

Laboratorio de Energía Solar en Salto

Rodrigo Alonso Suárez

Grupo de Modelado y Análisis del Recurso Solar (GMARS)
Instituto de Física, Facultad de Ingeniería, Universidad de la República

27 de Setiembre de 2012

“Sostenibilidad energética:
oportunidad para el sector turístico”.



- 1 Contexto del Recurso Solar
 - Introducción general
 - Evaluación del Recurso Solar
 - Recurso Solar en Uruguay
- 2 ¿Quiénes somos? GMARS/FING
 - Medidas de Radiación Solar
 - Modelado de Radiación Solar
- 3 Laboratorio de Energía Solar en Salto
 - Propuesta
- 4 Para Finalizar...
 - Comentarios Finales

PANORAMA: FUENTES DE ENERGÍA

- **Petróleo**
- **Carbón**
- **Gas natural**
- **Nuclear**
- **Hidroeléctrica**
- **Biomasa**
- **Geotérmica**
- **Eólica**



● **Energía Solar**



Energía Solar (Térmica, Fotovoltáica, etc)

PANORAMA: FUENTES DE ENERGÍA

- **Petróleo**
- **Carbón**
- **Gas natural**
- **Nuclear**
- **Hidroeléctrica**
- **Biomasa**
- **Geotérmica**
- **Eólica**
- **Energía Solar** →



Energía Solar (Térmica, Fotovoltáica, etc)

PANORAMA: FUENTES DE ENERGÍA

- **Petróleo**
- **Carbón**
- **Gas natural**
- **Nuclear**

- **Hidroeléctrica**
- **Biomasa**
- **Geotérmica**
- **Eólica**



- **Energía Solar**



Energía Solar (Térmica, Fotovoltáica, etc)

¿CÓMO APROVECHAMOS LA ENERGÍA SOLAR?

¿Cómo aprovechamos la energía solar?

APLICACIONES DE ENERGÍA SOLAR

Colectores solares domésticos



Fotovoltaica (micro y macro)



Parabólico lineales (industria)



Centrales de torre (generación eléctrica)



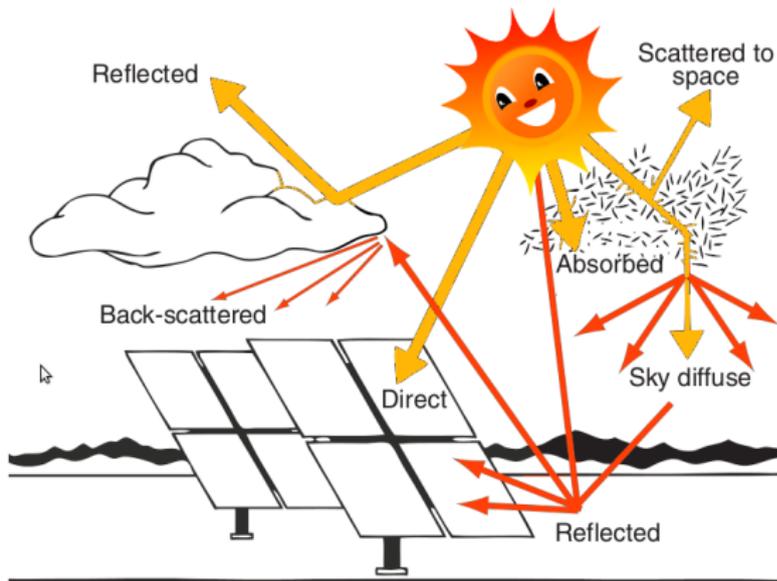
- Arquitectura solar, producción de hidrógeno, refrigeración.
- Solar cookers, aplicaciones de secado, desanilización, etc.

¿CÓMO APROVECHAMOS LA ENERGÍA SOLAR?

**Paso cero: ¡relevar y
conocer el recurso!**

¿CÓMO ES LA RADIACIÓN SOLAR?

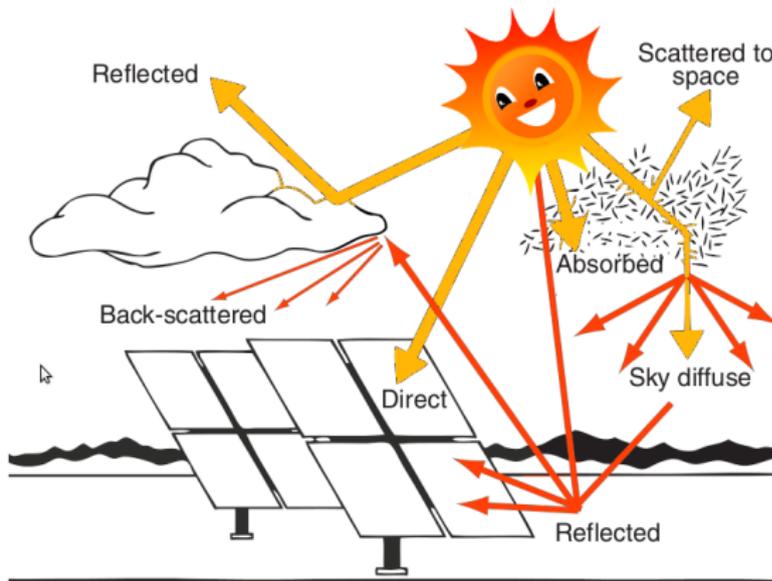
- La radiación fuera de la atmósfera es bien conocida.
- Atmósfera: absorbe, refleja y dispersa la radiación.



- La radiación a nivel de suelo es **altamente variable**.

¿CÓMO ES LA RADIACIÓN SOLAR?

- La radiación fuera de la atmósfera es bien conocida.
- Atmósfera: absorbe, refleja y dispersa la radiación.



- La radiación a nivel de suelo es **altamente variable**.

¿CÓMO MEDIMOS LA RADIACIÓN SOLAR?

Piranómetros

- Medida de solar global
- Plano horizontal
- Plano inclinado



Irradiancia directa



Irradiancia difusa



¿RECURSO SOLAR EN URUGUAY?

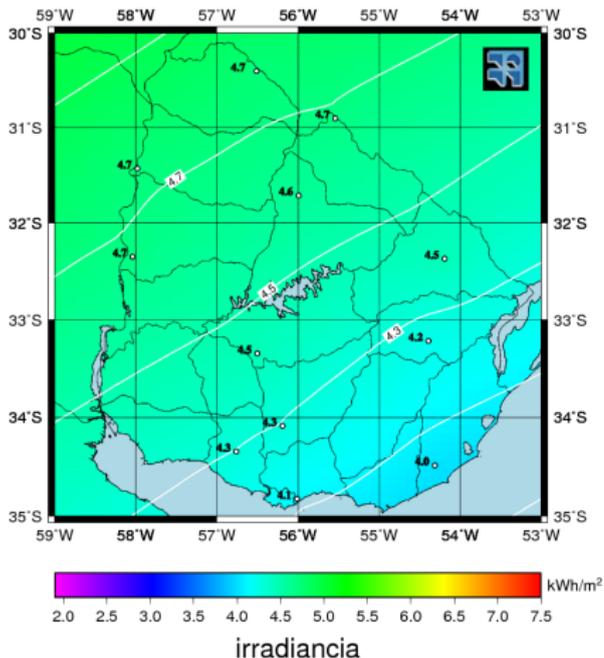
¿Cómo es el recurso solar uruguayo? ¿Por qué Salto?

MAPA SOLAR DEL URUGUAY

● Primer Mapa Solar del Uruguay

→ Abril 2009 <http://www.fing.edu.uy/if/solar>

Promedio anual



¿Qué información nos da?

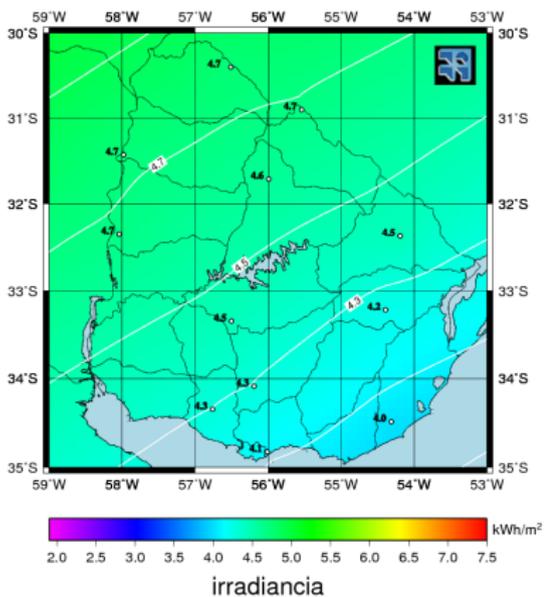
- Energía diaria promedio
 - Base anual
 - Base mensual

Pronostica para Salto uno de los mejores recursos solares del país

- Otro estudio:
 - ~20% de días claros
 - Ensayos de colectores

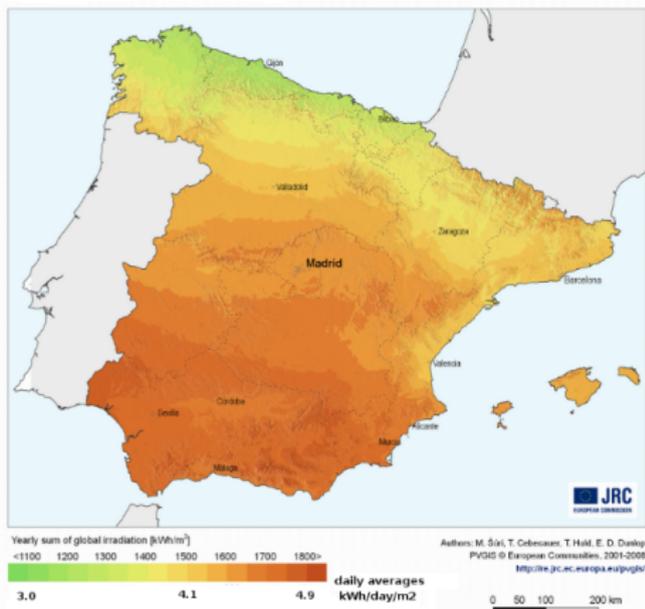
RECURSO SOLAR URUGUAYO

Promedio anual



Global irradiation

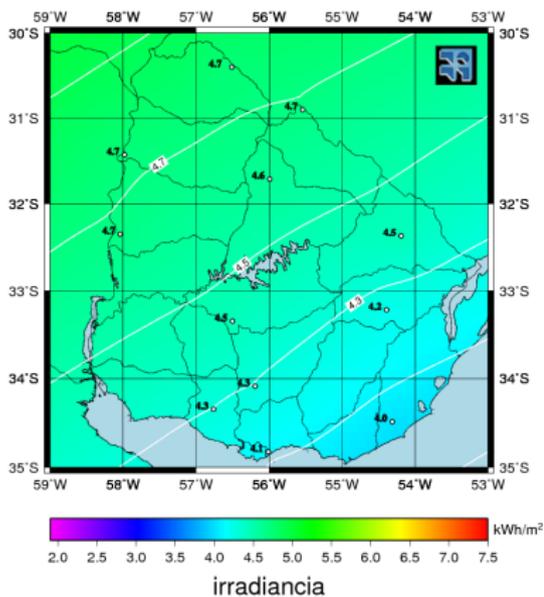
Spain



Uruguay tiene un recurso solar comparable al Sur de España

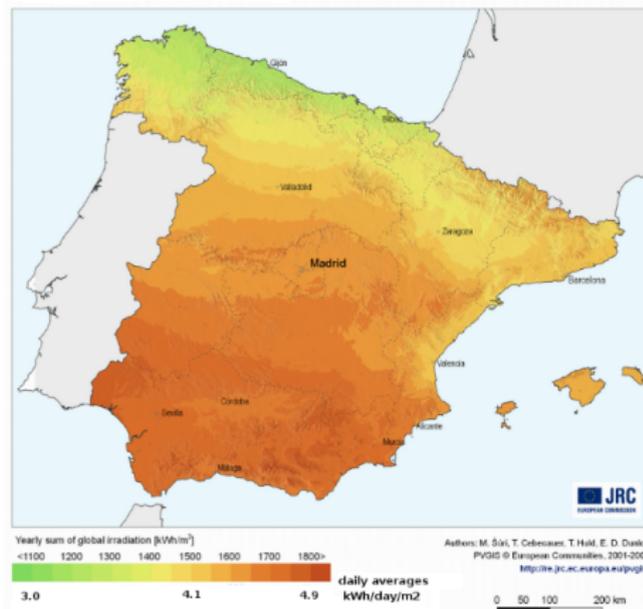
RECURSO SOLAR URUGUAYO

Promedio anual



Global irradiation

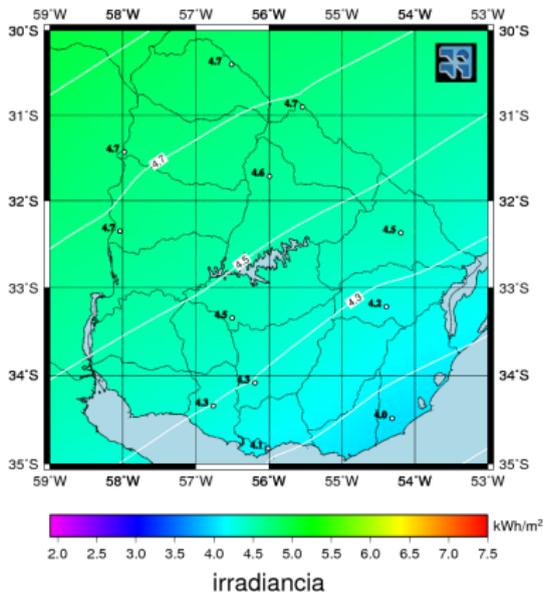
Spain



Uruguay tiene un recurso solar comparable al Sur de España

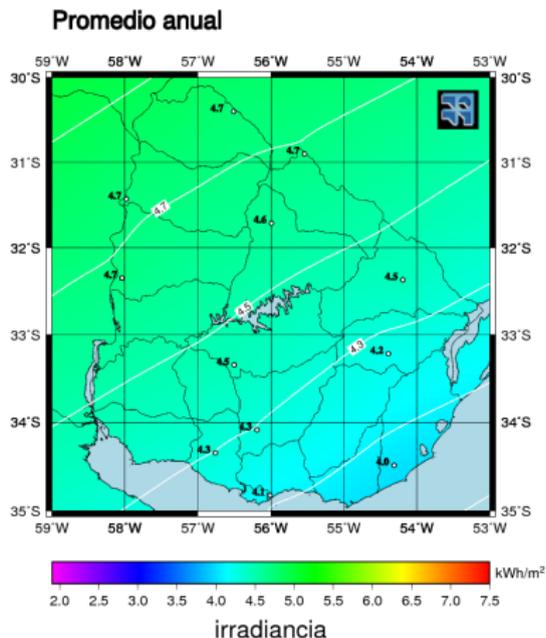
RECURSO SOLAR URUGUAYO

Promedio anual



Mejor irradiación de Alemania: 1400 kWh por año / 365 días
≈ 3.8 kWh por día

RECURSO SOLAR URUGUAYO



Mejor irradiación de Alemania: 1400 kWh por año / 365 días
≈ 3.8 kWh por día

- 1 Contexto del Recurso Solar
 - Introducción general
 - Evaluación del Recurso Solar
 - Recurso Solar en Uruguay

- 2 ¿Quiénes somos? GMARS/FING
 - Medidas de Radiación Solar
 - Modelado de Radiación Solar

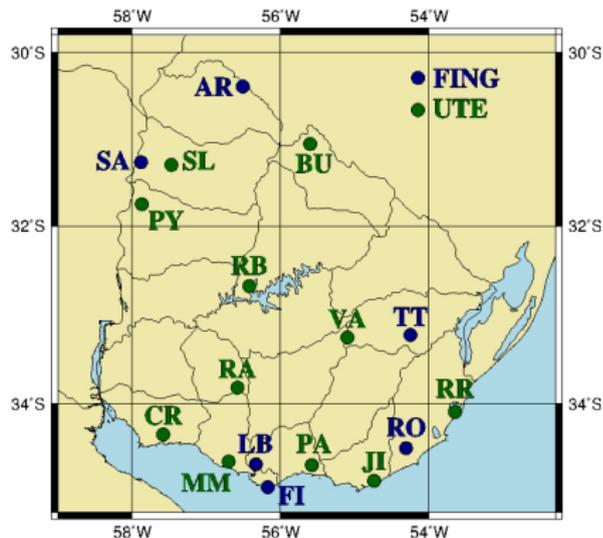
- 3 Laboratorio de Energía Solar en Salto
 - Propuesta

- 4 Para Finalizar...
 - Comentarios Finales

REDES DE MEDIDA EN URUGUAY

Sitios de medida con más de un año de registros.

nombre	cód.	período
Las Brujas	LB	01/2010 – actual
Salto	SA	06/2010 – actual
Treinta y Tres	TT	05/2010 – actual
FING	FI	03/2011 – actual
Rocha	RO	06/2011 – actual
Bella Unión	BU	04/2010 – actual
José Ignacio	JI	06/2010 – actual
Piedras de Afilar	PA	11/2009 – actual
Mc. Meekan	MM	03/2011 – actual
Ramón Arias	RA	02/2011 – actual
Rincón del Bonete	RB	04/2010 – actual



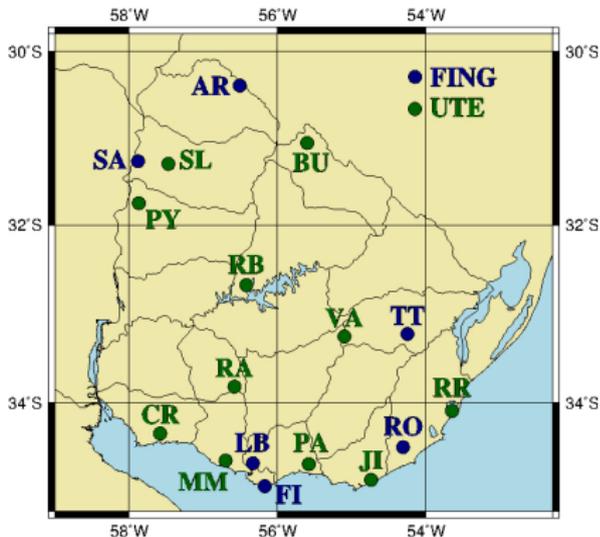
- **Sitios en azul:** Red de medida FING/UdelaR.
- **Sitios en verde:** Red de medida UTE.

Se constata que en Uruguay hay una ausencia de medidas confiables de largo plazo que son fundamentales para una caracterización climatológica

REDES DE MEDIDA EN URUGUAY

Sitios de medida con más de un año de registros.

nombre	cód.	período
Las Brujas	LB	01/2010 – actual
Salto	SA	06/2010 – actual
Treinta y Tres	TT	05/2010 – actual
FING	FI	03/2011 – actual
Rocha	RO	06/2011 – actual
Bella Unión	BU	04/2010 – actual
José Ignacio	JI	06/2010 – actual
Piedras de Afilar	PA	11/2009 – actual
Mc. Meekan	MM	03/2011 – actual
Ramón Arias	RA	02/2011 – actual
Rincón del Bonete	RB	04/2010 – actual



- **Sitios en azul:** Red de medida FING/UdelaR.
- **Sitios en verde:** Red de medida UTE.

Se constata que en Uruguay hay una ausencia de medidas confiables de largo plazo que son fundamentales para una caracterización climatológica

ESTACIONES DE MEDIDA GMARS/FING

- Piranómetros de campo Kipp % Zonen CMP6.
- Dataloggers nacionales autónomos con comunicación remota.
- Alimentación por batería que es cargada por módulos PV.

Estación Salto (predio INIA)



Estación Artigas (predio DNM)



ESTACIÓN FING

- Capacidad de calibración de hasta 8 piranómetros simultáneos.
- Algunas medidas especiales y otras únicas en el país.

Instrumentación de la estación

- Estandar secundario CM22.
- Medida en plano inclinado.
- Medida de irradiancia difusa.
- Irradiancia UV-A y UV-E (eritemal, índice UV).



Estación FING (techo de la facultad)

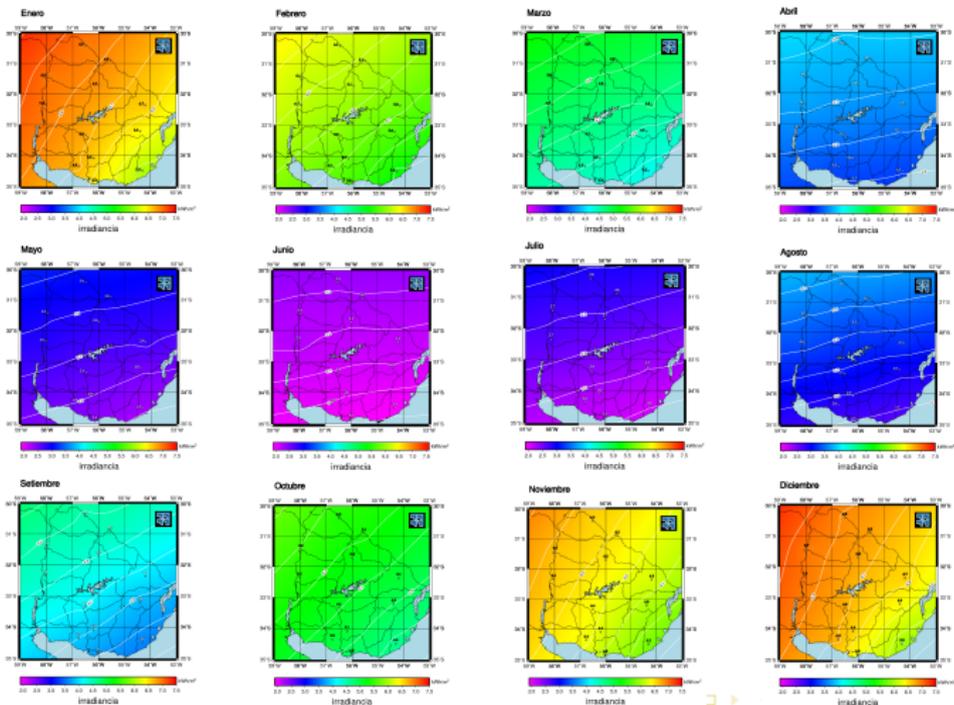


¿MODELADO DE RADIACIÓN SOLAR?

¿Modelado de Radiación Solar?

MAPA SOLAR DEL URUGUAY

- El primer Mapa Solar del Uruguay es el resultado de un modelado utilizando sólo medidas en Tierra.



¿MODELADO DE RADIACIÓN SOLAR?

¿Es posible tener más información sobre el recurso solar?

¡Sí! A través de modelos satelitales

¿MODELADO DE RADIACIÓN SOLAR?

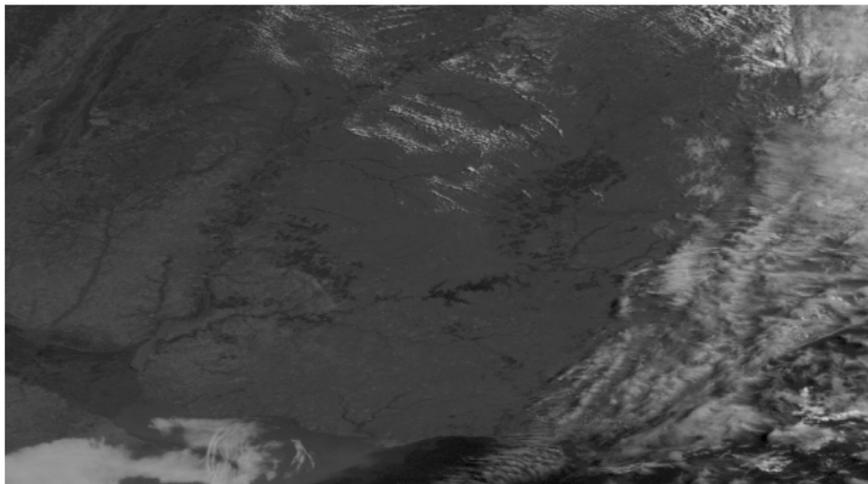
¿Es posible tener más información sobre el recurso solar?

¡Sí! A través de modelos satelitales

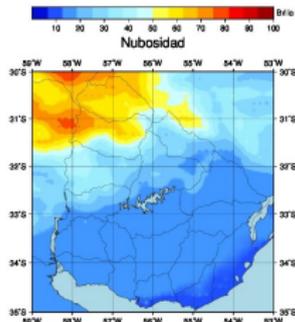
MODELOS SATELITALES

- De cada imagen se puede realizar una estimación de la irradiación.
- Se generan imágenes cada media hora y con una resolución de 2 km.

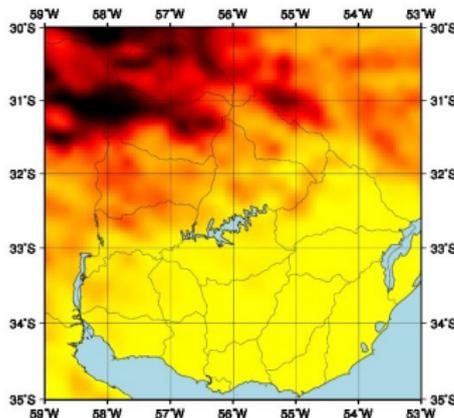
satélite	inicio	fin	imágenes
GOES 8	01/01/2000	31/03/2003	24750
GOES 12	01/04/2003	14/04/2010	51900
GOES 13	14/04/2010	30/04/2012	15300
total	01/01/2000	30/04/2012	91950



MODELOS SATELITAL AJUSTADO PARA URUGUAY



modelo



- Se ajustó un modelo satelital para el territorio nacional.
- Brinda estimativos hora a hora con una resolución de 2 km.
- Incertidumbre (escala diaria): similar a un equipo de medida.

ESTIMATIVO SATELITAL

- 1 Contexto del Recurso Solar
 - Introducción general
 - Evaluación del Recurso Solar
 - Recurso Solar en Uruguay
- 2 ¿Quiénes somos? GMARS/FING
 - Medidas de Radiación Solar
 - Modelado de Radiación Solar
- 3 Laboratorio de Energía Solar en Salto
 - Propuesta
- 4 Para Finalizar...
 - Comentarios Finales

¿LABORATORIO DE ENERGÍA SOLAR EN SALTO?

¿Qué es el Laboratorio de Energía Solar?

¿LABORATORIO DE ENERGÍA SOLAR EN SALTO?

Es parte de un Polo de Desarrollo Universitario aprobado por la Universidad de la República

Instalación de un Laboratorio de Energía Solar y fortalecimiento del área de Física del CENUR Noroeste – G. Abal, R. Alonso

Enseñanza:

- Fortalecimiento del Ciclo Inicial Optativo (2do año Ingeniería).
- Fortalecimiento de la formación científico-tecnológica básica.
- Creación de nuevas carreras en energías renovables.

Extensión:

- Mantener las actividades de extensión realizadas por GMARS.
- **Servicios tecnológicos en el Laboratorio.**

Investigación:

- **Líneas de investigación actuales del GMARS.**
- **Nuevas líneas de investigación en el Laboratorio.**

¿LABORATORIO DE ENERGÍA SOLAR EN SALTO?

Es parte de un Polo de Desarrollo Universitario aprobado por la Universidad de la República

Instalación de un Laboratorio de Energía Solar y fortalecimiento del área de Física del CENUR Noroeste – G. Abal, R. Alonso

Enseñanza:

- Fortalecimiento del Ciclo Inicial Optativo (2do año Ingeniería).
- Fortalecimiento de la formación científico-tecnológica básica.
- Creación de nuevas carreras en energías renovables.

Extensión:

- Mantener las actividades de extensión realizadas por GMARS.
- **Servicios tecnológicos en el Laboratorio.**

Investigación:

- **Líneas de investigación actuales del GMARS.**
- **Nuevas líneas de investigación en el Laboratorio.**

¿LABORATORIO DE ENERGÍA SOLAR EN SALTO?

Es parte de un Polo de Desarrollo Universitario aprobado por la Universidad de la República

Instalación de un Laboratorio de Energía Solar y fortalecimiento del área de Física del CENUR Noroeste – G. Abal, R. Alonso

Enseñanza:

- Fortalecimiento del Ciclo Inicial Optativo (2do año Ingeniería).
- Fortalecimiento de la formación científico-tecnológica básica.
- Creación de nuevas carreras en energías renovables.

Extensión:

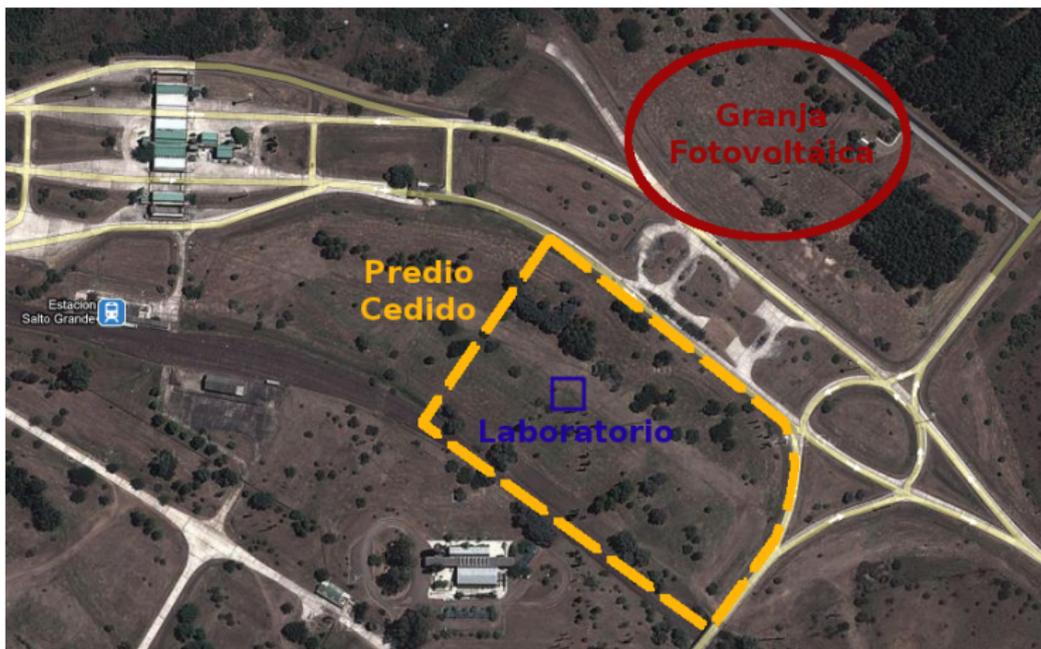
- Mantener las actividades de extensión realizadas por GMARS.
- **Servicios tecnológicos en el Laboratorio.**

Investigación:

- **Líneas de investigación actuales del GMARS.**
- **Nuevas líneas de investigación en el Laboratorio.**

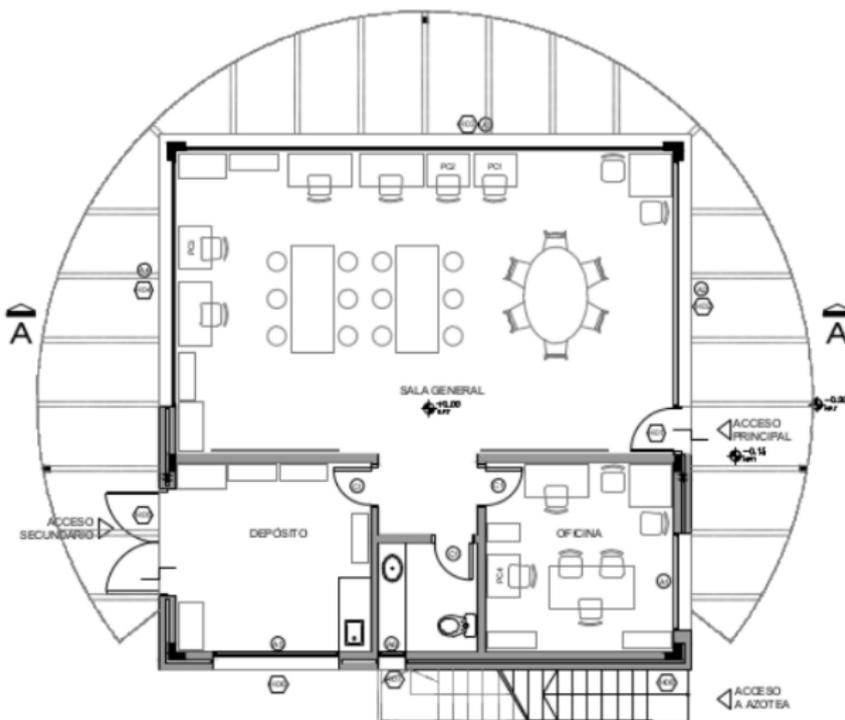
UBICACIÓN DEL LABORATORIO DE ENERGÍA SOLAR

¿Dónde? Predio cedido a UdelaR por la delegación uruguaya ante la Comisión Técnico Mixta de Salto Grande



PROYECTO DEL LABORATORIO DE ENERGÍA SOLAR

- Proyecto arquitectónico definido. Se prevé licitación en 2012.



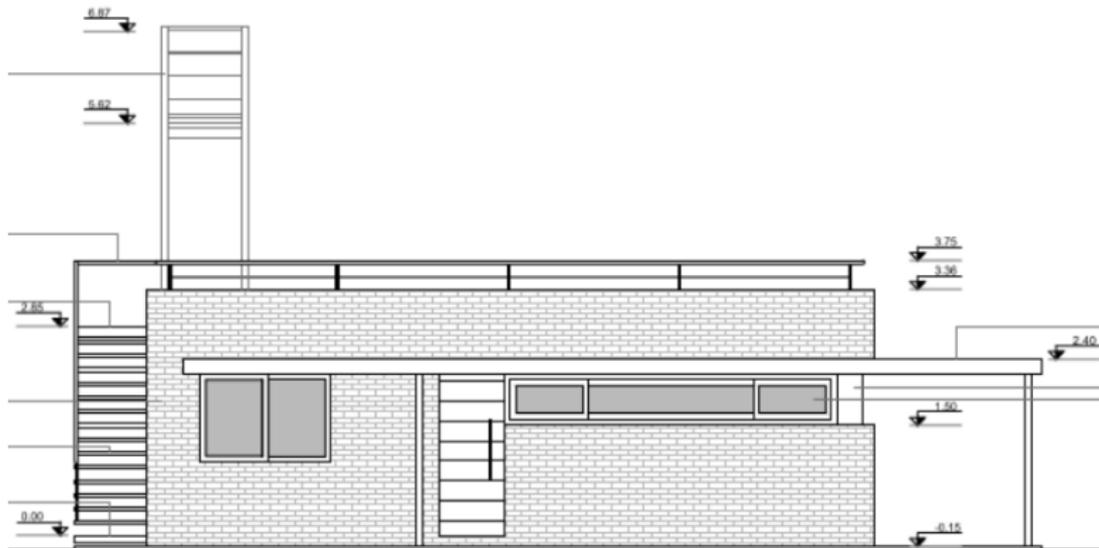
PROYECTO DEL LABORATORIO DE ENERGÍA SOLAR

- Ubicación del proyecto arquitectónico en el predio.



PROYECTO DEL LABORATORIO DE ENERGÍA SOLAR

- Equipamiento de medida en el techo del Laboratorio.
- Se busca ubicar los equipos a la mayor altura posible para minimizar sombras de horizonte por presencia de árboles.



LÍNEAS DE ACCIÓN DEL LABORATORIO DE ENERGÍA SOLAR

Líneas de investigación principales a desarrollar

- (i) **Estimación y caracterización del recurso solar a nivel de superficie usando imágenes satelitales.**
 - Modelado físico de radiación y física de la atmósfera.
 - Separación de directa y difusa. Modelos de cielo claro.
 - Radiación sobre plano inclinado.
- (ii) **Evaluación del desempeño y diseño de dispositivos de captación y conversión de la energía solar.**
 - Dispositivos térmicos de baja y media temperatura.
 - Energía fotovoltaica. Estudios en la granja solar lindera.
- (iii) **Predicción a corto y mediano plazo de la variabilidad del recurso solar utilizando imágenes satelitales.**
 - Previsión de potencia fotovoltaica (integración a la red).

LÍNEAS DE ACCIÓN DEL LABORATORIO DE ENERGÍA SOLAR

Líneas de investigación principales a desarrollar

- (i) Estimación y caracterización del recurso solar a nivel de superficie usando imágenes satelitales.**
 - Modelado físico de radiación y física de la atmósfera.
 - Separación de directa y difusa. Modelos de cielo claro.
 - Radiación sobre plano inclinado.

- (ii) Evaluación del desempeño y diseño de dispositivos de captación y conversión de la energía solar.**
 - Dispositivos térmicos de baja y media temperatura.
 - Energía fotovoltaica. Estudios en la granja solar lindera.

- (iii) Predicción a corto y mediano plazo de la variabilidad del recurso solar utilizando imágenes satelitales.**
 - Previsión de potencia fotovoltaica (integración a la red).

LÍNEAS DE ACCIÓN DEL LABORATORIO DE ENERGÍA SOLAR

Líneas de investigación principales a desarrollar

- (i) **Estimación y caracterización del recurso solar a nivel de superficie usando imágenes satelitales.**
 - Modelado físico de radiación y física de la atmósfera.
 - Separación de directa y difusa. Modelos de cielo claro.
 - Radiación sobre plano inclinado.

- (ii) **Evaluación del desempeño y diseño de dispositivos de captación y conversión de la energía solar.**
 - Dispositivos térmicos de baja y media temperatura.
 - Energía fotovoltaica. Estudios en la granja solar lindera.

- (iii) **Predicción a corto y mediano plazo de la variabilidad del recurso solar utilizando imágenes satelitales.**
 - Previsión de potencia fotovoltaica (integración a la red).

- 1 Contexto del Recurso Solar
 - Introducción general
 - Evaluación del Recurso Solar
 - Recurso Solar en Uruguay

- 2 ¿Quiénes somos? GMARS/FING
 - Medidas de Radiación Solar
 - Modelado de Radiación Solar

- 3 Laboratorio de Energía Solar en Salto
 - Propuesta

- 4 Para Finalizar...
 - Comentarios Finales

COMENTARIOS FINALES

Perspectivas del Laboratorio

- Instalación de un punto certificado de medida de irradiación solar de la red mundial (punto BSRN).
- Formación de un grupo de trabajo/investigación en la región.
- Creación de una Licenciatura en Energía Solar.
- Formación de recursos humanos en energías renovables.
- **Demostrativas, proyectos piloto, investigación aplicada.**

Servicio: banco de ensayos de colectores solares (?)

- Certificador nacional de eficiencia de colectores solares.
- Proyecto presentado a la ANII en conjunto con MIEM/DNE.

Centro de Referencia Nacional en Energía Solar

COMENTARIOS FINALES

Perspectivas del Laboratorio

- Instalación de un punto certificado de medida de irradiación solar de la red mundial (punto BSRN).
- Formación de un grupo de trabajo/investigación en la región.
- Creación de una Licenciatura en Energía Solar.
- Formación de recursos humanos en energías renovables.
- **Demostrativas, proyectos piloto, investigación aplicada.**

Servicio: banco de ensayos de colectores solares (?)

- Certificador nacional de eficiencia de colectores solares.
- Proyecto presentado a la ANII en conjunto con MIEM/DNE.

Centro de Referencia Nacional en Energía Solar

COMENTARIOS FINALES

Perspectivas del Laboratorio

- Instalación de un punto certificado de medida de irradiación solar de la red mundial (punto BSRN).
- Formación de un grupo de trabajo/investigación en la región.
- Creación de una Licenciatura en Energía Solar.
- Formación de recursos humanos en energías renovables.
- **Demostrativas, proyectos piloto, investigación aplicada.**

Servicio: banco de ensayos de colectores solares (?)

- Certificador nacional de eficiencia de colectores solares.
- Proyecto presentado a la ANII en conjunto con MIEM/DNE.

Centro de Referencia Nacional en Energía Solar



¡Muchas Gracias por la atención!

¿Preguntas?

Ing. Rodrigo Alonso Suárez – rodrigoa@fing.edu.uy

“Sostenibilidad energética:
oportunidad para el sector turístico”.

