

Efectos de los Eventos Solares en Dispositivos Electrónicos de Satélites Geoestacionarios

Effects of Solar Events on Geostationary Satellite Electronics Devices

Carlos E. Aguilar, *Investigador (ABAE)*. María A. Sánchez, *Investigador (ABAE)*

Resumen- En la actualidad, los efectos de los eventos solares en los dispositivos electrónicos de los satélites geoestacionarios, ha influenciado mucho con el estudio de la actividad solar. Razón por la cual se hace referencia como su comportamiento causa daños a los equipos que se encuentran en el satélite. Por lo tanto, la hora de fabricar un nuevo satélite se tomen las previsiones del caso que la cantidad de calor generado por la influencia del flujo solar no afecten a los equipos a bordo. Por consiguiente, la radiación natural presente en el espacio afecta a los componentes electrónicos que están embarcados en satélites y misiones espaciales, alterando su comportamiento e incluso dañarlos por completo.

Palabras claves- *Actividad Solar, Dispositivos, Misiones, Radiación, Satélites.*

Abstract- At present, the effects of solar events on geostationary-satellite electronic devices has greatly influenced the study of solar activity. Reason why it is referred as its behavior causes damage to the equipment that are in the satellite. Therefore, when making a new satellite take the predictions of the case that the amount of heat generated by the influence of solar flow does not affect the equipment on board. Consequently, the natural radiation present in space affects the electronic components that are embedded in satellites and space missions, altering their behavior and even damaging them completely

Keywords- *Activity Solar, Devices, Assignments, Radiation, Satellites.*

I. INTRODUCCIÓN

La idea de establecer comunicaciones mediante el uso de satélites artificiales que ocupen una posición en el espacio y que al ser observados desde la Tierra parezcan fijos, surgió antes de los años 50, en el siglo XX. Indudablemente un sistema de esta forma traería grandes ventajas en las comunicaciones, pero debían cumplirse una seria de requisitos. Los satélites antes de ser puestos en orbitas deben superar diversas pruebas, ya que en el espacio se enfrentan a una serie de perturbaciones ambientales las cuales pueden afectar el funcionamiento del equipo y a su vez la pérdida total del mismo.

M. A Sánchez, se desempeña como Operador del Área de Control Satelital del Venesat-1 de la ABAE., Baemari, Edo. Guárico (Correo electrónico: msanchez@abae.gob.ve)

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

Hay varios efectos del sol sobre las comunicaciones satelitales, algunos normales y predecibles y otros aleatorios y que requieren cierta atención, pero en general estamos preparados para las contingencias. Entre las principales se cuentan:

El efecto solar más común es aquel conocido como tránsito solar, y ocurre cuando la posición del Sol y un satélite se intersectan desde una posición en 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 la segunda, lo cual dificulta la recepción de la señal satelital.

El viento solar 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 solar (o CME por *Solar Mass Ejection*) emiten fuerte energía magnética y partículas, causando cargas eléctricas en las superficies de un satélite, especialmente los de órbitas altas como los geo sincrónicos.

Otra fuerza que existe es la presión de la radiación Solar, ya que esta acelera al satélite y su efecto es mayor en satélites que tienen celdas solares montadas sobre paneles despleables que sobre satélites de configuración cilíndrica.

II. DESCRIPCIÓN DEL CASO

El medio en el que habitan los satélites es un lugar muy complejo y poco amigable para ellos. En el espacio hay vacío casi absoluto, temperaturas extremas, radiaciones intensas y partículas muy veloces que pueden dañar o hasta incluso destruirlo. También hay fuerzas gravitatorias originadas en cuerpos celestes que tienden a sacar el satélite de su órbita así como también afectar o alterar los dispositivos que lo componen.

Sabiendo que el Sol emite la mayor parte de su energía en forma de luz o radiación visible y radiaciones ultravioleta e infrarroja, además de estas radiaciones, emite partículas cargadas eléctricamente (protones, electrones y partículas alfa), conocidas como viento solar.

Para el caso de los satélites el principal problema a causa de este evento son los protones, lo que obliga a que los satélites sean diseñados con paredes gruesas para evitar que la radiación penetre el interior del mismo, siendo los semiconductores aquellos elementos más sensibles a estas radiaciones, ya que poco a poco se van degradando hasta que fallan y producen errores en el procesamiento de señales.

Otro tipo de daño a los satélites es debido a un fenómeno conocido como Carga Dieléctrica Profunda (por su nombre en inglés *Deep Dielectric Charging*), en donde los electrones de alta energía procedentes de alguna perturbación del viento Solar penetran en la coraza del satélite y se comienzan a acumular en los materiales dieléctricos, así como en las tarjetas de los circuitos, y en el dieléctrico de los cables coaxiales.

La acumulación de cargas propicia que se genere un campo eléctrico muy intenso, el cual al exceder la constante dieléctrica de rompimiento del material produce descargas repentinas. Estas descargas dañarán el sistema, quemando componentes y destruyendo los semiconductores.

Por consiguiente, podemos decir que los satélites están expuestos a distintas fuentes de radiación y que los niveles que reciben dependen de los tipos de órbita, por lo que todo esto obliga a diseñar los satélites con las protecciones adecuadas.

III. CONTEXTO.

A. Órbita geoestacionaria

Ubicada en el plano ecuatorial a 36.000 Km sobre la superficie terrestre, tal como se observa en la figura 1., una órbita geoestacionaria, es aquella en la cual, en posición próxima a la línea ecuatorial del planeta, los satélites tienen una órbita de 24 horas, de modo que parecen quietos en el espacio por su coincidencia con la rotación terrestre, lo que permite enlaces ininterrumpidos para transmisiones y capacidades de recepción con antenas relativamente pequeñas y en cualquier parte del área de cubrimiento del satélite

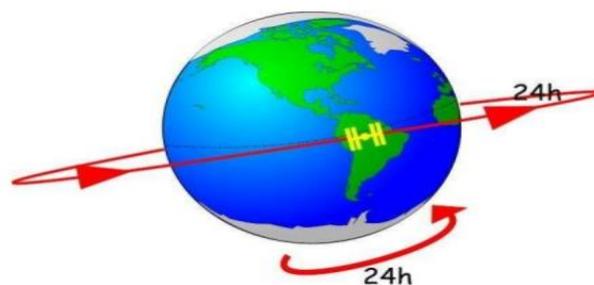


Fig. 1. Órbita Geoestacionaria

B. Los satélites geoestacionarios

Son simples repetidores de la señal que se envía desde la Tierra en una frecuencia más alta que la de recepción, la cual es amplificadora y de vuelta a la Tierra, cubriendo determinadas regiones de la Tierra según la orientación de las múltiples antenas del satélite para cada "transponder". Esta cobertura del satélite se denomina huella satelital o pisada satelital esta información depende el diámetro necesario para nuestra antena receptora. La huella del satélite es de forma irregular, con áreas donde la señal es más intensa y otras donde es menor o inclusive nula. A continuación se muestra la situación actual de los satélites en órbita geoestacionaria, ver Fig. 2., se observa la órbita geoestacionaria a los satélites que se encuentran ubicados en la misma.

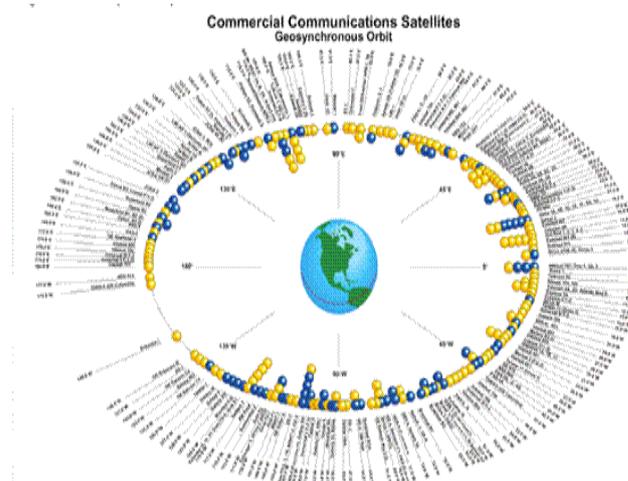


Fig. 2. Satélites ubicados en la Órbita Geoestacionaria

Por otro lado, los satélites geoestacionarios están compuestos por diferentes subsistemas, los cuales se mencionan a continuación:

- Propulsión: Se encarga de mantener la posición orbital y compensar los movimientos por la fuerza gravitacional del Sol, la Luna y el viento solar.
- Potencia Eléctrica: Se encarga de generar

corriente eléctrica al satélite a través de los paneles Solares. Así mismo es el encargado de administrar la carga y descarga de las baterías, para suministrar la energía al satélite durante los períodos de eclipse.

- Control Térmico: Se encarga de mantener todos los elementos que compone el satélite dentro de los márgenes de temperatura y radiar al espacio el calor de los equipos electrónicos.
- Control de Actitud: Se encarga de mantener el apuntamiento a Tierra y las antenas orientadas hacia sus coberturas.
- Telemetría y Telecomando: Se encarga de mantener la comunicación del satélite.
- Carga Útil: Es el equipamiento electrónico para el cual fue diseñado el satélite, así como la amplificación de las señales (transmitidas/recibidas) desde las estaciones terrenas, mediante antenas especiales para concentrar la potencia transmitida en la cobertura del satélite.

En la Fig. 3., se observa el satélite ya ensamblado con su carga útil y los materiales para el control térmico.



Fig. 3. Equipamiento de la carga útil

Por lo tanto, los satélites se diseñan y se construyen considerando el ambiente espacial en el que se desarrollan su misión durante su vida útil, tenemos:

- Modelos de radiación por partículas: por ejemplo: AE8 (e-), AP8 (p+).
- Llamadas Solares: Modelo King, se consideran al menos 4 ALE (Eventos Largos Anormales) durante la vida útil del satélite (>15 años).
- Consideración de distintas alternativas de diseño: para minimizar riesgos de fallo en aquellos equipos susceptibles a radiaciones

ionizantes, ambiente solar, plasma, campo geomagnético, entre otros.

- Márgenes de funcionamiento seguro en equipos susceptibles para evitar fallas derivados de la radiación cósmica. La radiación cósmica de fondo es la energía remanente del Big Bang que dio origen al universo. La teoría del Big Bang predice una forma muy específica del espectro de la radiación cósmica de fondo: éste debe ser el espectro característico de un cuerpo en equilibrio termodinámico.

- Protección frente a ESD (Descarga Electroestática) interna/externa.

Además, se puede decir que los principales efectos derivados del clima espacial en los dispositivos que componen un satélite geoestacionario son:

Degradación de paneles solares, debido a que disminuye la potencia eléctrica.

SSE (*Single Event Effects*) son los efectos dañinos causados en la memoria a bordo, equipos de procesamiento de sistemas de control de actitud (AOCS). Los efectos causados por el Sol son:

1. Partículas cargadas de alta energía (protones, iones, entre otros), que atraviesan el satélite e impactan en uniones de dispositivos electrónicos, provocando cambios de estado (abierto/cerrado), afectando a puertas y dispositivos de almacenamiento (memorias), valores anómalos de corriente.
2. Alteran los sistemas de procesamiento: lógica de funcionamiento, configuración del sistema, falsa detección, entre otros.
3. LET (*Linear Energy Transfer* por sus siglas en inglés), la transferencia lineal de energía provoca efectos en el material desde cambios de estado (single bit error), hasta daños permanentes que afectan su funcionamiento. En la Fig. 4 se observa cómo unas ráfagas de partículas radiactivas atraviesan un circuito electrónico, dejando un rastro de iones. Los iones interrumpen el flujo de electricidad en el circuito, haciendo que el circuito funcione incorrectamente.

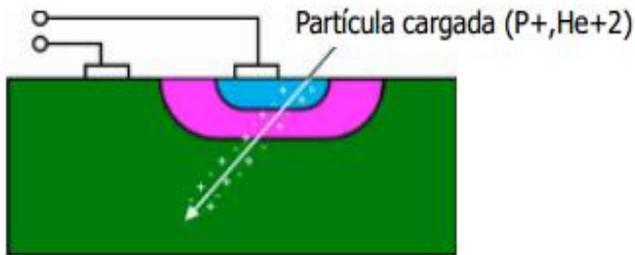


Fig. 4. LET y su efecto sobre el material

ESD (Electro Static Discharge), son todos los arcos eléctricos (interior/exterior) por carga acumulada. Los efectos causados por el Sol son:

1. Acumulación de carga eléctrica estática en el satélite por moverse en zonas con cargas eléctricas, por impacto de partículas energéticas (ejemplo: protones), o por efecto fotoeléctrico en superficies.
2. La carga se acumula hasta que se produce la descarga electrostática y se igualan potenciales.
3. Los eventos ESD pueden provocar efectos espurios menores (falsa conmutación, lectura errónea de sensores), degradación de características, o pérdida de elementos funcionales.
4. Acumulación de cargas:
 - Carga superficial por electrones de baja energía en superficies expuestas.
 - Carga profunda por electrones de alta energía, penetrando elementos dieléctricos y conductores (cables coaxiales).

Por consiguiente, los requisitos necesarios para su diseño son:

1. Seleccionar circuitos inmunes a transitorios (<math><100\mu s</math>).
2. Pruebas de susceptibilidad a ESD de equipos y subsistemas.
3. Puesta a tierra de circuitos, blindaje de cables expuestos.
4. Blindaje de equipos, espesores adecuados según su protección.

TRD (Total Radiation Dose) es la degradación de elementos electrónicos por acumulación de radiación.

Los efectos causados por el Sol son:

1. Los equipos electrónicos a bordo de los satélites pueden degradarse o fallar por radiaciones ionizantes.

2. El efecto es acumulativo y debe tenerse en cuenta la vida útil total del equipo (GEO > 15 años).
3. Los modelos de radiación aplicables según la órbita, son básicos para abordar el diseño de los equipos, teniendo en cuenta la tecnología de semiconductores utilizada ya sea Bipolar, FET, CMOS, entre otros.
4. Protección frente a radiación, a través de blindaje de los equipos por medio de Aluminio, Alloy, entre otros metales.
5. Dosis de radiación anual para equipos en satélites GEO <math><1</math> krad.

Al mismo tiempo, es preciso detallar los efectos del Sol sobre los paneles solares de los satélites geostacionarios, se mencionan a continuación:

- **Paneles Solares:** en la Fig. 5, estos elementos presentan mayor degradación de sus características, debido al Sol (Viento Solar, partículas, entre otros).

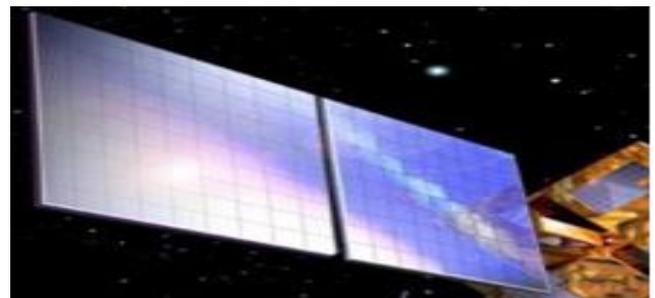


Fig. 5. Paneles Solares

Los efectos que causa el Sol sobre los paneles solares son:

1. Intensidad de corriente eléctrica decreciente con el tiempo (menor potencia disponible a bordo).
2. Puede afectar a la explosión de la carga útil.
3. Degradación anual estándar (0.5% - 1.5%).
4. Llamadas Solares: pueden reducir de forma permanente la potencia disponible (2% - 5%) por evento.

Por consiguiente, los requisitos necesarios para los paneles Solares de los satélites geostacionarios son:

1. Evitar riesgos de arcos eléctricos entre elementos del panel Solar, teniendo la capacidad para soportar carga electrostática superficial provocada por flujo de electrones de alta/baja energía.

2. Evitar la aparición y propagación de eventos de ESD entre elementos del panel solar y su interconexión al cuerpo del satélite.
3. Mantener el margen de potencia de un 5-7% al final de la vida útil (EOL) en las peores condiciones de uso (máxima carga necesaria).
4. Mantener las condiciones de uso en casos extremos: pérdida limitada de conjuntos de celdas del panel, radiación ultravioleta (UV), degradación de coberturas externas por micro meteoritos, aparición de hasta 4 grandes eventos (ALE) solares.
5. Cumplir las consideraciones del pico del ciclo solar al principio de la vida útil (BOL) para el cálculo del perfil de degradación del rendimiento del panel solar.

En la Fig. 6. se observa cómo los diferentes efectos solares pueden causar daño en los satélites, en este caso la descarga electrostática es la que afecta en un 55% a lo largo de la vida útil del satélite

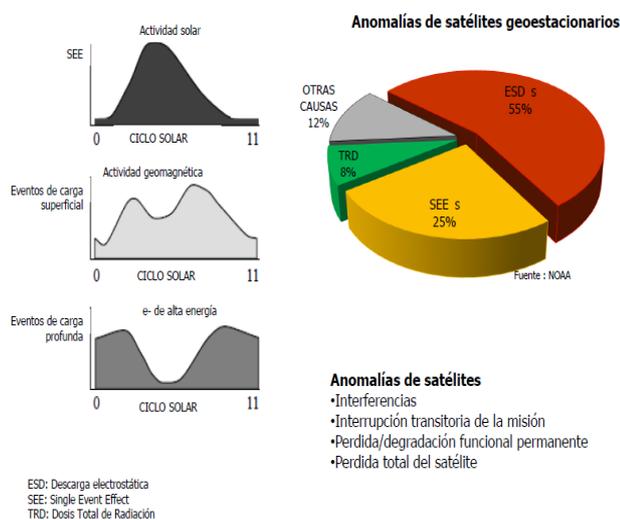


Fig. 6. Distribución de eventos y ciclo solar.

Otras de las consideraciones a tomarse en cuenta a la hora de la fabricación y diseño de un satélite para que no ocurran problemas con la energía solar es el subsistema de control térmico. Las diversas partes del satélite requieren rangos distintos de temperatura para operar de manera eficiente, por lo que se necesita de un equilibrio térmico del conjunto para que dichos rangos se conserven. El calor generado por los amplificadores de potencia, la energía absorbida

del Sol y la Tierra por el satélite y demás factores intervienen en el equilibrio y deben considerarse.

La energía proveniente de la Tierra la integran dos tipos de radiación: la propia de ella y la del Sol reflejada por su superficie. La suma del calor generado en el interior del satélite (en especial por el uso de amplificadores de alta potencia TWT) más el producido por la absorción de energía del Sol y la Tierra, menos el radiado por el satélite hacia su interior, se debe mantener lo más constante posible, con pocas variaciones. Debe ser capaz de mantener un equilibrio durante eclipses, en donde el satélite puede mantener su temperatura nominal, y de nuevo volverse a calentarse al estar expuesto a los rayos del Sol. También existe una transferencia de calor externa provocada por radiación y una interna generada entre sus partes por medio de la conducción.

Para lograr un equilibrio térmico, se han diseñado distintos materiales que se utilizan para proteger cada una de las partes del aparato. Por ejemplo, las caras norte y sur de los satélites triaxiales van cubiertas con un reflector óptico de cuarzo, semejante a un gran espejo, que rechaza el calor exterior y al mismo tiempo lo transfiere del interior al vacío; los dispositivos que generan más calor se colocan junto a él, en el interior. Estos espejos actúan como filtros, ya que reflejan las radiaciones de luz visible y ultravioleta provenientes del Sol y permiten el paso de la radiación infrarroja de los aparatos electrónicos hacia el espacio. También se acostumbra proteger a las antenas y demás partes externas con materiales aislantes que les protege del calor o de los cambios bruscos de temperatura. Hay una gran variedad de cobertores, de diferentes colores y materiales, entre ellos krapción, kevlar, mylar, dracón, entre otros. En la siguiente Fig. 11. se observa los revestimientos usados en los satélites para controlar la temperatura.



Fig. 7 Recubrimientos aislantes en los satélites

Los colores juegan un papel importante en el acabado de las partes del satélite, dependiendo del lugar que cada una de ellas ocupe en la estructura, al igual que las propiedades de absorción y emisión de los materiales. Tanto la pintura blanca como elemento frío frente al Sol, como la pintura negra como elemento caliente, son ejemplos del uso de los colores en el exterior de un satélite.

La combinación de materiales y colores, y los reflectores ópticos, permiten obtener un equilibrio térmico aceptable la mayor parte del tiempo.

El verdadero problema del equilibrio térmico se presenta durante un eclipse. El satélite sufre un enfriamiento drástico provocado por una modificación de la temperatura resultante total, producto del bloqueo de los rayos del Sol. Esta disminución de la temperatura puede provocar un mal funcionamiento de varios componentes, destacando a las baterías, que son responsables de suministrar energía eléctrica al satélite durante el eclipse, y por lo tanto es preciso contar con algún sistema de calefacción que se encienda cuando la temperatura comienza a disminuir de forma significativa. En estos casos, se utilizan los llamados caloductos o tubos de calor, que distribuyen en el interior el calor emitido por los amplificadores de potencia, así como calentadores eléctricos activados por termostatos o a control remoto. Estos caloductos operan bajo el principio de la evaporación y condensación sucesivas de algún fluido en los extremos de un tubo; en el extremo donde está la fuente de calor el fluido se evapora, y en el otro se encuentra un radiador que transmite el calor al exterior del tubo, hacia las partes frías; esto ocasiona que el fluido se condense, pero al recircular en el interior del caloducto pasa nuevamente a la condición de evaporación, y así de forma sucesiva.

En otro orden de ideas, una llamarada se define como una variación súbita, rápida e intensa en el brillo. Una llamarada solar se produce cuando la energía magnética que se ha acumulado en la atmósfera solar es liberada repentinamente.

Como problema principal tenemos que, una intensa actividad en nuestro Sol ardiente provoca la acumulación de energía magnética en su atmósfera que en ocasiones es liberada repentina y rápidamente, enviando una llamarada de radiación equivalente a millones de bombas de hidrógeno y

energía hasta 10 millones de veces mayor que una erupción volcánica. En la Tabla I. se observa los niveles de radiación del Sol de acuerdo a la escala de la NOAA, se permite el estudio de los niveles de radiación solar y las tormentas geomagnéticas.

Clasificación de tormentas Solares según NOAA/USA

Una tormenta solar es un evento en el que la actividad del Sol interfiere en el campo magnético de la Tierra. Estas tormentas ocurren como resultado de erupciones solares y eyecciones de masa coronal, que generan un viento solar, una ráfaga de partículas que, si viajan en dirección a la Tierra, pueden interferir en su campo magnético. Por consiguiente, al realizar el diseño de un satélite geoestacionario hay que tomar en cuenta el clima espacial, el grado de clasificación de las tormentas solares según la referencia de la NOAA/USA

TABLA I.
NIVEL DE ESCALA DE LA TORMENTA SOLAR

NOAA, Escala del Tiempo Espacial para Tormentas de Radiación Solar				
Categoria		Efectos	Nivel de Flujo ≥ 10 MeV (iones*)	Numero de eventos para el nivel de Flujo señalado, tormentas días**
Escala	Descripción			
S5	Extrema	Operaciones Satelitales: Pérdida de algunos satélites, daños en memoria que provocan pérdida de control, intenso ruido en datos de imágenes, los seguidores de estrellas no pueden localizar las fuentes, daños permanentes a los paneles solares.	10^5	Menos que 1 por ciclo
S4	Severa	Operaciones Satelitales: Dificultades con los dispositivos de memoria, ruidos en sistemas de imágenes, mal funcionamiento en los localizadores de estrellas que causan problemas de orientación, los paneles solares son afectados.	10^4	3 por ciclo
S3	Fuerte	Operaciones Satelitales: ocurrencia de eventos simples, ruido en las señales de imágenes, es posible ligera disminución de la eficiencia de los paneles solares.	10^3	10 por ciclo
S2	Moderada	Operaciones Satelitales: Baja probabilidad de ocurrencia de eventos simples	10^2	25 por ciclo
S1	Menor	Operaciones Satelitales: Ningún Efecto	10	50 por ciclo

En el caso de las tormentas Geomagnéticas, son una importante perturbación de la magnetosfera de la Tierra, que se produce cuando hay un intercambio muy eficiente de la energía del viento solar en el entorno espacial que rodea la Tierra, también se cuenta con una escala, se menciona a

continuación proporcionada por la Agencia Nacional Atmosférica Oceanográfica de Estados Unidos (NOAA), en la tabla II se mencionan las escalas de acuerdo al grado de intensidad que esta presenta:

TABLA II.
NIVEL DE ESCALA DE TORMENTAS GEOMAGNÉTICAS

NOAA, Escala del Tiempo Espacial para Tormentas Geomagnéticas				
Categoria		Efectos	Parámetro Físico	Frecuencia Promedio (1 ciclo = 11 años)
Escala	Descripción			La duración del evento influye en la severidad de los efectos
G5	Extrema	Operaciones de Sistemas Espaciales: Inducción de carga eléctrica superficial extensiva, dificultades con la orientación, problemas en los enlaces y el seguimiento de los satélites.	Kp=9	4 por ciclo (4 días por ciclo)
G4	Severa	Operaciones de Sistemas Espaciales: Posibilidad de inducción de carga eléctrica superficial y de dificultades con el seguimiento, se podrían requerir correcciones a los problemas de orientación.	Kp=8,	100 por ciclo (60 días por ciclo)
G3	Fuerte	Operaciones de Sistemas Espaciales: Posibilidad de inducción de carga eléctrica en los componentes, puede ocurrir un incremento de la razón de decaimiento de satélites de orbitas bajas, podrían requerirse correcciones de la orientación.	Kp=7	200 por ciclo (130 días por ciclo)
G2	Moderada	Operaciones de Sistemas Espaciales: Se requieren acciones correctivas por el centro de control, los cambios en el decaimiento de los satélites afectan los cálculos de órbita.	Kp=6	600 por ciclo (360 días por ciclo)
G1	Menor	Operaciones de Sistemas Espaciales: Afectaciones menores a la operación de satélites.	Kp=5	1700 por ciclo (900 días por ciclo)

III. RECOMENDACIONES.

La premisa principal del subsistema de control térmico es mantener los equipos del satélite dentro de los parámetros adecuados de temperatura de esta manera no tengan ningún tipo de problemas durante la vida útil del mismo, es decir, durante las fases de PRE lanzamiento, lanzamiento y puesta en órbita.

Dependiendo del tipo de órbita (órbita baja, media o GEO estacionaria) a la cual se someterá la plataforma satelital (carga útil y plataforma) existirán diversas influencias del clima espacial sobre la misma, y ellas son; el albedo, la emisión de rayos infrarrojos terrestres y el flujo solar.

Las diversas partes del satélite requieren rangos distintos de temperatura para garantizar su operatividad, por lo que es necesario un equilibrio térmico del conjunto para que dichos rangos se conserven. El calor generado por los amplificadores de potencia, la energía absorbida del Sol y la Tierra por el satélite y demás factores intervienen en el equilibrio y deben considerarse. Estos espejos actúan como filtros, ya que reflejan las radiaciones de luz visible y ultravioleta provenientes del Sol y permiten el paso de la radiación infrarroja de los aparatos electrónicos hacia el espacio. También se acostumbra proteger a las antenas y demás partes externas con materiales aislantes que les protege del calor o de los cambios bruscos de temperatura.

IV. CONCLUSIONES

Con el tiempo, la radiación puede dañar los materiales usados en la electrónica. La radiación puede hacer que la electrónica se deteriore más rápidamente. Por ejemplo, con el tiempo, los paneles solares usados en una nave espacial generan menos electricidad. La radiación del espacio degrada los paneles solares lentamente.

Es por ello, que la radiación también puede interrumpir el flujo de electricidad en circuitos electrónicos. Esto puede causar que se emitan "comandos fantasmas", o alterar el contenido de los circuitos de memoria de computadoras. El efecto de la radiación sobre la electrónica es una preocupación para quienes construyen naves espaciales. Las naves espaciales usan gran cantidad de electrónica. Las

naves espaciales también están expuestas a mayor cantidad de radiación de lo que están la mayoría de los dispositivos en Tierra.

REFERENCIAS

- [1] Globalsat ¿Puede la actividad del sol afectar las Comunicaciones satelitales? Disponible en: www.satelital-movil.com/2012/04/puede-la-actividad-del-sol-afectar-las.html. Consulta: febrero del 2016.
- [2] López, Isabel (2010). Emulación de los efectos de la radiación Ionizante en dispositivos analógicos mediante laser pulsado de femtosegundo sintonizable. Tesis Doctoral Universidad Complutense de Madrid. Disponible en: eprints.ucm.es/12677/1/T32936.pdf Consulta: Abril 2016.
- [3] Mantilla, Julián (2010) Interferencia en las señales de telecomunicación debido a la radiación solar Disponible en: <http://proyecto-grapa7.blogspot.com/>. Consulta: Abril 2016
- [4] Neri V, R. (2003). Comunicaciones por satélite. Primera edición, México: Editorial Thomson
- [5] Rodríguez, C. (2007), Primeras observaciones a 139.0 MHz realizadas en el Mexart. Universidad Nacional Autónoma de México. Para optar al título de Maestro en ciencias. Disponible en: http://www.geociencias.unam.mx/geociencias/posgrado/tesis/maestria/rodriguez_jc.pdf Consulta: Abril 2016.
- [6] Vaciamadrid, Rivas (2011). Efectos del Sol en Satélites Geostacionarios de Comunicaciones Disponible en: http://www.proteccioncivil.org/catalogo/naturales/clima/aespacial/jt_clima%20espacial%201/presentaciones/p12.pdf. Consulta: Abril 2016



Carlos E. 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

curso 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.



María A. Sánchez, nació en Guacara estado Carabobo. En la Universidad Nacional Experimental de la Fuerza Armada (UNEFA) obtuvo el título de Ingeniero en Telecomunicaciones (2010). En la Universidad Yacambú la Especialización en Gerencia mención Redes y telecomunicaciones (2015).

Entre los cursos que ha realizado están los siguientes: Seguimiento y Monitoreo del Satélite “Simón Bolívar” (2010). Curso Básico de Astrometría, Instrumentación y Reducción de Observaciones (2011). Plan de Capacitación del Programa Venesat-1 Primer Satélite Venezolano de Telecomunicaciones Subsistema SCC (Enero 2014 - Actualidad). Su desempeño laboral lo ha realizado en la Agencia Bolivariana para Actividades Espaciales (ABAE) (Desde el 15/10/10 Actualidad). En la Agencia Bolivariana para actividades Espaciales (ABAE) ocupó el cargo de Técnico de monitoreo Venesat-1. Actualmente se desempeña en el cargo de Personal de Investigación 4 en el área de Control Satelital del Venesat-1.