

# Capítulo 1

## El Satélite Educativo SATEDU

### 1.1 Introducción

Al conocer el desarrollo de la ciencia y la tecnología que actualmente existe en el mundo las personas quedan perplejas y fascinadas al saber que todos esos avances tecnológicos empezaron como una idea en la imaginación de alguien, una persona que tenía curiosidad, que se sorprendía día a día al ver su entorno. La imaginación y la curiosidad humana son las herramientas que han logrado los avances en ciencia y tecnología que hoy tenemos.

En algún momento en la historia un hombre observó las estrellas y se empezó a preguntar cosas acerca de ellas, lo invadió una necesidad por dominar su entorno y empezó a desarrollar lo que hoy conocemos como tecnología espacial.

El 4 de octubre de 1957 en el año Geofísico Internacional la Unión Soviética logró poner en órbita el primer satélite artificial de la Tierra, el Sputnik I, figura 1.1, que era un satélite con forma de esfera que pesaba 84 Kg y tenía 60 centímetros de diámetro, estuvo durante 6 meses en su órbita pero solo 21 días operando.

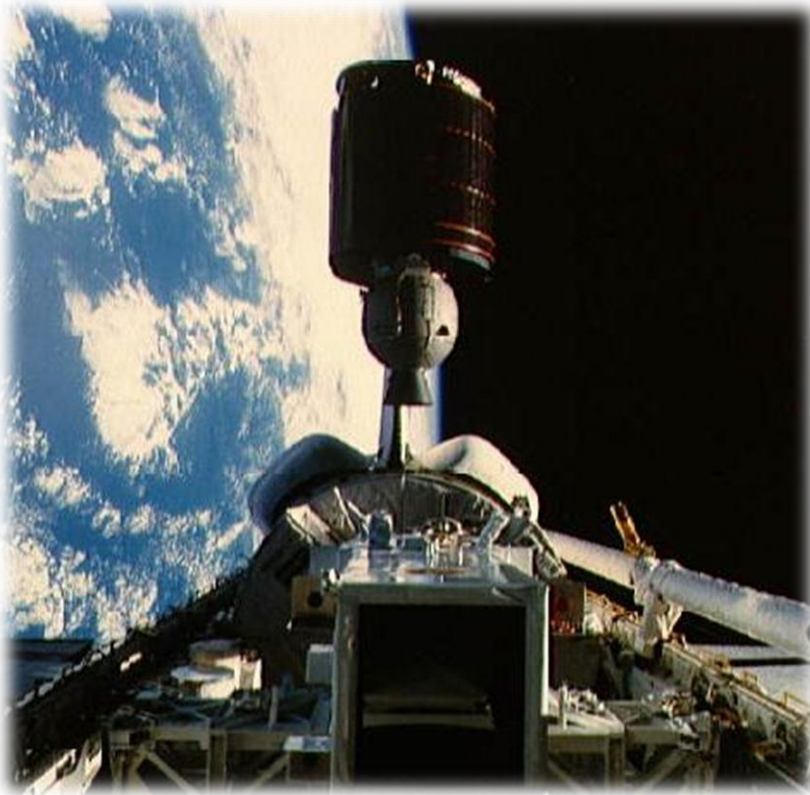


Figura 1.1 SPUTNIK I.

A partir de este acontecimiento empezó una nueva era para la humanidad, una era de conquista espacial en la que los satélites fueron una herramienta indispensable para esa conquista, el campo de la tecnología espacial no solo ha traído avances a este campo sino que también ha traído inventos que se ocupan en diferentes ámbitos como el horno de microondas por ejemplo.

La incursión de México en el ámbito espacial no es algo nuevo, en 1962 se creó la Comisión Nacional del Espacio Exterior (CONEE) misma que se extinguió en 1977, pero dos años más tarde en 1979 México hizo la petición a la UIT de posiciones orbitales geoestacionarias para poner un satélite en órbita; mismas que se le conceden en 1982, sin olvidar la transmisión a color por televisión de los juegos olímpicos de 1968 por medio de la estación terrena Tulancingo-I.

El 17 de junio de 1985 México pone su primer satélite artificial en órbita, el Morelos-I, figura 1.2, por medio del transbordador espacial Discovery y unos meses más tarde el 27 de noviembre del mismo año se pone en órbita el segundo satélite artificial de México, el Morelos-II por medio del transbordador espacial Atlantis misión en la que viaja Nery Vela el primer Astronauta Mexicano.

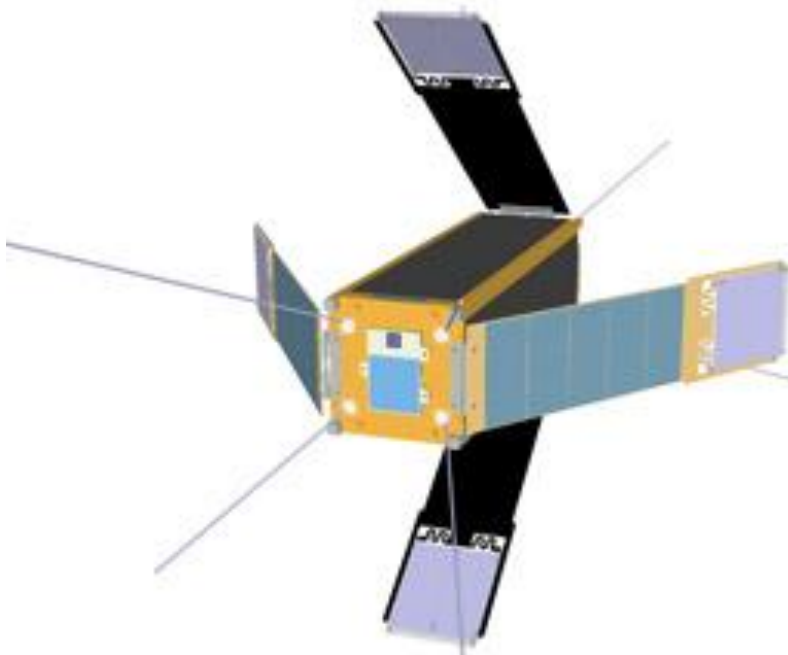


**Figura 1.2** Morelos I.

En la actualidad se habla mucho de los pequeños satélites y de cómo los estudiantes participan en este tipo de experimentos y de esta manera obtienen mayores conocimientos al involucrarse en un proyecto de ingeniería como lo es la construcción de un satélite, debido a que dicha construcción requiere de un grupo de trabajo interdisciplinario que fomenta el trabajo en equipo.

Si todos los estudiantes interesados en el área satelital pudieran tener la oportunidad de involucrarse de un proyecto de ingeniería tan completo como lo es la construcción de un satélite esto les permitiría estar más preparados para enfrentarse al mundo laboral.

En un futuro lo ideal sería que estos satélites contruidos por estudiantes, figura 1.3, se vuelvan parte importante tanto de las telecomunicaciones como de la tecnología espacial, ya que se ha visto en diferentes misiones de este tipo de satélites que pueden tener una vida útil en el espacio mucho más grande de la esperada.



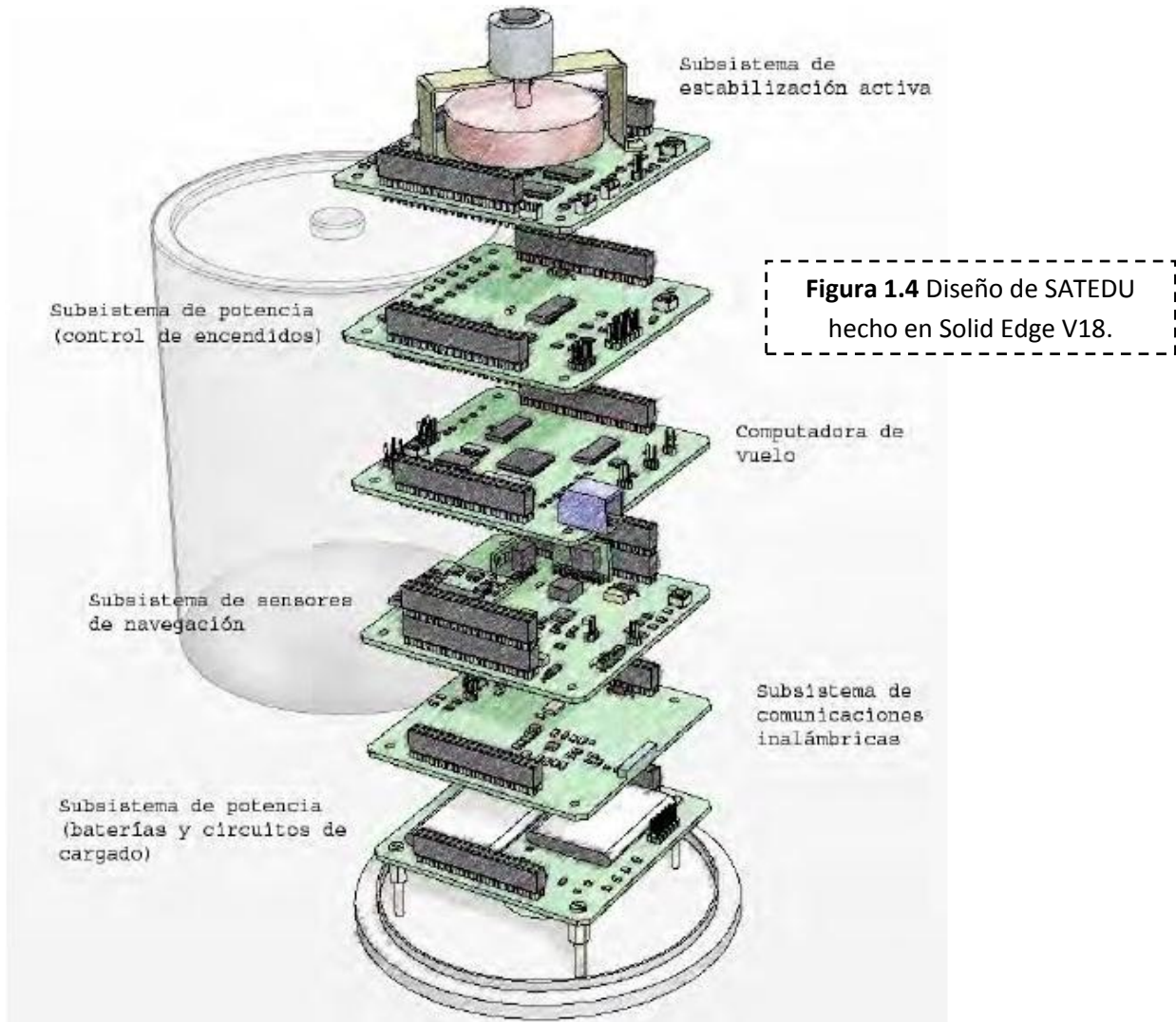
**Figura 1.3** CubeSat Delfi-C3  
construido por estudiantes de  
la Universidad Tecnológica de  
Delf en los Países Bajos.

El desarrollo de pequeños satélites podría ser una propuesta para reducir la brecha tecnológica que existe entre México y países más desarrollados pero para hacer esto posible se necesita capacitar recursos humanos, en este sentido SATEDU es un simulador satelital totalmente desarrollado y construido en el Instituto de Ingeniería de la UNAM por medio de estudiantes de diferentes áreas de la ingeniería y el objetivo de este simulador es el ser un satélite educativo para la formación de recursos humanos.

SATEDU es un simulador versátil que se puede utilizar en laboratorios de escuelas o en cursos de entrenamiento en el área satelital, tanto de manera general al dar demostraciones de funcionamiento para acercar a la juventud al área satelital y de esta manera despertar su interés por la ciencia y la tecnología. Pero también puede proporcionar entrenamiento especializado ya que este satélite educativo cuenta con todos los subsistemas que tiene un satélite real y cada uno de estos cuenta con un microcontrolador para realizar tareas específicas asignadas por medio de comandos que provienen de una computadora que cuenta con el software especializado desarrollado también en el Instituto de Ingeniería para fungir como Estación Terrena.

## 1.2 Subsistemas de SATEDU

Como se puede ver en la figura 1.4, SATEDU tiene una forma cilíndrica y dentro se encuentran sus subsistemas.



Un satélite real tiene los siguientes subsistemas:

- El subsistema estructural (lo tiene SATEDU)
- El subsistema de energía eléctrica o potencia (lo tiene SATEDU)
- El subsistema de control de posición y estabilización (lo tiene SATEDU)
- El subsistema de control térmico
- El subsistema de comando y telemetría (lo tiene SATEDU)
- El subsistema de computadora principal (lo tiene SATEDU)
- El subsistema de carga útil

Los primeros subsistemas constituyen el llamado BUS de un satélite es decir el satélite en sí y la CARGA ÚTIL representa la aplicación del satélite.

El único subsistema del BUS que no posee SATEDU es el de control térmico, el objetivo de este subsistema es el de mantener los demás subsistemas en un rango de temperatura en el cual puedan operar, y también protege parcialmente al satélite de la radiación cósmica por medio de películas reflejantes (control térmico pasivo) y por medio de resistencias y refrigerantes disipa calor (control térmico activo). SATEDU al ser un simulador satelital que se utiliza en laboratorios no necesita este tipo de protección. Esta es una diferencia muy marcada entre el simulador SATEDU y un satélite real ya que cada uno está hecho para trabajar en ambientes muy distintos.

El subsistema estructural de un satélite tiene la función de mantener cada uno de los subsistemas en una posición fija y de proveer una resistencia mecánica durante el lanzamiento, esta labor la hace el subsistema estructural de SATEDU.

El subsistema de energía eléctrica de un satélite real tiene la función de proveer de energía eléctrica de manera eficiente al satélite, para SATEDU este subsistema es el de potencia.

El subsistema de control de posición y estabilización de un satélite real tiene como tarea dar estabilidad a un satélite y poder mantenerlo en una posición específica, para SATEDU el encargado de esta labor es el subsistema de estabilización.

El subsistema de comando y telemetría de un satélite es el encargado de comandar al satélite y conocer el estado en el que se encuentra, este subsistema es el vínculo entre la estación terrena y el satélite y está integrado por un sistema de comunicaciones y un sistema de adquisición de datos de sensores de diversos tipos que ofrecen información operativa de los subsistemas que conforman el BUS satelital e importantes señales que permiten retroalimentar algoritmos que controlan la estabilización y apuntamiento de un satélite hacia puntos definidos del planeta, en SATEDU este subsistema es el de comunicaciones inalámbricas y el de sensores.

El subsistema de computadora principal de un satélite es el encargado de coordinar diversas acciones de los subsistemas que componen a un satélite, en SATEDU este subsistema es el de computadora de vuelo.

Cada uno de los subsistemas de SATEDU posee un microcontrolador lo que le permite realizar tareas en paralelo, pero el tipo de electrónica utilizado no es de clasificación militar como lo es en un satélite real comercial. Cabe señalar que existen actualmente muchos satélites experimentales pequeños que emplean electrónica comercial y han tenido excelentes resultados en vuelo orbital. También debe resaltarse que este tipo de casos emplea protecciones electrónicas contra efecto "lanch-up" para determinar cuando existen riesgos operativos en la electrónica debido al incremento de dosis de carga por radiación espacial. Este tipo de protecciones, también ya esta incluida en algunos de los subsistemas de SATEDU.

SATEDU tiene la forma de un cilindro pero cada uno de los subsistemas están contruidos sobre circuitos impresos cuadrados de 8.9 centímetros por lado.

En un principio se pretendía adoptar el tamaño de un cubesat (un cubo de 10 centímetros por lado) pero como SATEDU es solo un simulador se optó por una forma cilíndrica. La manera en que se interconectan cada uno de los subsistemas es a través de conectores de terminales largas o conectores de costilla uno sobre otro a manera de sándwich, esto fue un diseño heredado del proyecto SATEX. En estos conectores de costilla se realiza la comunicación entre los subsistemas por puerto serie.

### **1.2.1 Subsistema Estructural**

Este subsistema desde el momento de su diseño de SATEDU se separó en dos partes, la primera un chasis que mantendría cada uno de los subsistemas de SATEDU en su lugar y la segunda que se uniría a la primer estructura para poder maniobrar el satélite. Inicialmente también se pensó en desarrollarle una estructura tipo giróscopo pero esta idea fue desechada debido a la dificultad de construir y balancear dicha estructura, con respecto a la primer estructura en un principio se deseaba hacer de acrílico pero la idea no se llevó a cabo debido a que este material requiere muchos cuidados en el momento de construir la estructura.

Actualmente para la primer estructura se optó por una estructura barata, fácil de conseguir y ya hecha como lo es un contener de varios discos compactos donde los subsistemas se fijan por medio de tornillos a la base del contenedor, este se cuelga de un hilo para poder realizar simulaciones en dos ejes.

Para realizar pruebas más serias de estabilización satelital en tres ejes se piensa utilizar otras plataformas donde será posible simular condiciones de cero fricción, por ejemplo una mesa suspendida en aire misma que ya tenemos construida y que actualmente instrumentamos en el Instituto de Ingeniería.

### **1.2.2 Subsistema de Potencia**

Esté subsistema, figura 1.5, está compuesto por dos tarjetas, la tarjeta de baterías y la tarjeta de electrónica, la de baterías está compuesta por cuatro baterías Li-On, sus circuitos de carga y un botón de encendido aparte de componentes como resistencias, capacitores, led's y diodos. La alimentación de los circuitos de carga puede venir del tomacorriente o de celdas solares. Los led's son utilizados para mostrar de forma visual las condiciones del proceso de carga de las baterías.

La tarjeta de electrónica contiene un microcontrolador, sensores de temperatura, un convertidor DC-DC que convierte de 5 a 12 Volts y led's para mostrar de forma visual que subsistemas están energizados. El microcontrolador de este subsistema tiene la función de ejecutar los comandos que le envíe la computadora de vuelo para apagar o activar algún subsistema, este PIC controla los

encendidos por medio de interruptores, otra función que tiene es la de monitorear el voltaje de las baterías para conocer el estado en que se encuentran.



**Figura 1.5** Subsistema de Potencia.

La tarjeta de electrónica es la conexión entre las baterías y el resto del simulador, esta recibe la energía de las baterías y con esta alimenta a todos los reguladores de voltaje de las demás tarjetas. La tarjeta puede proporcionar tres tipos de voltajes, 3.3 Volts, 5 Volts y 12 Volts dependiendo de las necesidades de los circuitos de cada tarjeta. La mayoría de los circuitos de SATEDU se alimentan con 5 Volts. El voltaje de 3.3 Volts es ocupado por los subsistemas de comunicaciones inalámbricas, sensores y para la memoria flash en la computadora de vuelo. El de 12 Volts es usado por el subsistema de estabilización.

### 1.2.3 Subsistema de Estabilización

Los componentes que integran a esta tarjeta son: un PIC18F4431, puentes H, circuitos protectores de corriente, una rueda inercial y un motor de DC, figura 1.6, además en el futuro se le agregarán bobinas de torque magnético.

El PIC se encarga de controlar el giro y velocidad del motor en un sentido o en otro para generar esquemas de estabilización en un eje, pero actualmente se están agregando otros dos motores para alcanzar esquemas de estabilización en tres ejes. El PIC cuenta con un módulo de retroalimentación de movimiento que le permite monitorear la velocidad del motor. Los puentes H se utilizan para proteger tanto al motor como a las bobinas de torque magnético mismas que se encuentran en desarrollo.



**Figura 1.6** Subsistema de Estabilización.

### 1.2.4 Subsistema de Sensores

SATEDU cuenta con una tarjeta dedicada a sensores de navegación, que permiten monitorear sus movimientos y visualizar su posición en tiempo real. Esta tarjeta tiene un microcontrolador PIC18F2520 que cuenta con una memoria flash mayor para reducir el tiempo de adquisición de datos. Tiene también un acelerómetro triaxial, tres giróscopos electrónicos que son sensores de referencia inercial y una brújula electrónica como sensor de referencia, figura 1.7. Los giróscopos están colocados de manera ortogonal para monitorear los tres ejes de SATEDU.



**Figura 1.7** Subsistema de Sensores.



Los datos de telemetría son adquiridos por el PIC y se transmiten a la estación terrena cuando esta los requiera para conocer la posición en la que se encuentra SATEDU. De esta forma resulta factible estabilizar o realizar el control de apuntamiento de SATEDU.

### 1.2.5 Subsistema de Computadora de Vuelo

Este subsistema tiene contacto con todos los demás subsistemas que componen a SATEDU debido a que la computadora de vuelo se encargada de asignar tareas a los demás subsistemas. La tarjeta cuenta con tres sensores de temperatura, un circuito tres estados, 2 multiplexores 8 a 1, una compuerta and, un flip flop, dos memorias RAM y dos microcontroladores, un SAB80C166 (SAB) de Siemens y un PIC16F876A de Microchip, figura 1.8.



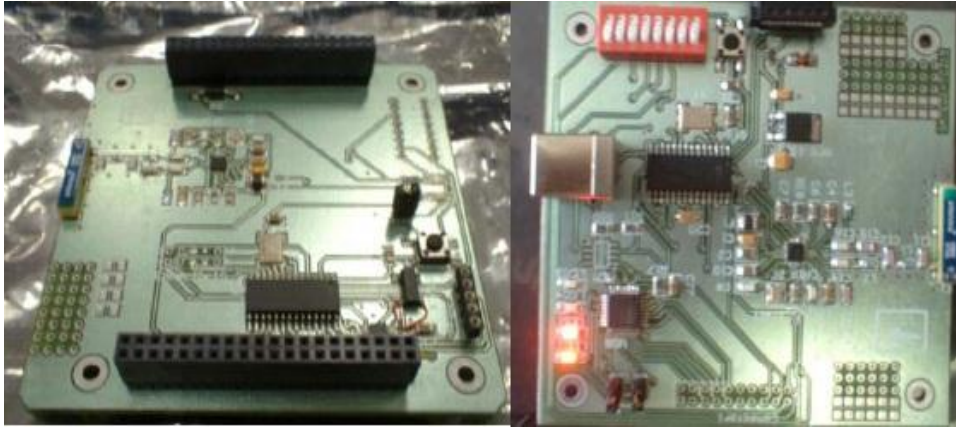
**Figura 1.8** Subsistema de Computadora de Vuelo.

El PIC es el intermediario entre la Estación Terrena (computadora personal con software especializado) y el SAB para cargar el programa de operación de SATEDU. El SAB almacena este programa en su memoria RAM de 256 Kb y tiene dos puertos series uno para comunicarse con el PIC (con la Estación Terrena) y otro para comunicarse con los demás subsistemas de SATEDU (de forma multiplexada). Los multiplexores sirven para seleccionar el subsistema al que se le enviará el comando.

### 1.2.6 Subsistema de Comunicaciones Inalámbricas

El subsistema de comunicaciones inalámbricas, figura 1.9, está compuesto por dos tarjetas una conectada a la computadora que hace las veces de Estación Terrena y otra instalada en SATEDU.

La arquitectura de ambas es muy parecida solo difieren en que una tiene un transceptor adicional para comunicarse por medio de USB a la computadora ya que las computadoras portátiles que hay actualmente en el mercado carecen de puertos seriales.



**Figura 1.9** Subsistema de Comunicaciones Inalámbricas.

La función de estas dos tarjetas es enviar inalámbricamente los comandos generados en la estación terrena a SATEDU, más precisamente al subsistema de computadora de vuelo para que esta distribuya las órdenes a los diferentes subsistemas, y también para enviar datos de telemetría desde SATEDU a la estación terrena. Este subsistema será discutido dentro de esta tesis en el siguiente capítulo.

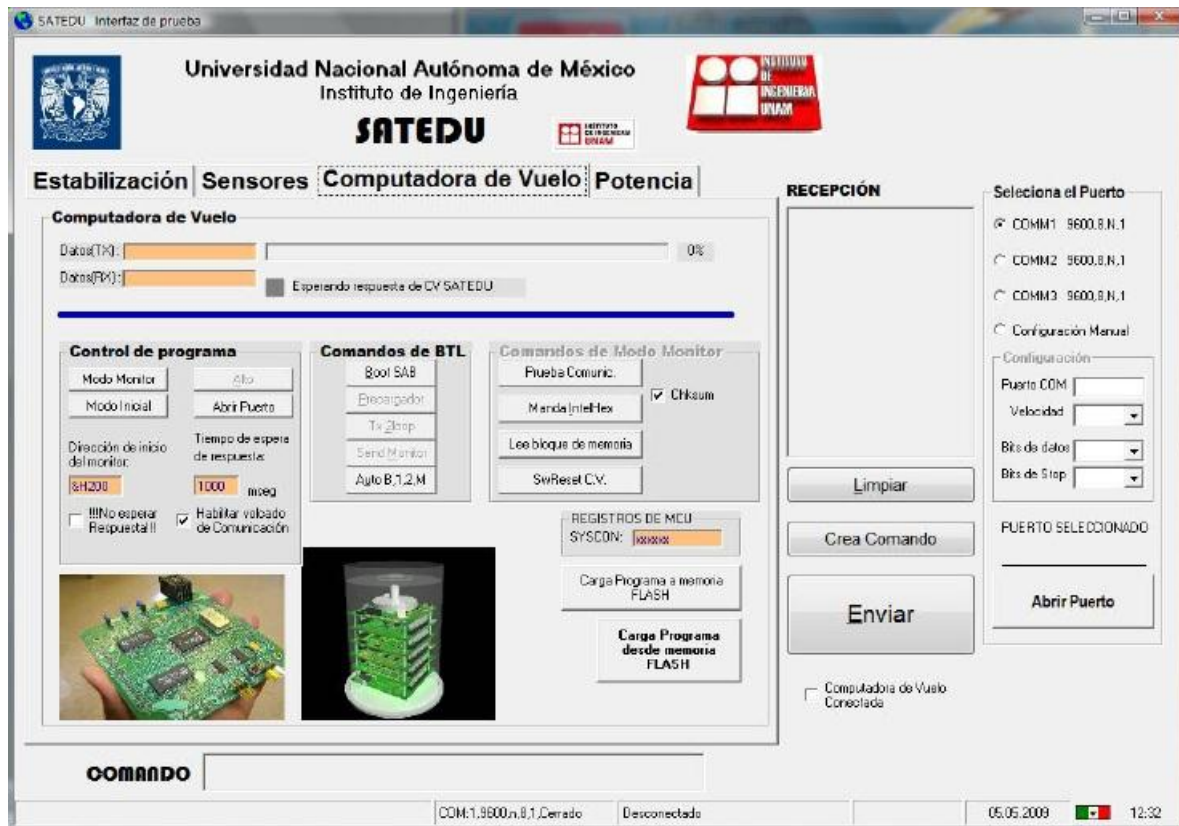
### 1.2.7 Subsistema de Carga Útil

En este momento SATEDU no cuenta con ninguna carga útil, sin embargo ya se encuentran varias de ellas en fase de desarrollo (telesalud, estabilización en tres ejes, cámara digital, etc) pero la ventaja de este simulador es que tiene una arquitectura versátil, ningún subsistema tiene un lugar fijo y aún quedan líneas de comunicación disponibles en el subsistema de computadora de vuelo (que ocupa para asignar tareas a cada subsistema).

Se tiene planeado crear un experimento donde se muestre principios de percepción remota, reconocimiento y seguimiento de patrones por medio de una cámara digital que pueda almacenar fotografías en la memoria flash de la computadora de vuelo. Además de procesar imágenes y de tomar decisiones de control de apuntamiento satelital de acuerdo con los resultados obtenidos, las imágenes se podrán mandar a la computadora que funge como Estación Terrena por medio del subsistema de comunicaciones Inalámbricas.

## 1.2.8 Estación Terrena

La estación terrena para SATEDU, figura 1.10, es cualquier computadora ya sea de escritorio o laptop en la cual se encuentre el software de estación terrena, este software es una interfaz de comunicación entre la computadora y SATEDU. Esta interfaz nos permite cargar el programa de funcionamiento del subsistema de computadora de vuelo para después mandarle comandos para los diferentes subsistemas de SATEDU, así como capturar telemetría satelital y visualizarla a distancia en tiempo real.



**Figura 1.10** Software de Estación Terrena que controla las funciones de SATEDU desde una computadora personal.

## Bibliografía:

- Apuntes de Radiocomunicaciones II, Elaborados por M. en I. José Luis García García. Semestre 2011-1.

- Jiménez Madrigal, Emilio Agosto, “Subsistemas de estabilización activa y sensores para un simulador satelital”, Tesis de licenciatura, Facultad de Ingeniería, UNAM. México D.F. 2009.
- Carrizales Muñoz, Zaira Lilian, “Subsistema inteligente de potencia para un satélite educativo”, Tesis licenciatura, Facultad de Ingeniería, UNAM. México D.F. 2009.