

PANELES SOLARES DEL SAC-D/AQUARIUS: ANÁLISIS DE LOS DATOS DE TELEMETRÍA DEL PRIMER AÑO EN ÓRBITA

Igor Prario, Elena M. Godfrin, Julio C. Durán

Departamento Energía Solar – Gerencia Investigación y Aplicaciones – CAC – CNEA
Av. General Paz 1499 – B1650KNA San Martín – Provincia de Buenos Aires – Argentina
Tel. (011) 6772-7132, Fax (011) 6772-7121, www.tandar.cnea.gov.ar, duaran@tandar.cnea.gov.ar

Recibido: 13/08/12; Aceptado: 01/10/12

RESUMEN: El satélite SAC-D/Aquarius fue puesto en órbita el 10 de junio de 2011 con paneles solares desarrollados e integrados en la Comisión Nacional de Energía Atómica (CNEA). Utilizando códigos numéricos desarrollados en la CNEA, se realizó una simulación de la característica tensión – corriente y la estimación de la potencia generada en condiciones normalizadas para cada módulo. Se utilizó también un modelo térmico unidimensional para estimar la temperatura del panel solar considerando condiciones estacionarias de transferencia térmica entre ambas caras del panel. En este trabajo se presentan parte de los análisis de datos telemétricos (eléctricos y de temperatura) recibidos desde el lanzamiento hasta fines de junio de 2012 y su comparación con las simulaciones teóricas. Se observa un buen acuerdo entre los datos recibidos por telemetría y las simulaciones, pudiéndose concluir que los paneles solares funcionan adecuadamente y que no se han detectado, durante el período analizado, diferencias en sus características eléctricas asociadas a daño por radiación.

Palabras clave: fotovoltaico, panel solar, satélite artificial, simulación, telemetría

INTRODUCCIÓN

El Departamento de Energía Solar (DES) de la Comisión Nacional de Energía Atómica (CNEA) trabaja en proyectos de investigación y desarrollo vinculados a la conversión fotovoltaica de la energía solar para aplicaciones de uso espacial y terrestre. Desde el 2007, se trabajó, entre otros proyectos, en el desarrollo de los paneles solares para el satélite SAC-D/Aquarius, como parte de un contrato firmado entre la CNEA y la Comisión Nacional de Actividades Espaciales (CONAE). La CNEA, a través del DES y con la participación de personal de otros sectores del Centro Atómico Constituyentes, tuvo la responsabilidad del desarrollo, fabricación y ensayo funcional de los paneles solares, única fuente de alimentación eléctrica del satélite (Alurralde et al., 2012; 2008, 2007; Bolzi et al., 2002; Filevich et al., 2003). Las actividades incluyeron, además del desarrollo de las tecnologías de fabricación y ensayo de los paneles, la elaboración de modelos teóricos que permitan diseñar y simular el funcionamiento del subsistema de generación de energía eléctrica (subsistema de potencia) del satélite a lo largo de la vida útil de la misión (Godfrin et al., 2007).

Habiéndose cumplido con los numerosos requerimientos para garantizar la vida útil de los paneles solares durante toda la misión espacial, los mismos fueron integrados al satélite y el 10 de Junio del 2011 se realizó con éxito el lanzamiento del SAC-D/Aquarius desde la base aérea en Vandenberg, California, EE.UU.

Este satélite describe una órbita heliosincrónica (de 98° de inclinación respecto al plano del Ecuador terrestre) a una altura nominal de 658 km a su paso sobre el Ecuador terrestre, con un nodo ascendente establecido a las 6:00 p.m. (*i.e.* la ascensión recta del punto determinado cuando el satélite atraviesa el plano del Ecuador desde el hemisferio sur al norte) y un período orbital de 98 minutos. Este tipo de órbita mantiene una orientación fija respecto al Sol a medida que la Tierra se traslada alrededor del mismo, por lo tanto la posición del satélite proyectada sobre la superficie terrestre (denominado *punto sub-satélite*) barre la superficie del planeta abarcando distintas latitudes y longitudes por efecto de la rotación diaria, como se indica en la Figura 1. Durante tres meses al año (de mayo a agosto), el satélite atraviesa parte del cono de sombra que genera la Tierra (en la región cercana al polo sur) produciéndose eclipses de hasta 20 minutos de duración.

Tanto los subsistemas para el funcionamiento de la plataforma espacial del SAC-D/Aquarius como los instrumentos científicos instalados en el mismo se encuentran actualmente operativos y enviando información por medio de telemetría, para su procesamiento en Tierra. Como parte de los trabajos vinculados a dicho proyecto, se monitorea el funcionamiento de los paneles solares mediante el análisis de los datos de telemetría correspondientes y su comparación con resultados obtenidos mediante modelos desarrollados en el DES o disponibles en la web. Se presentan a continuación los principales resultados y conclusiones obtenidos a partir de dicho análisis.

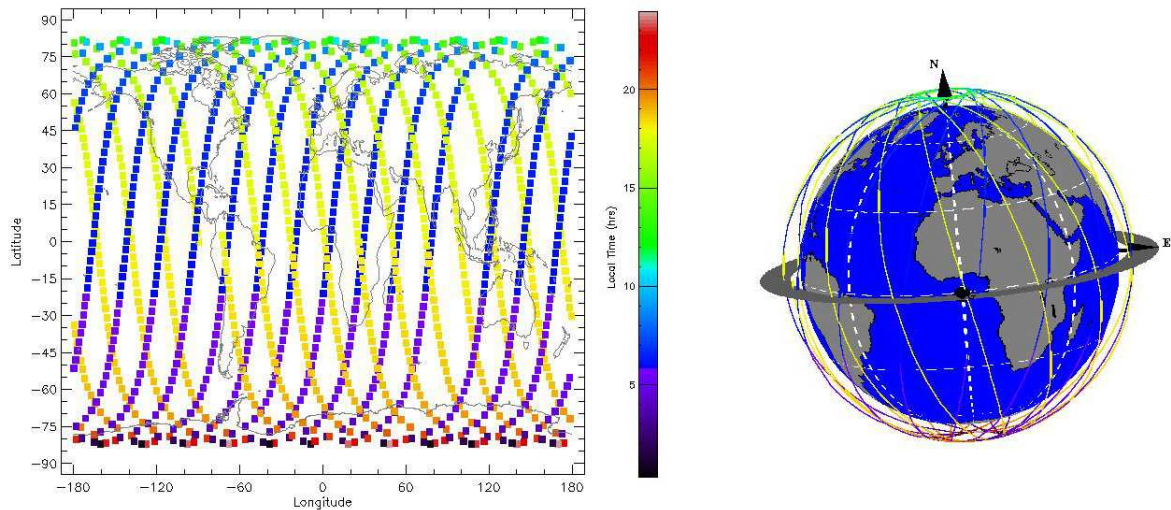


Figura 1: Proyección de la posición del SAC-D/Aquarius sobre la superficie terrestre (izq.) durante el desarrollo de 14 órbitas consecutivas (der.) en aproximadamente 1 día de duración total - Simulación realizada con el sistema de cálculo Spenvis (Spenvis, 2012).

El Modelo de Vuelo (MV) de los paneles solares para la misión SAC-D tiene un área total de 9,36 m² distribuida en dos paneles cubiertos por un total de 2574 celdas solares de triple juntura InGaP-GaAs-Ge. Cada panel del MV está formado por 12 módulos cada uno, con dos configuraciones ligeramente diferentes: el panel denominado +X tiene 11 módulos formados por 6 cadenas y uno por 7 (módulo 6), mientras que en el panel -X hay 10 módulos de 6 cadenas y 2 de 5 (módulos 19 y 20). Cada cadena está compuesta por 18 celdas interconectadas en serie. Cada panel posee, además, dos sensores de temperatura Pt-2000 en el frente y dos en la parte posterior (los frontales se encuentran en correspondencia con los posteriores), y 6 sensores solares gruesos (SSG) de posicionamiento. En la Figura 2 se muestra un esquema del SAC-D, la distribución de los módulos y la ubicación de los sensores de temperatura y SSG en el MV.

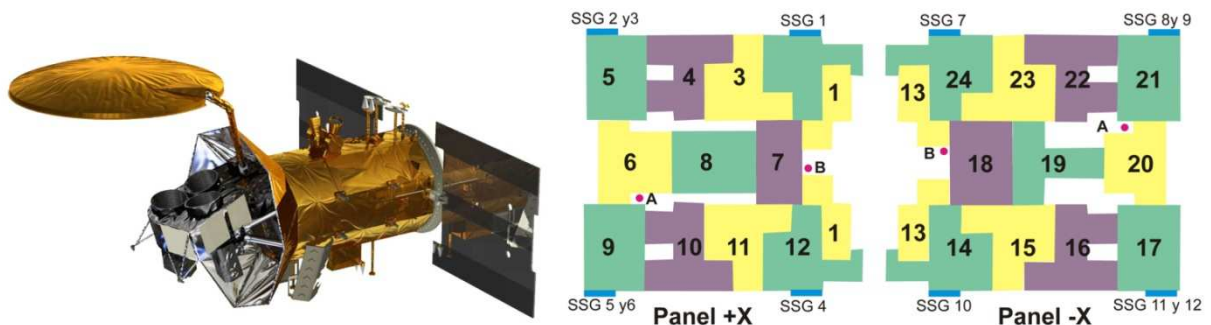


Figura 2: A la izquierda, esquema del satélite SAC-D; a la derecha, distribución de los módulos y ubicación del sensores de temperatura (puntos rojos) y de los sensores solares gruesos de posición (rectángulos azules) en los paneles del Modelo de Vuelo.

ANÁLISIS DE DATOS DE TELEMETRÍA

El análisis se realizó sobre conjuntos de datos diarios de telemetría (alrededor de 15 órbitas), medidos a intervalos de 40 segundos. Los principales parámetros de interés son la corriente de cada módulo, la temperatura de operación, la posición angular del satélite con respecto al Polo Norte y el ángulo de incidencia de la radiación solar sobre los paneles (β).

Cálculo del ángulo β

En una primera aproximación puede considerarse que los paneles se mantienen paralelos al plano de la órbita del satélite; en ese caso el ángulo de incidencia solar sobre el panel (β) queda determinado por la inclinación de la órbita del satélite y varía anualmente con la traslación de la Tierra. Con esta consideración se obtiene una buena estimación de las características tensión – corriente y de la potencia generada por cada módulo (Godfrin et al., 2012).

Sin embargo, por razones técnicas relacionadas con el instrumento MWR (CONAE, 2012), el satélite está sometido a un “yaw-steering” (β presenta una variación cíclica para compensar el movimiento terrestre). En consecuencia, a partir del encendido del MWR fue necesario estimar los valores de β en forma independiente de la orientación de la órbita con respecto al Sol.

La estimación de β se realizó utilizando la orientación de los sensores con respecto al plano de los paneles solares, la temperatura de operación (estimada mediante los sensores de temperatura), los valores de las corrientes de cortocircuito medidas en Tierra en condiciones normalizadas y las corrientes de operación de los sensores obtenidas por telemetría. En la figura 3, se muestra el gráfico de los valores de β en función de la hora obtenidos para el 12 de abril de 2012 (época sin eclipses).

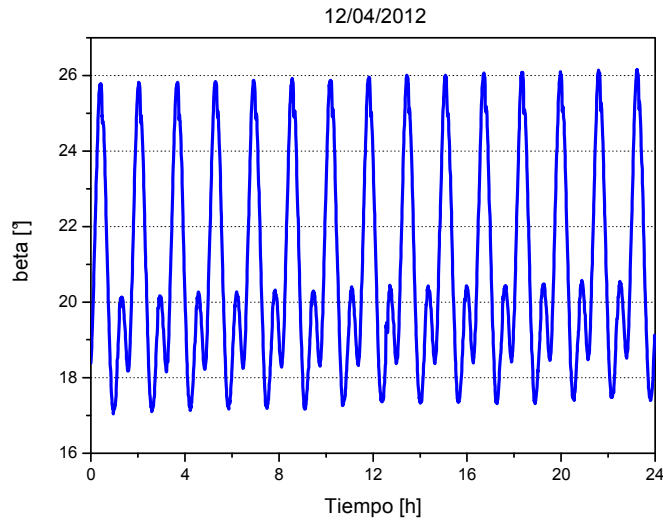


Figura 3: Gráfico de los valores de β en función de la hora para el 12 de abril de 2012 (época sin eclipses).

Corriente de los módulos

Para cada módulo, se grafica la corriente y la temperatura de operación en función de la posición angular del satélite medida con respecto al Polo Norte (Figura 4) de manera que los ángulos negativos corresponden a la trayectoria ascendente (de Sur a Norte) mientras que la trayectoria descendente está representada por los ángulos positivos (de Norte a Sur). La dispersión de los valores de la temperatura y de las corrientes muestra la variación de estos parámetros en el conjunto analizado. A modo de referencia se incluyeron los valores de las corrientes de cortocircuito (I_{cc}) y en el punto de máxima potencia (I_{pmp}) del módulo correspondiente, valores obtenidos por simulación teniendo en cuenta la temperatura de operación correspondiente al sensor de temperatura más cercano al módulo y los coeficientes de variación por temperatura (Emcore, 2002), el ángulo de incidencia de la radiación solar (β) y el factor de corrección debido a la excentricidad de la órbita de la Tierra (Iqbal, 1983). El albedo no fue tenido en cuenta en estas simulaciones debido a su variabilidad (JPL, 2012).

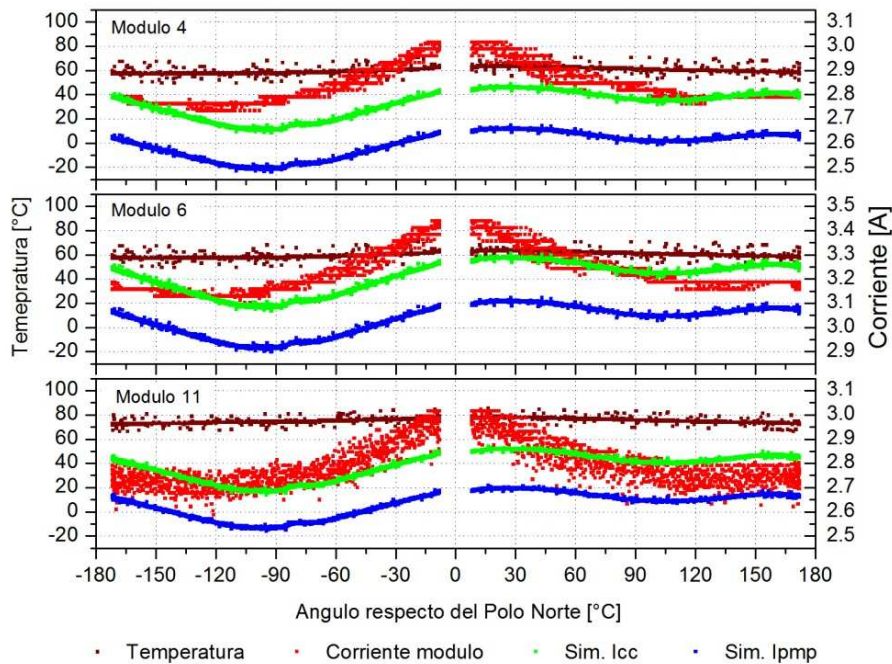


Figura 4: Corriente (rojo), temperatura de operación (marrón), I_{cc} simulada (verde) e I_{pmp} simulada (azul) en función de la posición angular del satélite medida respecto del Polo Norte para los módulos 4 (arriba), 6 (medio) y 11 (abajo).

Para todos los conjuntos de datos se observa que:

- la corriente de los módulos varía a lo largo de la órbita debido al albedo. De aquí en adelante, se denominará “corriente de base” de un módulo, a lo largo de una o varias órbitas, al valor mínimo de la corriente medida a lo largo de las órbitas, correspondiendo en consecuencia al mínimo albedo;
- la corriente de base de los módulos cuyo punto de operación se encuentra entre I_{cc} e I_{pmp} (por ejemplo, el módulo 6) indica que el módulo está continuamente entregando potencia al subsistema de potencia;
- la corriente de base cercana a I_{cc} (por ejemplo, módulo 4) corresponde a un módulo en cortocircuito (en general, el satélite no requiere toda la potencia disponible);
- la corriente de base de algunos módulos (por ejemplo, módulo 11) oscila entre un punto de operación e I_{cc} , indicando que los módulos se encuentran conmutando, controlados por el regulador;
- en los sectores en que no hay presencia de albedo (cercañas del Polo Sur en la Figura 4) la medición de I_{cc} de los módulos en cortocircuito difiere de la simulada en, a lo sumo, un 2%;
- la temperatura observada en las cercanías de los módulos en cortocircuito es mayor que la de los módulos que se encuentran entregando potencia al satélite, compatible con el hecho de que los módulos en cortocircuito disipan a su alrededor casi toda la energía solar recibida.

Daño por radiación

Con el objeto de detectar efectos del daño por radiación, como consecuencia del bombardeo por partículas cargadas asociadas, en especial, a las numerosas tormentas solares que ocurrieron durante junio de 2011 y abril de 2012 (SPWC, 2012), se compararon datos telemétricos de un día en los comienzos de la misión con un día posterior a la última tormenta registrada. Las fechas elegidas fueron el 17 de agosto de 2011 y el 30 de abril de 2012, días en que la inclinación de la órbita del satélite, el factor de corrección por excentricidad de la órbita de la Tierra y el albedo terrestre son similares.

Los parámetros eléctricos que se ven más afectados por el daño por radiación en los paneles solares del SAC-D (integrados con celdas solares ATJ de Emcore), son la tensión de circuito abierto y la tensión en el punto de máxima potencia. Dado que la telemetría no contiene información sobre estos parámetros, solamente puede tratarse de obtenerse información a través de las corrientes de los módulos.

Se normalizaron las corrientes obtenidas por telemetría (28°C, AM0) y se las comparó entre sí y con las curvas simuladas en condiciones estándar para ambas fechas. La Figura 5 muestra, a modo de ejemplo, I_{cc} para el módulo 1 (en cortocircuito) y la corriente de operación del módulo 6 (generando potencia). No se observan diferencias significativas en I_{cc} o en la corriente de operación que permitan inferir efectos del daño por radiación en el período analizado.

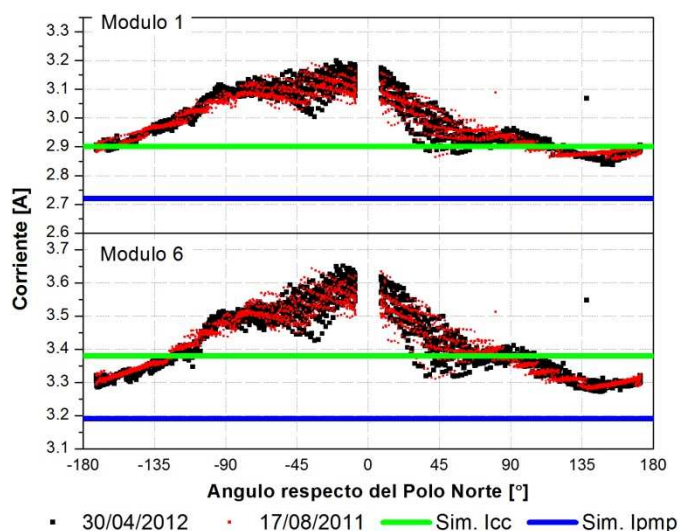


Figura 5: I_{cc} normalizada para el módulo 1 (arriba) y corriente de operación normalizada para el módulo 6 (abajo) y sus correspondientes corrientes simuladas.

Análisis del efecto producido por el albedo terrestre.

La irradiancia neta que recibe el panel solar depende de la orientación del mismo respecto del Sol (principalmente) y respecto de la Tierra, que refleja hacia el espacio parte de la energía incidente en la atmósfera y en la superficie (mayormente en forma difusa, aunque puede depender del ángulo cenital solar). Usualmente esta radiación reflejada se considera con el mismo espectro que la radiación solar y puede describirse mediante un factor denominado *factor de albedo* que multiplica a la irradiancia solar. Este factor depende principalmente de la latitud y longitud que recorre el punto sub-satélite al orbitar alrededor de la Tierra. Para la órbita del SAC-D/Aquarius el albedo nominal es aproximadamente 0,38 pudiendo variar entre 0,34 y 0,42 (Karam, 1998). Para estimar la irradiancia debida al albedo terrestre es necesario tener en cuenta el factor de vista de cada superficie del panel hacia la superficie terrestre iluminada. La contribución debida al albedo terrestre puede estimarse en aproximadamente 7% a partir de la diferencia porcentual entre la corriente medida en los módulos y la I_{cc} simulada (para los módulos en cortocircuito) como se observa en la Figura 5.

Por otra parte se utilizó el sistema de cálculo Spenvis, “Space Environment Information System”, (Spenvis, 2012), para estimar las irradiancias netas que inciden respectivamente en la dirección normal a la superficie frontal (activa) y posterior (pasiva) del panel solar del SAC-D, determinando la contribución del albedo terrestre y de la irradiancia solar directa en distintos momentos del año. En estas simulaciones se consideraron las normales a las superficies del panel paralelas al momento angular orbital del satélite.

En la Figura 6 se presentan las variaciones de la irradiancia incidente en función de la posición angular del satélite (respecto al Polo Norte) simulados con el sistema Spenvis para tres casos representativos donde $\beta = 4,3^\circ$, $14,2^\circ$ y $21,6^\circ$ respectivamente para tres días del año en que el efecto debido al albedo terrestre se produce a distintas latitudes (dado que la incidencia directa solar es constante para cada día, la dependencia en latitud observada está dada por el albedo terrestre). Los resultados de la simulación se comparan con la corriente medida (convertida a valores a 28°C) de uno de los módulos en condición de cortocircuito obtenida de los datos telemétricos, observándose una buena correlación.

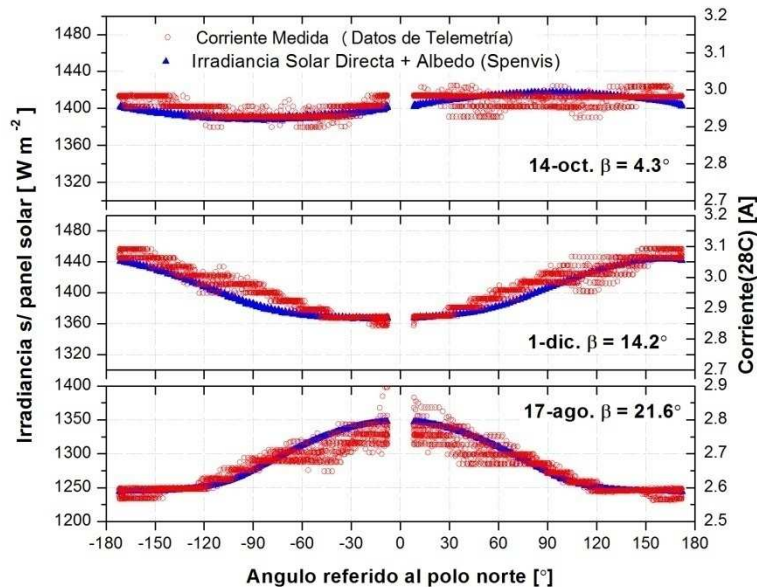


Figura 6: Comparación entre la irradiancia incidente en la dirección normal a la superficie de los paneles solares (directa solar + albedo) y la corriente medida en uno de módulos en condición de cortocircuito (Módulo 24).

Simulación térmica de los paneles solares en órbita

Se estimaron las temperaturas en los paneles solares del SAC-D/Aquarius considerando un proceso estacionario de transferencia térmica con el medio externo espacial. Para esto se consideró una estructura de panel solar simplificada para plantear el modelo estacionario de transferencia de calor entre las dos superficies del panel involucradas. El espesor del sustrato se consideró despreciable en relación a las dimensiones longitudinales de cada una de las alas del panel, justificando así el uso de un modelo unidimensional de balance térmico, despreciando los efectos de borde, dado que la conductancia térmica en la dirección paralela a las superficies del panel es despreciable respecto a la conductancia térmica transversal. En la Figura 7 se muestra el esquema de dicho modelo indicando los flujos de energía considerados.

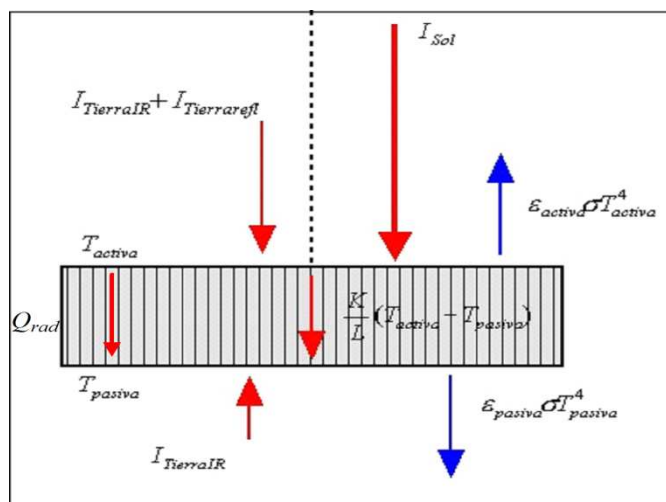


Figura 7: Esquema del modelo 1-D de balance térmico para el panel solar, considerando una vista de perfil de una fracción central del mismo.

La superficie frontal activa (donde se ubican los módulos fotovoltaicos) recibe un flujo de fotones del espectro solar a la altura de órbita (I_{Sol}) que dependerá del ángulo β entre la dirección al Sol y la normal a la superficie activa del panel. Además recibe la irradiancia reflejada por el albedo terrestre ($I_{\text{TierraRef}}$) y la emitida por nuestro planeta en longitudes de onda larga (I_{TierraIR}). El porcentaje absorbido de cada una de estas tres magnitudes depende de la absorbancia de la superficie (α_{activa}). Se consideró también que esta superficie emite como cuerpo gris con emisividad ϵ_{activa} . La superficie pasiva (esencialmente fibra de carbono, despreciando el cableado) absorbe una fracción dada por α_{pasiva} de la radiación de onda larga emitida por la Tierra y emite como cuerpo gris con emisividad ϵ_{pasiva} .

Se consideraron algunas aproximaciones teóricas para obtener una solución analítica (Kim y Han, 2010) para las temperaturas de las superficies frontal (activa) y posterior (pasiva). Se analizaron diferentes condiciones térmicas “locales” alrededor de los sensores térmicos (Pt-2000) instalados en los paneles solares y las irradiancias en las respectivas superficies se simularon utilizando un modelo de irradiancia en órbita disponible en el sistema Spenvis.

En las Figuras 8 a 10 se presentan los resultados de comparaciones entre las temperaturas estimadas con el modelo térmico y los valores medidos por los sensores térmicos (recibidos mediante telemetría) para tres fechas durante el primer año de funcionamiento del satélite: 17 de agosto (Figura 8), 14 de octubre (Figura 9) y 1 de diciembre (Figura 10). Se muestran además los valores de irradiancia neta incidentes en la superficie frontal de los paneles. En dichas figuras se presentan las temperaturas medidas para dos escenarios térmicos “locales” alrededor de los sensores térmicos Pt-2000: a) uno para los sensores rodeados por módulos fotovoltaicos entregando potencia eléctrica al subsistema de potencia del satélite (que muestran temperaturas menores) y b) otro para los sensores cercanos a módulos fotovoltaicos cortocircuitados (que muestran las mayores temperaturas).

En las Figuras 8b y 10b se presentan también los valores simulados para la temperatura máxima y mínima de la cara frontal de los paneles, obtenidos considerando las máximas y mínimas irradiancias netas (según su dependencia en latitud) respectivamente.

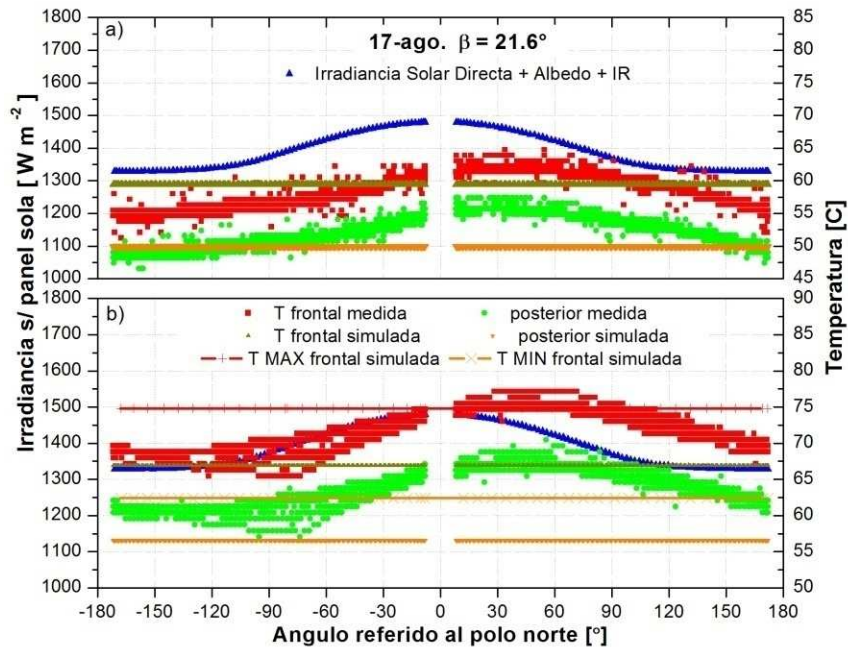


Figura 8: Comparación entre la temperatura simulada con el modelo térmico 1-D y los datos de telemetría (17 de agosto) para los sensores térmicos (Pt-2000) rodeados por a) módulos fotovoltaicos entregando potencia eléctrica al subsistema de potencia y b) módulos fotovoltaicos cortocircuitados.

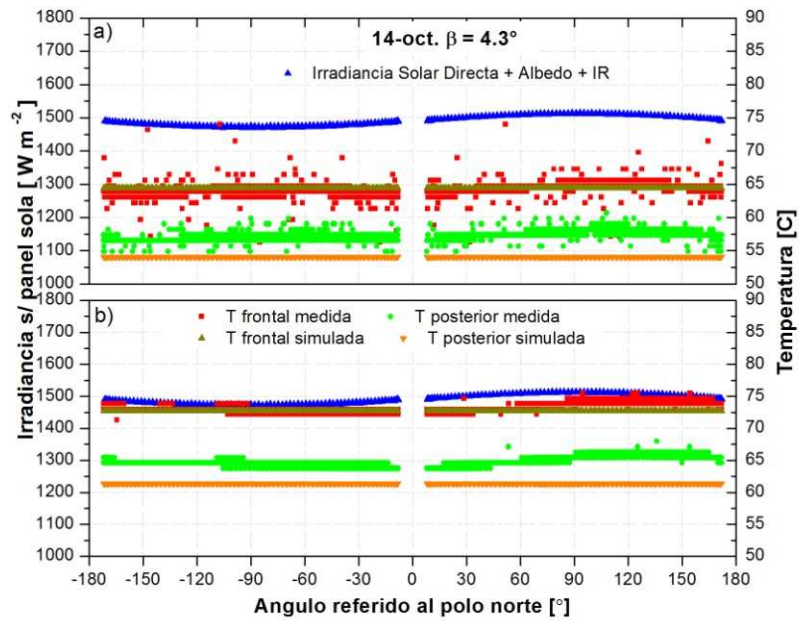


Figura 9: Comparación entre la temperatura simulada con el modelo térmico 1-D y los datos de telemetría (14 de octubre) para los sensores térmicos (Pt-2000) rodeados por a) módulos fotovoltaicos entregando potencia eléctrica al subsistema de potencia y b) módulos fotovoltaicos cortocircuitados.

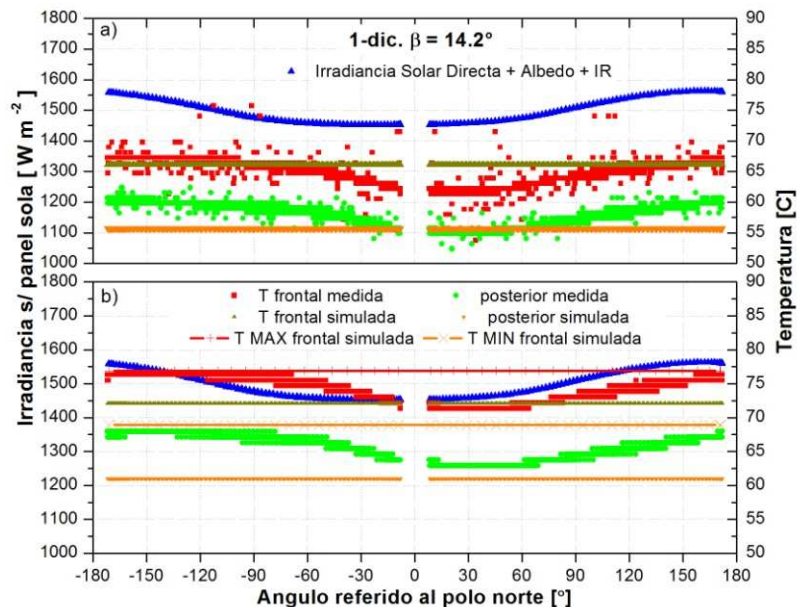


Figura 10: Comparación entre la temperatura simulada con el modelo térmico 1-D y los datos de telemetría (1 de diciembre) para los sensores térmicos (Pt-2000) rodeados por a) módulos fotovoltaicos entregando potencia eléctrica al subsistema de potencia y b) módulos fotovoltaicos cortocircuitados.

CONCLUSIONES

El análisis de los datos telemétricos muestra un correcto funcionamiento eléctrico de todos los módulos de los paneles solares, en buen acuerdo con las simulaciones teóricas realizadas previo al lanzamiento.

No se han observado diferencias significativas en los parámetros eléctricos de los módulos que permitan inferir efectos de daño por radiación entre junio de 2011 y mayo de 2012.

Las variaciones de las características eléctricas de los paneles debidas al albedo terrestre se encuentran también en buen acuerdo con las simulaciones de la irradiancia neta incidente realizadas con el sistema de cálculo Spennis.

El análisis térmico realizado utilizando el flujo de radiación térmica total estimado (irradiancia solar directa, por albedo y por radiación infrarroja provenientes de la Tierra) es consistente con las temperaturas medidas en las órbitas.

En consecuencia, puede afirmarse que los paneles solares del SAC-D se encuentran totalmente operativos y funcionando según lo previsto, desde la fecha de lanzamiento hasta el presente.

AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen a C.F. Varotto (Director de la CONAE), D. Caruso (SAC-D Project Manager) y a los equipos de trabajo de la CONAE y de la agencia espacial de los EE.UU. (NASA) por su apoyo y colaboración. Agradecen asimismo la cooperación de todo el grupo de trabajo de la CNEA.

Una mención especial merecen M. Alurralde, A. Filevich y J. Plá, todos ellos del Departamento Energía Solar de la CNEA, y M. Buczyner, de la CONAE, por sus aportes a la elaboración del presente trabajo.

Este trabajo fue financiado principalmente por la CNEA y la CONAE, habiéndose recibido también aportes de la Agencia Nacional de Promoción Científica y Tecnológica (ANPCyT).

REFERENCIAS

- Alurralde M., Barrera M., Bolzi C.G., Bruno C.J., Cabot P., Carella E., Di Santo, J., Durán J.C., Fernández Slezak D., Fernández Vázquez J., Filevich A., Franciulli C.D., García J.A., Godfrin E.M., González L., Goldbeck V., Iglesias A., Martínez Bogado M.G., Mezzabolta E., Moglioni A., Muñoz S., Nigri C., Nigro S.L., Pérez J.I., Plá J., Prario I., Raffo Calderón M.C., Raggio D., Rinaldi C., Rodríguez S.E., Socolovsky H., Tamasi M.J.L., (2012). Development of solar arrays for Argentine satellite missions. *Aerospace Science and Technology*, doi: 10.1016/j.ast.2012.02.012, en prensa.
- Alurralde M., Barrera M., Bolzi C.G., Bruno C.J., Cabot P., Carella E., Di Santo, J., Durán J.C., Fernández Slezak D., Fernández Vázquez J., Filevich A., Franciulli C.D., Godfrin E.M., González L., Goldbeck V., Iglesias A., Martínez Bogado M.G., Mezzabolta E., Moglioni A., Muñoz S., Nigri C., Nigro S.L., Plá J., Prario I., Raffo Calderón M.C., Raggio D., Rinaldi C., Rodríguez S.E., Socolovsky H., Tamasi M.J.L. (2008). Solar array qualification models for Aquarius/SAC-D satellite mission. 23rd European Photovoltaic Solar Energy Conference, 785-789.
- Alurralde M., Barrera M., Bolzi C.G., Bruno C.J., Cabot P., Carella E., Di Santo J., Durán J.C., Fernández Vázquez J., Filevich A., Franciulli C.D., Godfrin E.M., Goldbeck V., Iglesias A., Martínez Bogado M.G., Mezzabolta E., Moglioni A., Nigri C., Nigro S.L., Palumbo F., Plá J., Prario I., Raffo Calderón M.C., Rodríguez S.E., Socolovsky H., Tamasi M.J.L., Vertanessian A. (2007). Advances in the development of photovoltaics for space applications in Argentina. 22nd EUPVSC, 687-691.
- Bolzi C.G., Bruno C.J., Durán J.C., Godfrin E.M., Martínez Bogado M.G., Merino L.M., Plá J.C., Tamasi M.J.L., Barrera M. (2002). First experiment of argentine solar cells in space: modules fabrication, characterisation, and telemetry data analysis from SAC-A satellite. *Solar Energy Materials and Solar Cells* **73**, 269-280.
- CONAE (2012). http://www.conae.gov.ar/satelites/sac-d_instrument.html
- Emcore (2002). ID EWRP036, Technical Report.
- Filevich A., Bruno C.J., Fernández Vázquez J., Alurralde M., Prario I., Tamasi M.J.L., Martínez Bogado M.G., Plá J., Durán J.C., Schuff J., Burlon A., Stoliar P., Minsky D., Kreiner A.J., Mayer R. (2003) A compact portable set up for in situ solar cells degradation studies. *IEEE Transactions on Nuclear Science* **50**, 2380-2384.
- Godfrin E.M., Durán J.C., Fernández Slezak D., Berbeglia G. (2007). Design and simulation of the power subsystems for two argentine satellites. 22nd EUPVSC, 692-696.
- Godfrin E.M., Prario I., Durán J.C. (2012). Aquarius/SAC-D mission: telemetry data analysis for the first year. 38th IEEE PVSEC, en prensa.
- Iqbal M. (1983). *An Introduction to Solar Radiation*, pp.3-4 Academic Press New York.
- JPL (2012). <http://www.tak2000.com/data/planets/earth.htm>
- Karam R.D. (1998). *Satellite Thermal Control for Systems Engineers*. *Progress in Astronautics and Aeronautics*, **181**, 67-74.
- Kim HK and Han C.Y. (2010) Analytical and numerical approaches of a solar array thermal analysis in low earth orbit satellite. *Advances in Space Research*, **46**, 1427-1439.
- Spennis (2012). *Space Environment Information System*, <http://www.spennis.oma.be/>
- SPWC (2012). *Space Weather Prediction Center*. <http://www.swpc.noaa.gov/ftplib/indices/SPE.txt>

ABSTRACT

Aquarius/SAC-D space mission was launched on June 10, 2011. The Solar Array for this mission has been developed and integrated in the Argentine National Atomic Energy Commission (CNEA). The evaluation of the electrical characteristics and the expected power generation of each module of the Solar Array has been performed by means of a numerical code developed at CNEA. Moreover, a one dimensional thermal model was used for estimating the solar panels temperatures, considering steady state conditions for the thermal transfer between the front and rear faces. In this paper, the analysis of some of the telemetry data received between launch and June 2012 and the comparison with theoretical simulations are presented. The good agreement between measured values and simulations allows to conclude that the Solar Array is working according to expectations and that no experimental evidence of electrical degradation due to radiation damage has been observed during this period.

Keywords: photovoltaic, solar panel, artificial satellite, simulation, telemetry