



# AMSAT ARGENTINA LUSAT-1 MANUAL DEL SATELITE

Por LU7DSU, Marcelino García  
18 de Febrero de 1990



El presente trabajo pretende describir las principales características técnico operativas del primer satélite argentino para radioaficionados que AMSAT Argentina construyó en el marco del proyecto de AMSAT-NA (USA-CANADA) para la construcción y puesta en órbita de un grupo de satélites semejantes.

AMSAT ARGENTINA, Asociación Científica Civil sin fines de lucro formada en su mayor parte por radioaficionados argentinos, ha preparado un satélite para comunicaciones digitales con capacidad de almacenamiento de mensajes, para ser utilizado como correo electrónico de mensajes de alcance mundial (Fig. 1). La técnica utilizada es la de Store & Forward (Fig. 2), llamada comunmente PBBS (Packet Bulletin Board System). Asimismo permite, a través de su abundante telemetría, conocer las condiciones del equipo en el espacio para futuras experiencias.

Este satélite, junto con otros tres de características similares, fue lanzado como carga secundaria del SPOT-2 (satélite de estudio de recursos naturales de la Tierra) por medio de un cohete ARIANE-1 de la Agencia Espacial Europea el 21 de Enero de 1990 a las 22:35 Hs LU (22 de Enero a las 01:35 GMT). El mismo tiene una órbita de 820 Km. de altura, circular, sol-sincrónica, con una inclinación de 98.7 grados con respecto al ecuador (Fig. 3).

El satélite ha sido construido en EEUU por intermedio de un acuerdo bilateral entre AMSAT-ARGENTINA y AMSAT-NA (AMateur SATEllite Association, de Norte América). En este proyecto fue aprovechada toda la experiencia adquirida hasta hoy con los 13 satélites colocados en órbita, de la serie OSCAR (Orbiter Satellite Carring Amateur Radio) de AMSAT en USA, Alemania, Canadá, Japón y Gran Bretaña.

Por otro lado, se trató de aportar lo mejor de la tecnología y experiencia de los radioaficionados argentinos, a la parte del proyecto que involucra la intervención del grupo AMSAT-ARGENTINA, incluyendo el control del satélite desde estaciones terrenas en Argentina.

El diseño corresponde al Ing. Jan King W3GEY y al Dr. Tom Clark W3IWI, y se basa en un nuevo concepto de satélites de pequeño tamaño, peso y bajo costo, denominados MICROSAT.

## Comisión Directiva

Presidente:	Carlos A. Huertas	LU4ENQ
Vicepresidente 1:	Arturo H. Carou	LU1AHC
Vicepresidente 2:	Ing. Hugo Lorente	LU4DXT
Secretario:	Osvaldo Gago	LU6ELO
Tesorero:	Alfredo Fraire	LU6DWA
Pro tesorero:	Ignacio Mazzitelli	LU4ESY
Vocales Titulares:	Rubén Ferreiro	LU6DYD
	José Machao	LU7JCN
	Ricardo Sassy	LU4AKD
	Claudio Zanella	LU4AEY
Vocales Suplentes:	Ing. Raúl Fernández	LW2DQO
	Marcelino J. García	LU7DSU
Revisores de Cuentas Titulares:	Ing. Gerardo Belinsky	LU1MBB
	Pedro Converso	LU7ABF
	Juan Giometti	LU3AGJ
Revisores de Cuentas Suplentes:	Carlos Gadea	LU9UE
	Néstor Pavan	LU7XAC

## Proyecto LUSAT

Coordinador General:	Rubén Ferreiro	LU6DYD
Control:	Jorge Szyszko	LU1EXC
Control Back-up:	Nestor Pavan	LU7XAC
Ingeniería:	Ing. Raúl Fernandez	LW2DQO
	Marcelino J. García	LU7DSU
	Ing. Hugo Lorente	LU4DXT
	José Machao	LU7JCN
Coordinador de BBS:	Claudio Zanella	LU4AEY
Software:	Pedro Converso	LU7ABF
	Ricardo Sassy	LU4AKD
Difusión:	Néstor Bono	LU2AMW

### LUSAT-1 Características Técnicas

#### Generalidades

#### Aspectos Mecánicos y de Montaje

MICROSAT consiste en una caja casi cúbica de 23 cm de lado sin contar las antenas y con un peso de 10 Kg. Del total, 7,5 Kg. son para el satélite propiamente dicho y 2,5 Kg. para el soporte con el resorte y el tornillo explosivo para la separación.

Este ultimo, permite el montaje del satélite en un anillo especial de 3 metros de diámetro (Fig. 4A) donde se ubican en total 6 satélites; 4 MICROSAT's y 2 satélites UoSAT's. El conjunto se integra al cohete portador ubicándose debajo del satélite SPOT-2, con sus antenas plegadas (Fig. 4B).

#### Alimentación

En la parte exterior se distribuyen los paneles solares que generan la energía eléctrica necesaria.

En cada una de las 4 caras laterales y en la parte superior se distribuyen 4 paneles de 20 celdas solares de 20 X 20 mm, de alta eficiencia. Cada panel es capaz de proporcionar 1,6 W.

La cara inferior, debido al montaje de las 4 antenas transmisoras y el soporte del satélite, solo permite disponer de 4 paneles de 10 celdas.

Estos paneles solares alimentaran, con una tensión de 20 volts, un regulador de carga para la batería, compuesto por 8 celdas de níquel cadmio de 6 Ah y 10 volts de tensión. El regulador proveera además tensión regulada de +8.5 y +5 volts para los circuitos electrónicos.

#### Frecuencias de Transmisión

El LUSAT-1 transmitir en dos frecuencias: 437.150 y 437.125 Mhz.

Un transmisor, el principal, transmitir en 437.150 Mhz, en PSK. Un segundo transmisor, de reserva, lo hará en 437.125 Mhz, utilizando la técnica de modulación Hellaps.

Un tercer transmisor, correspondiente a la baliza de telemetría de CW, transmitir en la misma frecuencia que el transmisor de reserva, ya que compartir n la misma antena a través de un relay, y no es posible el funcionamiento simultaneo de estos 2 transmisores. El diagrama en bloques del satélite (Fig. 6) indica claramente esta condición.

Sin embargo, como el transmisor principal tiene una alimentación de antena independiente, ser posible su funcionamiento simultaneo con el transmisor de la baliza de CW.

Para recibir al satélite en modo digital, es necesario contar con un receptor capaz de recibir en 437.150 Mhz en Banda Lateral Única, una PC + un modem TNC operando en modo radio-paquete (sistema PACKET). Y un adaptador PSK.

Para recibir la telemetría en telegrafía, solo es necesario un receptor o conversor para recibir CW en 437.125 Mhz.

### **Frecuencias de Recepción**

Las frecuencias previstas de recepción por parte del satélite seran: 145.900 - 145.880 - 145.860 - 145.840 Mhz, mas un canal de comando reservado para la estación terrena de control del satélite.

Para transmitir al satélite se podrá usar un transmisor de 2 metros FM normal, pero la señal de audio que alimenta al transmisor, deberá pasar por un adaptador especial. Concretamente, a la señal de datos proveniente del MODEM TNC hay que adosarle "CLOCK", y esto lo realiza un circuito muy simple con un par de circuitos integrados (forma parte del adaptador PSK).

### **Control de Actitud del Satélite**

El LUSAT-1 no cuenta con medios para poder controlar en forma activa la orientación del satélite. En un satélite tan pequeño, seria sumamente complejo el agregado de algún medio activo, pero es necesario lograr que gire para evitar el recalentamiento de la cara que diese al Sol y el congelamiento de la parte que quedara a la sombra.

Para esto se recurre al fenómeno de presión fotónica, pintando las caras de las 4 antenas, negras de un lado y blancas del otro. El Sol "soplara" las antenas como si fuesen un molino, lo cual hará girar al satélite sobre su eje longitudinal.

La velocidad de rotación ira aumentando hasta que se consiga un equilibrio entre las fuerzas que provocan este movimiento y las que se producen por la histéresis causada por el campo magnético terrestre, en una serie de pequeñas varillas de metal orientadas en forma paralela al eje "X" (horizontales).

Esta técnica fue probada con éxito en Oscar 7 y 8.

La rotación resultante estimada estar entre 8 y 15 minutos por vuelta. Esta rotación es indispensable para compensar las diferencias térmicas.

Los 4 costados del satélite tendrán además 4 imanes de permalloy (permanentes) alineados con sus polos Norte dirigidos en dirección del eje +Z (hacia arriba). Esto hará que el eje "Z" gire 2 veces por órbita al interaccionar los imanes con el campo magnético terrestre. Esta técnica también fue probada con éxito en Oscar 7 y 8.

### **Diagrama en Bloques**

El satélite esta constituido por 5 módulos apilados de aluminio (Fig. 5 y 6), prácticamente cuadrados, de 23 cm de lado por 4 cm de alto. Todos los módulos tienen un conector de 25 pines tipo PC, y un solo manojo de cables interconecta los mismos. Esta construcción modular simplifica el testeo al construir varios satélites y permite el reemplazo o cambio de algún módulo a último momento, sin afectar el resto. En la Fig. 7 se observa el diagrama en bloques del satélite completo.

### **Modulo 01 Transmisor**

El primer módulo, contando desde abajo hacia arriba, contiene la etapa de transmisión en modo PSK, formada por 2 transmisores: Un transmisor, el principal, de alta

confiabilidad funciona con una etapa de salida convencional en clase "C", de 4 Watts, operando en la frecuencia de 437.150 Mhz.

El otro transmisor (experimental de muy alta eficiencia) es considerado de reserva; funciona con técnica "HELLAPS", (similar a la utilizada en los transponders de Oscar 10 y 13), y entrega también a 4W de potencia de salida. Transmitir en 437.125 Mhz. Cada transmisor, considerando el consumo total, supera el 60 % de rendimiento.

La modulación ser BPSK (BiPhase Shift Keying) o sea por desplazamiento de fase a las velocidades de 1200 o 4800 bauds, seleccionables por comando desde Tierra.

El protocolo utilizado en el modo radio-paquete (PACKET) es el AX.25, que utiliza HDLC y la técnica NRZI.

El ancho de banda ser de 4 Khz. a 1200 baudios y casi 15 Khz a 4800 baudios. El transmisor "HELLAPS" tiene reducción del ancho de banda de la señal de PSK lo cual permite concentrar la potencia en la señal que interesa.

## **Modulo 02 Computadora**

Aquí se encuentra la computadora de a bordo, que es similar a una IBM-PC modelo AT. La CPU, que es el corazón del satélite, esta basada en un procesador NEC CMOS V-40 (similar al 80188). La computadora incluye además:

- \* ROM de 2KB que realiza la inicialización del programa y permite la carga del programa de control. Este programa se carga antes del lanzamiento, y podrá ser modificado y/o cambiado desde Tierra.

- \* 256 KB de memoria EDAC (Error Detection And Correction) para el almacenamiento del programa solamente, que utilizara 12 bits por cada byte, siendo los 4 sobrantes para control de errores y su corrección.

- \* 2 MB de RAM, organizada como 4 bancos de 512 KB cada uno, con doble acceso.

- \* 8 MB de RAM, organizada como DISCO VIRTUAL, con acceso serie. Esta memoria puede ir quitando bancos para evitar el consumo si no se la utiliza.

- \* 6 Ports serie I/O para protocolos múltiples.

- \* 6 Canales de decodificación Manchester para la recepción.

- \* 1 Port serie I/O para la telemetría, control de los distintos módulos, experimentos y sistemas.

- \* Conversor analógico/digital (A/D converter) de 8 bits para medición de señales, temperaturas y tensiones de referencia para los sistemas de telemetría.

- \* 8 Ports I/O para soporte de experimentos externos.

- \* WATCHDOG ("Perro Guardián") que resetea automáticamente la CPU en caso de fallas, o en caso de no recibir comandos, durante un periodo determinado de tiempo. El objetivo es evitar que la CPU quede "colgada" y evitar bloqueos potenciales de comandos enviados desde Tierra.

- \* RESET. Control de reset desde Tierra mediante un patrón de bits codificados, para el caso en que todo lo anterior falle.

- \* Los programas de comando están realizados en "C" compilado, y podrán ser cargados en la memoria del satélite en el modo transparente de PACKET AX.25.

## **Modulo 03 Fuente de Poder**

Aquí esta situado el módulo de alimentación que recibirá la tensión de 20 volts de los paneles solares y los acondicionará para regular la carga de la batería de 10 volts.

Este sistema ajusta el punto de operación de las celdas solares cuando la batería esta a plena carga. La tensión de la batería llegara a un nivel de 11,7 V cuando este totalmente cargada y descender a 9,2 V cuando se llegue al 70% de la descarga, punto que se considera de máxima descarga por motivos de seguridad.

La batería esta compuesta por 8 celdas de níquel-cadmio. Debido al alto costo de las baterías calificadas para trabajar en el espacio, se decidió emplear una solución ya adoptada para Oscar-11. La idea es utilizar baterías comerciales de buena calidad, las que son sometidas previamente a pruebas de calificación, con ciclos extensos de carga y descarga a temperaturas similares a las que soportarían en el espacio, revisándolas con rayos X para detectar problemas internos y luego de esto seleccionando solo las mejores celdas.

El módulo de poder contiene, además del pack de baterías y el regulador de carga, el regulador de +5 V y el de 8.5 V para la computadora y circuitos que requieren tensión estabilizada.

Los paneles solares utilizan células de silicio de alta eficiencia con reflectores en la superficie posterior (BSR). Esta tecnología es nueva, y permite una mayor eficiencia. Los fotones que no producen electricidad al atravesar el silicio, tendrán una segunda chance para lograrlo debido a que serán reflectados. Los paneles solares son producidos bajo contrato, por Solarex.

La potencia disponible de los paneles solares es de 14 watts como máximo, lo que permite que, al final de una orbita, se obtenga un promedio de 7 a 10 watts disponibles.

#### **Modulo 04 Baliza de CW**

En este módulo originalmente estaba la memoria del satélite. Al cambiar por CHIPS (circuitos monolíticos miniatura) mas integrados, toda la memoria paso al módulo 2 (computador), quedando en consecuencia disponible este modulo.

Es aquí donde se aprovechó esta circunstancia para decidir la colocación de una baliza de CW (telegrafía), cuyo diseño y construcción se realizo totalmente en Argentina.

Consta de un transmisor de 600 mW y un controlador inteligente miniatura que suministrara datos de telemetría, independientemente de la computadora principal del satélite. La frecuencia de transmisión de la baliza es de 437.125 Mhz.

La conexión de la baliza a la antena se hace por medio de un relay especial de enganche (Latch) para evitar el consumo. Esto significa que estando en una posición dada, permanece allí hasta que recibe un pulso de transferir. Este relay hace que actúe el transmisor de packet "HELLAPS" o el de la baliza de CW. Normalmente estar en la posición de la baliza de CW.

Los pruebas de la baliza fueron realizadas en CITEFA, antes de ser enviada a USA para ser montada en el satélite. Se efectuaron pruebas de vacío, comportamiento térmico y de vibración. Dado que todos los satélites Oscar han soportado bajísimas temperaturas al momento de entrar en orbita, y hasta que se estabilizo la posición del mismo, no se podía contar con la información de telemetría necesaria para conocer la situación del satélite. Esto hizo que se pusiera énfasis en asegurar que todo el sistema del modulo de telemetría por CW, a instalar en el LUSAT-1, funcionase en esas condiciones adversas, a efectos de superar esa dificultad y contar con alguna información. Se logro una buena performance desde los -35 grados C.

El transmisor principal (convencional) de PACKET tiene una entrada independiente, de modo que es posible la transmisión simultanea de PACKET y CW.

## Modulo 05 Receptor

El satélite tiene 5 canales de 15 KHz de ancho cada uno. Para una velocidad de 1200 baudios, una desviación en FM de 3 KHz, y sumando el efecto Doppler; con los pasos típicos de 5 KHz de un HANDY común de FM se pueden cubrir justo los 15 KHz de ancho de banda. Cuando en el futuro se aumente la velocidad de subida al satélite a 4800 baudios, los usuarios deberán ajustar su frecuencia de transmisión en pasos menores que los 5 KHz que permiten estos equipos. Además las radios mas comunes de FM no podrán manejar los 4800 baudios sin tener que efectuar alguna modificación.

El receptor del satélite está equipado con un preamplificador a MOSFET de bajo ruido similar al MRF-102, un filtro helicoidal pasabanda de 3 etapas de 3 Mhz de ancho, y un mezclador con MOSFET de doble compuerta para la 1ra. FI de 26 Mhz. La salida del mezclador va a 5 seguidores a emisor, para aislar las 5 FIs (canales de Frecuencias Intermedias) de 10.7 Mhz.

El corazón del receptor es el chip Motorola MC3362, receptor de FM en un chip en pareja con los filtros NDK de 15KHz de ancho de banda centrados en 10.7 Mhz.

Cada MC3362 alimenta a un par de filtros apareados Butterworth de 2 polos, los que están optimizados para velocidades de 1200 y 4800 baud. Una llave analógica CD4066 selecciona la salida de los filtros. El filtro adecuado es elegido por la CPU.

Toda esta parte del receptor cubre un area de 38 x 75 mm en la plaqueta del receptor y consume 4mA a 5V. Este circuito esta repetido 5 veces para proveer los 4 canales de usuario y el canal de control.

### Antenas

En la cara superior (+Z) se encuentra la antena receptora para la banda de 2 metros. La misma tiene una longitud de 95,2 cm y representa 1/2 onda.

Al principio se tenia una antena de 1/4 de onda, pero estudios posteriores revelaron que las reducidas dimensiones del satélite no constituían un buen plano de tierra para ese tipo de antena. Teniendo 1/2 long. de onda con adaptador, se logra un mejor diagrama de radiación.

En la cara inferior (-Z) están las 4 antenas transmisoras, que en conjunto forman una antena "molinete", cuya eficacia quedo probada en Oscar 7, 8, 9, 11 y 12. Están alimentadas a través de un circulador, elemento que permite conectar 2 transmisores a una misma antena.

Si además se adopta el largo preciso (en longitudes de onda) de cable coaxil, se consigue polarización circular en la transmisión, para alimentar las 4 antenas. Por otro lado, según sea el transmisor que este encendido, la polarización ser circular derecha o izquierda.

El material de la antena es fleje de acero de 1 cm de ancho, similar al utilizado en las cintas métricas de medición. Estos flejes están plegados al momento del lanzamiento, y se extienden cuando el satélite es separado del cohete, por medio del tornillo explosivo y el resorte de expulsión.

### Balance Energético del Satélite

#### Especificaciones Varias

* Potencia por ARRAY CLIP (@28 DEG.C)	1.56 W
* Potencia por ARRAY PANEL:	6.24 W
* Potencia superficie -Z	3.12 W
* Potencia estimada Total a la Luz Solar:	8.45 W
* Periodo de la Orbita:	101.5 MIN.
* Periodo de Sombra o eclipse:	35.0 MIN.

* Porcentaje de Sol por Orbita:	65.5 %
* Potencia Promedio por Orbita:	5.54 W
* Eficiencia BCR :	88.0 %
* Potencia Disponible al Satélite:	4.87 W
* Potencia Disponible basado en análisis de Energía:	4.95 W

#### Distribución de la Potencia según distintos Módulos

* Transmisor	3.20 W
* Computadora de a Bordo	1.50 W
* Receptor y Boards AART	0.25 W
* XMTR Promedio de Pot. asignado por Orbita:	3.20 W
* Periodo de la Orbita:	101.5 MIN
* XMTR Asignación de Energía por Orbita:	324.8 W-MIN

#### Utilización de Energía Asignada

* XMTR RF Potencia de salida:	4.00 W
* XMTR Eficiencia (@ 4.00 W):	50.00 %
* XMTR Potencia de Entrada:	8.00 W
* Tiempo por Orbita a 4.00 W:	30.0 MIN
* Energía por Orbita:	240.0 W-MIN
* XMTR RF Potencia de Salida reducida:	0.500 W
* XMTR Eficiencia (@ 0.50 W)	45.0 %
* XMTR Potencia de Entrada (@ 0.50 W)	1.11 W
* Tiempo por Orbita (@ 0.50 W):	71.5 MIN.
* Energía por Orbita (@ 0.50 W):	79.4 W-MIN

---

<b>Potencia Total por Orbita requerida:</b>	<b>319.4 W-MIN.</b>
---	---------------------

Margen de Energía:	5.4 W-MIN
Margen de Potencia Promedio por Orbita:	0.054 W

* Transmisor	3.20 W
* Computadora de a Bordo	1.50 W
* Receptor y Boards AART	0.25 W
* XMTR Promedio de Pot. asignado por Orbita:	3.20 W
* Periodo de la Orbita:	101.5 MIN
* XMTR Asignación de Energía por Orbita:	324.8 W-MIN

#### Características del Enlace

##### Enlace Descendente de Packet

* Potencia de Salida (4.0 W)	+6.0 dBW
* Perdida de alimentación	-0.7 dB
* Ganancia de Antena de TX del Satélite	+2.0 dBiC
* Perdida de Enlace Sat-Tierra (437Mhz @ 3340 km):	-155.7 dB
* Perdida por Polarización:	-3.0 dB
* Atenuación Atmosférica:	-0.3 dB
* Nivel de Señal Isotrópica en Antena Usuario	-151.7 dBW
* Ganancia de Antena Usuario:	0.0 dBi
* Temp. Ruido Sistema Usuario:	450 K
* Sistema Usuario G/T:	-26.5 dB/K
* Usuario C/No:	50.4 dB-Hz
* Velocidad Bit	1200 BPS
* Usuario Eb/No :	19.6 dB
* Requerido Eb/No FOR 10E-5 B.E.R. :	9.6 dB
* Margen del Enlace (a alcance máximo)	10.0 dB

#### Como utilizar el Satélite

## **Información sobre la Orbita**

### **Recepción de Telemetría**

#### **Recepción de CW**

Para recibir la telemetría en telegrafía, solo es necesario un receptor o conversor para recibir CW en 437.125 Mhz.

#### **Recepción de Packet**

Para recibir al satélite en modo digital, es necesario contar con un receptor capaz de recibir en 437.150 Mhz en Banda Lateral Única, una PC + un modem TNC operando en modo radio-paquete (sistema PACKET). Y un adaptador PSK.

### **Comunicaciones Digitales**

Se ha previsto que las estaciones terrestres tengan la posibilidad de recibir el satélite a 1200 baudios con 19dB de señal/ruido si se utiliza una antena de 0dbi. Es decir, con una antena de ganancia unitaria tal como una varilla vertical de 1/4 de onda (17 cm). Con esto se tendría un margen de seguridad de 10 dB para cuando el satélite este a la mayor distancia posible, sobre el horizonte.

El transmisor es un equipo normal de 2 metros FM con una potencia de 10 watts sobre una antena de 2 dBi, preferiblemente con polarización circular. Una excelente antena es la formada por 2 dipolos cruzados, con conexión para polarización circular. (Cualquier sentido de rosca es valido, ya que la antena del satélite es de polarización lineal, y el motivo de la rosca es poder llegar con cualquier inclinación que tenga).

El receptor debe ser capaz de recibir Banda Lateral Única (BLU) en 437.150 Mhz, para la señal digital de PACKET, y el CW de la baliza en 437.125 Mhz.

La señal recibida antes de llegar al módem TNC (Terminal Node Controller) debe pasar por una plaqueta especial decodificadora PSK, y de ahí a la PC o similar.

La plaqueta decodificadora tiene también salida de pulsos para gobernar la sintonía del receptor, de modo que es mas sencillo si el receptor tiene sintonía digital y entrada para estos pulsos, que generalmente están en el mismo micrófono (UP/DOWN).

Por último, la plaqueta decodificadora de PSK tiene una entrada para agregarle "clock" a los datos provenientes de la computadora, y esta señal es la que se aplica a la entrada de micrófono del transmisor de 2 metros FM para la transmisión en MANCHESTER (PSK) que recibe el satélite.

Resumiendo, para trabajar este satélite y los similares de PACKET, es necesario disponer básicamente lo siguiente:

- 1) Transmisor de 2 metros FM 10 W
- 2) Receptor de BLU 70 cm (437 Mhz)
- 3) Terminal de sistema PACKET
- 4) Plaqueta adaptadora PSK
- 5) Antenas: 2 dipolos cruzados en recepción, 1/4 onda Transmisión.

### **Telemetría**

#### **Telemetría en CW**

El LUSAT-1 transmite telemetría en CW, a 12 ppm, en 437.125 Mhz, con codificación Morse reducida, lo cual permite ahorrar un 44 % de energía.

Se han previsto 1 canal de STATUS y 8 canales para datos.

La información que se obtiene de los datos recibidos por cada canal y los cálculos necesarios a realizar son los siguientes:



CANAL 1 : N1 = Tensión +5 V Reg:	$636/N1$	= volts
CANAL 2 : N2 = Tensión batería +10 V	$0.064*N2$	= volts
CANAL 3 : N3 = Temp. Transmisor CW	$0.354(134.7-N3)$	= grados C
CANAL 4 : N4 = Pot. Sal.transm. CW	$((10.9+N)^2/40.1=$	mWatts
CANAL 5 : N5 = Temp. BOX Nro. 4	$0.356(136-N5)$	= grados C
CANAL 6 : N6 = Corriente + 10 V	$0.7*N6$	= ma.
CANAL 7 : N7 = Tensión Panel +Z	$0.15*N7$	= volts
CANAL 8 : N8 = Tensión Reg. +8.5 V	$0.056*N8$	= volts

El formato de mensaje ser el siguiente:

LUSAT HI HI NL N1 N2 N3 N4 N5 N6 N7 N8

donde NL significa:

N = Es el numero de versión del programa grabado en la EPROM. El Programa esta repetido 7 veces, para prevenir "crashes" o colgadas del mismo por degradación por radiación. Cuando la 1ra. versión este estropeada, será cargada la 2da, y asi sucesivamente. (N = 1,2,3,4,5,6 y 7)

L = Es el resultado de la prueba de la RAM del microprocesador 6805. Si L=O ,la RAM esta "OK". Si L=E , se ha detectado un Error.

Y donde N1 a N8 representan los datos telemétricos recibidos correspondientes a cada canal.

Ejemplo:

LUSAT HI HI 10 128 167 042 162 040 148 045 156

Interpretación:

LUSAT HI HI : Identificación

NL = 10 : N = 1 (Primera versión)  
L = O (Memoria RAM del 6805 "OK")

N1=128:	$636/N1$	= $636/126$	= +4.969 volts
N2=167:	$0.064*N2$	= $0.064*167$	= +10.69 volts
N3=042:	$0.354(134.7-N3)$	= $0.354(134.7-042)$	= 32.82 grados C
N4=162:	$((10.9+N4)^2/40.1=$	$((10.9+162)^2/40.1=$	745.5 mwatts
N5=040:	$0.356(136-N5)$	= $0.356(136-040)$	= 34.18 grados C
N6=148:	$0.7*N6$	= $0.7*148$	= 103.6 ma
N7=045:	$0.15*N7$	= $0.15*045$	= +06.75 volts
N8=156:	$0.056*N8$	= $0.056*156$	= + 8.74 volts

Codificación

Teniendo en cuenta que se recibe en CW, la secuencia de puntos y rayas es la siguiente:

L	U	S	A	T	H	I	H	I	1	O	etc...
.-..	..-	...	.-	-	....	..	....	..	.-	---	

Para los valores numéricos se adoptó la codificación reducida ya mencionada, que se indica seguidamente:

1: .-	(a)	6: -....	(6)
2: ..-	(u)	7: -...	(b)
3: ...-	(v)	8: -..	(d)
4: ....-	(4)	9: -.	(n)
5: .	(e)	0: -	(t)

Las letras entre paréntesis indican el caracter real transmitido.

## Telemetría en Packet

### Introducción

La siguiente información describe las características de la abundante telemetría enviada en sistema digital de PACKET, protocolo AX.25. Se informa que es preliminar, y esta sujeta a cambios según se considere necesario. De todos modos, los formatos pueden ser cambiados a voluntad de acuerdo al SOFTWARE cargado desde Tierra.

### Conceptos Básicos

El sistema de telemetría en PSK, PACKET protocolo AX.25 es totalmente independiente aun en hardware (sensores) de la telemetría de CW (telegrafía).

Consiste en elementos de hardware distribuidos en diversas partes del satélite, junto con codificadores para multiplexarlo y enviarlo a través de un único manojo al computador, con su correspondiente decodificador de dirección (AART). De esta manera, se minimiza el total de cables requeridos entre módulos, posibilitando el ensamble en pocas horas. Satélites previos de la organización AMSAT necesitaron varios días para el montaje de los manojos, con el sistema de alambrado punto a punto. Esta construcción, basada en un único conector tipo DB25 entre módulos, facilita sobremanera el testeo o recambio de los módulos a ultimo momento si fuera necesario.

Cada modulo contiene un decodificador de dirección de telemetría y una porción del multiplexador analógico. El propósito es utilizar un esquema de 'serialized addressing' requiriendo de 2 líneas de direccionamiento en el BUS de cada modulo. Una simple línea analógica es distribuida entonces por el BUS. Ningún modulo contiene mas de 16 canales analógicos de telemetría y un primer diseño contempla el envío de 32 canales para su transmisión a Tierra. Un máximo de 256 canales seria posible enviarlos por este sistema.

La medición de corrientes es a través del método de sensores con núcleos magnéticos, que evitan caídas de tensión provocadas con el metodo común del resistor a tierra.

La telemetría es enviada a Tierra en FRAMES intercalados con los mensajes que son bajados, y no son vistos por los usuarios del correo electrónico normalmente, a menos que este habilitado el comando pertinente del MODEM que permite monitorearlo (MCON=ON).

De modo que cada cuadro enviado, es el producto de un promedio estadístico, programable desde Tierra. Un canal especifico es posible monitorizarlo en modo DWELL (constantemente o grabándolo en memoria) para fines de diagnostico por ejemplo.

Hardware en Computadora de a bordo (Modulo 4)

### Convertidor Analógico Digital

* Rango del convertidor analógico A/D :	0 a 2.55 V
* Resolución del convertidor A/D :	8 bits al u-P

- \* Escala de datos: El A/D es precedido por un operacional compensado en temperatura de alta calidad, con realimentación de 1.0 M ohm.
- \* Precisión de medidas analógicas: +/- 1 count en 2E 8 sobre el rango de temperatura.

### **Tipos de señales analógicas**

- \* Tensiones: Todas las medidas de tensiones son adaptadas a la escala de 0-2.55 para ser enviadas a través de la línea analógica de BUS. Los divisores de tensión de escalas mayores no consumen mas de 10 microamperes máximo.
- \* Temperaturas: Todas las temperaturas son medidas por medio de termistores lineales (Yellow Springs Instruments P/N YSI-44203 operando como división de tensión. esto requiere una tensión de referencia de 2.55 volts distribuida en todos los módulos desde el modulo de poder. El rango de temperatura obtenido por este sistema es de -30 a +50 gradosC.
- \* Corrientes: Son medidas dentro del modulo de poder por medio de bobinas sensoras de campo magnético, a través del cual pasa un alambre cuya corriente se desea medir. La escala apropiada por medio de la cantidad de vueltas presentes en cada caso.
- \* Otras medidas: Toda otra medida, como potencias de salida, presión, contracciones o esfuerzos que se implementen son primero convertidos a una señal analógica apropiada en el rango mencionado para ser multiplexado y direccionado a través del BUS analógico (función del AART).

### **Cableado de la Telemetría**

En cada modulo del satélite esta disponible en el conector DB25:

- \* 2 cables para el direccionamiento de la telemetría multiplexada
- \* 1 cable de señal analógica al convertidor A/D
- \* 1 cable con la tensión de referencia de 2.55 V

El cable de la señal analógica es blindado, para evitar interferencias de RF residuales. El nivel de interferencia residual debe ser menor de 1 milivolt para lograr un efectivo uso del convertidor A/D de 8 bits.

### **Canales de Telemetría**

En principio, 61 canales de telemetría serán transmitidos a través del sistema PSK PACKET protocolo X.25, intercalado con los mensajes del correo electrónico (PBBS). El tiempo estimado de la frecuencia de emisión estaría en el rango de los 60 a 90 segundos.

Canal		Factor C	Factor B	Factor A	Unidad
0	Rx D DISC:	+9.802	-0.08779	0.000	kHz
1	Rx D S meter:	+0.000	+1.000	0.000	Counts
2	Rx C DISC:	+8.429	-0.09102	0.000	kHz
3	Rx C S meter:	+0.000	+1.000	0.000	Counts
4	Rx B DISC:	+9.291	-0.08317	0.000	kHz
5	Rx B S meter:	+0.000	+1.000	0.000	Counts
6	Rx A DISC:	+9.752	-0.08310	0.000	kHz
7	Rx A S meter:	+0.000	+1.000	0.000	Counts
8	Rx E/F DISC:	+10.110	-0.08610	0.000	kHz
9	Rx E/F S meter:	+0.000	+1.000	0.000	Counts

10	+5 Volt Bus:	+0.000	+0.0305	0.000	Volts
11	+5V Rx Current:	+0.000	+0.000250	0.000	Amps
12	+2.5V VREF:	+0.000	+0.0108	0.000	Volts
13	8.5V BUS:	+0.000	+0.0391	0.000	Volts
14	IR Detector:	+0.000	+1.000	0.000	Counts
15	LO Monitor I:	+0.000	+0.000037	0.000	Amps
16	+10V Bus:	+0.000	+0.0508	0.000	Volts
17	GASFET Bias I:	+0.000	+0.000026	0.000	Amps
18	Ground REF:	+0.000	+0.0100	0.000	Volts
19	+Z Array V:	+0.000	+0.1023	0.000	Volts
20	Rx Temp:	+93.24	-0.5609	0.000	Deg. C
21	+X (RX) Temp:	+93.24	-0.5609	0.000	Deg. C
22	Bat 1 V:	+1.7343	-0.0029740	0.000	Volts
23	Bat 2 V:	+1.7512	-0.0032113	0.000	Volts
24	Bat 3 V:	+1.7790	-0.0034038	0.000	Volts
25	Bat 4 V:	+1.7286	-0.0030036	0.000	Volts
26	Bat 5 V:	+1.8114	-0.0036960	0.000	Volts
27	Bat 6 V:	+1.7547	-0.0032712	0.000	Volts
28	Bat 7 V:	+1.7151	-0.0030739	0.000	Volts
29	Bat 8 V:	+1.6846	-0.0028534	0.000	Volts
30	Array V:	+8.100	+0.06790	0.000	Volts
31	+5V Bus:	+2.035	+0.0312	0.000	Volts
32	+8.5V Bus:	+5.614	+0.0184	0.000	Volts
33	+10V Bus:	+7.650	+0.0250	0.000	Volts
34	BCR Set Point:	+3.7928	+1.0616	0.000	Counts
35	BCR Load Cur:	-0.0244	+0.00628	0.000	Amps
36	+8.5V Bus Cur:	+0.00412	+0.000773	0.000	Amps
37	+5V Bus Cur:	+0.02461	+0.00438	0.000	Amps
38	+X Array Cur:	-0.01614	+0.00232	0.000	Amps
39	-X Array Cur:	-0.01158	+0.00238	0.000	Amps
40	-Y Array Cur:	+0.00278	+0.00206	0.000	Amps
41	+Y Array Cur:	+0.00136	+0.00218	0.000	Amps
42	-Z Array Cur:	+0.00370	+0.00209	0.000	Amps
43	+Z Array Cur:	-0.00793	+0.00216	0.000	Amps
44	Ext Power Cur:	-0.02000	+0.00250	0.000	Amps
45	BCR Input Cur:	-0.00901	+0.00283	0.000	Amps
46	BCR Output Cur:	+0.00663	+0.00344	0.000	Amps
47	Bat 1 Temp:	+93.24	-0.5609	0.000	Deg. C
48	Bat 2 Temp:	+93.24	-0.5609	0.000	Deg. C
49	Baseplt Temp:	+93.24	-0.5609	0.000	Deg. C
50	PSK TX RF Out:	+0.1059	+0.00095	+0.0000834	Watts
51	RC PSK TX Out:	+0.0178	+0.00135	+0.0000833	Watts
52	PSK TX HPA Temp	+93.24	-0.5609	0.000	Deg. C
53	+Y Array Temp:	+93.24	-0.5609	0.000	Deg. C
54	RC PSK HPA Temp	+93.24	-0.5609	0.000	Deg. C
55	RC PSK BP Temp:	+93.24	-0.5609	0.000	Deg. C
56	+Z Array Temp:	+93.24	-0.5609	0.000	Deg. C
57	LU Bcn Temp A:	+93.24	-0.5609	0.000	* Deg. C
58	LU Bcn Temp D:	+93.24	-0.5609	0.000	** Deg. C
59	Coax Rly Stat:	+0.000	+1.0000	0.000	Counts
60	Coax Rly Stat:	+0.000	+1.0000	0.000	Counts

La formula para el calculo de los valores es:  $A \cdot N^2 + B \cdot N + C$

Otros parámetros pueden ser incluidos, calculados por la computadora de a bordo, como CLOCK (Hora Universal), numero de canales activos, Nros. de FRAMES, estadísticas de potencia promedio disponible, etc.