

Actividad Solar y su Efecto en la Excentricidad en Satélites Geoestacionarios

Solar Activity and its Effect on Eccentricity in Geostationary Satellites

Carlos Aguilar, *Investigador, ABAE*, Moisés Mendoza, *Investigador, ABAE*, Ruth Matute, *Investigadora, ABAE*, Nairyfel Conejero, *Investigadora, ABAE*

Resumen— Se muestra la actividad solar como un elemento influyente en los satélites geoestacionarios, explicando cómo el mismo afecta su excentricidad. Asimismo, se toma como ejemplo los datos de maniobras realizadas al Venesat-1 y destacando como su periodicidad para corregir o fijar los efectos causados por el Sol y compararlos con los períodos mínimo y máximo del ciclo solar actual.

Palabras Claves— Actividad solar, excentricidad, geoestacionario, maniobras, satélites.

Abstract— The solar activity as an influential element on geostationary satellites is shown, explaining how this affects their eccentricity. Taking Venesat – 1 maneuver data as an example and pointing their periodicity to correct or fix or change the effects caused by the Sun and comparing them with the minimum and maximum periods of the current solar cycle.

Index terms— Eccentricity, geostationary, maneuvers solar activity, satellites.

I. INTRODUCCIÓN

MUCHO se ha discutido y conocido acerca de cómo el Sol influye de forma directa en cada aspecto de la vida y el que proporciona esa energía vital en la Tierra. Ahora bien, el Sol es una fuente de energía y es el principal motor para mantener los satélites operando en el espacio, ya que a través de la energía solar sus paneles la transforman en energía eléctrica. Asimismo, hay varios efectos del Sol sobre las comunicaciones satelitales, algunos normales y predecibles y otros aleatorios y que requieren cierta atención, pero en general es necesario estar preparados para tales contingencias. Entre los principales se pueden listar:

A. *Transito Solar*, [1]

Es el efecto solar más común y ocurre cuando la posición del Sol y un satélite se intersectan desde una posición en la Tierra; debido a que el Sol emite radiación de amplio espectro, que incluye las frecuencias utilizadas por satélites; si una antena

receptora en Tierra recibe simultáneamente señales desde el Sol y el satélite, la primera puede sobrepasar en magnitud a la segunda, lo cual dificulta la recepción de la señal satelital.

B. *El viento solar*, [2]

Puede ocasionar problemas cuando se incrementa en lo que se suele llamar una tormenta solar, sobrepasando momentáneamente los niveles de tolerancia del diseño de un satélite. Las eyecciones de masa coronal (CME por sus siglas en inglés) emiten una fuerte energía magnética y partículas, causando cargas eléctricas en las superficies de un satélite, especialmente los de orbitas altas como los geosíncronos.

C. *El centelleo de la ionosfera*, [3]

Debido a la actividad solar incrementada puede generar fallas de comunicación en zonas ecuatoriales. Similarmente, la rotación de Faraday [3] es un fenómeno que afecta en especial las comunicaciones en frecuencias bajo los 2 GHz. Cuando hay mucha actividad solar, la rotación de fase afecta frecuencias más altas y puede interrumpir la comunicación entre satélites y Tierra. Estos dos fenómenos físicos solo producen problemas momentáneos.

D. *El peligro mayor es el relacionado con las llamaradas solares*, [2]

La más extrema manifestación de una tormenta solar, que emiten grandes cantidades de radiación, particularmente protones.

En casos extremos los efectos de una llamarada solar podrían dañar un satélite, afectando su control o comunicación, sin embargo, eso ha pasado muy pocas veces. Tal es el caso del satélite canadiense Anik E2 que fallo el 20 de octubre de 1994 y el Intelsat 511 que fallo el 7 de octubre de 1995 debido a los mencionados efectos. [4]

II. CICLO SOLAR

También es conocido como ciclo solar de Schwabe [5]. Muestra una actividad solar a intervalos de aproximadamente

Este trabajo fue enviado al II Congreso Venezolano de Tecnología Espacial en el mes de agosto de 2017.

C. Aguilar, operador del área de control satelital del Venesat-1 de la ABAE, Baemari, Guárico, Venezuela (Correo electrónico: caguilar@abae.gob.ve).

M. Mendoza, operador del área de transmisión de datos del VRSS-1 de la ABAE, Baemari, Guárico, Venezuela (Correo electrónico: mmendoza@abae.gob.ve).

R. Matute, operadora del área de control satelital del VRSS-1 de la ABAE, Baemari, Guárico, Venezuela (Correo electrónico: rmatute@abae.gob.ve).

N. Conejero, operadora del área de control satelital del Venesat-1 de la ABAE, Baemari, Guárico, Venezuela (Correo electrónico: nconejero@abae.gob.ve)

11 años en que el Sol pasa desde la máxima actividad solar, con fenómenos como las manchas solares, brillos, tormentas solares y las auroras boreales, hacia periodo opuesto de mínimo solar donde desaparecen todos estos fenómenos. [6] El cuarto ciclo solar que se estudió, fue el ciclo más largo hasta la fecha, con 13 años y 8 meses entre 1784 y 1798 [6]. El ciclo solar número 22 fue entre septiembre 1986 a octubre 1996 de 10 años y un mes. Mientras que el ciclo 23, tuvo su máxima actividad el 2000 y 2002, según la NASA, con furiosas tormentas solares. Este empezó en octubre 1996 y finalizó en 2008, sin embargo, luego se prolongó. Para el ciclo 24 se espera una máxima actividad solar en 2011 y 2012 según la NASA. [6]

III. CICLO SOLAR Y SUS EFECTOS

Las manchas solares indican que existe actividad magnética en el Sol, las mismas, muestran por donde emergen las líneas de fuerza del campo magnético y por donde vuelven a entrar en el globo solar. Asimismo, se conoce que la actividad magnética no es uniforme, sino que presenta ciclos de máxima actividad: cada 11.2 años, en promedio [6], los polos solares se invierten, y a medio camino de esta inversión, el sol pasa por su época de mayor actividad, mayor número de manchas, mayor número de espículas, de protuberancias y fulguraciones energéticas en la superficie del Sol.

Sin embargo, cada vez que hay un mínimo solar, la atmósfera se enfría y se contrae. Durante el ciclo actual los mínimos de 2008 y 2009, fueron 3 veces mayores a los ciclos anteriores, presentando más días sin manchas solares. Cabe destacar que el Ciclo de Actividad Solar, en forma práctica, tiene 4 sectores:

- 1) Sector del Mínimo.
- 2) Sector de Actividad Creciente.
- 3) Sector del Máximo
- 4) Sector de Actividad Decreciente.

Por lo general, en un Ciclo de Actividad Solar, la duración estimada de cada Sector es el siguiente [7]:

- El Mínimo dura 2 años, mientras que el Creciente dura 3 años.
- El Máximo 2 años y el sector dura 4 años.
- Total, promedio de duración del Ciclo = 11 años.

El Ciclo 24, inicio en enero del 2008 [9] con una actividad mínima hasta inicios del 2010. Como se muestra en la (fig. 1), en esta se observa lo siguiente:

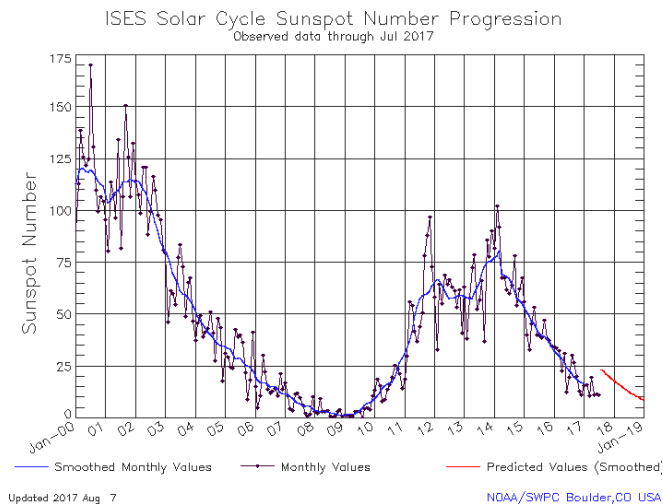


Fig. 1. Ciclos Solares 23 y 24. [8]

- A partir del 2010, se presenta un periodo de Actividad solar Creciente, que se extiende hasta el 2012 (inclusive).
- El período de máxima actividad se registra entre los años 2012 e inicios del 2014.
- El período de actividad decreciente, inicia el 2014, y se estima que se extienda hasta el 2018 según la predicción.
- El período del mínimo, estaría en los años 2018 y 2019.

IV. ACTIVIDAD SOLAR Y SU EFECTO EN LA EXCENTRICIDAD

La excentricidad es un parámetro importante dentro de los procesos de mantenimiento de la posición de la longitud de un satélite geostacionario. En este sentido, se toma como referencia el Venesat-1, satélite del tipo geostacionario lanzado en el año 2008 desde la República Popular de China, siendo el primer satélite propiedad de la República Bolivariana de Venezuela y operado por la Agencia Bolivariana para Actividades Espaciales.

En este sentido, se conoce que los satélites geostacionarios son satélites que deben permanecer fijos en el espacio pero esto no es del todo posible, la actividad solar, al igual que otras perturbaciones espaciales, generan que el satélite se mueva de su órbita y se haga necesario la ejecución de maniobras para mantenerlo dentro de su ventana de operación y garantizar su óptimo funcionamiento; de igual forma, es necesario definir cuándo deben realizarse, a fin de que se haga un buen uso del combustible a bordo. Cabe destacar, que las maniobras en el caso de los satélites geostacionarios y específicamente en el Venesat-1 son de dos tipos, las que corrigen la inclinación (Norte/Sur) y las que modifican la forma o tamaño de la órbita (Este/Oeste); las cuales se llevan a cabo aproximadamente cada 15 días y se ven afectadas por la no esfericidad de la tierra, lo que genera un arrastre en la trayectoria del satélite.

Asimismo, de estos dos tipos de maniobras, existe una tercera maniobra asociada al control Este/Oeste, necesario para corregir la excentricidad, siendo afectada por la radiación solar (actividad solar y aumento de las manchas solares). Esto ocurre debido a las explosiones de la masa coronal, enviando al espacio viento solar cargado de radiación que incide directamente en los paneles solares, los cuales se comportan como una especie de “vela” como ocurre en los botes en el mar que son impulsados por el viento, de esta misma forma ocurre en el espacio con el satélite. Este viento solar impulsa al satélite aumentando o disminuyendo su velocidad lo que afecta su recorrido y por ende la forma de la órbita.

De acuerdo a lo antes descrito es que se realizan o ejecutan las maniobras de excentricidad, con el fin de corregir esta perturbación que el Sol y su actividad generan en el satélite; de igual forma, esta maniobra se realiza únicamente cuando se observa que la tendencia de la órbita describe más una elipse que una órbita circular ideal, es en este caso donde se decide ejecutar la corrección respectiva.

Vale destacar que la ejecución de esta maniobra debe realizarse en fechas específicas donde el efecto del viento solar sea mínimo en la órbita del satélite, el efecto de la presión de la radiación solar disminuye en los satélites geostacionarios durante los solsticios ya que la incidencia de la actividad solar no es perpendicular al satélite o en este caso a los paneles solares.

Ahora bien, tomando el caso específico del Venesat-1, se puede observar en la figura 2 los años en que se realizaron maniobras de excentricidad desde su puesta en órbita. Comparando esta gráfica, con la actividad solar mostrada en la Figura 1, se puede notar que en el periodo 2008 - 2010 se ejecutó solo una maniobra de este tipo, mientras que durante el periodo 2014 - 2016 se ejecutaron más operaciones, coincidiendo con uno de los picos de máxima actividad del 2014.



Fig. 2. Cantidad de maniobras de Excentricidad realizadas del Venesat-1. Fuente: ABAE.

V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

A partir de los datos tomados de las maniobras de excentricidad del Venesat-1, y su posterior comparación con los periodos de mínima y máxima actividad solar del ciclo actual, se puede afirmar la relación existente entre la ocurrencia de ambas situaciones. Observando que los años donde se ejecutaron más maniobras de excentricidad inciden con el aumento de la actividad del ciclo solar actual.

Sin embargo, tomando en cuenta que el Venesat-1 es un satélite con una vida útil estimada de 15 años, de los cuales todavía se pueden aprovechar un aproximado de 8 años o más, se recomienda hacer un seguimiento en las próximas maniobras para recolectar más datos y compararlos con los del ciclo solar, de esta forma se puede generar un histórico del comportamiento, que, a su vez, se traduce en poder tener pruebas más concluyentes y generar predicciones para los próximos satélites.

REFERENCIAS

- [1] Bill Steigerwald, Rachel A. Weintraub, NASA, (2016)
- [2] Miguel Angel Criado, Materia, (2014)
- [3] John Kennewell and Andrew McDonald ,IPS, (2016)
- [4] Eduardo Martínez González, Cosmo Náutica
- [5] Samuel Heinrich Schwabe, Mitteldeutsche Lebensbilder, 1. Band Lebensbilder des 19. Jahrhunderts, Magdeburg 1926, p. 117-133.
- [6] Anatoly Arsentiev, David H. Hathaway, Rodney W. Lessard El soplado del viento solar: Las manchas solares, los ciclos solares y la vida en la Tierra. 2014.
- [7] N.O.A.A. y N.A.S.A.(USA), Rodney W. Lessard La Actividad Solar y el Evento ENSO. 2011.

- [8] Administración Nacional Oceánica y Atmosférica de los Estados Unidos de América, NOAA, (2016).
- [9] Dr. Tony Phillips, NASA, (2008)



Carlos Aguilar, nació en Caracas, Distrito Capital, Venezuela en 1988. Se graduó de Ingeniero de Telecomunicaciones en la Universidad Nacional Experimental Politécnica de las Fuerzas Armadas, en el 2010. Obtuvo su Especialización en Gerencia de Redes y Telecomunicaciones en la Universidad Yacambu, Lara, Venezuela, en el 2013; actualmente cursa estudios de Maestría en Gerencia de Tecnología de la Información y Comunicación en la Universidad José Antonio Páez, Carabobo, Venezuela. Desde el 2010 ha formado parte de la ABAE, desempeñando las actividades de Monitoreo del VENESAT-1 y desde el 2013 como especialista en el área de control satelital de la Unidad de Vehículos Espaciales de la ABAE.



Moisés Mendoza nació en Valencia, Carabobo, Venezuela en 1990. Se graduó de Ingeniero en Telecomunicaciones en la Universidad de Carabobo, Carabobo, en el 2015. Desde el 2015 ha formado parte de la ABAE, desempeñando las actividades de Monitoreo del VENESAT-1 y actualmente en las Operaciones del VRSS-1 en el Segmento Terreno en el Subsistema de Rastreo y Recepción de Datos.



Ruth Matute nació en Valencia, Carabobo, Venezuela en 1987. Se graduó de Licenciada en Física en la Universidad de Carabobo, Carabobo, en el 2009. En el 2012 participó en el Programa de Formación de Talento para el Diseño, Manufactura y Control de Satélites de Órbita Baja enmarcado en el Plan de Capacitación del Programa VRSS-1 Primer Satélite Venezolano de Observación de la Tierra, en el Instituto Shenzhou y en la Universidad Beihang, Beijing, China y actualmente cursa estudios para optar por la Maestría en Gerencia y Tecnología de la Información. Desde el 2012 ha sido parte del subsistema de Control Satelital del VRSS-1 en la ABAE, ha participado en las operaciones del mencionado satélite, incluyendo las dos maniobras de evasión realizadas el 2016, y en investigaciones de astrometría para satélites geostacionarios en colaboración con el CIDA.