

CAPÍTULO 1

INTRODUCCIÓN

Luego de que el satélite es lanzado al espacio, entran en juego diversos factores para el éxito de la misión. Uno de estos factores dependerá del funcionamiento de la estación terrena que recibe, valida, interpreta y envía comandos de datos al satélite. En este sentido, Aguirre (2012) sostiene que el segmento terrestre es un sistema articulado a la organización de las operaciones terrenas y está compuesto por los recursos humanos, encargados de la gestión de los datos de la misión y la ejecución de las operaciones de control del satélite. Los sistemas terrestres (hardware, software e instalaciones) ofrecen apoyo para controlar y supervisar el satélite.

1.1 ¿Cuál es el problema de investigación?

Treinta años atrás, Muller & Vermillion (1987) establecieron que una estación terrena no debe funcionar aislada, esta puede conectarse a otras estaciones terrenas y comenzar a beneficiarse de ellas mismas. A partir de lo anterior, muchos han creado redes de estaciones terrenas para aprovechar el intercambio de recursos. Además, esta configuración optimiza el tiempo que utilizan los satélites para comunicarse con las diferentes estaciones. De esta manera, los operadores de satélites usan internet para enviar comandos y recibir telemetrías sin ser afectados por la ubicación de la estación o el satélite. Estas acciones pueden ser factibles gracias a la existencia de una estación terrena conectada a otras estaciones ubicadas en diferentes partes del mundo.

Con el objetivo de reducir los costos de operación, las estaciones terrenas para rastreo y control de los satélites, serán autónomas y dinámicas. Lo anterior significa que deben ser lo suficientemente flexibles como para rastrear diferentes tipos de satélites. En especial, aquellos pequeños satélites como los nanosatélites, picosatélites y femtosatélites, los cuales suelen operar en frecuencias de radio VHF, UHF y banda S. Esta característica permite tanto a los radioaficionados como a las universidades, desarrollar y compartir soluciones rentables de satélites y estaciones terrenas con el fin de cumplir los objetivos de la misión trazada.

El operador de una estación terrena debe ser calificado para interpretar los datos recibidos, así como también, debe ser idóneo en la operación del equipo e identificación de anomalías que podrían poner en riesgo la misión. Sin embargo, mantener un operador en un esquema 7x24, es decir, 24 horas por 7 días a la semana, en una estación terrena, representa altos costos para el proyecto. Por lo tanto, cualquier procedimiento que permita automatizar los procesos en su funcionamiento y/o extensión de su cobertura, ayuda a reducir los costos, y al mismo tiempo, permite fiabilidad y maximización de las posibilidades del éxito de la misión.

La constante miniaturización de los satélites, sus altos costos de operación y mantenimiento en estaciones terrenas, así como el compromiso recientemente manifestado por el Instituto Nacional de Pesquisas Espaciales (INPE) con el desarrollo de satélites científicos, ofrecen una gran oportunidad para los desafíos de este proyecto.

1.2 Objetivos y resultados esperados

El objetivo principal que direcciona este estudio es un enfoque autónomo y dinámico de las operaciones de estaciones terrenas para el rastreo y control de pequeños satélites. De esta manera, se propone un *middleware* basado en los conceptos de inteligencia artificial y utilizando un sistema basado en reglas con una base de conocimientos. Este enfoque permitirá la realización de una configuración autónoma y dinámica de las estaciones terrenas que rastrean y controlan satélites.

Así mismo, este enfoque contribuirá también a reducir los costos de operación, ya que es posible reutilizar los recursos proporcionados y cambiar flexiblemente la infraestructura subyacente. Una forma de lograr este objetivo es mediante el desarrollo de una metodología que asigne un satélite en particular a una estación terrena específica, en un instante de tiempo determinado. En este sentido, este estudio trabajará con la red SATNet (SatNET, 2016) que conecta un conjunto de estaciones terrenas que se encuentran en España, Estados Unidos y Brasil, entre otras que están en construcción.

1.3 ¿Cuál podría ser una posible solución?

Una solución importante para el desarrollo de un *middleware* que brinde autonomía y dinamismo a las estaciones terrenas, se le ha denominado ADSGS, por sus siglas en inglés (Sistema Autónomo y Dinámico para Estaciones Terrenas), el cual actúa como una capa de interfaz entre el hardware de la estación y la red SATNet.

Como parte de la solución propuesta, se utiliza inteligencia artificial (IA) en el agente ADSGS que controla la asignación de las estaciones terrenas. Este se basa, en un sistema experto basado en reglas y emplea una versión modificada del Algoritmo Húngaro (Kuhn, 1955) que proporciona autonomía y dinamismo a la red de estaciones terrenas. Este libro propone un método para la creación de una estación terrena que, basado en diferentes tecnologías, permite el control y seguimiento de pequeños satélites. Esta estación terrena difiere de otras existentes, por el uso de inteligencia artificial, que da autonomía y el uso de Radio Definido por Software (SDR), que provee dinamismo a la estación.

En este orden de ideas, el hardware sugerido con elementos disponibles en el comercio (COTS) reducirá significativamente el valor de la estación terrena, tanto en su adquisición, como en su gestión y mantenimiento. Lo que significa que la suma de estos componentes (IA, SDR, COTS) hacen que la estación terrena propuesta sea diferente de las existentes y esta investigación contribuirá a la comunidad académica en el desarrollo de nuevas formas de controlar y rastrear pequeños satélites. Por último, la integración de esta estación con la red SATNet brinda un mayor control de los satélites puestos en órbita, y el uso del agente ADSGS dará la autonomía y dinamismo planteados a lo largo de este manuscrito.

1.4 Estructura del manuscrito

El texto presentado a continuación, está compuesto por seis capítulos estructurados de la siguiente manera: el primero, da cuenta del objetivo propuesto, del problema de investigación y de las posibles soluciones a la cuestión planteada. Así también, informa de los antecedentes sobre las redes de estaciones terrenas y los principales temas relacionados con este estudio. En el segundo capítulo, se introducen las diferentes arquitecturas y el uso de estas redes en los últimos años, a modo de estado del arte. La Red de Espacio Profundo (DSN), la Red de Control de Satélites de la Fuerza Aérea (AFSCN), MERCURY, la Red de Estaciones Terrenas (GSN), el Comando y Control de CubeSat Móvil (MC3), la Red Educativa Global de Operaciones Satelitales (GENSO), SATNOGS y SATNet forman parte de este estudio.

Por otro lado, el capítulo 3 explora la selección de equipos de diseño de estaciones terrenas para la propuesta de arquitectura ADSGS. Este capítulo introduce el análisis de las diferentes configuraciones de hardware de la estación terrena. Así mismo, describe los diferentes componentes de software y hardware propuestos en el ADSGS tales como: SATNet, la Operación del Plan de Vuelo (FPO), la Interfaz de Usuario, Orbitron, el programador de la estación terrena, SDR, Telemetría, Seguimiento y Comando (TT&C) y ProEst.

Al continuar esta ruta investigativa, el capítulo 4 describe el agente ADSGS con los componentes necesarios para el desarrollo de este sistema: los actores, el sistema basado en reglas, el shell, las preguntas y reglas utilizadas en el sistema Expert SINTA. De igual forma, se propone el diseño en lenguaje de modelado unificado (UML).

El capítulo 5 analiza un caso de estudio y los resultados, a través de dos escenarios: Escenario 1: 1 satélite - n estaciones terrenas. Escenario 2. n satélites - m estaciones terrenas. Además, un escenario de simulación utilizando *MATrix LABoratory* (MATLAB) con *System Tool Kit* (STK).

Por último, el capítulo 6 presenta las conclusiones de este estudio enfatizando en los objetivos y resultados del proyecto. De la misma manera, se discuten algunas implicaciones y propuestas para continuar con esta investigación.