



En este documento se plasma el estudio energético inicial que se ha realizado para considerar el desarrollo de un satélite del tipo **PocketQube 2P**. Se supone que el satélite se ha colocado en una **órbita LEO polar** con un periodo aproximado de **90 minutos**.

Asumimos que el consumo del satélite con el transmisor activo es de **1W (1000mW)**. Esto se correspondería con un transmisor de **0.25W** de una **eficiencia del 50%** (consumo total de **0.5W**) y dejando **0.5W** al resto de sistemas que consuman energía. Suponemos que apagando el transmisor y sistemas no esenciales se puede bajar el consumo total del satélite a **125mW**.

Un satélite de este tipo se caracteriza por tener forma de cubo alargado por uno de sus extremos con unas dimensiones externas de **11.4x5x5 cm** e internas de **11.4x4.7x4.7 cm**.

El número de paneles solares disponibles es de **9**. El tamaño de la batería debe ser muy reducido para poder ser alojada en una superficie de **4,7 centímetros cuadrados**. Tampoco puede tener demasiado volumen para no restar excesivo espacio al resto de subsistemas. No obstante, respecto al modelo de **PocketQube 1P** este modelo tiene la ventaja de que **podrían incorporarse dos baterías** (o una de mayor tamaño y capacidad) debido al sustancial incremento de volumen disponible.

Asumimos dos baterías de **3.7V x 570mAh** (capacidad por batería de **2000mWh**). Esto nos da un suministro de corriente de **570mAh x 2 = 1140mAh** y una capacidad combinada de **2000mWh x 2 = 4000mWh**.

Vamos a considerar un panel típico de **PocketQube** disponible comercialmente, cuyas características son las siguientes:

1 sun, AM 1.5G (1000 W por metro cuadrado) a 25°C

Isc = 31ma, Voc = 15.12V

Imp = 28mA, Vmp = 13.14V, PmP = 368 mW

Siendo los parámetros: **Isc** – intensidad en cortocircuito, **Voc** – voltaje en cortocircuito, **Imp** – intensidad en el punto de máxima potencia, **Vmp** – voltaje en el punto de máxima potencia y **Pmp** – potencia máxima.

Si bien el satélite tiene **9 paneles** no todos van a estar iluminados simultáneamente. Como media, ya que además el satélite rota de una forma aleatoria, vamos a suponer que tan solo **2.25 paneles** están simultáneamente recibiendo luz del sol de forma significativa.

Esto nos da un total de potencia máxima de **368mW x 2.25 = 828mW**

Ahora bien, esa potencia sería la obtenida en condiciones óptimas de trabajo del panel. Vamos a suponer que de forma media se encuentra trabajando a **dos tercios de su punto óptimo**.

La potencia efectiva sería de **828mW x 0.66 = 546mW**

Debemos tener en cuenta que el satélite estará **en zona iluminada durante dos tercios de su órbita** y en **zona de eclipse durante el tercio restante**.

Por tanto, esta potencia de **546mW** estará disponible en **fase de iluminación** y será de **0mW** en **fase de eclipse**.

La potencia media a lo largo de una órbita será de **546mW x 0.66 + 0mW x 0.33 = 360mW**



No obstante, vamos a ver lo que sucede a lo largo de una órbita completa.

Partamos de la base de que la batería (hablamos en singular, pero nos referimos a la combinación de las dos baterías trabajando de forma conjunta como una sola) está completamente cargada.

Primera órbita

Durante la zona de iluminación los paneles estarán suministrando una media de **546mW**.

Por tanto, necesitamos obtener de la batería **1000mW – 546mW = 454mW** (recordamos que hemos supuesto un consumo total de energía en el satélite de **1000mW** con el repetidor activo).

La duración del paso por zona de luz sería aproximadamente **1 hora**. Durante esa hora habríamos consumido **454 mWh**, quedando aún en la batería disponibles **1546mWh** (para no descargar más del **50%** de la misma). Esto suponiendo que el repetidor haya estado activo durante todo el tiempo.

En el momento de eclipse los paneles no suministran energía. Necesitamos obtener de la batería los **1000mWh**. En la batería quedan **1546mWh**. Durante la media hora de eclipse se consumirían **500mWh**, dejando las baterías con **1046mWh disponibles** (más el 50% del que no queremos bajar).

Segunda órbita

El satélite pasaría ahora a zona de luz.

Durante este segundo pase por zona de luz los paneles nos vuelven a suministrar una media de **546mW**. Necesitamos obtener de las baterías de nuevo **454mW**. Durante la hora que va a estar el satélite de nuevo en zona iluminada consumiremos de la batería **454mWh** dejándola con **1046mWh – 454mWh = 592mWh** utilizables.

El satélite vuelve a pasar a zona de eclipse.

Las baterías nos suministran de nuevo los **500mWh** que necesitamos durante los **30 minutos**, quedándose con **592mWh – 500mWh = 92mWh**.

Tercera órbita

Se vuelve a la zona de luz.

En este caso los **92mWh** que nos quedan disponibles para no bajar del 50% de carga nos dan para **92mWh/454mW =** aproximadamente **12 minutos de operación**.

Hasta este momento el satélite ha podido ser utilizado durante **1h + 30 mins** (primera órbita) + **1h + 30 mins** (segunda órbita) + **12 mins** (parte de luz de la tercera órbita) = **3h 12mins**.

Carga de las baterías desde el 50% al 100%

Suponiendo que cuando la batería se ha descargado a la mitad podemos reducir el consumo de los sistemas del satélite a **125mW** (dejando el ordenador de a bordo en modo 'dormido' y desactivando emisor y receptor) vamos a estudiar cuanto tiempo se tardaría en volver a cargarla al **100%**.

Cuando el satélite está en la zona de luz, zona en la que estará aproximadamente una hora, la batería cargándose al ritmo máximo que posibiliten los paneles y suponiendo una **eficiencia de la carga del 90%** nos daría un tope máximo teórico de **(546mW – 125mW) x 0.90 = 379mWh**. Por lo tanto, el cargar completamente la mitad de la batería que se ha descargado requeriría **(2000 mW / 379 mWh) = 5.28 horas (5h 17mins aproximadamente), equivalentes a 5.2 órbitas** (cada órbita



tiene **1h neta de carga**) y a un tiempo de ($5.2 \times 1.5h = 7.8$ **horas de inactividad**, es decir **7 horas y 48 minutos**) para volver a la situación inicial de plena carga.

Conclusión

Esta configuración de satélite **pocketQube** con **9 paneles solares** de **368mW** de potencia cada uno y batería de **4000mWh** posibilita ciclos de aproximadamente **3 horas y 12 minutos de operación** y **7 horas 48 minutos de inactividad (29% de tiempo de actividad)**. Esto quiere decir que **desde una misma posición geográfica se podría utilizar 4 veces al día el satélite** en 2 grupos de 2 pasadas consecutivas.

No obstante, esta configuración podría ser más flexible **activando el repetidor tan solo baja demanda** (por ejemplo, recibiendo un subtono que lo activase durante el pase de unos 15 minutos o tan solo mientras se siga recibiendo el subtono) pasando a modo 'escucha' y cargando batería hasta que se volviera a requerir su activación.

La condición de activación del repetidor **debería incluir que el nivel de carga de la batería sea de un mínimo** (por ejemplo, del 60%) aparte de la recepción del subtono de activación.

Daniel Estévez EA4GPZ

Felix Páez Pavón EA4GQS