



Desarrollo de Simulador para la planeación de Órbitas Satelitales

Antonio Terán Espinoza

Universidad Nacional Autónoma de México

Licenciatura en Tecnología

Reto elegido: Investigación Espacial

Introducción

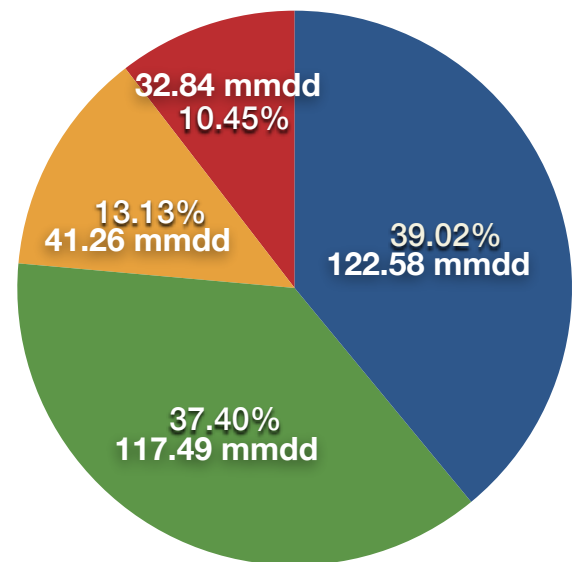
Hoy en día, la tecnología espacial juega un papel de suma importancia no solamente en nuestra vida cotidiana, en donde se involucra tanto en nuestros sistemas de localización y de telecomunicaciones como en los centros de investigación científica, sino que también lo hace en el desarrollo y el avance de distintos sectores económicos, abarcando desde la industria médica y automotriz, hasta la aeronáutica y de defensa.

Siendo una de las más innovadoras de la historia, la industria espacial nos permite afrontar de una mejor manera los grandes retos actuales de la sociedad, incluyendo temas sobre seguridad, salud, educación, inclusión digital, e inclusive de sustentabilidad ambiental. Esto, aunado al actual desplazamiento de los polos de desarrollo espacial hacia grandes economías en desarrollo, presenta un campo perfecto para que México pueda generar nuevas oportunidades de crecimiento.

La inversión en actividades espaciales, como los programas de exploración, el desarrollo de capacidades comerciales y la gestión de agencias espaciales por parte de gobiernos, así como de empresas privadas, ha logrado que, como se puede apreciar en la Figura 1, a pesar de las limitaciones presupuestarias impuestas por la economía actual, el crecimiento del sector siga en ascenso y que su panorama se vislumbre bastante prometedor y brillante en los próximos años.

Por otra parte, la Agencia Espacial Mexicana (AEM) ha trazado un Plan de Órbita en donde se establece la forma en la que México pretende llevar a cabo el desarrollo de

FIGURA 1. ACTIVIDAD GLOBAL ESPACIAL, 2013



Total: \$314.17 miles de millones de dólares (mmdd)

- Productos y Servicios Comerciales Espaciales
- Infraestructura Comercial e Industrias de Soporte
- Presupuestos Espaciales del Gobierno de EE.UU.
- Prosopuestos Espaciales de Gobiernos agenos a EE.UU.

Fuente: The Space Report 2014, Space Foundation

la industria espacial nacional. Para esto, fueron seleccionados cinco ejes de desarrollo principal, dentro de los cuales se destacan cuatro tecnologías relevantes para México:

- a) Modelación, simulación, sistemas de información y procesamiento.
- b) Materiales, estructuras, sistemas mecánicos y manufactura.
- c) Comunicación y navegación.
- d) Instrumentos científicos, observatorios y sistemas de sensores de percepción remota.

Al analizar los aspectos importantes para México, así como los campos que componen la actividad global espacial, se puede observar que el sector de productos y servicios comerciales espaciales: comunicaciones satelitales, navegación satelital, y observación de la tierra; presenta el mayor número de nichos de mercado para nuestro país. La segmentación del mercado de dicho sector, como se puede apreciar en la Figura 2, nos facilita la identificación de aplicaciones, oportunidades para innovar y de desarrollos tecnológicos.

Figura 2. Segmentación del Mercado			
Satélite			
Segmentos Macro	Navegación	Comunicación	Observación de la Tierra
	Gobierno	Consumidor de Banda Ancha	Oceanografía
	Carreteras	Comunicación Celular	Meteorología
	Profesional	Redes Satelitales	Monitoreo Terrestre
	Consumidor	Distribución de Video	Seguridad y Defensa
	Transporte	Contribución de Video Entretenimiento Celular	Gestión de Recursos Naturales

Fuente: Plan de Órbita, Agencia Espacial Mexicana, 2013

Considerando lo anterior, se pueden proponer distintas aplicaciones y actividades para mejorar la economía del espacio e impulsar el desarrollo de tecnología doméstica, combatiendo problemas tan diversos como la alerta temprana para la prevención de catástrofes naturales, el control de plagas junto con el monitoreo de cultivos, el

fortalecimiento de la seguridad nacional así como el apoyo a la operación de la comunidad policial mediante el uso de sistemas de información, servicios de inteligencia, entre otros.

La repercusión de dicho desarrollo claramente se extiende más allá del campo de la investigación espacial, impactando sobre el campo del medio ambiente, de la seguridad alimentaria, de la salud pública, del cambio climático, e inclusive de la educación.

El elemento constante dentro de todas las acciones para solucionar los problemas mencionados es la realización de un programa espacial, junto con todas las actividades que esto conlleva. Es de suma importancia destacar que la órbita específica elegida para una misión tiene un impacto directo sobre el diseño del satélite.

Ya sea la elaboración de una misión para la investigación de los contaminantes sobre el territorio nacional, o el desarrollo de una constelación de satélites que mantenga continuamente la comunicación para elaborar un sistema de alerta temprana de catástrofes, el primer paso que debe realizarse es la planeación de las órbitas y las trayectorias necesarias para poder garantizar el objetivo principal de la misión.

Planteamiento

México se encuentra rezagado en cuanto a la generación e innovación de tecnología propia para la explotación de la economía del espacio, siendo que la mayor parte de la información consumida, así como de las herramientas utilizadas, se importa. No obstante, el panorama presente es bastante prometedor, ya que dentro de nuestras principales fortalezas se encuentra la experiencia relacionada con el auge del sector aeroespacial y la capacidad para realizar manufactura avanzada, así como el talento en ingeniería y desarrollo y tecnológico del país.

La solución a estos problemas empieza con la investigación espacial, la cual nos otorga la manera de crear el conocimiento necesario junto con la generación de capital humano especializado para emprender en la gestión de proyectos satelitales y misiones espaciales.

Fomentar el desarrollo de un simulador científico que refuerce y proporcione apoyo a los equipos encargados de realizar el diseño de las misiones satelitales, específicamente la

planeación de órbitas y trayectorias de la nave espacial, es de suma importancia para superar el problema que siempre se presenta en una parte inicial y crucial de un emprendimiento en el sector espacial.

Al tener el simulador desarrollado, se podrá impulsar desde la investigación y el desarrollo aplicado a la industria junto con el desarrollo de proveeduría local – aspectos encontrados como debilidades en el análisis FODA llevado a cabo por la AEM en su Plan Órbita del 2012 – hasta la gestión de un mayor número de proyectos y propuestas científicas e industriales que involucren misiones satelitales, fortaleciendo de esta manera el sector de investigaciones espaciales de nuestro país.

Justificación

El simulador propuesto permite efectuar decisiones informadas y oportunas sobre las características de las órbitas y trayectorias elegidas para cumplir la misión espacial, habiendo obtenido datos esenciales para el diseño de cada una de las siguientes fases. De la misma manera también nos permite estimar parámetros orbitales y posición de satélites que se encuentren actualmente en órbita, proporcionándonos una herramienta de suma utilidad en el campo de telemetría y comunicación entre estaciones terrenas.

Entre las principales funciones del simulador se encuentra el cálculo y la generación de perfiles de velocidad, aceleración y periodo debido a la influencia de la gravedad conforme se va recorriendo la órbita en un intervalo de tiempo, los cuales son de gran importancia para el desarrollo posterior del sistema de determinación y control de actitud del satélite.

Por ejemplo, a la hora de diseñar una misión espacial se necesitan establecer los tiempos de comunicación necesarios entre diferentes estaciones terrenas de control localizadas a lo largo del territorio nacional, para lo cual es necesario inclinar la órbita en cierta magnitud, ajustar la altitud del satélite, modificar la excentricidad de su órbita, entre muchas otras acciones, con la finalidad de ajustar la ventana de comunicación existente en cada punto. Al contrario, si se tiene un satélite actualmente en órbita, es indispensable

saber cuándo y hacia dónde debe apuntar nuestra antena para establecer el intercambio de datos con la aeronave, parámetros otorgados también por la plataforma desarrollada. La concepción de la plataforma se realizó para que se realicen funciones similares a las de Software utilizado por la Administración Nacional de la Aeronáutica y el Espacio de los EE.UU. (NASA), por la Agencia Espacial Europea (ESA), y por múltiples empresas internacionales (Boeing, Lockheed Martin, entre otros), los cuales representan tecnologías de alto costo, importadas y que no contemplan los puntos que nuestro proyecto desarrolla y aporta para la mejora de nuestro país.

Dentro de la herramienta desarrollada, el usuario puede establecer los parámetros de órbita y keplerianos elegidos para una misión, verificando el rendimiento, o simplemente otorgando información de suma utilidad para el reajuste de los valores iniciales, o para generar la telemetría y comunicación con el satélite.

Es importante saber, con cierto margen de certeza, la posición en la que nuestro satélite estará ubicado en una fecha determinada o después de un periodo de tiempo, por lo que la plataforma es capaz de calcular, la posición donde se encuentra orbitando la nave espacial, y a qué altura, junto con sus respectivas coordenadas de latitud y longitud, datos imperativos para determinar las ventanas de comunicación existentes entre las estaciones terrenas y la nave.

Para calcular dicha información de manera correcta, después de haber realizado la investigación pertinente y desarrollado las ecuaciones necesarias, se utilizaron los algoritmos adecuados dentro de la plataforma para la determinación de los errores existentes debidos a la oblicuidad de la tierra, los errores intrínsecos de las órbitas elipsoidales, la precesión de la línea de ápsides (línea formada entre el centro de la tierra y el perigeo) junto con la regresión de la línea de nodos, todo esto aunado a la velocidad angular que la tierra presenta con respecto al satélite en órbita.

Se incluyó dentro del programa un módulo para la creación de gráficas interactivas, generadas tanto en 2D como en 3D, para poder facilitar la comprensión del sistema y visualizar como se llevaría a cabo la interacción real de la órbita con el sistema terrestre,

como se puede observar en las Figuras 3 y 4.

Se ha demostrado y comprobado que el desempeño de la plataforma hasta el momento cuenta con una alta precisión, ya sea mediante la validación de software comercial o de datos encontrados en la literatura, lo que valida el uso de la herramienta para el desarrollo de la investigación científica.

Figura 3. Representación en 2D de órbita con cinco vueltas



Teniendo todas estas herramientas bajo disposición, junto con la debida capacitación en programación básica y en conceptos de mecánica celeste, los usuarios podrían comenzar con el desarrollo de las misiones satelitales necesarias para atacar cualquiera de los problemas mencionados anteriormente, lo cual no solamente tendría un impacto sobre el desarrollo de capital humano, si no que también se podrían empezar a generar un mayor

número de propuestas de proyectos en el sector espacial. La herramienta también es de suma utilidad para la personas que deseen generar reportes de percepción remota, tratar con algoritmos de control para el posicionamiento de antenas para estaciones terrenas, e inclusive como herramienta de instrucción o capacitación para estudiantes e investigadores que se interesen en involucrarse con el sector aeroespacial.

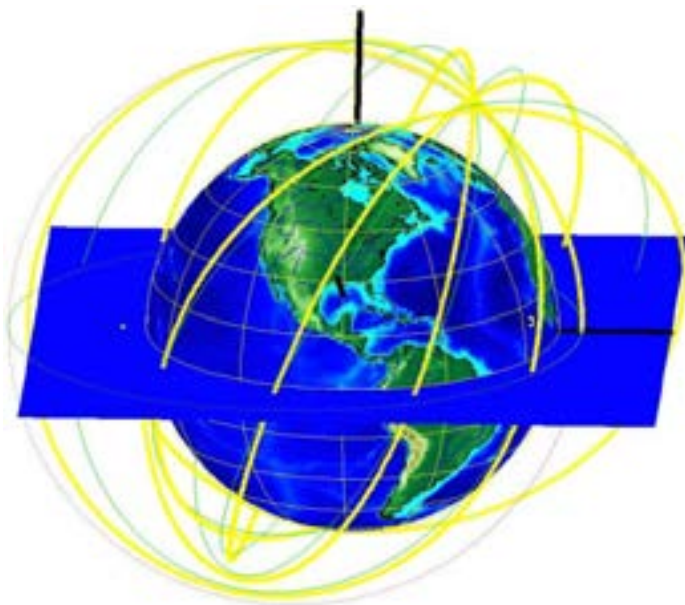


Figura 4. Representación en 3D de órbita con cinco vueltas

Conclusión

La investigación espacial generada por el desarrollo de la plataforma puede impactar de manera directa en forma de beneficios sociales para nuestro país, ya que las misiones y los proyectos que se podrían llevar a cabo utilizándola tienen siempre como meta alguna aplicación para mejorar la vida cotidiana de los mexicanos.

Un claro ejemplo de los alcances del proyecto se puede apreciar con el análisis de la Ley General de Cambio Climático (2012), en donde a través de las misiones y la tecnología espacial es posible afrontar muchos de los requerimientos y objetivos establecidos bajo los distintos rubros existentes: la protección al ambiente, junto al desarrollo sustentable, puede ser regulada y asistida utilizando misiones satelitales que nos permitan medir las emisiones de gases y compuestos contaminantes de efecto invernadero; la preservación y restauración del equilibrio ecológico podría hacer uso de aeronaves encargadas de regular actividades como la agricultura, ganadería, el desarrollo rural, la pesca, entre otras; el fomento a los proyectos de investigación científica sería en este caso una consecuencia, más que un requisito, ya que este forma la base del desarrollo de la propuesta. Basado en lo anterior, la plataforma elaborada tiene un tremendo impacto al fungir como infraestructura de prueba para poder llevar a cabo cada una de las misiones antes mencionadas, ya sea para la determinación de sus órbitas y trayectorias, como para el desarrollo del sistema de control de actitud del satélite involucrado, participando activamente de manera simultánea en tres de los cinco ejes rectores establecidos en el Programa Nacional de Actividades Espaciales del Gobierno Federal (PNAE 2011-2012), impulsando y fortaleciendo la formación de capital humano en ciencias y tecnologías espaciales, realizando investigación científica y desarrollos tecnológicos espaciales, y desarrollando la industria, el comercio y la competitividad en el sector espacial.

Como se ha expuesto a lo largo del artículo, el proyecto genera proyecciones altamente multidisciplinarias, por lo que claramente se deberían aprovechar todas las fortalezas con las que cuenta el sector espacial mexicano, junto con los beneficios que nos rinde la plataforma, para prosperar en la economía del espacio y fomentar el desarrollo,

tanto científico como industrial, en el sector espacial, uno de los campos más lucrativos, prometedores y con mas visión a futuro con los que el mundo actual cuenta.

Bibliografía

- 1.- Plan Nacional de Vuelo, Industria Aeroespacial Mexicana, Mapa de Ruta 2014.
- 2.- Plan de Órbita: Mapa de la ruta de la industria espacial mexicana, Agencia Espacial Mexicana, 2012.
- 3.- The Space Report: The Authoritative Guide to Global Space Activity, Space Foundation, 2014.
- 4.- Tatnall, A. R. L., Farrow, J. B., Bandecchi, M. and Francis, C. R. (2011) Spacecraft System Engineering, in Spacecraft Systems Engineering, Fourth Edition (eds P. Fortescue, G. Swinerd and J. Stark), John Wiley & Sons, Ltd, Chichester, UK. doi: 10.1002/9781119971009.ch20.
- 5.- Diagnóstico anual de oferta y demanda de capital humano en el campo espacial en México, Agencia Espacial Mexicana, 2014.
- 6.- Ley General de Cambio Climático, Cámara de Diputados del H. Congreso de la Unión, Diario Oficial de la Federación 06-06-2012.
- 7.- Proyecto de Programa Nacional de Actividades Espaciales PNAE 2011-2012, Agencia Espacial Mexicana y Gobierno Federal, Febrero 2012.