



Facultad de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales
ÁREA INGENIERÍA
ESCUELA DE ELECTRÓNICA
C.C. 755 - Correo Central - 5000 - CÓRDOBA
Tel. Directo (0351) 33-4147 int 110
Comutador: 433-4141 y 33-4152 - Interno 10



SOLICITUD DE APROBACIÓN DE TEMA - SAT

Sr. Director de la Escuela de Ingeniería Electrónica
Ing.: JOSÉ AMADO

Me dirijo a Ud. a fin de solicitar la **aprobación del tema del Proyecto Integrador (PI)** que propongo a continuación:

NOMBRE DEL PROYECTO: MONTURA
MOTORIZADA PARA SEGUIMIENTO SATELITAL DEL
NANO 70/30

DESCRIPCIÓN: El proyecto consiste en el diseño, caracterización e implementación de una Montura Motorizada (“*Tracker Satelital*”) destinada al Laboratorio de Radiofrecuencias y Microondas (LARFyM) con el objeto de permitir el seguimiento y en tiempo real de satélites de órbita baja (LEO), con un enfoque particular en el CubeSat en desarrollo en la facultad (“*Nano 70/30*”); Se empleará una antena parabólica de alta directividad y actuadores en desuso en el laboratorio.

CONTINUIDAD DE PPS: Sí

DESARROLLO DE PROTOTIPO: Prototipo funcional integrando software, hardware e interfaz de usuario.

ÁREA TEMÁTICA DEL PI: Comunicaciones, Sistemas embebidos.

ASIGNATURAS: Electrónica Digital III, Sistemas de Control I, Antenas y Propagación de Ondas y Electrónica Industrial.

EL P.I. TIENE UN IMPACTO SOCIAL DIRECTO: No.

EL P.I. TIENE UN IMPACTO AMBIENTAL DIRECTO: No.

DIRECTOR DEL PI

Nombre: Ing. José Luis Amado.

Cargo en la FCEFyN: Profesor Titular en Teoría del Campo Electromagnético y Antenas y Propagación de Ondas.

Dirección: Ismael Bordabehere S/N.

Teléfono: 5353800

Correo electrónico: jose.amado@unc.edu.ar.

FIRMA DIRECTOR

.....

CO-DIRECTOR

Nombre: Ing. Federico Tomás Dadam.

Empresa/Institución: Facultad de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales.

Cargo: Profesor Adjunto en Electrónica Analógica III y Sistemas de Radiocomunicación.

Dirección: Ismael Bordabehere S/N.

Teléfono: 5353800

Correo electrónico: Federico.tomas.dadam@unc.edu.ar

FIRMA CO-DIRECTOR

.....

DATOS DEL ESTUDIANTE

Nombre completo: Alfonso Mouton Laudin.

Matrícula / DNI: 43547054

Asignaturas que le falta aprobar: Gestión de las Organizaciones Industriales y Seguridad e Higiene Industrial y Ambiental.

Dirección: Boulevard San Juan 639.

Email personal: alfonsonmouton@gmail.com

Email de la UNC: alfonso.mouton@mi.unc.edu.ar

Teléfono: +54 3764889745

Firma del Estudiante

43547054

OBJETIVO GENERAL

Diseñar e implementar una Montura Motorizada que garantice el seguimiento dinámico y en tiempo real de satélites de órbita baja y rápido movimiento, aprovechando los materiales y actuadores en desuso ya existentes en el Laboratorio de Radiofrecuencias y Microondas.

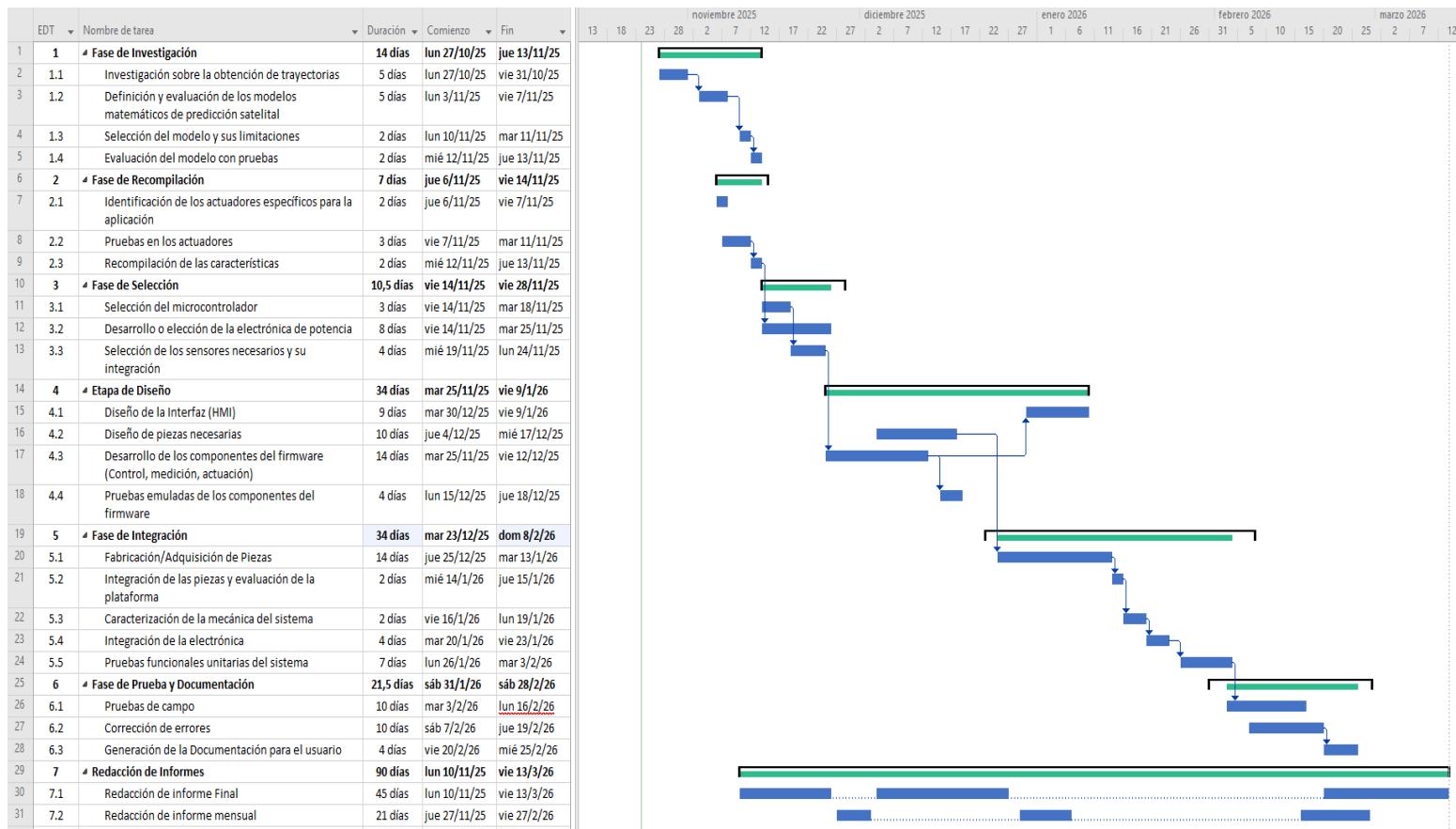
OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Analizar y determinar las estructuras estándares de fuentes de acceso público para la obtención de parámetros orbitales.
- Evaluar, definir y comparar modelos matemáticos de predicción de trayectorias satelitales para determinar la posición del satélite y los ángulos para el apuntamiento.
- Seleccionar elementos para el desarrollo que se encuentren disponibles en el laboratorio.
- Precisar el microcontrolador necesario para la implementación del modelo de predicción, monitorización de parámetros y control de los actuadores.
- Establecer la electrónica de potencia necesaria para el control de los actuadores, si es necesario diseñar, implementar y realizar pruebas.
- Definir la manera de determinar los ángulos (elevación y azimut) en la plataforma.
- Diseñar, especificar características y ensamblar mecánicamente las piezas necesarias para la plataforma.
- Diseñar, esquematizar la interfaz hombre-máquina necesaria para la muestra de datos de interés y la entrada de datos necesarios.
- Integrar la electrónica utilizada en conjunto con la mecánica de la montura y realizar pruebas funcionales unitarias.
- Evaluar el desempeño de la plataforma de seguimiento y corregir posibles errores de hardware o software.
- Generar la documentación técnica y manual de usuario del prototipo para facilitar su mantenimiento y posterior operación en las actividades de investigación y del laboratorio.

ANTECEDENTES DE PROYECTOS SIMILARES

No existe un proyecto preliminar, tampoco croquis o proyectos integradores en la facultad que aborden esta problemática, sí se encuentran desarrollos externos a la facultad.

DURACIÓN Y FASES DE LAS TAREAS PREVISTAS



METODOLOGÍA

LUGAR PREVISTO DE REALIZACIÓN.

El proyecto integrador se desarrollará en el Laboratorio de Radiofrecuencias y Microondas (LARFyM) en la Facultad de Ciencias Exactas; Las pruebas del funcionamiento serán realizadas al aire libre en cercanía.

REQUERIMIENTOS DE INSTRUMENTAL Y EQUIPOS:

Para el desarrollo del proyecto, se requieren los siguientes instrumentos y equipos, los cuales están disponibles en el laboratorio.

- Dos fuentes de Alimentación (Zurich DF1730SB5A), para realizar pruebas con los actuadores.
- Osciloscopio Digital (Tektronix TDS1000B), necesario para determinar transitorios de corrientes y tensiones, y mediciones en general.
- Multímetro (UT 70D), se utilizará para realizar mediciones de la electrónica de potencia, determinar posibles fallos y determinar niveles de corrientes y tensiones para ser comparados.
- Medidor de elevación, brújula, GPS y otros elementos integrados en cualquier *Smartphone*.
- Satellite finder, necesario para determinar la intensidad de señal proveniente del satélite.
- LNB de Arsat.

INVERSIÓN DE DINERO ESTIMADO

Para la realización del prototipo, no es necesaria una gran inversión debido a la disponibilidad de los actuadores y la antena en el laboratorio; Sin embargo, estima un gasto de \$400000 para la compra de la electrónica, fabricación de piezas, herramientas, gabinete estanco, cables, módulo GPS y otros elementos; Esta inversión estará a cargo del alumno y el prototipo estará disponible en el laboratorio.

APOYO ECONÓMICO EXTERNO A LA FACULTAD

El mecanizado de algunas piezas y el material de aluminio serán brindados, por la empresa *Plastilux S.R.L.* especializada en fabricación de botellas, al desarrollo del trabajo y su posterior uso en el laboratorio.

NOTA: se recuerda al estudiante que dispone de “seis meses” a contar desde la aprobación de la SAT por parte de la Cátedra, para terminar el desarrollo incluido el Informe Final.

Recibido Cátedra PI

Córdoba, / / .

ANEXO

DESCRIPCIÓN DETALLADA DEL PROYECTO

El proyecto final se centra en el desarrollo y la implementación de un prototipo funcional de una plataforma motorizada de doble eje (Azimut-Elevación), diseñada específicamente para el seguimiento automático de satélites de Órbita Baja (LEO). El objetivo primordial es dotar al laboratorio (LARFyM) de una herramienta de bajo costo y alto rendimiento, capaz de dar soporte a actividades de investigación y proyectos estratégicos, como el satélite Nano 70/30.

Alcance del prototipo:

El alcance de este proyecto se define por la implementación de una solución de seguimiento basada en ángulos relativos.

- **Alcance Principal:** Implementación completa del sistema funcional, incluyendo la mecánica, la electrónica, el firmware de tiempo real y la interfaz web de telemetría e ingreso de datos.
- **Posicionamiento Relativo (Método de Calibración):** La plataforma funcionará basándose en ángulos relativos al sistema de final de carrera. Esto requiere un procedimiento de calibración inicial manual por parte del instalador, utilizando un dispositivo externo (como un Smartphone con una aplicación de brújula/Inclinómetro) para establecer el horizonte (0° Elevación) y el norte geográfico (0° Azimut) como puntos de referencia.

Continuidad de Trabajos Previos (PPS):

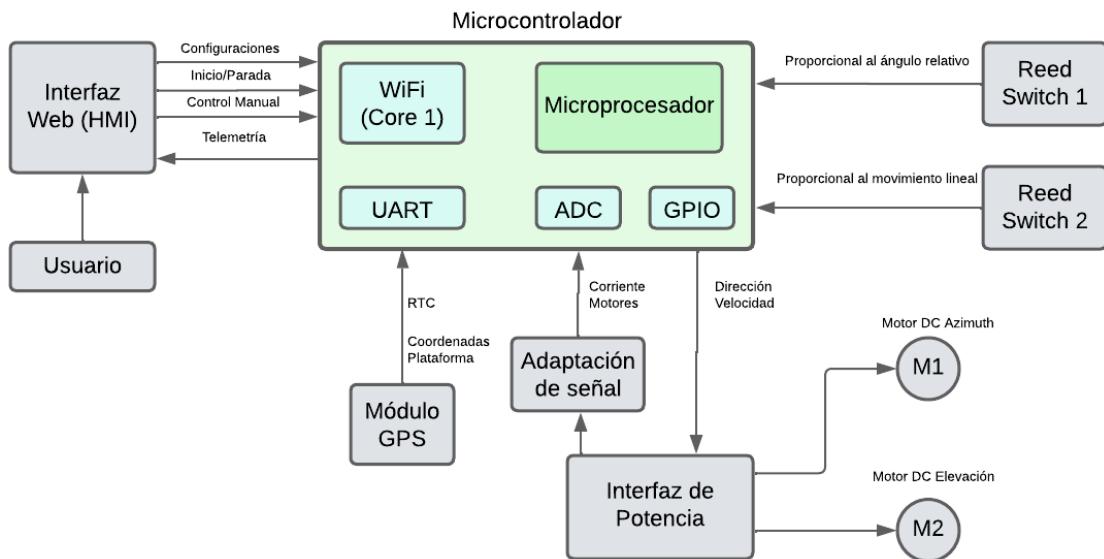
El desarrollo forma parte de la continuidad del estudio previo realizado denominado como “Estudio de Factibilidad de Tracker Satelital para el LARFyM”. En donde se facilita y justifica la implementación del prototipo con las herramientas y elementos proveídos por el laboratorio, ya que el mismo resulta viable; A continuación, se dictan algunas de las tareas ya realizadas que servirán de complemento al desarrollo del proyecto integrador:

- Relevamiento y caracterización de los actuadores.
- Investigación sobre métodos de obtención de posición de un satélite específico.
- Determinación y justificación de la electrónica que será utilizada para el proyecto.
- Diseño de las piezas mecánicas que serán utilizadas.

Arquitectura funcional del prototipo:

El funcionamiento del prototipo se organiza en un sistema distribuido y concurrente, gestionado por un sistema operativo en tiempo real (freeRTOS), esto es debido a que el sistema deberá organizar eficientemente tareas encomendadas tales como:

- Envío periódico de datos de interés de la plataforma y del satélite a la interfaz web (telemetría).
- Recepción de datos provenientes por el usuario (Inicio/Parada), configuraciones y manejo manual de la plataforma.
- Implementar el sistema de control basado en PID.
- Procesar el modelo de predicción de trayectoria del satélite para determinar los ángulos absolutos.
- Control de la interfaz de potencia de los motores.
- Tarea de calibración.



Se implementará un servidor web para generar la interfaz de usuario, en conjunto con el protocolo Multicast DNS (mDNS), que permite el descubrimiento automático del dispositivo en la red mediante un nombre amigable. Las peticiones HTTP serán gestionadas por el sistema operativo, la administración del WiFi en modo punto de acceso (AP) se ejecutará en el segundo núcleo del microcontrolador.

Se utilizará el protocolo UART de comunicación para obtener datos de posición y el tiempo actual proveniente del RTC interno del módulo, estos serán utilizados como referencia de posición y de sincronización temporal para el modelo de predicción.

Se utilizará un conversor analógico-digital (ADC) en conjunto con una etapa de adaptación de señal para la medición indirecta de la corriente consumida por los motores de corriente continua.

La etapa de potencia permitirá controlar la dirección de giro, la velocidad y realizar el frenado dinámico mediante el cortocircuito de los bornes del motor. Estas funciones se implementarán mediante dos salidas GPIO y una señal PWM para el control de velocidad.

Los pulsos generados por el interruptor magnético (reed switch) serán procesados por el periférico PCNT del microcontrolador, con posibilidad de configurar límites de cuentas, generando interrupciones y restricciones por software, reemplazando el uso de finales de carrera mecánicos que requieren mayor mantenimiento.

Pruebas de validación del prototipo:

Para validar la operatividad, se realizarán pruebas funcionales y de campo para confirmar el correcto seguimiento. Se utilizará un satélite finder como referencia externa para posicionar la antena y verificar la precisión del tracker en:

- Satélites Geoestacionarios (GEO): Como punto de referencia fijo (más fácil de apuntar) para validar la precisión estática.
- Satélites de Órbita Baja (LEO): Para validar la capacidad de seguimiento dinámico.

También, es posible colocar un LNB en el brazo de la parabólica y hacer pruebas con la recepción de señales satelitales.

Componentes a diseñar:

- Plataforma Mecánica de Doble Eje: Diseño estructural, especificación de materiales y ensamblaje de la montura que aloja la antena, los actuadores y los sensores de posición.
- Firmware del microcontrolador.
- Interfaz de Potencia/Módulo de Drivers: Diseño e implementación de la electrónica de potencia específica que interconecta el bajo voltaje del MCU (ESP32) con los requerimientos de potencia de los actuadores seleccionados (basado en la caracterización de la PPS).
- Página Web (HMI): Diseño e implementación de la interfaz web que sirve como punto de control y visualización de telemetría del prototipo.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS Y DE SOFTWARE

E. Downey, “Autonomous Satellite Tracker,” QEX, no. 289, pp. 3–10, May/Jun. 2016. [Online]. Available: <https://www.clearskyinstitute.com/ham/AST/>. Accessed: Sep. 19, 2025.

Space-track tle documentation. Accedido: Septiembre 2025. [Online]. Available: <https://celestrak.org/NORAD/documentation/spacetrk.pdf>

C. S. Institute, “Antenna steering toolkit (ast),” <https://www.clearskyinstitute.com/ham/AST>, 2020, ´ Ultimo acceso: 10 de septiembre de 2025.

Celestrak- satellite information. Accedido: Septiembre 2025. [Online]. Available: <https://www.celestrak.com>

Formulario v2-3 2025