



1972 - 2012

40 Años

FACULTAD DE CIENCIAS EXACTAS

Av. Bolívar 5150 - 4400 - Salta
Tel. 54 387 425-5408 - Fax 54 387 425-5546
República Argentina

SALTA, 30 de abril de 2013

EXP-EXA: 8765/2012

RESCD-EXA: 212//2013

VISTO:

La propuesta presentada por el Dr. Germán Ariel Salazar para dictar el Curso de Posgrado "Análisis y evaluación de la Radiación Solar" bajo la dirección del Dr. Hugo Osvaldo José Grossi Gallegos.

CONSIDERANDO:

Que se cuenta con despachos favorables del Departamento de Física (fs. 62), de la Comisión de Posgrado (fs. 63), Comisión de Hacienda (fs. 63) y de la Comisión de Docencia e Investigación (fs. 64).

POR ELLO y en uso de las atribuciones que le son propias.

EL CONSEJO DIRECTIVO DE LA FACULTAD DE CIENCIAS EXACTAS
(en su sesión ordinaria del día 24/04/13)

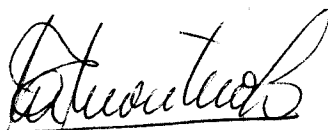
R E S U E L V E:

ARTICULO 1º: Autorizar, en el marco de la Res. CS-640/08, el dictado del Curso de Posgrado "Análisis y evaluación de la Radiación Solar" bajo la dirección del Dr. Hugo Osvaldo José Grossi Gallegos, con las características y requisitos que se explicitan en el Anexo I de la presente.


ARTICULO 2º: Disponer que una vez finalizado el 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 (Res- CS-640/08).

ARTICULO 3º: Hágase saber con copia al Dr. Hugo Osvaldo José Grossi Gallegos, al Mag. Carlos Federico Raichijk, al Dr. Germán Ariel Salazar, a la Comisión de Posgrado, a los Departamentos Docentes, a la Dirección General de Administrativa Económica, al Departamento Adm. de Posgrado y publíquese en la pag. web de la Facultad. Cumplido, RESÉRVESE.

mxs


Mag. MARIA TERESA MONTERO LARocca
SECRETARIA ACADEMICA Y DE INVESTIGACION
FACULTAD DE CS. EXACTAS - UNSa




Ing. CARLOS EUGENIO PUGA
DECAÑO
FACULTAD DE CS. EXACTAS - UNSa



1972 - 2012

40 Años

FACULTAD DE CIENCIAS EXACTAS

Av. Bolivia 5150 - 4410 - Salta
Tel. 54 387 425-3408 - Fax 54 387 425-5546
República Argentina

ANEXO I de la RESCD-EXA: 212/2013 - EXP-EXA: 8765/2012

Curso de Posgrado: “Análisis y evaluación de la Radiación Solar”

Director del curso: Dr. Hugo Osvaldo José Grossi Gallegos (UNLu- GERSolar)

Docentes del curso: Mag. Carlos Federico Raichijk (UNLu- GERSolar)

Dr. Germán Ariel Salazar (UNSa – INENCO)

Fines y Objetivos : Teniendo en cuenta la importante creciente del aprovechamiento del recurso solar, este curso pretende afianzar el conocimiento de la radiación originada en el Sol y su evaluación a nivel de la superficie de la Tierra, incluyendo la información más actualizada en la temática. Para ello, se presentarán las características generales de ella y la instrumentación utilizada para medir las diferentes componentes de la radiación solar, incluyendo una revisión histórica, su clasificación actual, recomendaciones de uso e incertezas involucradas.

El curso también contiene las alternativas disponibles para permitir la evaluación a través de modelos de diferentes tipos, niveles de complejidad y antigüedad. Se contempla la resolución de ejercicios y la obtención experimental de valores de radiación (sujeto a las condiciones del tiempo; si no fuera posible, se utilizarán los registros disponibles). Discusión de los datos disponibles y de los proyectos existentes en Argentina.

Conocimientos previos: Se requieren los conocimientos previos dados en una carrera de grado de Ingeniería o Licenciatura en Física/Energías Renovables. Manejo de Hoja de Calculo (EXCEL o CALC)

Dirigido a: Profesionales de áreas de física e ingeniería, doctorandos y/o maestrandos del Doctorado en Ciencias Área Energías Renovables y/o de la Maestría/Especialización en Energías Renovables, aceptándose alumnos avanzados (último año) de las respectivas carreras de grado (Ingenierías, Lic. en Física, Lic. en Energías Renovables).

Carga horaria: 35 horas reloj.

Fecha de dictado: del 01 al 07 de julio de 2013

Cupo: máximo de 30 personas.

Arancel: sin arancel para estudiantes de la U.N.Sa.

\$ 150 para alumnos de otras Universidades.

\$ 250 para docentes/investigadores de la U.N.Sa

\$ 300 para profesionales que no sean de la U.N.Sa..

El dinero del arancel se utilizara para:

- 1) material de estudio del curso (fotocopias, CD-ROM, etc.) a entregarse a cada alumno.
- 2) materiales a usar en las prácticas de medición (multímetros, mesas, soportes, etc.)

///...



1972 - 2012

40 Años

FACULTAD DE CIENCIAS EXACTAS

Av. Bolivia 5150 - 4400 - Salta
Tel. 54 387 425-5408 - Fax 54 387 425-5546
República Argentina

.../// - 2 -

ANEXO I de la RESCD-EXA: 212/2013 - EXP-EXA: 8765/2012

Evaluación: Examen Final (resolución de problemas) posterior y Presentación de Trabajos Final de Investigación.

Metodología: Clases teóricas seguidas de clases de resolución de problemas. Se prevé la realización de ensayos de sensores solares.

Inscripciones: Mesa de Entrada de la Facultad de Ciencias Exactas, en horario de atención al público (lunes a viernes de 10:00 a 13:00 y de 15:00 a 17:00).

Contenidos mínimos

Energía solar: características. Geometría y tiempo solar. Efectos de la rotación y revolución terrestre alrededor del Sol y de la rotación diaria de la Tierra sobre su eje. Radiación solar extraterrestre.

Medición y tratamiento de la información: instrumentación. Intercomparación, trazabilidad. Calibración de radiómetros, incerteza y caracterización. Control de calidad. Variabilidad espacial y temporal. Redes de medición.

Modelado de la radiación solar: correlaciones de la radiación solar con otros parámetros meteorológicos. Tipos de modelos: físicos, parametrizados y empíricos. Correlaciones de descomposición. Estimaciones de la radiación incidente en planos orientados. Modelos de transposición. Modelos de transferencia radiativa de día claro. Modelos satelitales.

Programa del curso

1) La energía que proviene del Sol: Introducción. Características físicas; el Sol como un "cuerpo negro". Geometría y tiempo solar. Latitud y longitud. Efectos de la rotación terrestre alrededor del Sol. Efectos de la rotación diaria de la Tierra sobre su eje. Relaciones entre los ángulos solares. Acimut y altura solares. Duración del día. Radiación solar extraterrestre: Irradiancia Solar Total (TSI).

Breve descripción de la interacción de la atmósfera terrestre con la radiación solar. Absorción selectiva. Dispersión. Radiación solar directa y difusa

2) Medición y tratamiento de la información: Heliógrafos. Piranógrafos. Radiómetros. Radiómetros termoeléctricos (piranómetros). Radiómetros fotovoltaicos. Instalación de piranómetros. Mantenimiento de piranómetros. Medición de la radiación difusa. Pirheliómetros. Pirheliómetros autocalibrables. Referencia mundial, intercomparación, trazabilidad. Niveles de confianza. Calibración de radiómetros, Normas, incerteza y caracterización. Control de calidad.

Variabilidad espacial y temporal: Función estructura, "dimming" y "brightening". Redes de medición. Medición de la radiación solar global en Argentina. Red Solarimétrica. Atlas de Energía Solar de la República Argentina.

///...

ANEXO I de la RESCD-EXA: 212/2013 - EXP-EXA: 8765/2012

3) Modelado de la radiación solar: *Interacción de la radiación solar con la atmósfera terrestre. Correlaciones de la radiación solar con otros parámetros meteorológicos. Tipos de modelos: físicos, parametrizados y empíricos. Correlaciones de descomposición para valores horarios, diarios y diarios medios mensuales sobre plano horizontal. Estimaciones de la radiación incidente en planos orientados. Modelos de transposición.*

4) Modelos de transferencia radiativa de día claro. Modelos satelitales: *Modelos de banda ancha de día claro: Bird, REST, ESRA, Yang, ARG-P. Parámetros intervinientes. Modelos espectrales de día claro: SPECTRAL2 y SMARTS 2.9.5. Modelos satelitales, estadísticos y físicos: Tarpley-Justus, SSE, GL, SWERA, SoDa, METEOSAT, MODIS. Estudio de la validación de datos satelitales en el país.*

Bibliografía de referencia:

- Badescu, V. (Ed.) Modeling Solar Radiation at the Earth's Surface. Recent Advances. Springer-Verlag, Berlin, Alemania (2008) ISBN: 3540774548.
- Bird R. E. and Riordan C. (1986) Simple solar spectral model for direct and diffuse irradiance on horizontal and tilted planes at the Earth's surface for cloudless atmospheres. *J. Clim. Appl. Meteorol.* **25**, 87-97.
- Bird, R.E., Hulstrom, R.L. (1981) A Simplified Clear Sky Model for Direct and Diffuse Insolation on Horizontal Surfaces. SERI/NREL.
- Bourges B. (1985) Improvement in Solar Declination Computation. Technical Note. *Solar Energy* **35** (4), 367-369.
- Checura Díaz M. S., G. A. Salazar, R. Laspiur, T. G. Correa y J. Gutiérrez (2012) "Análisis de la radiación solar en el norte de Chile. Comparación entre datos medidos y estimados por modelos de día claro ARG-P y base de datos SWERA". *Avances en Energías Renovables y Medio Ambiente* **16**, 11.101-11.106. ISSN 0329-5184.
- Cooper P.I. (1969) The absorption of solar radiation in solar stills. *Solar Energy* **12** (3) 333-346.
- Duffie, J.A. and Beckman, W.A., *Solar Engineering of Thermal Processes*, second edition, Wiley Interscience, New York/Toronto (1991).
- eosweb.larc.nasa.gov/sse/
- Evseev E.G. y Kudish A.I. (2009) The assessment of different models to predict the global solar radiation on a surface tilted to the south. *Solar Energy* **83**, 377-388.
- Grossi Gallegos H. and Lopardo R. (1988) Spatial variability of the global solar radiation obtained by the Solarimetric Network in the Argentine Pampa Humeda. *Solar Energy* **40**, 397-404.
- Grossi Gallegos H. y Spreafichi M. I (2011) Análisis del clima solar de Paraná, Entre Ríos (Argentina). *Energías Renovables y Medio Ambiente* (ISSN 0328-932X) **27**, 23-30.

///...





1972 - 2012

40 Años

FACULTAD DE CIENCIAS EXACTAS

Av. Bolivia 5150 - 4400 - Salta
Tel. 54 387 425-5408 - Fax 54 387 425-5546
República Argentina

.../// - 4 -

ANEXO I de la RESCD-EXA: 212/2013 - EXP-EXA: 8765/2012

- Grossi Gallegos H. y Spreafichi M. I. (2010) Análisis de la series de los promedios anuales de heliofanía efectiva en Argentina. *Meteorológica (ISSN 0325-187X)* 32 (2007) y 33 N° 1 y 2 (2008), pp. 5-17 (publicado en abril de 2010).
- Grossi Gallegos H., Raichijk C. y Righini R. (2010) Algunos aspectos de la climatología solar del Uruguay. *Revista Brasileira de Meteorología (ISSN 0102-7786)*, 54 (4), 479-486.
- Grossi Gallegos, H. y Righini, R., *Atlas de energía solar de la República Argentina*. Publicado por la Universidad Nacional de Luján y la Secretaría de Ciencia y Tecnología, Buenos Aires, Argentina, 74 páginas + 1 CD-ROM, mayo de 2007 (ISBN 978-987-9285-36-7).
- Grossi Gallegos, H., *Notas sobre radiación solar*. Publicado por el Departamento de Ciencias Básicas de la UNLu, 225 páginas (ISBN 987-9285-19-0), Registro de la Propiedad Intelectual No. 213724 del 26 de septiembre de 2002.
- Gueymard C. (2001) Parameterized transmittance model for direct beam and circumsolar spectral irradiance. *Solar Energy* 71(5), 325-46.
- Gueymard C. (2009) Direct and indirect uncertainties in the prediction of tilted irradiance for solar engineering applications. *Solar Energy* 83, 432-444.
- Gueymard C. A. and Wilcox S. M. (2009) Spatial and Temporal Variability in the Solar Resource: Assessing the Value of Short-Term Measurement at Potential Solar Power Plant Sites, in *Solar 2009 ASES Conf.*, Buffalo, NY.
- Gueymard C. A. and Wilcox S. M. (2011) Assessment of spatial and temporal variability in the US solar resource from radiometric measurements and prediction from models using ground-based or satellite data. *Solar Energy* 85, 1068-1084.
- Gueymard C. and Myers D. (2008) Solar Radiation Measurement: Progress in Radiometry for Improved Modeling. En: V. Badescu (Ed.) *Modeling Solar Radiation at the Earth's Surface. Recent Advances*. Springer-Verlag, Berlin, Alemania.
- Gueymard C., Myers D. (2009) Evaluation of conventional and high- performance routine solar radiation measurements for improved solar resource, climatological trends, and radiative modeling. *Solar Energy* 83, 171-185.
- Gueymard C.A. (2012) Clear-sky irradiance predictions for solar resource mapping and large-scale applications: Improved validation methodology and detailed performance analysis of 18 broadband radiative models. *Solar Energy* 86, 2145-2169.
- Gueymard, C. A. (2004) The sun's total and spectral irradiance for solar energy applications and solar radiation models. *Solar Energy* 76 (4) 423-453.
- <http://en.openei.org/apps/SWERA/>
- ICT International Pty Ltd (2012) Pyranometer Classification (Disponible en <http://www.ictinternational.com.au>).

///...

ANEXO I de la RESCD-EXA: 212/2013 - EXP-EXA: 8765/2012

- ISO (1990) International Standard 9060, Solar Energy – Specification and classification of instruments for measuring hemispherical solar and direct solar radiation. International Organization for Standardization, first edition, Geneva, Switzerland.
- Kasten F. (1980) A simple parameterization of two pyrheliometric formulae for determining the Linke turbidity factor. *Meteor. Rdsch.* **33**, 124–127.
- Kopp G. and Lean J.L. (2011) A new, lower value of total solar irradiance: Evidence and climate significance, *Geophys. Res. Lett.* **38**, L01706, 7 PP., 2011 doi:10.1029/2010GL045777.
- Leckner B. (1978) The spectral distribution of solar radiation at the Earth's surface — elements of a model. *Solar Energy* **20**, 143–150.
- Maxwell G., Wilcox S., Rymes M. (1993) Users Manual for SERI QC Software. Assessing the Quality of Solar Radiation Data. Publicado por NREL- National Renewable Energy Laboratory, Golden, Colorado, USA.
- Michalsky J. (1988) The Astronomical Almanac's Algorithm for approximate solar position (1950–2050). *Solar Energy* **40** (3), 227-235.
- Michalsky J., Dutton E., Rubes M., Nelson D., Stoffel T., Wesley M., Split M. and De Luisi J. (1999) Optimal Measurement of Surface Irradiance Using Current Instrumentation. *Journal of Atmospheric and Oceanic Technology* **16**, 55-69.
- Myers D.R., Reda I., Wilcox S., Andreas A. (2004) Optical Radiation Measurements for Photovoltaic Applications: Instrumentation Uncertainty and Performance NREL CP 560-36320 (Disponible en <<http://www.nrel.gov/docs/gen/fy04/36321.pdf>>).
- Noia M., Ratto C. F. y Festa R. (1993) b. Solar irradiance estimation from geostationary satellite data: II. Physical Models. *Solar Energy.* **51** (6), 457 – 465.
- Ohmura A., E. Dutton, B. Forgan, C. Fröhlich, H. Gilgen, H. Hegner, A. Heimo, G. König-Langlo, B. McArthur, G. Müller, R. Philipona, R. Pinker, C. Whitlock, K. Dehne, and M. Wild (1998) Baseline Surface Radiation Network (BSRN/WCRP): New Precision Radiometry for Climate Research. *Bulletin of the American Meteorological Society* **79** (10) 2115-2136.
- Pinker, R. and Laszlo, I. (1992) Modelling surface solar irradiance for satellite applications on a global scale. *J. Appl. Meteor.* **31**, 194-211.
- Raichijk C. (2009) Estimación del índice de turbidez de Linke para distintas localidades de Argentina. *Avances en Energías Renovables y Medio Ambiente*, **13**, 11.11 - 11.16.
- Raichijk C. y Lanson A. (2011) Evaluación de distintos modelos de estimación de la radiación solar global basados en datos de temperatura. *Avances en Energías Renovables y Medio Ambiente* **15**, 11.09-11.14.
- Raichijk C. (2009) Comparación de valores satelitales de irradiación solar global con datos de tierra en la República Argentina. *Avances en Energías Renovables y Medio Ambiente*, **13**, 11.07 - 11.10.




ANEXO I de la RESCD-EXA: 212/2013 - EXP-EXA: 8765/2012

- Raichijk Carlos (2011) Observed trends in sunshine duration over South America. *Int. J. Climatol.* DOI: 10.1002/joc.2296.
- Raichijk, C. (2012) Control de calidad de mediciones de radiación solar. *Avances en Energías Renovables y Medio Ambiente* **16**, 11.17-11.22.
- Reda I. (2011) Method to Calculate Uncertainties in Measuring Shortwave Solar Irradiance Using Thermopile and Semiconductor Solar Radiometers. *Technical Report NREL/TP-3B10-52194*.
- Reda I., Andreas A. (2004) Solar position algorithm for solar radiation applications. *Solar Energy* **76**, 577-589.
- Remund J., Wald L., Lefèvre M., Ranchin T., Page J. (2003). Worldwide Linke turbidity information. Disponible en <http://www.helioclim.net/publication/ises2003>
- Righini R., Roldán A., Grossi Gallegos H., Aristegui R., Raichijk C. (2010) Nueva red de estaciones de medición de la radiación solar. En *Comunicaciones del XXXIII Congreso de ASADES*, 11.01-11.05.
- Rigollier C. et al. (2000) On the clear sky model of the ESRA—European Solar Radiation Atlas—with respect to the Heliosat method. *Solar Energy* **68**, 33–48.
- Salazar G. A. (2011)“Estimation of monthly values of atmospheric turbidity using measured values of global irradiation and estimated values from CSR and Yang hybrid models. Study case: Argentina.”. *Atmospheric Environment* **45**, 2465-2472. ISSN: 1352-2310.
- Salazar G. A., A. Esteve, P. Utrillas, J. Martínez Lozano (2011) “Comparación de valores de índice de turbidez β de Ångström medidos en Valencia (España) con los estimados usando el modelo híbrido de Yang corregido”. *Energías Renovables y Medio Ambiente* **27**, 11-15. ISSN 0328-932X
- Salazar G. A., L. A. Hernández y L. R. Saravia. (2010) “Practical models to estimate horizontal irradiances in clear sky conditions. Preliminary results”. *Renewable Energy* **35**, 2452-2460. ISSN: 0960-1481.
- Salazar G. A., M. S. Checure Díaz (2011)“Estudio de la variación de la irradiancia solar global mediante análisis gráfico y estadístico”. *Avances en Energías Renovables y Medio Ambiente* **15**, 11.27-11.32. ISSN 0329-5184
- SoDa-Integration and exploitation of networked Solar radiation Databases for environment monitoring. WP 5.2b: Chain of algorithms: short- and longwave radiation with associated temperature prediction resources, version 2 (2002), J. Remund and J. Page, authors.
- SORCE, Total Solar Irradiance (TSI) Data (Disponible en http://lasp.colorado.edu/sorce/data/tsi_data.htm#summary_table).
- Spencer J.W. (1971) Fourier series representation of the position of the Sun. *Search* **2** (5), 172.

///...





1972 - 2012

40 Años


FACULTAD DE CIENCIAS EXACTAS

Av. Bolivia 5150 - 4400 - Salta
Tel. 54 387 425-5408 - Fax 54 387 425-5546
República Argentina


.../// - 7 -

ANEXO I de la RESCD-EXA: 212/2013 - EXP-EXA: 8765/2012

- Stanhill G. and Moreshet S. (1992) Global radiation climate changes: the World Network. *Climatic Change* **21**, 57-75 (1992).
- Suehrcke H. (2000) On the relationship between duration of sunshine and solar radiation on the earth's surface: Ångström's equation revisited. *Solar Energy* **68** (5), 417-425.
- Tarpley J. D. (1979). Estimating incident solar radiation at the surface, from geostationary satellite data. *J. Appl. Meteorol.* **10**, 1172 – 1181.
- Vignola F., J. Michalsky, T. Stoffel (2012) Solar and Infrared Radiation Measurements. CRC Press.
- Wilcox S. and Myers D. (2008) Evaluation of Radiometers in Full-Time Use at the National Renewable Energy Laboratory Solar Radiation Research Laboratory. *Technical Report* NREL/TP-550-44627.
- Wild M. (2009) Global dimming and brightening: A review. *J. Geophys. Res.* **114**, D00D16, doi:10.1029/2008JD011470 (2009).
- Wild M., Trüssel B., Ohmura A., Long C., König-Langlo G, Dutton E. and Tsvetkov A. (2009) Global dimming and brightening: An update beyond 2000. *J. Geophys. Res.* **114**, D00D13, doi:10.1029/2008JD011382.
- WMO (2008) OMM No. 8. Guide to Meteorological Instruments and Methods of Observation. Seventh Edition, Secretariat of the World Meteorological Organization, Geneva, Suizernad. ISBN-978-92-63-100085 (Chapter 7, I7-12).
- World Meteorological Organization (1981) Meteorological aspects of the utilization of solar radiation as an energy source. *Technical Note No. 172*, WMO-No. 557, pp. 13-28, Geneva, Switzerland.
- World Meteorological Organization (WMO), *Revised instruction manual on radiation instruments and measurements*, Frölich, C. and London, J. (eds.), WRC Publications Series No. 7, WMO/TD-No. 149, Davos, Switzerland (1986).
- Yang K., Huang G.W., Tamai N. (2001) A hybrid model for estimating global solar radiation. *Solar Energy* **70**, 13-22.
- Yang K., Koike T., Ye B. (2006) Improving estimation of hourly, daily, and monthly solar radiation by importing global data sets. *Agricultural and Forest Meteorology* **137**, 43-55.
- Younes S., Claywell R., Muneer T. (2005) Quality control of solar radiation data: present status and proposed new approaches. *Energy* **30**, 1533–1549.


Ing. MARÍA TERESA MONTERO LAROCCA
SECRETARÍA ACADÉMICA Y DE INVESTIGACIÓN
FACULTAD DE CS. EXACTAS - UNSa




Ing. CARLOS EUGENIO PUGA
DECANO
FACULTAD DE CS. EXACTAS - UNSa