

## CAPÍTULO 6

### TRABAJOS FUTUROS EN EL ÁREA Y CONCLUSIONES

Este capítulo se encuentra distribuido en dos partes, la sección 6.1, tiene como fin listar algunas consideraciones y conclusiones finales; la sección 6.2, pretende revisar cuáles son los trabajos futuros que se desprenden de esta investigación.

#### 6.1 Consideraciones Finales y Conclusiones

El propósito de este manuscrito fue proponer un enfoque autónomo y dinámico para la operación de pequeños satélites. Con este fin se propuso un *middleware* que utiliza elementos COTS de hardware para la estación terrena y la interfaz con la red de estaciones terrenas SATNet.

Es así que, se propuso un enfoque llamado ADSGS, que es un sistema basado en IA, que proporciona autonomía y dinamismo a la estación terrena y en integración con el SATNet. El uso de esta propuesta puede reducir los costos de operación de una estación, permitiendo la optimización de los recursos de hardware y software, así como, los procesos de control y seguimiento de pequeños satélites.

Tras la revisión de diferentes técnicas de inteligencia artificial, se eligió un sistema experto basado en reglas con una base de conocimientos, este fue escogido debido a su aplicación de bajo costo, la fiabilidad que ofrece su toma de decisiones de alta velocidad durante un paso por la estación y la facilidad de réplica en cualquier otra estación.

## RED INTELIGENTE DE ESTACIONES TERRENAS - ADSGS

El uso de un sistema experto basado en reglas, proporciona autonomía al ADSGS en la gestión de las decisiones que el sistema necesita realizar en una situación determinada, facilitando así el control de la estación terrena.

Todos los componentes de software ADSGS integrados en la red SATNet permiten a una estación terrena responder inmediatamente a las diferentes misiones asignadas, proporcionando dinamismo a la estación.

Este manuscrito propone el uso de hardware SDR como solución para reemplazar las radios convencionales. Además, favorece ampliamente los costos de una estación terrena y, a su vez, permite utilizar un rango de frecuencia más amplio en VHF, UHF y banda S.

El software SDR permite cambiar las frecuencias de las antenas dinámicamente, facultando al agente ADSGS a ofrecer dinamismo a la estación terrena, siendo entendida como la capacidad de cambiar las frecuencias según el satélite que se va a rastrear en ese momento. El SDR también amplía las posibilidades de uso ya que es un proyecto de código abierto que permite programar nuevas aplicaciones y usos.

El uso de Expert SINTA para desarrollar el sistema experto basado en reglas, proporcionó agilidad a esta propuesta y, a su vez, permitió crear un sistema rápido con una interfaz de usuario fácil, pero con un motor de inferencia robusto que respondía a las necesidades del agente ADSGS.

Al crear una configuración de hardware para la estación terrena basada en la experiencia de la comunidad de radioaficionados, este proceso brinda solidez y agilidad en la comunicación de la estación satélite. Así también, es funcional con todas las diferentes estaciones disponibles desplegadas en todo el mundo.

El agente ADSGS podría ser una norma para otras estaciones terrenas dedicadas al control y seguimiento de satélites pequeños, ya que abarca todos los módulos de comunicación necesarios para satisfacer las necesidades de un enlace por satélite (telemetría, teletrabajo, seguimiento, codificación, decodificación).

Otras contribuciones se enlistan a continuación:

- La comunidad de radioaficionados y las universidades están interesadas en reducir los costos de adquirir e implementar una estación terrena. La configuración de hardware propuesta aquí se basa en elementos COTS, convirtiéndose en una solución económica accesible a todo tipo de usuario.
- Debe destacarse la contribución a la red de estaciones terrenas SATNet en sus componentes de hardware y software de la estación, así como la integración con el agente ADSGS, aumentando su potencial para convertirse en una estación terrena estándar.
- El Agente ADSGS permite a las estaciones terrenas ser eficientes en el uso de sus recursos e integrar la inteligencia artificial que este posee, que lo diferencia de las estaciones ya existentes. Además, el uso de este algoritmo en redes de estaciones terrenas aumentará el tiempo de control sobre los satélites en órbita.
- El uso de SDR tanto en el hardware como en el software en esta propuesta supone una contribución para el rastreo de satélites que utilizan las frecuencias de radioaficionados, aumentando así el rango de estas frecuencias en las diferentes bandas.
- La adaptación del Algoritmo Húngaro contribuye a la solución de problemas de asignación, ya que permite convertir matrices no cuadráticas, en matrices cuadráticas, adaptándose así a la solución de más problemas de este tipo.
- Se realizó un estudio comparativo de las diferentes redes de estaciones terrenas, destacando que no han utilizado inteligencia artificial para su desarrollo.
- El uso de inteligencia artificial proporciona autonomía a una estación terrena. Así también, aumenta la fiabilidad del agente ADSGS para gestionar este tipo de proyectos. En consecuencia, el ADSGS es una

contribución a las telecomunicaciones que se realizan diariamente con los satélites en órbita desde las estaciones terrenas, ya que optimiza el tiempo, el costo, el control y el mantenimiento del sistema terreno.

## **6.2 Los trabajos futuros**

De tal manera que se pueda continuar con este trabajo de investigación, se sugiere realizar las siguientes actividades:

- Desarrollar e implementar el sistema ADSGS basado en el modelado de UML sugerido. Esto se puede hacer, por ejemplo, utilizando Python para la implementación, dado que reduce los problemas de interfaz entre sus diferentes componentes.
- Se sugiere desarrollar un sistema experto basado en reglas. De esta manera, se podrá facilitar la interoperabilidad con herramientas heterogéneas como Java, usando el lenguaje de programación Python, Delphi o herramientas para sistemas expertos.
- Implementar el agente ADSGS en una estación 100% compatible. Con este propósito, en la Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia – UPTC ubicada en la ciudad de Tunja, Colombia, ya se compró el equipo sugerido para la estación terrena propuesto en esta investigación. Esta estación en particular será parte de SATNet, permitiendo el uso del agente ADSGS para controlarla.