel SALAZAR

De: **EXACTAS-Dirección de Posgrado**



Salta,
30/06/2026

ANEXO

Curso de Posgrado: "Tópicos avanzados de medición y evaluación de radiación solar"

Director Responsable: Dr. Germán Ariel SALAZAR (UNSa.)

Docentes colaboradores: Lic. Rubén Darío LEDESMA y Lic. Luis Nicolás RIVERA LERA

Objetivos: Introducir a los participantes en el estudio, medición y modelado del recurso de radiación solar, brindándoles las herramientas teóricas y computacionales para caracterizar el recurso solar a partir de datos medidos, bases de datos satelitales y modelos, con aplicaciones en energía solar, meteorología y cambio climático.

Se espera que el estudiante desarrolle las siguientes competencias.

- Comprensión de la física de la radiación solar y de su interacción con la atmósfera.
- Dominio de la geometría solar y su aplicación a superficies inclinadas.
- Manejo de instrumentación para la medición de irradiancia y de protocolos de calidad de datos.
- Aplicación de modelos de cielo claro, espectrales y numéricos.
- Uso de bases de datos satelitales y de reanálisis para la caracterización del recurso solar.
- Evaluación estadística de modelos de radiación solar.

Contenidos mínimos: Introducción a la radiación solar. Componentes. Geometría solar avanzada. Correlación con variables meteorológicas. Caracterización de nubes. Día claro. Análisis de base temporal. Influencia de la orografía y clima. Transmitancia atmosférica. Sensores. Dataloggers. Estaciones. Protocolos. Calibraciones. Detección de errores. Filtrados. Modelos: cielo claro, espectrales, analíticos, físicos, numéricos. Bases de datos satelitales. Correlaciones. Reanálisis.

Modalidad de dictado: Presencial de tipo híbrida sincrónica.

Duración total del curso: 40 horas (8 horas/día, de lunes a viernes).

Requisitos: Conocimientos de física y de análisis matemático. Se recomienda manejo básico de Python.

Cupo: 15 participantes.

Dirigido a: Alumnos de la Especialización y de la Maestría en Energías Renovables (UNSa), alumnos del Doctorado en Ciencias área Energías Renovables y profesionales con titulación en física, ingenierías, meteorología o disciplinas afines.

Metodología: El curso se desarrollará mediante clases teórico-prácticas presenciales (modalidad híbrida sincrónica) a cargo de los docentes, combinadas con actividades prácticas individuales y grupales. Se introducirá a los alumnos en el análisis de datos de radiación solar mediante el lenguaje Python y las bibliotecas pvlib, pandas, scipy y matplotlib, todas de acceso libre. Se utilizará también la API de Copernicus (CDS) para descarga de datos ERA5 y CAMS.





Resolución de Consejo Directivo **404 / 2026 - EXA -UNSa**

EXP-169/2026-EXA-UNSa: Autorizar el dictado del Curso de Posgrado "Tópicos avanzados de medición y evaluación de radiación solar", bajo la dirección del Dr. Germán Ariel SALAZAR

De: EXACTAS-Dirección de Posgrado



Salta,
30/06/2026

Los alumnos realizarán un trabajo final integrador sobre un caso de estudio, en el que aplicarán los conceptos teóricos y computacionales adquiridos durante el curso. El trabajo se presentará oralmente el último día del curso.

Sistema de evaluación

Para aprobar el curso se deberán cumplir los siguientes requisitos:

- Asistencia al 80% de las actividades teórico-prácticas.
- Obtener una calificación de 6 o más puntos en el trabajo final integrador.

Fecha de dictado: 2, 3, 6, 7 y 8 de julio de 2026.

Lugar de realización: Facultad de Ciencias Exactas, U.N.Sa.

Arancel de acuerdo a lo establecido por la RESCD-271/2026-EXA-UNSa.:

- \$120.000 (Pesos Ciento Veinte Mil) para docentes de la U.N.Sa. y becarios de instituciones públicas.
- \$200.000 (Pesos Doscientos Mil) para otros profesionales.

Inscripciones: A través de Formulario Google <https://forms.gle/iyfkGWXLPxpfk9sn8>

Programa

Unidad 1: Fundamentos de la Radiación Solar

Introducción a la radiación solar. Espectro electromagnético y constante solar. Terminología y unidades: irradiancia, irradiación, GHI, DNI, DHI, PAR. Componentes de la radiación solar: directa, difusa, reflejada. Albedo. Balance de radiación. Geometría solar avanzada: declinación, ángulo horario, altitud y azimut solar. Ecuación del tiempo. Coordenadas solares reales vs. aparentes. Superficies inclinadas: ángulo de incidencia, factores de conversión. Correlaciones con variables meteorológicas. Índice de claridad k_t ; modelos de Erbs y Orgill-Hollands.

Unidad 2: Atmósfera y Caracterización del Recurso Solar

Transmitancia atmosférica. Dispersión de Rayleigh y Mie. Absorción por ozono, vapor de agua y aerosoles. Índice de profundidad óptica de aerosoles (AOD) y redes AERONET. Caracterización de nubes: clasificación y propiedades ópticas, índice de cobertura nubosa, imágenes satelitales. Concepto de día claro: definición y criterios de selección; modelos de Ineichen, McClear y REST2. Análisis de base temporal: promedios horarios, diarios, mensuales, anuales; variabilidad interanual. Influencia de la orografía y el clima: efectos topográficos y regionales.

Unidad 3: Instrumentación y Calidad de Datos

Sensores: piranómetros, pirheliómetros y pirogeómetros (según la clasificación ISO 9060). Dataloggers y estaciones: criterios de instalación y siting (WMO-8), adquisición de datos y resolución temporal. Protocolos y calibraciones: trazabilidad metrológica, calibración contra referencia solar absoluta, incertidumbre de medición. Detección de errores y filtrado: límites físicos del BSRN, comparación de componentes, flags y criterios de Journée. Relleno de datos faltantes.

Unidad 4: Modelos de Radiación Solar

Modelos simplificados de cielo claro: Hottel, Bird, ESRA. Modelos espectrales y de banda: SMARTS2, SPECTRAL2, libRadtran. Modelos analíticos y físicos de fracción difusa.





Resolución de Consejo Directivo **404 / 2026 - EXA -UNSa**

EXP-169/2026-EXA-UNSa: Autorizar el dictado del Curso de Posgrado "Tópicos avanzados de medición y evaluación de radiación solar", bajo la dirección del Dr. Germán Ariel SALAZAR

De: **EXACTAS-Dirección de Posgrado**



Salta,
30/06/2026

Transferencia radiativa: discrete ordinates. Modelos numéricos (NWP): ECMWF, GFS y WRF para la radiación solar. Posproceso estadístico y corrección de sesgo.

Unidad 5: Bases de Datos Satelitales y Reanálisis

Bases de datos satelitales: SARA-3 (CM SAF), CAMS Radiation Service, Copernicus, GOES-16 para Sudamérica. Reanálisis: ERA5 y MERRA-2, uso y limitaciones, sesgo respecto a mediciones de superficie. Correlaciones regionales y ajuste estadístico: regresión kt-kd, modelos de correlación local, validación cruzada. Validación de modelos: MBE, RMSE, r^2 .

Bibliografía:

- Iqbal, M. (1983). An Introduction to Solar Radiation. Academic Press, New York.
- Duffie, J. A. & Beckman, W. A. (2013). Solar Engineering of Thermal Processes (4^a ed.). Wiley. ISBN: 978-0-470-87366-3.
- Sengupta, M. et al. (2021). Best Practices Handbook for the Collection and Use of Solar Resource Data for Solar Energy Applications (3^a ed.). NREL/TP-5D00-77635.
- Pvlip Python documentation. <https://pvlip-python.readthedocs.io>
- BSRN — Baseline Surface Radiation Network. WMO/WCRP. <https://bsrn.awi.de>
- CAMS Radiation Service — Copernicus Atmosphere Monitoring Service. <https://atmosphere.copernicus.eu>
- ERA5 — ECMWF Reanalysis v5. <https://cds.climate.copernicus.eu>




LIC. MARCELA F. LÓPEZ
SECRETARÍA ACADÉMICA Y DE INVESTIGACIÓN
FACULTAD DE CS. EXACTAS - UNSa




Dr. JOSÉ RAMÓN MOLINA
DECANO
FACULTAD DE CS. EXACTAS - UNSa