



# CONCURSO CUBESAT UTN 2025



Revisión De Diseño  
Preliminar

Facultad Regional  
Córdoba

Grupo COREX

Proyecto LAMBDA

7 de julio de 2025



 Regional Córdoba	CUBESAT UTN 2025	 Ingeniería Electrónica
<b>DOC.Nº:1</b>	<i>Revisión De Diseño Preliminar</i>	<b>7 de julio de 2025</b>

# Índice

<b>Glosario</b>	<b>2</b>
<b>1 Introducción</b>	<b>3</b>
<b>2 Alcance</b>	<b>4</b>
<b>3 Objetivos</b>	<b>5</b>
<b>4 Datos del Equipo y Unidad Académica</b>	<b>6</b>
4.1 Presentación del Equipo . . . . .	7
4.1.1 Integrantes . . . . .	7
4.1.2 Mentores . . . . .	9
<b>5 Descripción de la Misión</b>	<b>10</b>
5.1 Objetivos Misión Primaria . . . . .	10
5.2 Objetivos Misión Secundaria . . . . .	11
5.2.1 General . . . . .	11
5.2.2 Giardia Lamblia . . . . .	11
5.2.3 Experimento . . . . .	12
5.2.4 Ensayos . . . . .	13
5.2.5 Procedimientos . . . . .	14
5.3 Descripción del CubeSat . . . . .	14
5.3.1 General . . . . .	15
5.3.2 Descripción de Subsistemas . . . . .	15
5.3.3 Herramientas de Cálculo Empleadas . . . . .	20
5.3.4 Estructura . . . . .	20
5.3.5 Criterios de Margenes . . . . .	25
5.4 Secuencia de Operación . . . . .	28
5.5 Aseguramiento de Misión . . . . .	30
5.5.1 Análisis de Confiabilidad . . . . .	30
5.5.2 Análisis de Riesgos . . . . .	35
5.5.3 Ensayos . . . . .	36
5.6 Plan de Proyecto . . . . .	37
5.6.1 General . . . . .	37
5.6.2 Estrategia de documentación y divulgación . . . . .	39
5.6.3 Cronograma . . . . .	40
5.6.4 Costos y Financiamiento . . . . .	40
<b>6 Información Adicional</b>	<b>43</b>
6.1 Repositorios . . . . .	43

<b>7 Anexo</b>	<b>44</b>
7.1 Página web HMI . . . . .	44
7.2 Simulaciones . . . . .	45
7.3 Cronograma Mecánica . . . . .	50
7.4 Cronograma Electrónica (Hardware) . . . . .	52
7.5 Cronograma Electrónica (Firmware) . . . . .	53
7.6 Cronograma Software . . . . .	54
<b>8 Bibliografía</b>	<b>56</b>

 Regional Córdoba	CUBESAT UTN 2025	 Ingeniería Electrónica
<b>DOC.Nº:1</b>	<i>Revisión De Diseño Preliminar</i>	<b>7 de julio de 2025</b>

## Glosario

**CDR** Revisión de Crítica de Diseño. 36, 39, 50, 52, 54

**HMI** Interfaz Humano-Computadora. 15, 17, 18

**IMU** Unidad de Medición Inercial. 18, 19, 36, 42

**OBC** Computadora a bordo. 16–18, 20, 50

**PDR** Revisión de Diseño Preliminar. 35, 39

**PDU** Proceso Unificado de Desarrollo. 39

**PMS** Sistema de administración de energía. 15–18, 20, 35, 50

**PU** Unidad de Carga Util. 50

**TRU** Unidad de Regulación Térmica. 19, 20

 Regional Córdoba	<b>CUBESAT UTN 2025</b>	 <i>Ingeniería Electrónica</i>
<b>DOC.Nº:1</b>	<i>Revisión De Diseño Preliminar</i>	<b>7 de julio de 2025</b>

# 1 Introducción

La UTN a través de la Secretaría de Cultura y Extensión Universitaria juntamente con la Facultad Regional Haedo apoyan y promueven una serie de actividades CubeSat en todas sus Facultades Regionales. El proyecto CubeSat UTN dirigido a estudiantes de nuestra Universidad, abarca sobre todo temas curriculares de tecnología, física y programación. A través de la experiencia práctica que se adquiere trabajando en un proyecto espacial a pequeña escala, el CubeSat utiliza esos contenidos teóricos de manera interdisciplinaria y fomenta la colaboración y el trabajo en equipo.

 Regional Córdoba	<b>CUBESAT UTN 2025</b>	 Ingeniería Electrónica
<b>DOC.Nº:1</b>	<i>Revisión De Diseño Preliminar</i>	<b>7 de julio de 2025</b>

## 2 Alcance

Este documento describe la información referente a la presentación de la Revisión de Diseño Preliminar (PDR) para el concurso CubeSat UTN 2025.

Incluye la descripción de la misión primaria, centrada en la recolección de datos físicos y ambientales, y de la misión secundaria, orientada al estudio de la viabilidad de células eucariotas expuestas a condiciones extremas durante el lanzamiento, vuelo y reingreso del CubeSat.

Además, se detalla el diseño preliminar y la justificación de la arquitectura general del sistema y cada uno de sus subsistemas, la estrategia de adquisición y almacenamiento de datos, el presupuesto preliminar de masa, potencia y volumen de datos, el análisis de confiabilidad, el análisis de riesgos asociados y la descripción de los procesos que se llevarán a cabo posteriormente.

 Regional Córdoba	<b>CUBESAT UTN 2025</b>	 <i>Ingeniería Electrónica</i>
<b>DOC.Nº:1</b>	<i>Revisión De Diseño Preliminar</i>	<b>7 de julio de 2025</b>

### 3 Objetivos

El objetivo del PDR es demostrar que el diseño preliminar cumple, en una primera instancia, con todos los requisitos funcionales y técnicos del sistema manteniéndose en un nivel de riesgo aceptable y alineado con las limitaciones preestablecidas de costo, volumen, masa y plazo.

Por otra parte, se busca verificar que las opciones de diseño seleccionadas son adecuadas y viables, que las interfaces entre subsistemas han sido correctamente identificadas y que los métodos de verificación definidos son factibles para validar el correcto funcionamiento de cada sistema.

El PDR permite anticipar y abordar posibles problemas críticos del sistema en su totalidad, para así establecer una base sólida que habilite el avance hacia la etapa de diseño detallado.

	Regional Córdoba	CUBESAT UTN 2025	
<b>DOC.Nº:1</b>		<i>Revisión De Diseño Preliminar</i>	<b>7 de julio de 2025</b>

## 4 Datos del Equipo y Unidad Académica

CONCURSO CUBESAT UTN 2025				
REVISIÓN DE DISEÑO PRELIMINAR				
<b>FACULTAD REGIONAL:</b>	Córdoba			
<b>NOMBRE DEL EQUIPO:</b>	COREX			
<b>INTEGRANTES DEL EQUIPO:</b>				
ALUMNO	AÑO	CARRERA	LEGAJO	CORREO
Adragna, Jimena Sofía	4to	Ingeniería en Sistemas de Información	94269	jsadragna@gmail.com
Cortesini Perez, Luciano Tomas	3ro	Ingeniería Electrónica	402719	cortesiniluciano@gmail.com
Gil, Ignacio	3ro	Ingeniería Electrónica	401891	ignacioo.gil12@gmail.com
Koroch, Matias Adolfo	3ro	Ingeniería en Sistemas de Información	96369	mkorochresk@gmail.com
Montesinos, Dana Carolina	3ro	Ingeniería en Sistemas de Información	95445	montesinosdanac@gmail.com
Palombo, Franco	3ro	Ingeniería Electrónica	401910	ffpp.2003@hotmail.com
Prieto, Angelo	3ro	Ingeniería Electrónica	401012	prietoangelo12@gmail.com
<b>MENTOR PRINCIPAL</b>				
NOMBRE	CARGO	MATERIA	CARRERA	CORREO
Paz, Claudio	Profesor Asociado	Informática 1	Ingeniería en Electrónica	claudiojpaz@gmail.com
<b>MENTOR SUPLENTE (Opcional)</b>				
NOMBRE	CARGO	MATERIA	CARRERA	CORREO
Guanuco, Luis	Profesor Adjunto	Dispositivos Electrónicos	Ingeniería en Electrónica	guanucoluis@gmail.com
<b>AUTORIDAD RESPONSABLE DEL PROYECTO EN REGIONAL</b>				
NOMBRE	CARGO	CORREO		
Macaño, Hector	Decano	hmacano@frc.utn.edu.ar		

 Regional Córdoba	CUBESAT UTN 2025	 Ingeniería Electrónica
<b>DOC.Nº:1</b>	<i>Revisión De Diseño Preliminar</i>	<b>7 de julio de 2025</b>

## 4.1 Presentación del Equipo

### 4.1.1 Integrantes

#### Adragna, Jimena Sofía

**Áreas de Conocimiento:**

Programación en Python y JavaScript

Dominio en el análisis, diseño y modelado de sistemas de información

**Experiencia:**

Pentester en Grupo de Investigación en Seguridad de Sistemas de Información y Ciberseguridad (GISSIC), UTN-FRC



#### Cortesini Pérez, Luciano Tomás

**Áreas de Conocimiento:**

Impresión 3D con materiales técnicos

Diseño 3D paramétrico

Programación en C++ y Python

Gestión de repositorios Git

**Experiencia:**

Finalista Certamen CanSat Argentina 2022

Desarrollador de software en el proyecto HexSar del Centro de Investigación de Informática para la Ingeniería (CIII), UTN-FRC

Técnico Electrónico egresado del ITS Villada



#### Gil, Ignacio

**Áreas de Conocimiento:**

Diseño PCB

Programación en C, C++ y Python

Gitflow

Diseño 3D

**Experiencia:**

Finalista Certamen CanSat 2022

Técnico Electrónico egresado del ITS Villada

Omixom SRL



 Regional Córdoba	<b>CUBESAT UTN 2025</b>	 Ingeniería Electrónica
<b>DOC.Nº:1</b>	<i>Revisión De Diseño Preliminar</i>	<b>7 de julio de 2025</b>

## Koroch, Matías Adolfo

### **Áreas de Conocimiento:**

Programación en Python, JavaScript y Haskell  
 Inteligencia Artificial Generativa y análisis de datos  
 Evaluación de LLM y desarrollo e implementación de pipelines automatizados de benchmarking  
 Dominio de bibliotecas como LangChain, TensorFlow y Scikit-learn

### **Experiencia:**

Becario de investigación en inteligencia artificial en UTN-FRC  
 Autor de una publicación presentada en CONAIISI 2024  
 Diseño e implementación de un sistema automatizado para evaluar LLM en resolución algorítmica



## Montesinos, Dana Carolina

### **Áreas de Conocimiento:**

Programación en Python y JavaScript  
 Física computacional  
 Programación en Fortran  
 Estudiante de Licenciatura en Física

### **Experiencia:**

Participación en stands de divulgación científica orientados a la comunidad



## Palombo, Franco

### **Áreas de Conocimiento:**

Diseño y fabricación de circuitos electrónicos impresos  
 Programación en C y C++ para sistemas embebidos y aplicaciones de escritorio  
 Diseño 3D paramétrico  
 Impresión 3D

### **Experiencia:**

Finalista Certamen CanSat 2022  
 Técnico Electrónico egresado del ITS Villada  
 Desarrollador de software en el proyecto HexSar del Centro de Investigación de Informática para la Ingeniería



 Regional Córdoba	<b>CUBESAT UTN 2025</b>	
<b>DOC.Nº:1</b>	<i>Revisión De Diseño Preliminar</i>	<b>7 de julio de 2025</b>

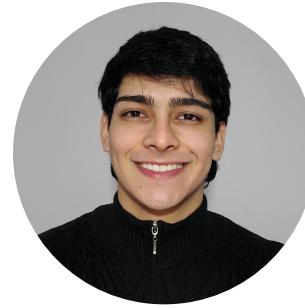
## Prieto, Angelo

### **Áreas de Conocimiento:**

Programación en C, C++ y Python  
 Programación de sistemas embebidos  
 Fabricación de circuitos electrónicos impresos  
 Fotografía y edición de video para documentación y divulgación de proyectos

### **Experiencia:**

Diseño e implementación de proyectos de hardware y sistemas embebidos



## 4.1.2 Mentores

### Paz, Claudio

### **Áreas de Conocimiento:**

Programación  
 Sistemas embebidos  
 Robótica  
 Visión Artificial

### **Experiencia:**

+10 años en Dirección de proyectos de I+D+i



### Luis Guanuco

### **Áreas de Conocimiento:**

Sistemas Embebidos  
 Modelado de Sistemas Digitales / DSP  
 Microelectrónica  
 Internet-of-Things  
 Sistemas de Telemetría  
 UAV

### **Experiencia:**

Docente/Investigador del Grupo de Investigación y Transferencia en Electrónica Avanzada (GInTEA)  
 Jefe de División Telemetría del Departamento de Sistemas Electrónicos  
 Centro de Investigaciones Aplicadas de la Dirección General de Investigación y Desarrollo de la Fuerza Aérea Argentina – Ministerio de Defensa (CIA-DIGID-MD)



 Regional Córdoba	CUBESAT UTN 2025	 Ingeniería Electrónica
<b>DOC.Nº:1</b>	<i>Revisión De Diseño Preliminar</i>	<b>7 de julio de 2025</b>

## 5 Descripción de la Misión

El proyecto ha sido nombrado LAMBDA, acrónimo de LAMBDA Analyzes Microorganisms' Damage in Anomalous Conditions. Este nombre resume el propósito principal de la misión: analizar la viabilidad de células eucariotas expuestas a las condiciones extremas del vuelo del CubeSat.

En este capítulo se detallan los objetivos y requerimientos de las dos misiones que conforman el proyecto: la misión primaria, impuesta por la competencia, y la misión secundaria, desarrollada en colaboración con el Instituto de Investigación Médica Mercedes y Martín Ferreyra (INIMEC-CONICET UNC).

Se describe técnicamente el CubeSat encargado de llevar a cabo ambas misiones, incluyendo todos los subsistemas necesarios para su operación, así como los presupuestos de masa, potencia y datos. Finalmente, se enumeran los ensayos a los que será sometido durante el desarrollo para validar los conceptos desarrollados.

Además, se presenta un plan de proyecto que detalla la organización del equipo para cumplir con los requerimientos de la competencia.

### 5.1 Objetivos Misión Primaria

La misión principal del presente proyecto consiste en registrar durante todo el vuelo del CubeSat ciertas variables físicas, las cuales son:

- Presión atmosférica,
- Temperatura ambiente,
- Aceleración en los tres ejes,
- Ángulo de giro en los tres ejes.

Estas mediciones serán recopiladas, filtradas y almacenadas, y permitirán llevar a cabo diversos análisis sobre el comportamiento del CubeSat durante su vuelo.

El objetivo será aprovechar dichas mediciones para determinar el instante en el que se alcanza el apogeo y su altitud máxima (valor de apogeo) respecto al punto de lanzamiento. Por otro lado, también se determinará el tiempo total de ascenso y descenso, y se identificarán las distintas fases del vuelo, tales como: inicio del ascenso, fin de la propulsión, el apogeo, y finalmente, la recuperación.

Estas determinaciones, además de cumplir con los requisitos mínimos establecidos por la organización de la competencia, serán de gran utilidad para la misión secundaria propuesta, ya que permitirán interpretar correctamente los resultados obtenidos de la experimentación a realizar, que será detallada en la siguiente sección.

 Regional Córdoba	<b>CUBESAT UTN 2025</b>	 Ingeniería Electrónica
<b>DOC.Nº:1</b>	<i>Revisión De Diseño Preliminar</i>	<b>7 de julio de 2025</b>

## 5.2 Objetivos Misión Secundaria

### 5.2.1 General

La misión secundaria del CubeSat, desarrollada en colaboración con el Instituto de Investigación Médica Mercedes y Martín Ferreyra (INIMEC-CONICET-UNC).

En el Laboratorio de Microbiología del Instituto M y M Ferreyra-INIMEC-UNC, se estudia desde hace más de 20 años distintos aspectos de la biología celular y molecular del parásito *Giardia Lamblia*, en condiciones óptimas de cultivo. El experimento planteado tiene como propósito estudiar las respuestas fisiológicas y cambios moleculares de este parásito luego de su exposición a condiciones extremas simuladas de altura, como paso preliminar para evaluar su potencial resistencia a entornos hostiles y comprender su plasticidad celular.

Los principales entornos hostiles incluyen las vibraciones mecánicas y las aceleraciones experimentadas durante el trayecto. Para ello, se analizaran varias muestras celulares dispuestas en condiciones experimentales distintas, con el objetivo de identificar posibles diferencias en sus respuestas fisiológicas.

El sistema contará con control térmico tanto para mantener la temperatura dentro de un rango adecuado para la preservación celular, como para someter distintas muestras a distintas condiciones de temperatura. Posteriormente, se llevará a cabo un análisis post vuelo a fin de evaluar los efectos del entorno sobre cada muestra, mediante la observación de cambios estructurales o alteraciones morfológicas en las células.

### 5.2.2 Giardia Lamblia

La *Giardia Lamblia* es un protozoario parásito flagelado que coloniza el intestino humano y animal, siendo una causa muy frecuente de enfermedad intestinal, contribuyendo a la carga de malnutrición en todo el mundo. La enfermedad producida por este parásito conocida como giardiasis es una parasitosis con gran importancia clínica y epidemiológica. Siendo esta la infección parasitaria del intestino humano más frecuente de todo el mundo.

Una característica importante que poseen los microorganismos parásitos es su gran capacidad de adaptación a los cambios del medio ambiente. La mayoría de los parásitos ocupan diferentes nichos durante su travesía a través de vectores y huéspedes, desarrollando extraordinarios mecanismos de adaptación que les permiten sobrevivir en condiciones que de otro modo los destruirían. Particularmente, *Giardia Lamblia* experimenta un proceso de diferenciación a quiste, conocido como enquistamiento [5].

El ciclo de vida simple de dos etapas de *Giardia* es central para su éxito como parásito. Los quistes de *Giardia Lamblia* pueden sobrevivir en agua dulce fría durante meses, y se necesitan menos de 10 quistes para la infección humana. La exposición de los quistes ingeridos al ácido gástrico desencadena el desenquistamiento, una diferenciación rápida y dramática.

Después de la entrada en el intestino delgado, la pared del quiste se abre y emerge el parásito. Los *trofozoítos* colonizan por debajo de la entrada del conducto biliar común y pueden causar enfermedades, aunque no invaden. Si son transportados río abajo, los *trofozoítos* deben enquistarse para sobrevivir fuera del huésped. In vitro, *Giardia* se enquista en respuesta a los estímulos fisiológicos de aumento de bilis y pH ligeramente alcalino [2]. El estándar de oro para una enquistación exitosa es la capacidad de los quistes para desenquistarse.

 Regional Córdoba	<b>CUBESAT UTN 2025</b>	 Ingeniería Electrónica
<b>DOC.Nº:1</b>	<i>Revisión De Diseño Preliminar</i>	<b>7 de julio de 2025</b>

Otros parásitos intestinales importantes, como *Entamoeba*, *Toxoplasma*, *Cryptosporidium*, varias *tenias* y *nematodos*, se transmiten en forma de quistes u ooquistas. Sin embargo, el estudio de estos organismos se ve limitado por la imposibilidad de generar quistes maduros in vitro a diferencia de la *Giardia Lamblia*, por lo que se considera a este como un modelo de estudio para los demás parásitos.

La vía de enquistamiento de *Giardia* es un mecanismo clave de virulencia cuyo objetivo biológico es la diferenciación hacia una forma que pueda sobrevivir en el ambiente e infectar a un nuevo huésped. El enquistamiento también promueve la evasión inmunitaria y es un objetivo para el desarrollo de vacunas y fármacos.

La desenquistación es una transformación gradual del *trofozoíto* móvil, flagelado, binucleado y con forma de media pera (Figura 5.1). Los *trofozoítos* pierden su capacidad de fijación a la pared intestinal; los fragmentos del disco de fijación y los flagelos se internalizan. El metabolismo también disminuye a medida que las células se redondean y entran en latencia.

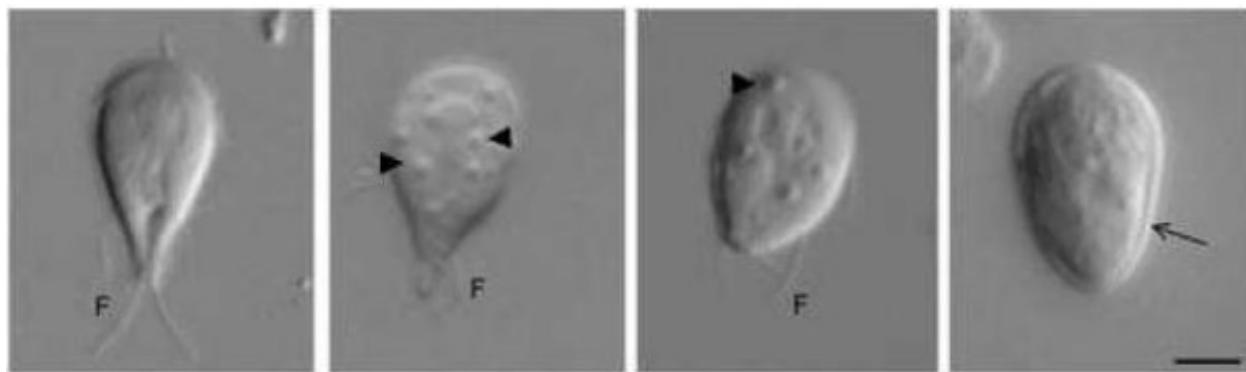


Figura 5.1: Enquistamiento de *Giardia Lamblia*: del trofozoíto al quiste. F, flagelos. Barra: 5  $\mu\text{m}$

Las imágenes de izquierda a derecha muestran un trofozoíto vegetativo, trofozoítos después de 21 y 42 horas de enquistamiento y un quiste resistente al agua. [4]

### 5.2.3 Experimento

Se establecieron tres condiciones experimentales con el objetivo de evaluar el efecto de las variables asociadas al lanzamiento sobre el crecimiento y viabilidad de las muestras biológicas. Las condiciones diseñadas son las siguientes:

- **Condición de vuelo (CubeSat):** las muestras serán enviadas a bordo del CubeSat y sometidas a diferentes temperaturas: 10 °C, 37 °C (considerada óptima para el crecimiento) y 55 °C. Adicionalmente, se incluirá una muestra sin control activo de temperatura, expuesta a las variaciones térmicas propias del entorno.

Todas las capsulas estarán posicionadas con una inclinación de 45 con respecto al eje horizontal, condición necesaria para favorecer la adherencia del parásito al medio de cultivo. Se busca analizar el impacto combinado de la micro gravedad, las variaciones de presión, aceleraciones y la exposición térmica.

 Regional Córdoba	CUBESAT UTN 2025	 Ingeniería Electrónica
<b>DOC.Nº:1</b>	<i>Revisión De Diseño Preliminar</i>	<b>7 de julio de 2025</b>

- **Condición control terrestre (estación terrestre):** se replicará en tierra el mismo diseño experimental térmico y la misma orientación espacial de las capsulas que en el CubeSat. No obstante, las muestras permanecerán en un entorno terrestre controlado, sin estar expuestas a los factores propios del vuelo. Esta condición permitirá distinguir los efectos del lanzamiento de aquellos debidos a la condición térmica aplicada.
- **Condición control optima (laboratorio):** se cultivará una muestra en condiciones optimas conocidas para el organismo en estudio: temperatura constante de 37 °C, capsula inclinada a 45 y en ausencia de movimiento. Esta condición constituye el control biológico para el experimento y servirá como referencia para evaluar posibles desviaciones en las demás muestras.

En todos los casos, se mantendrán constantes el tipo de recipiente utilizado, el medio de cultivo y la cantidad inicial de trofozoítos inoculados por capsula. Asimismo, tanto las muestras de las condiciones a) como b) serán sometidas al mismo proceso de traslado previo al inicio del experimento, con el fin de asegurar homogeneidad en las condiciones iniciales.

#### 5.2.4 Ensayos

Se realizarán ensayos a posteriori para evaluar si las condiciones a las cuales fue sometido afectaron la viabilidad o si las situaciones de estrés disparan mecanismos clásicos de adaptación de Giardia Lamblia, como por ejemplo; el enquistamiento, procesos de apoptosis, etcétera.

Para ello se cultivarán los trofozoítos en un medio líquido, en condiciones de anaerobiosis a 37°C, en medio TYI-S-33 (pH 7) suplementado con 10% de suero bovino adulto y 5% de bilis bovina (medio completo de crecimiento). El día del comienzo de la misión se analizará viabilidad celular utilizando trypan blue (colorante que colorea células muertas) y se colocará la misma cantidad de trofozoítos en las tres condiciones (CubeSat, estación terrestre y laboratorio), en iguales recipientes (cápsulas).

Para analizar los genes asociados a la respuesta al estrés, al finalizar el experimento, se extraerá ARN (ácido ribonucleico) de las tres muestras, se sintetizará cDNA y luego se cuantificará por medio de real-time PCR (qPCR) genes asociados al estrés (por ej. HSP70, proteínas de choque térmico, oxidorreductasas, etc). Se utilizará GDH como gen constitutivo y se analizará si se observan cambios en las muestras en las condiciones planteadas con respecto al cultivo crecido en el laboratorio.

Para hacer un análisis del proceso de enquistamiento, debido a que el sometimiento del parásito a situaciones de estrés desencadena el proceso de enquistamiento proponemos obtener las muestras luego de finalizar el experimento y analizar por medio de ensayos de inmunofluorescencia si se expresan las proteínas asociadas al proceso de enquistamiento. Para ello fijaremos las células, realizaremos los ensayos de inmunofluorescencia, y posteriormente las observaremos utilizando microscopía de fluorescencia. Se analizará si bajo estas circunstancias particulares se evidencian vesículas específicas de enquistamiento, un signo adicional de estrés celular.

 Regional Córdoba	<b>CUBESAT UTN 2025</b>	 Ingeniería Electrónica
<b>DOC.Nº:1</b>	<i>Revisión De Diseño Preliminar</i>	<b>7 de julio de 2025</b>

## 5.2.5 Procedimientos

Esta sección describe los procedimientos necesarios para el cultivo y traslado de las muestras biológicas utilizadas en el experimento, manteniendo condiciones estandarizadas que aseguren su viabilidad y reproducibilidad.

### Cultivo

Para cultivarloLauwaet2007-tes axenicamente se utiliza medio TYI-S-33 (pH 7) suplementado con 10% de suero bovino adulto y 5% de bilis bovina (medio completo de crecimiento) (Diamond, Harlow un volumen determinado de medio. Los tubos se colocaron en gradillas orientadas con una inclinación de aproximadamente 45°, dentro de una estufa de cultivo a 37 °C.

Luego de una hora, se comienza a observar la adhesión de los trofozoítos a las paredes del tubo a través de su disco ventral. De esta manera, se reproduce un entorno similar al que se encuentra in vivo, permitiendo la división de los trofozoítos. A las 48 horas se obtiene una mono-capa de trofozoítos en etapa de crecimiento. La inclinación de las gradillas favorece una mayor superficie de adhesión sobre las paredes del tubo.

### Traslado

Las condiciones optimas para el traslado consisten en mantener las muestras a 37 °C y con una inclinación de 45°. El tiempo de traslado puede extenderse hasta 48 horas sin que esto afecte significativamente las condiciones de crecimiento del parásito.

## 5.3 Descripción del CubeSat

En esta sección se presenta una descripción técnica del CubeSat diseñado para llevar a cabo las misiones planteadas previamente. Se detallara como se planea abordar la implementación de los objetivos definidos, a través de la integración de subsistemas electrónicos, mecánicos y de software.

Se incluyen diagramas de bloques que representan la arquitectura general del sistema y la interacción entre los distintos subsistemas, tales como adquisición de datos, almacenamiento, alimentación eléctrica y control de sensores. Asimismo, se describen las herramientas de cálculo y simulación empleadas durante las etapas de diseño y verificación preliminar.

También se presentan estimaciones iniciales de los presupuestos de masa, consumo de potencia y volumen de datos, los cuales resultan fundamentales para validar la viabilidad del sistema dentro de las restricciones impuestas por la competencia.

El desarrollo de esta sección tiene por objetivo demostrar la coherencia técnica entre los requerimientos de misión y el diseño propuesto, as como documentar las decisiones adoptadas durante el proceso de ingeniería del CubeSat.

 Regional Córdoba	<b>CUBESAT UTN 2025</b>	 Ingeniería Electrónica
<b>DOC.Nº:1</b>	<i>Revisión De Diseño Preliminar</i>	<b>7 de julio de 2025</b>

### 5.3.1 General

En la Figura 5.2 se presenta el diagrama en bloques del sistema general desarrollado para el proyecto. El sistema general permite integrar la misión principal, enfocada en la recolección de parámetros ambientales, con una misión secundaria orientada al control y documentación de las condiciones de las muestras transportadas.

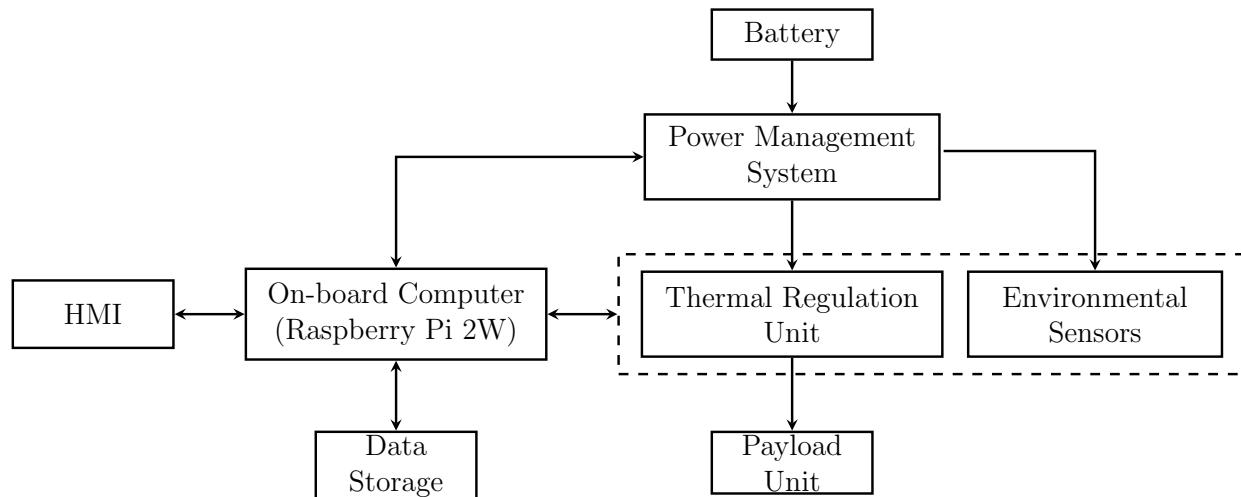


Figura 5.2: Diagrama en bloques del sistema general

### 5.3.2 Descripción de Subsistemas

A continuación, se describe la función de cada bloque y su interacción dentro del sistema:

- **Battery:** Se emplearan seis baterías de pollero de litio (Li-Po) con una tensión nominal de 3.7V y una capacidad individual de 3200mAh. Estas se organizaran en tres ramas conectadas en paralelo, cada una conformada por dos baterías en serie. Esta configuración proporciona una tensión total de 7.4V por rama (suma de dos baterías de 3.7V en serie) y una capacidad total de 71.04Wh, adecuada para satisfacer los requerimientos energéticos del CubeSat durante su operación.
- **Sistema de administracion de energia (PMS):** es el subsistema responsable de administrar de forma segura y eficiente la energía proveniente de las baterías o de una fuente externa. Su función principal es distribuir la energía eléctrica a los distintos subsistemas del CubeSat, garantizando condiciones adecuadas de operación, mediante el monitoreo, la protección y la regulación. Específicamente, las funciones del PMS son:
  - Proteger contra cortocircuitos o sobrecarga de corriente,
  - Permite medir parámetros eléctricos (como tensión y corriente) y gestionar el encendido y apagado selectivo de distintos rieles de alimentación lo que contribuye a una mejor eficiencia energética y diagnostico en vuelo,

 Regional Córdoba	<b>CUBESAT UTN 2025</b>	 Ingeniería Electrónica
<b>DOC.Nº:1</b>	<i>Revisión De Diseño Preliminar</i>	<b>7 de julio de 2025</b>

- Generar y estabilizar distintos niveles de tensión requeridos por los subsistemas del CubeSat, como 3.3V para sensores, 5V para la computadora de abordo y 12V para cargas específicas.

Con la finalidad de disminuir la carga en las baterías, se suministrará energía al PMS por medio de una fuente de alimentación externa durante la fase inicial del control de temperatura ya que este es momento donde las celdas de Peltier demandan mayor cantidad de energía, drenando rápidamente la carga de las baterías. Al llegar a las temperaturas deseadas, ya la demanda de energía es mucho menor, posibilitando la desconexión de la fuente externa sin perjudicar la autonomía del CubeSat.

En definitiva, el PMS asegura que los requerimientos energéticos del CubeSat sean satisfechos de manera controlada, segura y adaptable durante toda la misión.

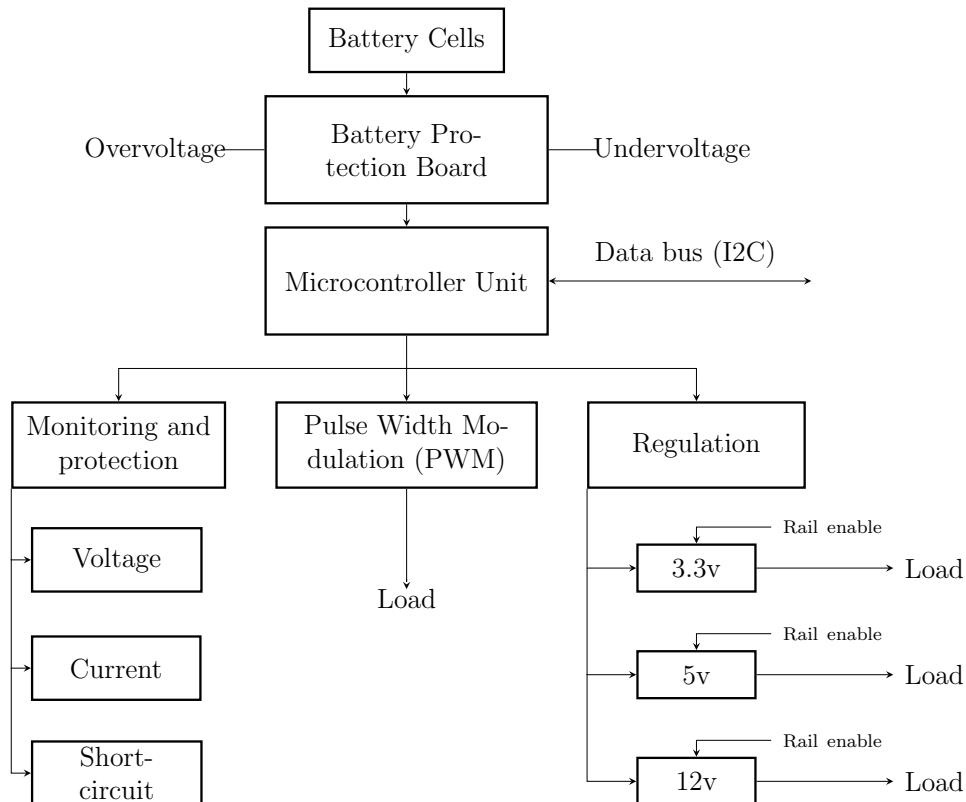


Figura 5.3: Diagrama en bloques del subsistema Sistema de administracion de energia (PMS).

- **On-board Computer (OBC):** Tiene como función principal la gestión autónoma de la misión durante todo el vuelo. Esta unidad está basada en una Raspberry Pi Zero 2 W, equipada con el sistema operativo Raspberry Pi OS Lite, una versión optimizada sin entorno gráfico. Esta configuración fue seleccionada por su bajo consumo energético, reducido tamaño y alta estabilidad operativa, cualidades esenciales para sistemas embarcados en entornos aeroespaciales.

 Regional Córdoba	<b>CUBESAT UTN 2025</b>	 Ingeniería Electrónica
<b>DOC.Nº:1</b>	<i>Revisión De Diseño Preliminar</i>	<b>7 de julio de 2025</b>

El propósito fundamental del OBC es tomar y almacenar el registro de los sensores, tales como aceleración, orientación, presión atmosférica y temperatura ambiente. Estas mediciones son gestionadas por el firmware, y almacenadas de forma estructurada facilitando su posterior lectura y procesamiento.

El OBC también es responsable del control de subsistemas clave, como el de regulación térmica, utilizado para la misión secundaria mediante celdas Peltier, a través del Sistema de administración de energía (PMS) y la lectura de los sensores ambientales. Ademas, mantiene una constante conexión con este sistema, actuando como intermediario entre el PMS y el HMI, lo que permite el monitoreo en tiempo real la integridad energética de los distintos subsistemas. Entre los parámetros supervisados se incluyen el consumo de corriente, niveles de tensión y el estado de carga de la batería.

Una vez finalizado el vuelo, los archivos generados son relevados por el HMI, habilitando su análisis y visualización. Esta separación entre adquisición y procesamiento permite una asignación eficiente de recursos, manteniendo al sistema embarcado centrado exclusivamente en tareas criticas durante la misión.

A través del HMI será posible establecer el modo de operación de la OBC. Teniendo los siguientes modos de operación:

- **Apagado**
- **Pre Lanzamiento:** Inicializa los subsistemas y corrobora el correcto funcionamiento. Permite la conexión con la estación terrena para su verificación.
- **Lanzamiento:** Realiza solamente las rutinas criticas para el cumplimiento de la misión. Cortando cualquier va de comunicación con la estación terrestre.
- **Recuperación de datos:** Rehabilita la comunicación con la estación terrestre permitiendo la visualización, análisis y descarga de datos.
- **Prueba:** Este modo será utilizado durante le desarrollo del CubeSat permitiendo acceso administrativo al sistema.

 Regional Córdoba	<b>CUBESAT UTN 2025</b>	 Ingeniería Electrónica
<b>DOC.Nº:1</b>	<i>Revisión De Diseño Preliminar</i>	<b>7 de julio de 2025</b>

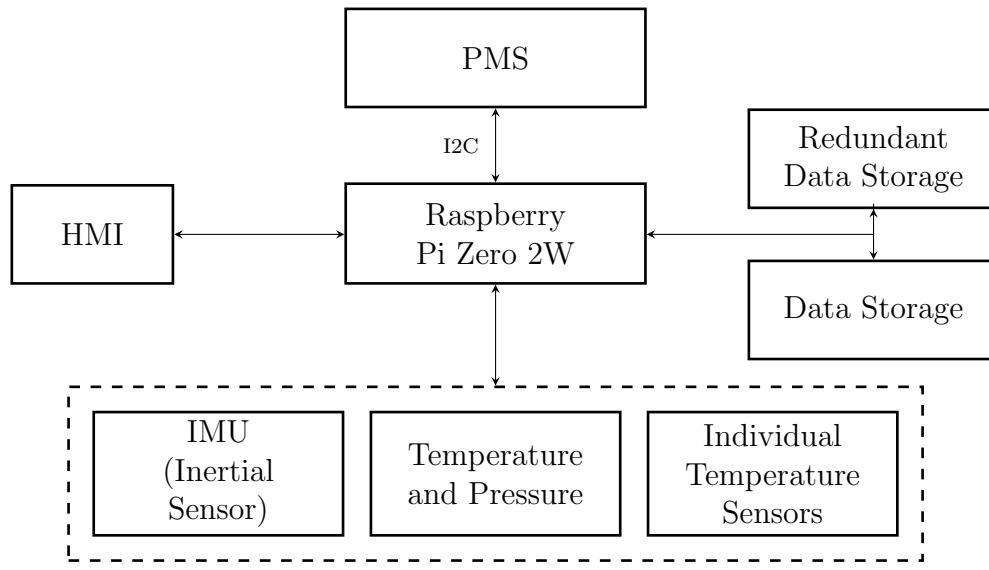


Figura 5.4: Diagrama de subsistema "On-board Computer"

- **Human-Machine Interface HMI:** Existen dos formas principales de interactuar con el CubeSat. La primera es mediante llaves de hardware que se conectan físicamente al de interacción es a través de una interfaz web mediante protocolo HTTP, accesible mediante una red local generada por la OBC. En la Figura 5.5 se puede ver la arquitectura de la página antes mencionada.

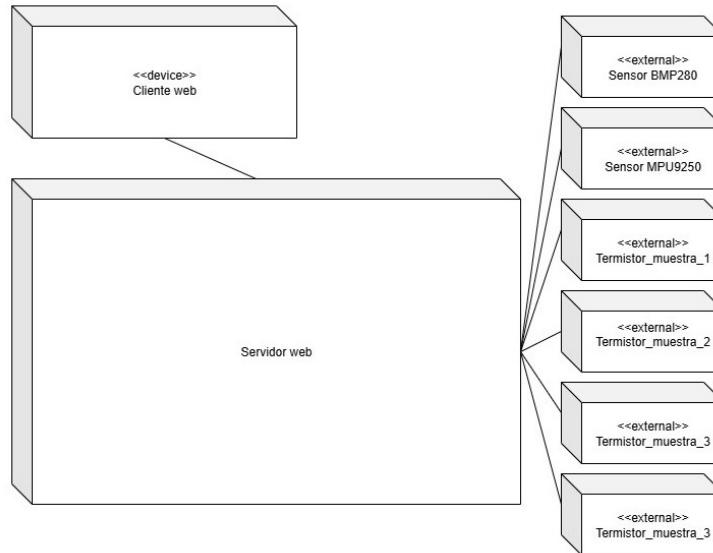


Figura 5.5: Vista arquitectónica despliegue

Adicionalmente, y reservadas exclusivamente para situaciones de emergencia, estarán habilitadas la conexión SSH (a través de la misma red local) y la conexión UART

 Regional Córdoba	<b>CUBESAT UTN 2025</b>	 Ingeniería Electrónica
<b>DOC.Nº:1</b>	<i>Revisión De Diseño Preliminar</i>	<b>7 de julio de 2025</b>

mediante un puerto físico. Esta ultima constituye la única va de comunicación que permanece activa durante todo el ciclo operativo del CubeSat.

Desde la interfaz web, el usuario puede consultar variables criticas del sistema (temperatura, voltajes, corrientes, estado de sensores, entre otros), así como habilitar o deshabilitar subsistemas específicos, incluyendo rieles de alimentación y módulos funcionales.

Se pueden observar imagenes del prototípo de la interfaz web en el Anexo 7.1

Ademas de su rol operativo, la interfaz esta diseñada también como una herramienta para el análisis post-misión. Una vez concluido el vuelo, permite la visualización, procesamiento y descarga de los archivos de datos registrados. Dicho procesamiento se realiza directamente en el cliente web, lo que reduce la carga sobre el sistema embarcado y permite un análisis dinámico sin necesidad de infraestructura adicional.

- **Data Storage:** La arquitectura de almacenamiento esta compuesta por dos tarjetas microSD de 16 GB: una como unidad principal, que aloja el sistema operativo y los datos primarios, y otra como unidad de respaldo, conectada mediante la interfaz SPI auxiliar. Ambas se encuentran configuradas en un esquema de RAID 1 por software, lo cual permite la replicación sincrónica de datos.

En caso de fallos en la unidad principal como corrupción lógica o daño físico, un conjunto de scripts de supervisión ejecuta la des-conexión de la unidad afectada y procede a montar automáticamente el volumen redundante, asegurando as la continuidad operativa de la misión. Este mecanismo de conmutación automática simula un entorno de dual boot resiliente, adecuado para contextos de riesgo.

- **Environmental Sensors:** esta compuesto por los sensores encargados de medir los parámetros físico-ambientales durante el vuelo del CubeSat. Su función es proporcionar datos confiables y continuos que permitan cumplir con los objetivos establecidos en la misión principal, y sirvan de base contextual para interpretar los resultados de la misión secundaria.

Este subsistema incluye los siguientes componentes:

Unidad de Medición Inercial (IMU) MPU9250: permite registrar la aceleración en los tres ejes, as como los ángulos de orientación (roll, pitch y yaw) mediante acelerómetros, giroscopios y magnetómetros. Estos datos son fundamentales para la identificación de fases del vuelo.

Sensor de presión y temperatura BMP280: Encargado de tomar los datos de temperatura y presión atmosféricas. Siendo esta última clave en la determinación de la altura del CubeSat.

- **Thermal Regulation Unit (TRU):** tiene como objetivo controlar activamente la temperatura de distintas muestras biológicas durante el vuelo del CubeSat, en el contexto de la misión secundaria. Este sistema sirve para generar condiciones térmicas específicas en los compartimientos que contienen los microorganismos. El sistema esta compuesto por los siguientes elementos principales:

 Regional Córdoba	<b>CUBESAT UTN 2025</b>	 Ingeniería Electrónica
<b>DOC.Nº:1</b>	<i>Revisión De Diseño Preliminar</i>	<b>7 de julio de 2025</b>

- Celdas Peltier: dispositivos termoeléctricos capaces de generar un gradiente de temperatura al aplicarles una diferencia de potencial. Su funcionamiento permite tanto calentar como enfriar las muestras, dependiendo de la polaridad y nivel de corriente aplicada. Se utilizaran tres celdas Peltier para mantener muestras en temperaturas distintas.
- Sensores de temperatura individuales: dispuestos en cada modulo térmico, permiten medir la temperatura en contacto directo con las muestras, proporcionando una retroalimentación precisa al sistema de control.

El control de las celdas Peltier y la lectura de los sensores estará a cargo del OBC, que ajustara dinámicamente la potencia suministrada a cada celda a través del PMS.

- **Payload Unit:** subsistema pasivo que constituye el elemento central de la misión secundaria. Contiene las muestras biológicas sometidas a condiciones controladas e interactúa con el TRU, el cual se encarga de su monitoreo y regulación.

### 5.3.3 Herramientas de Cálculo Empleadas

Para el desarrollo, simulación y verificación de cada uno de los subsistemas involucrados, se emplearan herramientas de cálculo y software específicos que permitirán modelar los componentes y sus comportamientos, estimar el consumo de recursos, organizar la adquisición y el procesamiento de datos, y validar el diseño general del sistema antes de su implementación física.

- ANSYS Discovery (FEM)
- ANSYS Mechanical (FEM)
- Onshape (CAD)
- KiCad (CAD)

### 5.3.4 Estructura

Para la estructura, tomamos inspiración de un modelo diseñado por EnduroSat [2]. El modelo esta caracterizado por el uso de estructuras fabricadas con laminas de aluminio plegadas, lo que le permite aprovechar al máximo el volumen del CubeSat, solo perdiendo dos veces el ancho de la lamina utilizada por cada eje.

 Regional Córdoba	<b>CUBESAT UTN 2025</b>	 Ingeniería Electrónica
<b>DOC.Nº:1</b>	<i>Revisión De Diseño Preliminar</i>	<b>7 de julio de 2025</b>

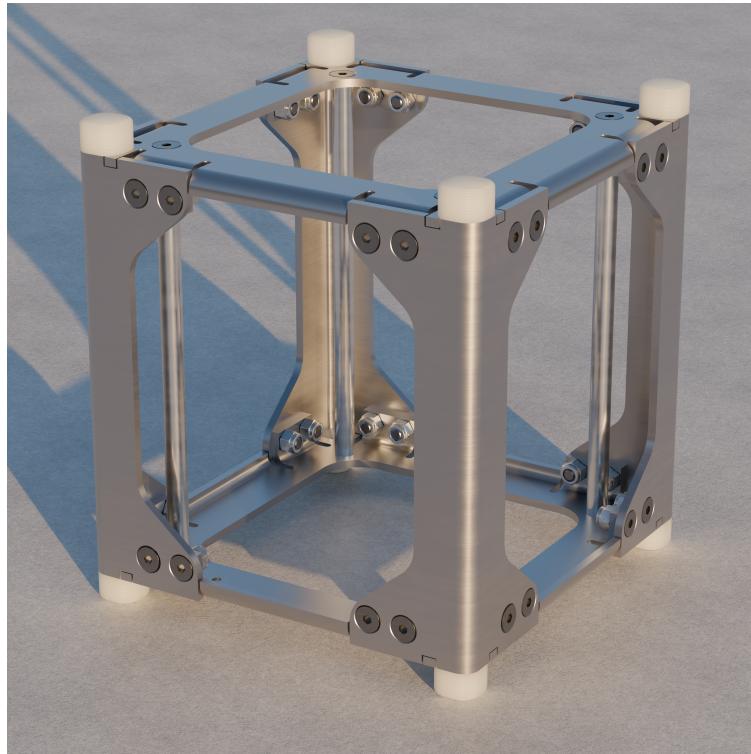


Figura 5.6: Renderizado de la estructura propuesta

## Descripción General

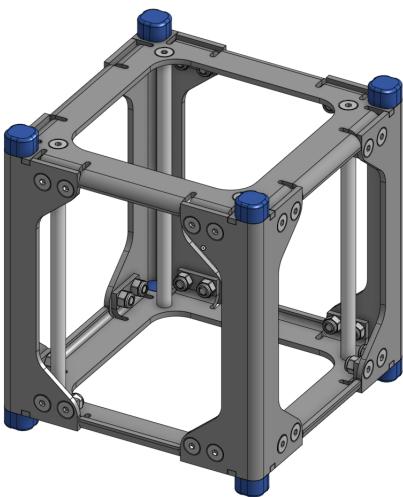


Figura 5.7: Vista trimétrica

Como se mencionó previamente, la estructura del CubeSat fue diseñada a partir de láminas de aluminio de 2mm de espesor plegadas, para maximizar el volumen interno disponible. Esta configuración permite lograr una estructura rígida, de fabricación sencilla, y con un bajo peso de fabricación, gracias a la gran cantidad de puntos de fijación distribuidos a lo largo de la estructura.

La estructura principal del CubeSat está compuesta por dos tapas, ubicadas en las caras +Z y -Z (lids), unidas entre sí mediante cuatro esquineros (corners). Todas las piezas se fijan utilizando tornillos M3 y tuercas autofrenantes. Los orificios de fijación están avellanados, evitando cualquier protuberancia.

La estructura del CubeSat, consta de 2 tapas, ubicadas en las caras +Z y -Z (lids), unidas a través de 4 esquineros (corners). La fijación de cada una de estas

partes se realiza mediante tornillos y tuercas autofrenantes M3. Todos los agujeros llevan un corte exterior avellanado, logrando que el CubeSat no tenga protuberancias.

 Regional Córdoba	CUBESAT UTN 2025	 Ingeniería Electrónica
<b>DOC.Nº:1</b>	<i>Revisión De Diseño Preliminar</i>	<b>7 de julio de 2025</b>

El CubeSat cuenta, además, con ocho puntos de apoyo ubicados en las caras +Y y -Y (sides), fabricados mediante impresión 3D por Modelado por Deposición Fundida (FDM) en polipropileno, un material que se seleccionó por su baja densidad, lo cual reduce la masa total del sistema, y por su buena capacidad de sellado y excelente adherencia entre capas, permitiendo que la resistencia interna del CubeSat sea hermética.

Para el montaje de la electrónica, se diseñó una estructura interna compuesta por 3 separadores, los cuales fijan los módulos en los ejes X e Y, no obstante, no hay fijación en el eje Z para permitir el movimiento de los diferentes componentes, lo que permite aprovechar y ocupar todo el volumen del CubeSat.

Los diferentes separadores se colocan de forma segura en sus correspondientes espacios en la estructura, y se imprimen por separado utilizando la técnica de impresión 3D (FDM) en polipropileno, que tiene muy buenas propiedades de adherencia entre capas, permitiendo (en caso de ser necesario) crear volúmenes que sean herméticos.

### Proceso de Integración

El armado del CubeSat, comienza con la colocación de la tapa inferior (plano -Z) sobre el banco de armado, con los pliegues hacia arriba. A estos pliegues, se le colocan las cuatro esquinas, fijándolas con los tornillos y tuercas auto bloqueantes. Una vez colocados las cuatro esquinas, se puede proceder a colocar las varillas en la cara interna de la tapa inferior (plano -Z), utilizando los tornillos correspondientes.

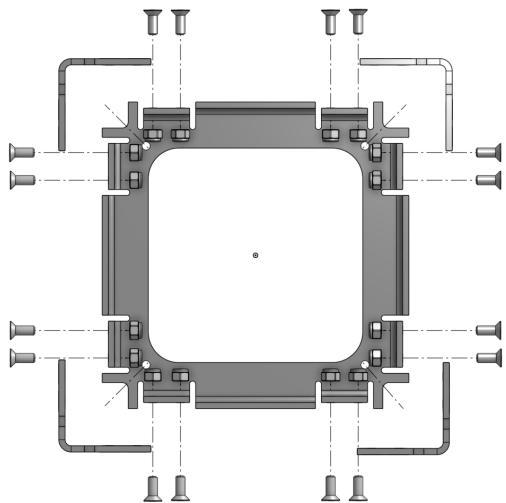


Figura 5.9: Integración paso 1

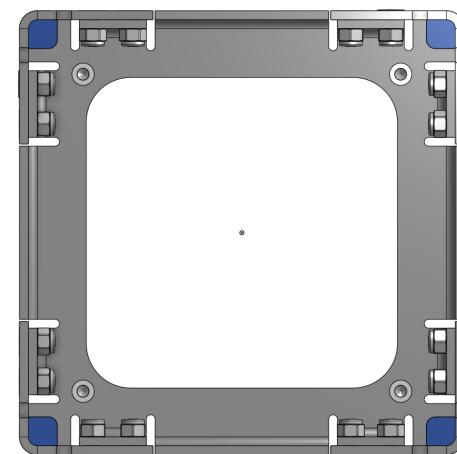


Figura 5.8: Vista superior, sin tapa

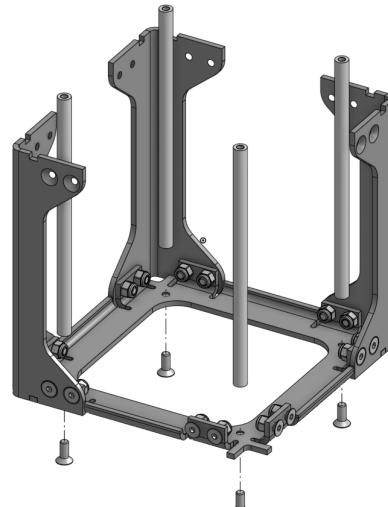


Figura 5.10: Integración paso 2

 Regional Córdoba	<b>CUBESAT UTN 2025</b>	 Ingeniería Electrónica
<b>DOC.Nº:1</b>	<i>Revisión De Diseño Preliminar</i>	<b>7 de julio de 2025</b>

Después de haber colocado las varillas, se puede proceder a colocar los diferentes subsistemas uno por uno, conectándolos entre si. Luego se coloca la tapa superior (plano +Z), se fijan las varillas con los tornillos, y utilizando la herramienta de ajuste diseñada para acceder a las tuercas superiores, se colocan los tornillos con las tuercas auto bloqueantes respetando el orden De esquina al centro.

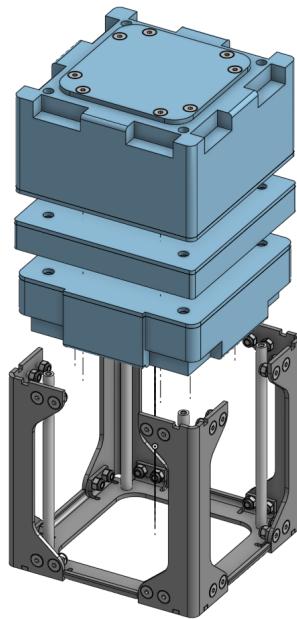


Figura 5.11: Integración paso 3

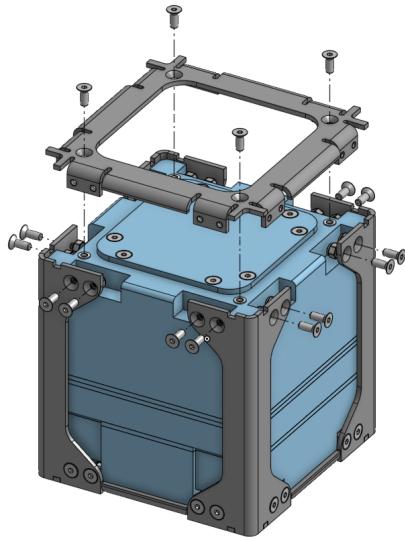


Figura 5.12: Integración paso 4

Finalmente, se colocan los rieles a presión, para asegurar una sujeción firme estos deben ser enfriados previamente.

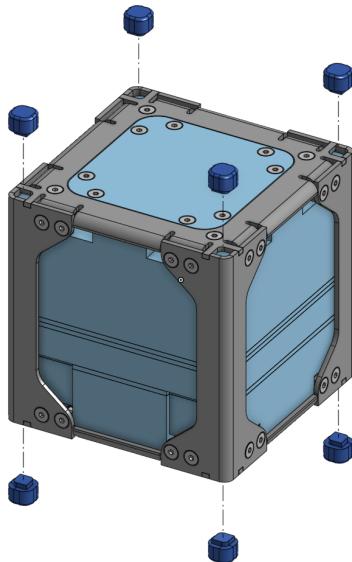


Figura 5.13: Integración paso 5

 Regional Córdoba	<b>CUBESAT UTN 2025</b>	 Ingeniería Electrónica
<b>DOC.Nº:1</b>	<i>Revisión De Diseño Preliminar</i>	<b>7 de julio de 2025</b>

## Fabricación

La fabricación del CubeSat es relativamente simple, ya que solamente se requiere una plancha de aluminio como materia prima para obtener el esqueleto básico del mismo. La plancha de aluminio requiere ser cortada previo al plegado, ya que estos cortes implementan geometrías que no solo facilitan los pliegues, si no que en algunos casos los hacen posibles, agregando puntos de alivio. Ademas de los cortes, es necesario hacer las perforaciones necesarias y también los avellanados, ya que se puede dificultar hacerlos después del plegado debido a la complejidad de la fijación.

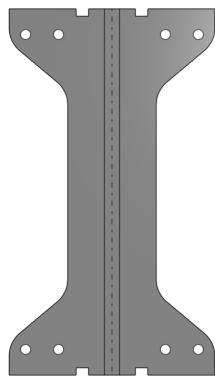


Figura 5.14: Corner previo al plegado

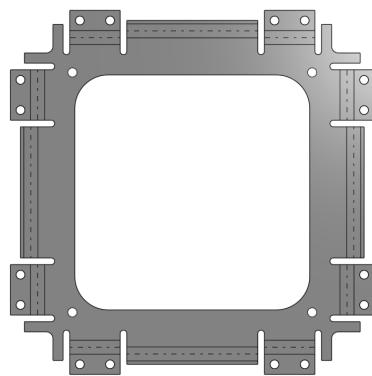


Figura 5.15: Lid previo al plegado

Los cortes de las planchas de aluminio se van a realizar utilizando una CNC, y los pliegues con una plegadora de chapa. Las varillas serán cortadas, frenteadas, perforadas y roscadas (interna) en un torno.

## Colocación de Muestras

La estructura del CubeSat permitirá que las muestras se puedan colocar después de finalizar el ensamblaje de la estructura. Esto se hace posible gracias a las aberturas de las tapas, de las cuales la del plano +Z, va a ser para acceder a una tapa en la carcasa que aloje el subsistema de carga útil, y por donde se carguen las muestras a analizar. Esta tapa va a ser fijada con la tornillería correspondiente

 Regional Córdoba	CUBESAT UTN 2025	 Ingeniería Electrónica
<b>DOC.Nº:1</b>	<i>Revisión De Diseño Preliminar</i>	<b>7 de julio de 2025</b>

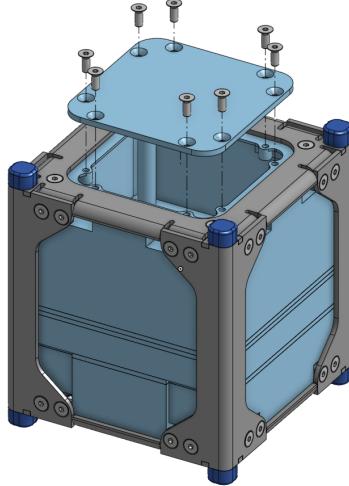


Figura 5.16: Colocacion de muestras

### 5.3.5 Criterios de Margenes

Para en análisis de presupuestos preliminares establecimos los margenes considerando las condiciones mas desfavorables

#### Presupuesto Preliminar de Masa

El presupuesto de masa se calcula considerando que la estructura y las baterías tienen prioridad para ser integradas. El sobrante (por el momento) será utilizado para los componentes internos de cada subsistema.

Elemento	Cantidad	Peso simple	Subtotal
Lids	$2x 10.385 \cdot 10^{-6} m^3$	$2698.4 kg/m^3$	56.05 g
Corners	$4x 6.699 \cdot 10^{-6} m^3$	$2698.4 kg/m^3$	72.312 g
Tornillos M3	40	0.5 g/u	20 g
Tuercas M3	32	0.5 g/u	16 g
Baterias LiPo	6	50 g/u	300 g
Raspberry Pi Zero	1	12.1 g/u	12.1 g
Celdas Peltier	3	24 g/u	72 g
Carcasas Subsust.	-	$0,92 g/cm^3$	150 g
<b>Total</b>	-	-	698.46 g

Cuadro 5.1: Presupuesto de Pesos.

 Regional Córdoba	CUBESAT UTN 2025	 Ingeniería Electrónica
<b>DOC.Nº:1</b>	<i>Revisión De Diseño Preliminar</i>	<b>7 de julio de 2025</b>

Consideramos que con el margen de aproximadamente 300 g sobrantes, los componentes de cada subsistema (placas, integrados, módulos, cables, soldaduras, etc.) el CubeSat se mantendrá dentro del régimen de  $1\text{ Kg} \pm 20\text{ g}$  adaptando su posterior diseño a estas condiciones. En caso de ser necesario, se agregarán pesos muertos para llegar al régimen.

### Presupuesto Preliminar de Potencia

El presupuesto de potencia se calculó considerando el caso más desfavorable en cada uno de los componentes.

Componente	Cant.	Tensión [V]	Corriente [A]	Potencia [W]	Subtotal [W]	@ 7.4V[A]
Raspberry Pi Zero 2 W	1	5.0	260 m	260 m	1.3	175.67 m
Atmega328p	1	5.0	5.2 m	26 m	26 m	3.5 m
Sensor BMP280	1	3.3	0.7 m	2.3 m	2.3 m	0.310 m
Sensor MPU9250	1	3.3	3.9 m	12.9 m	12.9 m	1.74 m
TB6612FNG	2	-	-	1 * canal	3	405.54 m
Celdas Peltier 4x4 cm	3	12.0	833 m	10.00	30.00	4.05
<b>Total</b>	-	-	-	-	<b>34.34</b>	<b>4.63</b>

Cuadro 5.2: Consumo de corriente y potencia de los componentes en el caso más desfavorable.

Para la misión elegimos tener 6 celdas 18650 de 3.7 V cada una con una capacidad de 3200 mAh. Se dispondrán de manera que habrá 2 conexiones en serie y 3 conexiones en paralelo, teniendo en total 7.4 V y 9600 mAh. Esto nos dará un tiempo de autonomía de 124 minutos. Esto es considerando casos más desfavorables. Para el futuro, se buscará hacer ensayos reales del consumo de cada componente y se buscará que cada uno de ellos sea el menor posible. Para determinar la potencia de los sensores se ha considerado sus respectivos datasheet [3] [1].

### Presupuesto Preliminar de Datos

Durante el vuelo se generarán y almacenarán diversos tipos de datos relacionados tanto con la misión primaria como con la misión secundaria. A continuación se detalla el presupuesto preliminar de almacenamiento de datos considerando un periodo de recolección de 4 horas. Cada muestra registrada incluye el instante temporal y el valor medido del parámetro, ocupando 4 bytes cada uno, lo que da un total de 8 bytes por muestra. Además, consideramos la mayor frecuencia de muestreo permitida por cada sensor.

 Regional Córdoba	CUBESAT UTN 2025	 Ingeniería Electrónica
<b>DOC.Nº:1</b>	<i>Revisión De Diseño Preliminar</i>	<b>7 de julio de 2025</b>

Vector	Tamaño de muestra
Tiempo	4 bytes
Valor	4 bytes
<b>Tamaño total</b>	<b>8 bytes</b>

Cuadro 5.3: Tamaño total fijo por muestra de cada parámetro

- Variables físicas y ambientales

Parámetro	Tipo	Frecuencia [Hz]	Muestras/4h	Tamaño [MB]
Presión	float	157	2,260,800	≈ 8.63
Temperatura ambiente	float	157	2,260,800	≈ 8.63
Aceleración	float	4000	5,760,000	≈ 219.73
Ángulo de giro	float	8000	11,520,000	≈ 439.45
<b>Total estimado</b>	-	-	-	<b>≈ 685.07</b>

Cuadro 5.4: Volumen de datos total y de cada variable físico-ambiental

- Control de temperatura de las muestras celulares

Parámetro	Tipo	Frecuencia [Hz]	Muestras/4h	Tamaño [MB]
Temperatura ideal de cultivo	float	157	2,260,800	≈ 8.63
Temperatura menor	float	157	2,260,800	≈ 8.63
Temperatura mayor	float	157	2,260,800	≈ 8.63
Temperatura ambiente	float	157	2,260,800	≈ 8.63
<b>Total estimado</b>	-	-	-	<b>≈ 34.52</b>

Cuadro 5.5: Volumen de datos de los controles de temperatura de las muestras celulares

- Información gravada previamente

 Regional Córdoba	CUBESAT UTN 2025	 Ingeniería Electrónica
<b>DOC.Nº:1</b>	<i>Revisión De Diseño Preliminar</i>	<b>7 de julio de 2025</b>

Software	Versión	Tamaño
S.O. Raspberry Pi OS Lite (Debian 12.0 "bookworm")	-	$\approx 2.1 \text{ GB}$
Python	3	$\approx 27.5 \text{ MB}$
Dependencias python	1	$\approx 150 \text{ MB}$
logrotate	1	$\approx 100 \text{ KB}$
chrony	1	$\approx 2 \text{ MB}$
<b>Total estimado</b>	-	<b><math>\approx 2.3 \text{ GB}</math></b>

Cuadro 5.6: Consumo de almacenamiento de los componentes

Apartado	Tamaño estimado [MB]
Variables físicas	685.07
Back up Variables físicas	685.07
Temperaturas celulares	34.52
Back up Temperaturas celulares	34.52
Información grabada previamente	2355
<b>Tamaño total</b>	<b>3794.3</b>

Cuadro 5.7: Tamaño total estimado

Teniendo en cuenta todos los datos a ser almacenados, estimamos un volumen total de aproximadamente 3.7 GB

## 5.4 Secuencia de Operación

Para poder llevar a cabo la misión, es necesario obtener las muestras primero. Para la obtención de las muestras, se utilizaran las instalaciones mas cercanas a la zona de lanzamiento, para cultivar las muestras varios días antes del día de lanzamiento. Una vez cultivadas las muestras, el día antes o durante el mismo día del lanzamiento, se buscan las muestras para ser almacenadas en un lugar seguro durante toda la secuencia de lanzamiento hasta que haya que cargar las muestras en el CubeSat.

Para el día del lanzamiento, se provee que todo el evento siga la siguiente secuencia:

- **Etapa 1:** Arranque del CubeSat.

Durante esta etapa, se enciende el CubeSat, y se coloca la llave de Pre Lanzamiento, la cual inicializara todos los subsistemas. En esta etapa, el CubeSat puede ser conectado

 Regional Córdoba	<b>CUBESAT UTN 2025</b>	 Ingeniería Electrónica
<b>DOC.Nº:1</b>	<i>Revisión De Diseño Preliminar</i>	<b>7 de julio de 2025</b>

a una fuente de alimentación externa para hacer que la entrada en régimen permanente para la temperatura de la bahía de muestras no consuma mucha batería por el pico inicial de cambio de temperatura requerido.

- **Etapa 2:** Validación de los sistemas.

Mientras el CubeSat estabiliza la temperatura en modo Pre Lanzamiento, se abre un canal de comunicación con el CubeSat vía WiFi, al cual uno de los integrantes de Software y Hardware se conectarán mediante una computadora, para hacer la validación de todos los sensores, y verificar que estén en estados operativos. También, se corroborarán los voltajes y consumos reportados de las baterías, para verificar que también se encuentren en niveles óptimos.

- **Etapa 3:** Colocación de las Muestras.

Una vez que la temperatura de la bahía de muestras ya está estabilizada y asegurada, se procede a destapar la bahía de muestras, para la posterior colocación de las mismas. La colocación de las muestras va a generar una diferencia en la temperatura, por lo que es requisito estar monitoreando que la misma no varíe demasiado del punto configurado para evitar estresar los organismos presentes en las muestras.

- **Etapa 4:** Preparación para el lanzamiento.

Con el CubeSat en estado de Pre Lanzamiento, todos los sensores verificados, y todas las muestras cargadas, se procede a fijar todas las tapas, desconectar la fuente de alimentación externa, y cargar el CubeSat a la bahía de carga del Cohete. En este estado, el CubeSat seguirá teniendo el puerto de comunicación vía WiFi disponible, hasta que se retire la llave de Pre Lanzamiento o "Remove Before Flight".

- **Etapa 5:** Lanzamiento, apogeo y aterrizaje.

Durante esta etapa, no hay telemetría que recibir, ni parámetros que monitoreos. Solo se mantienen las muestras terrestres en condiciones optimas, las cuales van a ser comparadas con las del CubeSat una vez sea recuperado.

- **Etapa 6:** Recuperación del CubeSat.

Una vez recuperado el CubeSat, se colocará la llave de recuperación de datos, y se colocará la fuente de alimentación externa para evitar dañar las baterías y mantener las muestras estables. Con la fuente conectada, se procede a extraer las muestras de la bahía de muestras, para su posterior almacenaje en un medio seguro y bajo en estrés. Al mismo tiempo, integrantes del equipo de Software y Hardware se encargarán de realizar la descarga de los datos del CubeSat a una plataforma local para su posterior procesamiento.

- **Etapa 7:** Procesamiento de datos.

Con los datos del CubeSat descargados y guardados en un lugar seguro, se puede colocar la llave de apagado del CubeSat y desconectar la fuente externa. Con las herramientas desarrolladas por el equipo de software, se realizará el procesamiento de las muestras, para buscar patrones y presentarlos en un informe.

 Regional Córdoba	CUBESAT UTN 2025	 Ingeniería Electrónica
<b>DOC.Nº:1</b>	<i>Revisión De Diseño Preliminar</i>	<b>7 de julio de 2025</b>

- **Etapa 8:** Control de las muestras.

Con el equipo requerido, se hará la comparación de las muestras de tierra, las muestras del CubeSat y las muestras de laboratorio, en búsqueda de fluctuaciones en la reproducción de las células, cantidad de células muertas y alteraciones provocadas en las mismas por sus sistemas de defensa basados en estrés.

- **Etapa 9:** Presentación de los datos.

Los informes son presentados con conclusiones respecto a los resultados obtenidos durante el lanzamiento.

## 5.5 Aseguramiento de Misión

### 5.5.1 Análisis de Confiabilidad

Para el análisis de la confiabilidad de la estructura del CubeSat, se empleo el suite de herramientas de ANSYS, en su versión educativa. El suite provee un extenso catalogo de herramientas de análisis y simulaciones y a su vez un amplio catalogo de materiales con todas sus propiedades. Para nuestro CubeSat, decidimos emplear los análisis modales, de vibraciones aleatorias y de estructura estática, de los cuales obtuvimos métricas como la fatiga en diferentes puntos de la estructura, deformaciones dadas las condiciones de prueba y factor de seguridad para diferentes puntos.

Para las simulaciones fue necesario elegir un material para cada elemento separado que forma parte de la estructura. En el Cuadro 5.8 se puede ver la lista de materiales empleados y algunas de sus propiedades importantes.

Material	Módulo de elasticidad	Límite Elástico	Límite de Rotura	Densidad	Usado en
Aleación de Aluminio	$71 \cdot 10^9 \text{ Pa}$	$280 \cdot 10^6 \text{ Pa}$	$310 \cdot 10^6 \text{ Pa}$	$2770 \text{ kg/m}^3$	Tapas y Esquinas
Acero 4140	$212.5 \cdot 10^9 \text{ Pa}$	$652.2 \cdot 10^6 \text{ Pa}$	$1015 \cdot 10^6 \text{ Pa}$	$7850 \text{ kg/m}^3$	Tornillería y Varillas
Polipropileno	$1461 \cdot 10^6 \text{ Pa}$	$34.6 \cdot 10^6 \text{ Pa}$	$37.62 \cdot 10^6 \text{ Pa}$	$903.4 \text{ kg/m}^3$	Rieles de Apoyo y carcasas

Cuadro 5.8: Lista de materiales empleados.

Debido a que aun no esta completamente definido como será la disposición interna de cada subsistema del CubeSat, para las simulaciones colocamos objetos que tienen las mismas dimensiones y materiales de las carcasas de los subsistemas, pero solidos (rellenos) y ajustados para que tengan el peso necesario para que el CubeSat llegue al kilogramo.

### Preparación del modelo

 Regional Córdoba	<b>CUBESAT UTN 2025</b>	 Ingeniería Electrónica
<b>DOC.Nº:1</b>	<i>Revisión De Diseño Preliminar</i>	<b>7 de julio de 2025</b>

El ensamblaje del CubeSat se exporta desde la plataforma de CAD online utilizada (Onshape) en formato STEP. De ahí, se importa la geometría a ANSYS Mechanical, el cual nos permite crear la selección y asignación de los materiales, fijar superficies de contacto y establecer superficies de fijación. Luego de importar la geometría, ANSYS Mechanical automáticamente genera la malla para su posterior uso en simulación. Es importante mencionar que para las simulaciones, los tornillos y tuercas no están siendo tomados en cuenta. Esto se debe a que la complejidad que le agrega a la malla, y la cantidad de nodos que son necesarios para poder incluir las 32 tuercas y los 40 tornillos a la malla y al análisis, excede los límites de la licencia educativa por la cual estamos haciendo uso del software. En la Figura 5.18 se puede ver la malla generada.

Para la correcta visualización de las imágenes presentes en esta sección serán anexadas en el mayor tamaño posible en el Anexo7.2

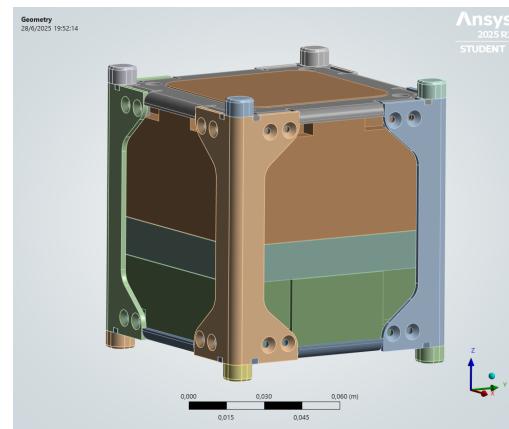


Figura 5.17: Geometría importada

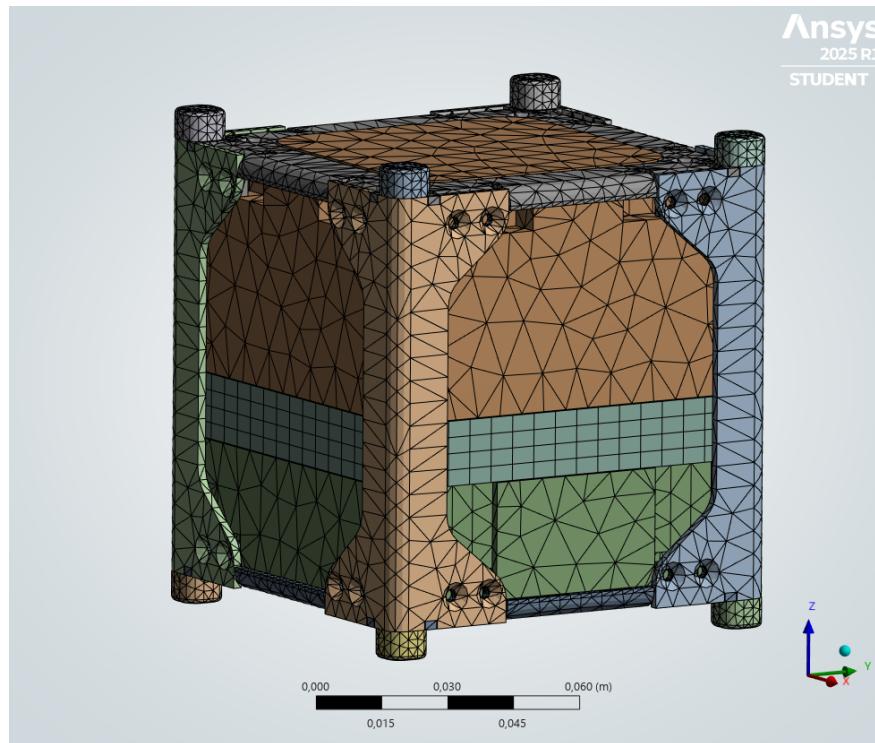


Figura 5.18: Malla generada automáticamente por ANSYS Mechanical

## Análisis Modal

Para poder proceder a las simulaciones de vibraciones aleatorias (workmanship) y análisis de integridad estructural, es necesario determinar las frecuencias modales del CubeSat. En

 Regional Córdoba	<b>CUBESAT UTN 2025</b>	 Ingeniería Electrónica
<b>DOC.Nº:1</b>	<i>Revisión De Diseño Preliminar</i>	<b>7 de julio de 2025</b>

el Cuadro 5.9 se pueden ver las frecuencias modales encontradas desde 0Hz hasta 2200Hz.

Modo	1	2	3	4	5	6
Frecuencia	536.89 Hz	541.52 Hz	908.97 Hz	1253 Hz	1616.2 Hz	1624.1 Hz

Cuadro 5.9: Modos obtenidos.

### Análisis de Vibraciones Aleatorias

En este análisis, se sometió el CubeSat a la curva  $G^2/Hz$  recomendada por la competencia. Como ANSYS Mechanical ya tiene incorporado el mecanismo para conectar puntos por tramos rectos, la curva resultante tiene que pasar por los puntos especificados en el cuadro 5.10, generando una curva como la de la Figura 5.19.

Frecuencia	Aceleración G
20 Hz	0.01 $G^2/Hz$
80 Hz	0.04 $G^2/Hz$
500 Hz	0.04 $G^2/Hz$
2000 Hz	0.01 $G^2/Hz$

Cuadro 5.10: Puntos de aceleraciones G segun frecuencia.

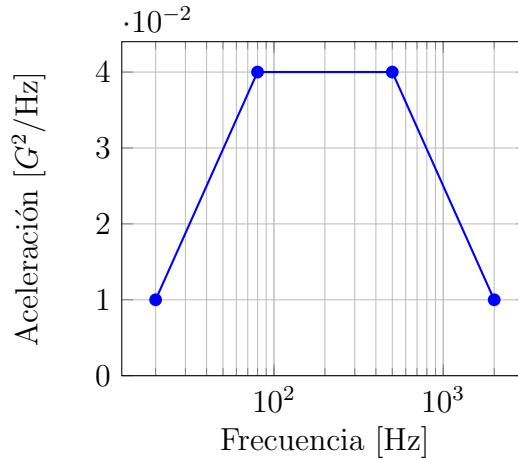


Figura 5.19: Curva con los puntos interpolados de aceleración G.

Esta curva se aplica a los tres ejes del CubeSat, lo que permite generar los análisis de estrés y tensión.

 Regional Córdoba	<b>CUBESAT UTN 2025</b>	 Ingeniería Electrónica
<b>DOC.Nº:1</b>	<i>Revisión De Diseño Preliminar</i>	<b>7 de julio de 2025</b>

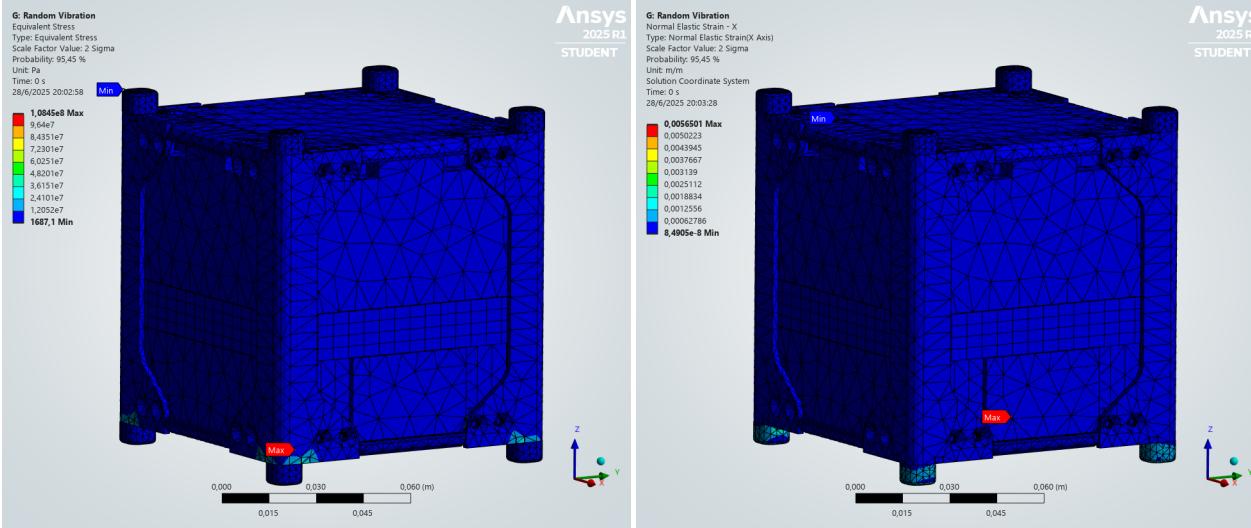


Figura 5.20: Análisis de estrés

Figura 5.21: Análisis de tensión en el eje x

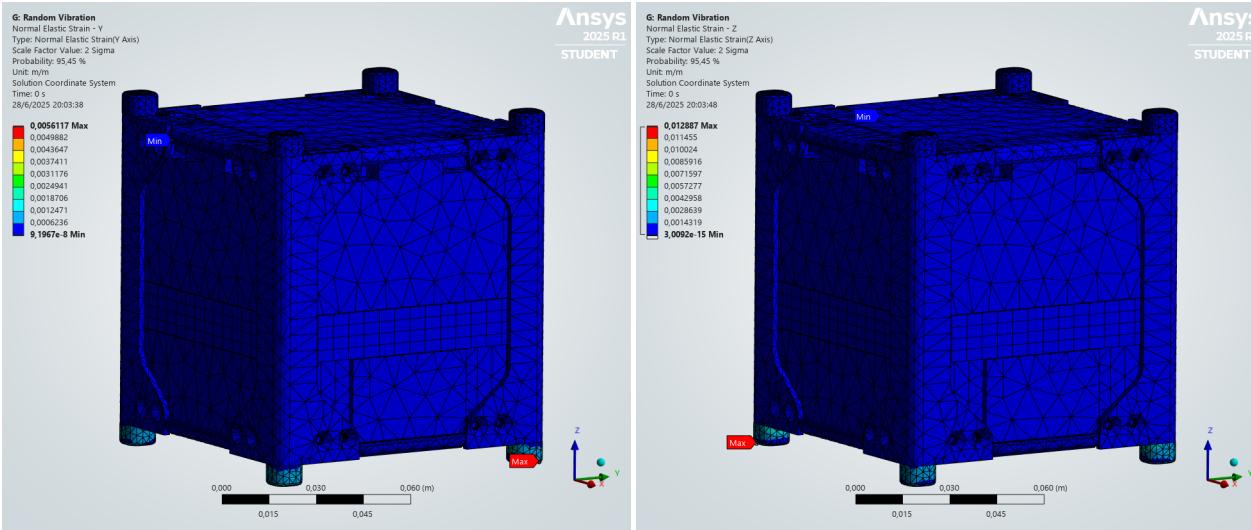


Figura 5.22: Análisis de tensión en el eje Y

Figura 5.23: Análisis de tensión en el eje Z

Como se puede ver en la Figura 5.20, para el análisis de estrés equivalente, el pico máximo es de  $108.106 \text{ Pa}$ . Analizando con mas detalle, este punto se encuentra en la superficie de contacto de la tapa inferior y la varilla. Debido al limite de resolución, este punto de alta presión puede ser una falla de simulación, pero en caso de que no lo sea, sigue estando por debajo del limite de rotura del aluminio y del acero, por lo que no presenta un problema.

### Análisis Estático

Se espera que el CubeSat este sometido a una aceleraciones de hasta  $20g$  en el sentido  $+z$  y hasta  $1g$  en los sentidos  $x$  e  $y$ . Para las simulaciones, se utilizaron estos valores con un factor

	Regional Córdoba	CUBESAT UTN 2025	
<i>DOC.Nº:1</i>	<i>Revisión De Diseño Preliminar</i>	<i>7 de julio de 2025</i>	

de 1.25x. Un detalle que cabe destacar, es que todas las deformaciones presentes en estas simulaciones, están amplificadas visualmente para facilitar la detección patrones y fallas en el diseño de la estructura, por lo tanto, es fundamental interpretar los resultados en función de las escalas de color y los valores numéricos de los distintos análisis, y no tomar como referencia la magnitud visual de las deformaciones mostradas. Aclarado esto, se muestran a continuación las simulaciones realizadas.

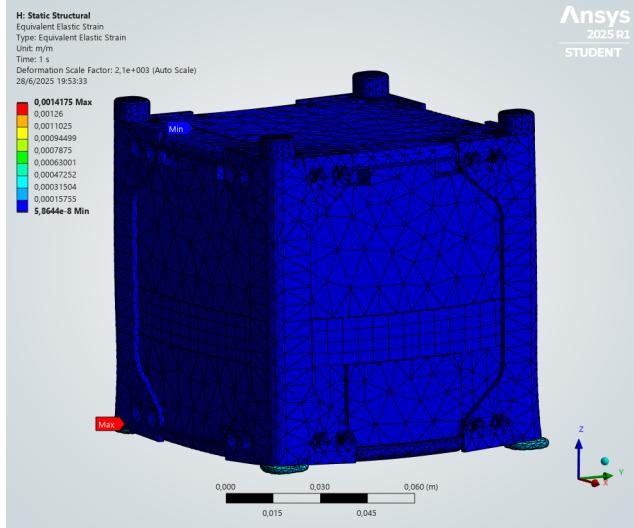


Figura 5.25: Análisis de tensión

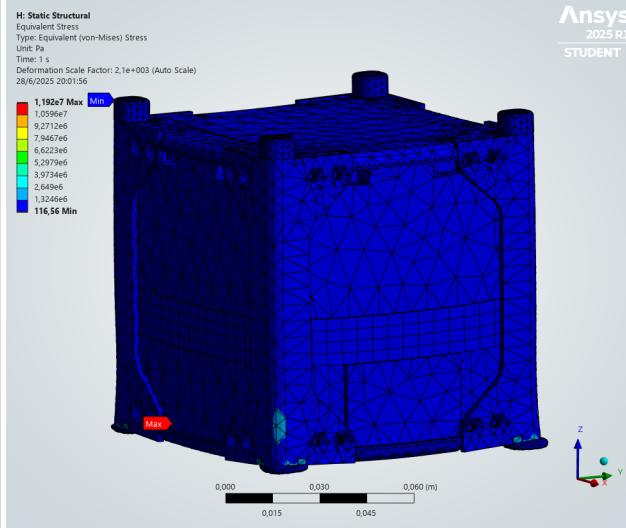


Figura 5.26: Análisis de estrés

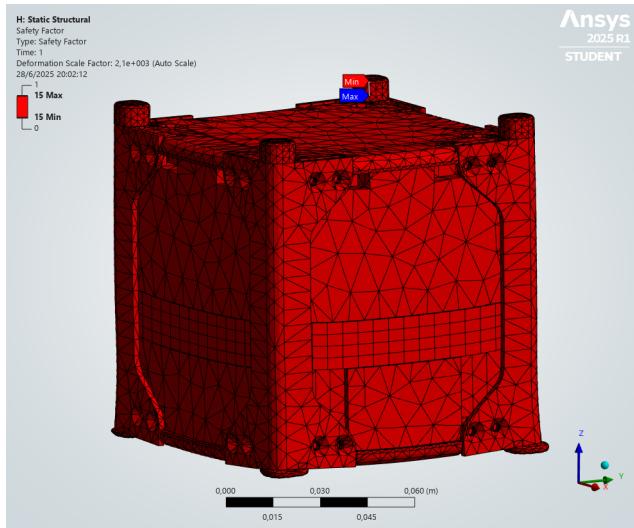


Figura 5.27: Análisis de factor de seguridad

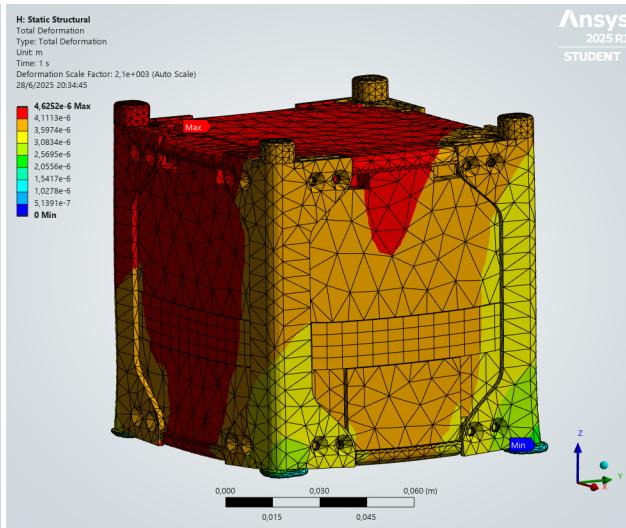


Figura 5.28: Análisis de deformación total

Como se observa en la Figura 5.25, la tensión máxima alcanzada en la estructura es de  $19.106 \text{ Pa}$ , valor significativamente inferior al límite de rotura del material, lo que indica que no existe riesgo estructural bajo las condiciones de carga previstas para el lanzamiento.

 Regional Córdoba	<b>CUBESAT UTN 2025</b>	 Ingeniería Electrónica
<b>DOC.Nº:1</b>	<i>Revisión De Diseño Preliminar</i>	<b>7 de julio de 2025</b>

Asimismo, la Figura 5.27 muestra que el factor de seguridad es uniforme en toda la estructura y alcanza un valor constante de 15, lo cual proporciona un amplio margen respecto a posibles fallos. Finalmente, según la Figura 5.28, la deformación máxima experimentada por el CubeSat es de apenas  $4 \mu\text{m}$ , lo cual resulta despreciable frente a las tolerancias mecánicas del sistema.

Concluimos entonces que nuestra propuesta de estructura es valida y soportara las condiciones de lanzamiento.

### 5.5.2 Análisis de Riesgos

En esta sección se identifican posibles fallos asociados al funcionamiento de los subsistemas del CubeSat, con el objetivo de implementar estrategias de mitigación que contribuyan a aumentar la confiabilidad y la seguridad del sistema en cada fase de la misión. Identificación:

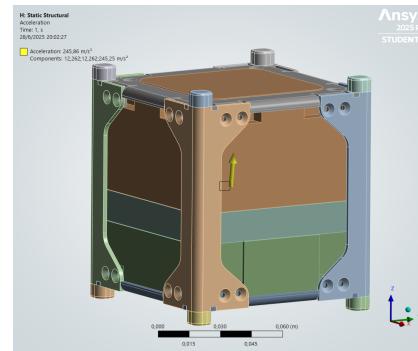


Figura 5.24: Vector de aceleración para la simulación estática.

Cuadro 5.11: Análisis de Riesgos

Riesgo	Causa	Impacto	Mitigación
Rotura de cápsulas de muestreo	Sobrecargas mecánicas o vibraciones excesivas	Pérdida parcial o total de las muestras biológicas	Diseño de porta-cápsulas amortiguadoras. Pruebas de vibración según estándar GEVS. Cierre redundante de las tapas.
Fallo del sistema de regulación térmica	Mal dimensionamiento de los elementos Peltier o fallo de controlador en vuelo.	Exposición de muestras a temperaturas fuera de rango.	Control de temperatura con sensores. Validación térmica en cámara climática. Modos de degradación segura que desactivan los elementos Peltier para reducir consumo.
Pérdida de datos por fallo de almacenamiento	Corrupción de tarjeta microSD o falla en commutación RAID por script.	Pérdida parcial o total de registros de muestras.	Verificación periódica de integridad (checksum SHA-256). Script de conmutación automática probado en PDR. Redundancia de almacenamiento de datos críticos.
Fallo del suministro eléctrico	Sobrecarga de rieles, cortocircuito o desconexión no deseada.	Apagado de subsistemas.	Protección contra sobre-corriente y subtensión en PMS. Pruebas de ciclos de carga-descarga de batería. Rieles críticos alimentados desde canales independientes.

 Regional Córdoba	CUBESAT UTN 2025	 Ingeniería Electrónica
<b>DOC.Nº:1</b>	<i>Revisión De Diseño Preliminar</i>	<b>7 de julio de 2025</b>

Riesgo	Causa	Impacto	Mitigación
Mal funcionamiento de la IMU o barómetro	Descalibración por choque mecánico o ruido eléctrico.	Imposibilidad de determinar fases de vuelo con precisión.	Pruebas previas en condiciones similares.
Contaminación o degradación de muestras biológicas	Fugas de medios de cultivo, exposición al ambiente.	Resultados experimentales no válidos, pérdida de muestras.	Sellado hermético de tubos. Uso de materiales biocompatibles. Control de humedad en bahía de muestras. Análisis de vacío.
Fallo de comunicación pre lanzamiento y pos lanzamiento	Rotura de hardware por aterrizaje o vuelo.	Imposibilidad de monitoreo inmediato luego del lanzamiento.	Conexión por UART.

### 5.5.3 Ensayos

En esta sección se detallan los ensayos que se realizarán a los distintos prototipos que surgirán durante el desarrollo del CubeSat, que servirán para validar y obtener una retroalimentación del proceso de diseño.

Sobre el producto final se realizarán ensayos mas exhaustivos que serán detallados en el CDR.

#### Estructura

Para determinar la integridad estructural se realizarán distintos tipos de pruebas, donde las condiciones de cada una serán acordes a las del lanzamiento, y también se realizarán pruebas extremas, para encontrar los límites de la estructura y poder ampliar el margen de seguridad. Para lograr esto, se realizarán varias estructuras, y se las llenará con subsistemas vacíos pero con el peso necesario para llegar al régimen.

Las pruebas que se realizarán a la estructura son:

- Prueba de vibraciones: Se somete el prototipo a una cama de vibraciones para determinar si se mantiene en forma durante todo el rango de frecuencias y mas.
- Prueba de caída: Se somete el prototipo a pruebas de caída de diferentes alturas y buscando que impacte en diferentes puntos de la estructura para probar la rigidez estructural y capacidad de contención de las carcásas de los subsistemas.
- Prueba de fuerzas: Se somete el prototipo a fuerzas (que ingresan y egresan a la estructura) ejercidas en puntos críticos donde las tensiones pueden alcanzar picos y generar deformaciones.

 Regional Córdoba	<b>CUBESAT UTN 2025</b>	 Ingeniería Electrónica
<b>DOC.Nº:1</b>	<i>Revisión De Diseño Preliminar</i>	<b>7 de julio de 2025</b>

## Peso

Para determinar que el CubeSat se encuentra dentro del régimen, a medida que se vayan haciendo los diferentes prototipos se pesará todo el CubeSat que se tenga hasta el momento para tener estimaciones mas precisas de peso, y poder llegar con el margen de tolerancias especificado sin tener que hacer cambios grandes.

## Centro de masa

Para determinar experimentalmente el centro de masa del CubeSat, colocamos una madera rectangular de espesor mínimo sobre una superficie plana de modo que el lado mas estrecho y largo se encuentre en contacto con la superficie. Arriba colocamos el CubeSat formando 4 ángulos rectos, es decir que las direcciones sus aristas sean paralelas y perpendiculares a la dirección de la madera. Deslizamos el CubeSat horizontalmente hasta encontrar un punto de equilibrio, esa será la coordenada del centro de masa en ese eje. Repetimos el procedimiento para los demás ejes y verificamos, en cada caso, que se encuentren a una distancia del centro geométrico de a lo sumo 10 mm.

## Baterías

- **Capacidad real:** este ensayo tiene como finalidad determinar la capacidad efectiva de la batería, comparándola con la especificación nominal del fabricante. Para ello, se descargará la batería con una corriente constante conocida hasta alcanzar el voltaje mínimo especificado. Se registrará el tiempo total de descarga para calcular la capacidad en mAh. El resultado permitirá verificar si la batería puede sostener la demanda energética del sistema durante el tiempo requerido.
- **Medición de voltaje y corriente durante carga y descarga:** Durante las fases de carga y descarga, se monitorearan de forma continua los valores de tensión y corriente entregados por la batería. Esto permitirá evaluar la estabilidad de las baterias frente a distintas condiciones de carga, así como detectar cadas de tensión o comportamientos no deseados que puedan comprometer la operación de los subsistemas.
- **Medición de temperatura:** durante los ensayos anteriores se registrará también la evolución térmica de la batería. Esto permitirá identificar posibles sobrecalentamientos que puedan comprometer la seguridad o el rendimiento del sistema.

## 5.6 Plan de Proyecto

### 5.6.1 General

Para llevar a cabo la misión del CubeSat, se ha definido una estructura de trabajo que divide al equipo en diferentes grupos, cada uno con responsabilidades específicas. Esta división busca optimizar el desarrollo del proyecto mediante una organización eficiente de tareas y recursos humanos.

 Regional Córdoba	<b>CUBESAT UTN 2025</b>	 Ingeniería Electrónica
<b>DOC.Nº:1</b>	<i>Revisión De Diseño Preliminar</i>	<b>7 de julio de 2025</b>

## Organización del Equipo

- **Project Manager (PM)** Coordinador general del proyecto, responsable de la planificación y del funcionamiento sincronizado de todos los grupos y subsistemas.
  - Cortesini Perez, Luciano Tomas
- **Grupo Mecánico** Encargado del diseño estructural del CubeSat.
  - Cortesini Perez, Luciano Tomas
  - Palombo, Franco
- **Grupo Electrónica** Responsable del diseño, desarrollo y pruebas de los subsistemas electrónicos, incluyendo potencia y sensores.
  - Gil, Ignacio
  - Prieto, Angelo
- **Grupo Software** Encargado del desarrollo del software tanto embarcado como de recuperación y procesamiento de datos.
  - Adragna, Jimena Sofa
  - Koroch, Matias Adolfo
  - Montesinos, Dana Carolina
- **Grupo de Divulgación** A medida de que nos interiorizábamos mas con nuestra misión e interactuábamos con distintos profesionales, docentes e instituciones que nos brindaron su tiempo y conocimiento como equipo nos empezamos a preguntar, de que manera podemos utilizar nuestro proyecto para impactar el la sociedad?

Es así como nace el grupo de Divulgación para darle respuesta a una inquietud que surgió fruto del desarrollo de este proyecto. Consideramos valioso compartir los trabajos que se llevan a cabo en nuestra facultad para visibilizar el trabajo académico, motivar a otros estudiantes, reconocer el valor de la investigación científica como as también crear puentes entre la universidad y la sociedad. No solo buscamos cumplir con los objetivos técnicos y científicos de la misión, sino también inspirar y promover el interés por la ciencia en la comunidad de nuestra región.

Es por esto que designamos un grupo encargado de documentar las distintas etapas del proyecto registrando con fotos y videos, generando informes y difundiendo hacia la comunidad por medio de distintas plataformas y redes sociales.

La implementación del plan de comunicación se desarrollara en dos fases. En una primer instancia se evaluaran y establecerán los canales digitales y, para ellos, se crearan los distintos perfiles institucionales con una identidad unificada en un marco educativo y de divulgación científica. Luego, el trabajo se basara en un proceso iterativo en el que se documentara sistemáticamente, se editara y adaptara el material multimedia y

 Regional Córdoba	<b>CUBESAT UTN 2025</b>	 Ingeniería Electrónica
<b>DOC.Nº:1</b>	<i>Revisión De Diseño Preliminar</i>	<b>7 de julio de 2025</b>

calendario de publicación programada, se realizarán las publicaciones pertinentes y se realizara un monitoreo y ajuste basado en la retroalimentación de la comunidad.

Estimamos no solo llegar a las personas sino también generar dialogo que sea fructífero tanto para los demás como para el equipo, debido a esto planeamos ademas adaptar el contenido según los intereses del publico, reconocer sus contribuciones e incluir herramientas que nos faciliten esta comunicación bidireccional como formatos interactivos de preguntas y respuestas, encuestas, sesiones en vivo, entre otras. Encargados de la documentación y difusión en el proyecto.

- Adragna, Jimena Sofía
- Koroch, Matas Adolfo
- Montesinos, Dana Carolina
- Prieto, Angelo

### 5.6.2 Estrategia de documentación y divulgación

Con el propósito de consolidar la transparencia, fomentar la comunicación científica y promover la apropiación social del conocimiento generado por el Proyecto CubeSat LAMBDA, se ha proyectado el desarrollo de una plataforma web pública de documentación y divulgación, dirigida tanto a la comunidad académica como al público general. Este portal actuará como repositorio centralizado de información técnica y divulgativa, posibilitando la consulta interactiva, el seguimiento del progreso de la misión y el acceso a documentación validada.

#### Estructura y contenidos propuestos

La plataforma será concebida con una arquitectura modular, atendiendo a criterios de accesibilidad universal y facilidad de actualización. Las secciones propuestas comprenden:

- Inicio: introducción concisa al proyecto, con enlaces destacados a secciones relevantes.
- La misión: exposición de los objetivos científicos y tecnológicos, marco institucional y colaboraciones estratégicas (INIMEC-CONICET-UNC).
- Cronograma y estado de avance: representación gráfica interactiva del cronograma del proyecto, destacando etapas concluidas y próximas actividades.
- El equipo: presentación del equipo multidisciplinario, incluyendo roles, funciones y perfiles académicos.
- Documentación técnica: acceso público a documentos (PDR, PDU, CDR, informes de verificación), diagramas, manuales y diseños de interfaz, acompañados de mecanismos de control de versiones y trazabilidad.
- Datos abiertos: visualización dinámica y descarga de los datos recolectados por el CubeSat (presión, aceleración, temperatura, etc.), disponibles en formatos estandarizados, junto con la documentación.

 Regional Córdoba	<b>CUBESAT UTN 2025</b>	 Ingeniería Electrónica
<b>DOC.Nº:1</b>	<i>Revisión De Diseño Preliminar</i>	<b>7 de julio de 2025</b>

- Divulgación científica: materiales didácticos adaptados a diversos niveles educativos.
- Interacción y comunidad: espacios de comunicación con el público (formularios de contacto, sección de preguntas frecuentes, suscripciones a boletines y foros de discusión).

## Consideraciones técnicas

El diseño de la plataforma garantizará el cumplimiento de estándares de accesibilidad, así como su adaptación a diversos dispositivos y navegadores. Se implementará una arquitectura desacoplada y escalable, utilizando para la capa de servidor.

Se priorizarán atributos como la seguridad (encriptación HTTPS), alta disponibilidad y versionado robusto del contenido.

### 5.6.3 Cronograma

Con el objetivo de garantizar una ejecución ordenada, eficiente y dentro de los plazos establecidos, se elaboró un cronograma detallado para cada uno de los grupos de trabajo que contempla las diferentes tareas ha realizar junto con los diferentes fechas y plazos estipulados para cada una de ellas.

Utilizamos una herramienta basada en diagramas Gantt de gestión estratégica para lograr visualizar con facilidad la secuencia lógica de actividades, sus respectivas duraciones, y las dependencias entre tareas.

Para el desarrollo de este proceso se tuvieron en cuenta distintas variables como las fechas límites, los objetivos planteados, la disponibilidad de tiempo, los recursos económicos y el capital humano.

#### Grupo Mecánico

Para una visualización del cronograma, se remite al diagrama Gantt incluido en el anexo, Figura 7.13 y Figura 7.14.

#### Grupo Electrónica

Para una visualización del cronograma, se remite al diagrama Gantt incluido en el anexo, Figura 7.15.

#### Grupo Software

Para una visualización del cronograma, se remite al diagrama Gantt incluido en el anexo.

### 5.6.4 Costos y Financiamiento

La validación de los requisitos funcionales y operacionales del CubeSat requiere la disponibilidad de insumos, herramientas, equipamiento e infraestructura adecuada que permitan llevar a cabo pruebas técnicas rigurosas. En este sentido, la presente sección contempla la financiación necesaria para la adquisición de los materiales e instrumentos que permitan

 Regional Córdoba	<b>CUBESAT UTN 2025</b>	 Ingeniería Electrónica
<b>DOC.Nº:1</b>	<i>Revisión De Diseño Preliminar</i>	<b>7 de julio de 2025</b>

fabricar el CubeSat, así como realizar los ensayos pertinentes para el cumplimiento de las especificaciones establecidas.

La financiación prevista abarca los siguientes componentes:

- **Adquisición de insumos:** incluye sensores, microcontroladores, estructuras mecánicas, módulos de almacenamiento, elementos de conexión y otros componentes electrónicos y estructurales necesarios para la fabricación del CubeSat.
- **Herramientas de validación y ensayo:** contempla equipamiento de medición, dispositivos de prueba funcional, sistemas de monitoreo térmico y mecánico, así como herramientas de ensamblaje y diagnóstico utilizadas durante las etapas de verificación.
- **Acceso a infraestructura y servicios:** incluye la utilización de laboratorios y bancos de prueba. En particular, se destaca el acceso a las instalaciones del *Centro de Investigación en Informática para la Ingeniería (CIII)* y del *Instituto de Investigación Médica Mercedes y Martín Ferreyra (INIMEC-CONICET-UNC)*, los cuales proporcionan equipamiento especializado, condiciones técnicas adecuadas y asesoramiento científico para la ejecución de los ensayos requeridos.

Los recursos económicos serán obtenidos a través del respaldo de personas, grupos o instituciones interesadas en promover la investigación científica y tecnológica del proyecto. Asimismo, se aprovecharán los recursos institucionales disponibles dentro del marco académico.

Esta estrategia de financiación tiene como objetivo asegurar la disponibilidad de medios materiales y técnicos suficientes para cumplir con los planes de verificación y validación del satélite, garantizando su operatividad, confiabilidad y compatibilidad con los criterios normativos establecidos.

 Regional Córdoba	CUBESAT UTN 2025	 Ingeniería Electrónica
<b>DOC.Nº:1</b>	<i>Revisión De Diseño Preliminar</i>	<b>7 de julio de 2025</b>

Item	Cantidad	Precio	Subtotal
RPI Zero 2W	1	36299	36299
Micro SD 16GB	2	13619	27238
Arduino NANO	1	6190	6190
Plancha de aluminio 2mm (medio m2)	0.25	82000	20500
Varillas acero inoxidable 5mm	1	4900	4900
Baterías LI-PO 3,7V 3200mAh 90x40x4mm	5	4399	21995
Filamento PP-T grilon3	0.5	24780	12390
Placa de cobre virgen 20x10cm	1	6700	6700
Celda Peltier 30x30mm	3	18700	56100
Thermistor ntc 100k	3	3890	11670
MPU9250 (IMU)	1	22490	22490
BMP280	1	2344	2344
Componentes electrónicos varios	1	50000	50000
Tornillería	1	20000	20000
<b>Total:</b>			<b>298816</b>

Cuadro 5.12: Costos

 Regional Córdoba	<b>CUBESAT UTN 2025</b>	 <i>Ingeniería Electrónica</i>
<b>DOC.Nº:1</b>	<i>Revisión De Diseño Preliminar</i>	<b>7 de julio de 2025</b>

## 6 Información Adicional

### 6.1 Repositorios

Uno de los valores fundamentales de este proyecto es su carácter abierto y reutilizable. Con el objetivo de facilitar la continuidad, adaptación y mejora del desarrollo por parte de otros equipos o instituciones, todo el trabajo realizado sera publicado en un repositorio publico en GitHub, bajo la licencia Apache 2.0.

El repositorio incluirá los modelos CAD, esquemáticos, código fuente del software embarcado. Todo con su respectiva documentación técnica, permitiendo a cualquier interesado acceder de manera completa al diseño del sistema.

Asimismo, se ha procurado que todas las herramientas de software utilizadas durante el desarrollo sean de acceso libre o cuenten con licencias educativas gratuitas fácilmente accesibles. Garantizando que el uso de herramientas no represente una barrera de entrada para quienes deseen replicar o continuar el proyecto.

URL del proyecto: <https://github.com/Team-COREX>

# 7 Anexo

## 7.1 Página web HMI

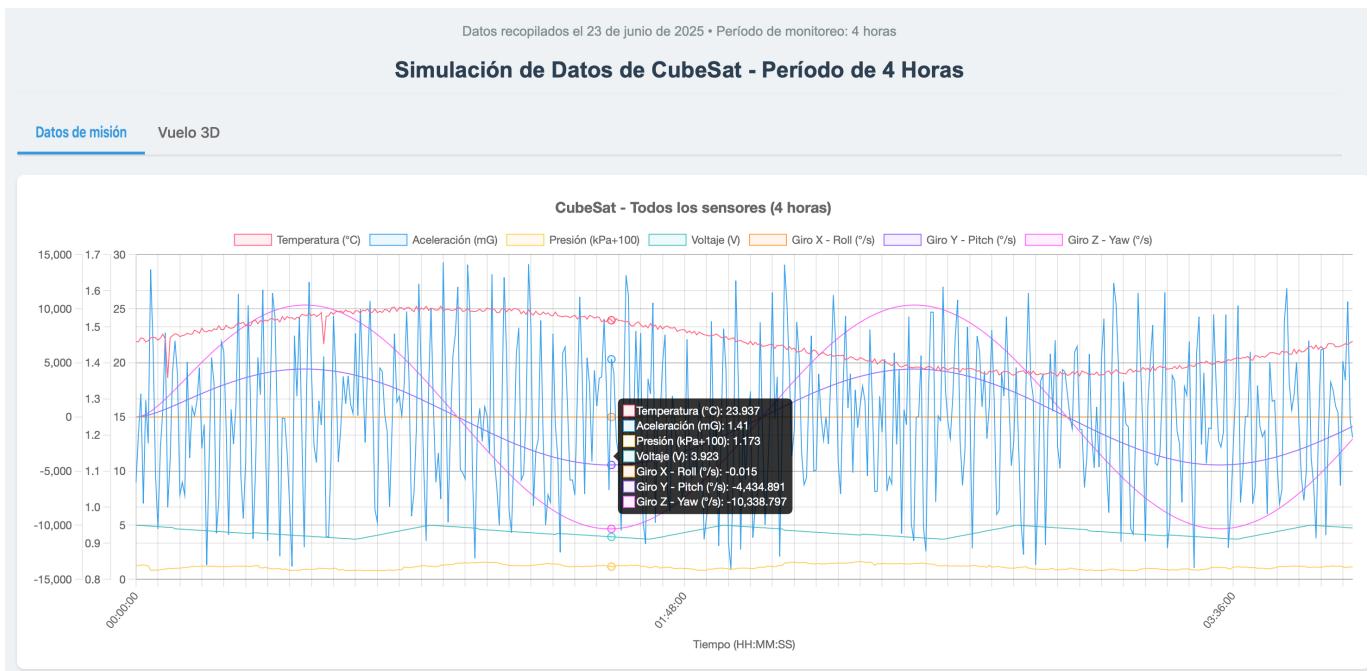


Figura 7.1: Página Web 1



Figura 7.2: Página Web 2

## Simulación de Datos de CubeSat - Período de 4 Horas

Datos de misión      **Vuelo 3D**

Visualización del Vuelo en 3D

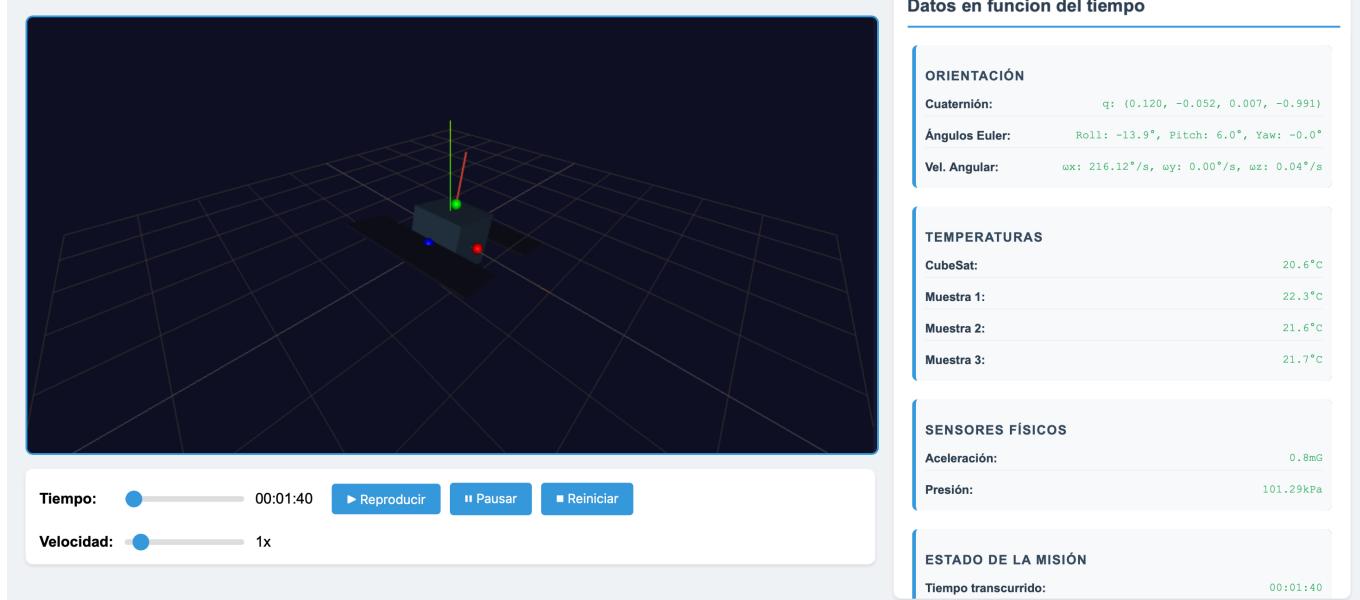


Figura 7.3: Página Web 3

## 7.2 Simulaciones

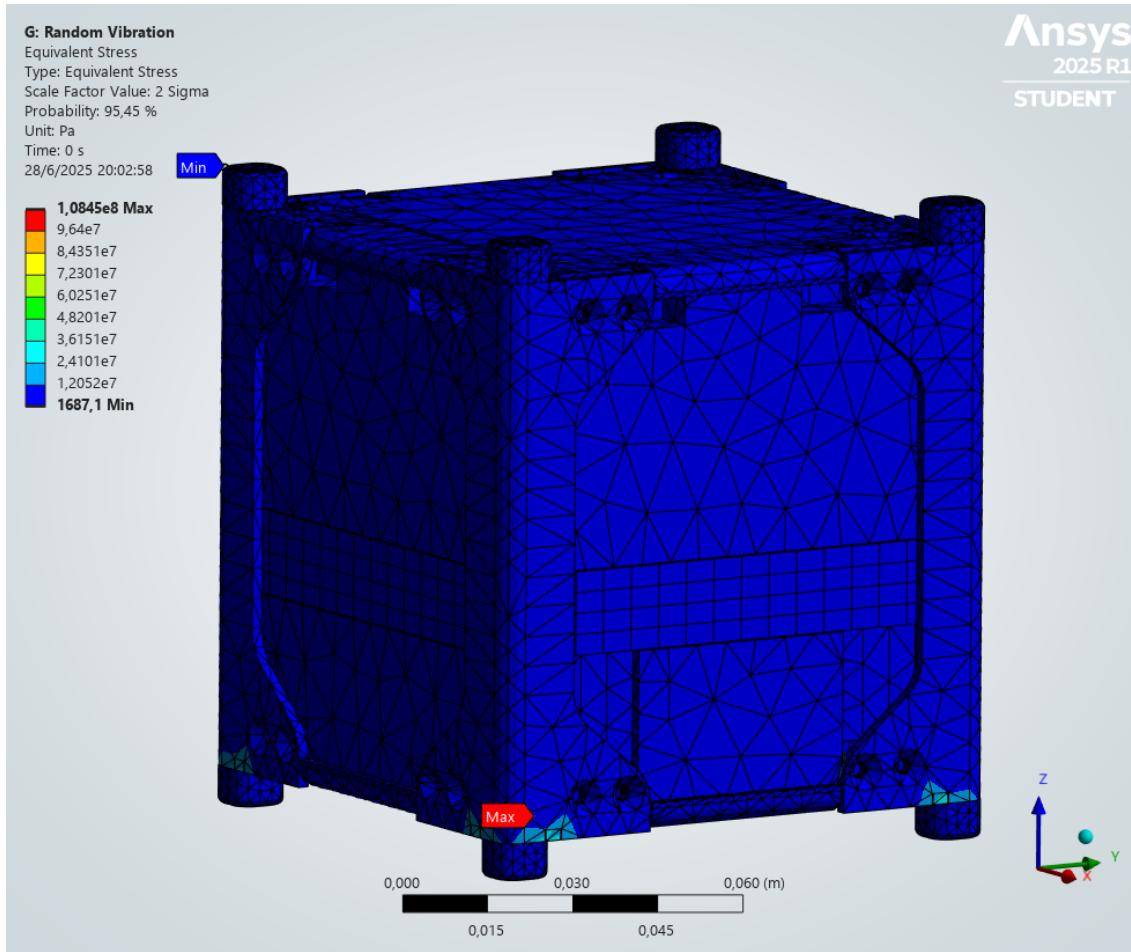


Figura 7.4: Análisis de estrés

**G: Random Vibration**  
 Normal Elastic Strain - X  
 Type: Normal Elastic Strain(X Axis)  
 Scale Factor Value: 2 Sigma  
 Probability: 95,45 %  
 Unit: m/m  
 Solution Coordinate System  
 Time: 0 s  
 28/6/2025 20:03:28

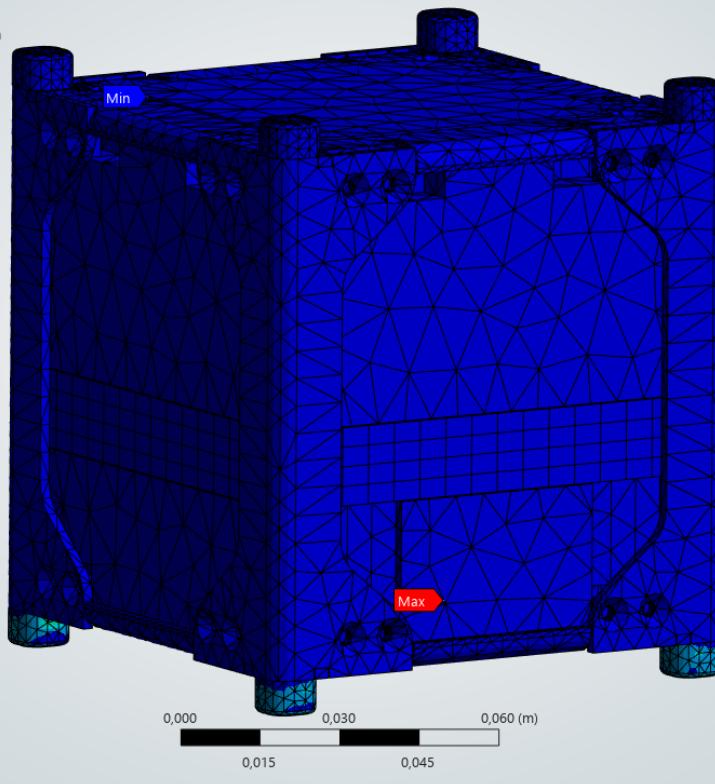
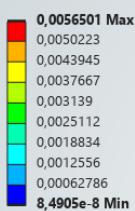


Figura 7.5: Análisis de tensión en el eje x

**G: Random Vibration**  
 Normal Elastic Strain - Y  
 Type: Normal Elastic Strain(Y Axis)  
 Scale Factor Value: 2 Sigma  
 Probability: 95,45 %  
 Unit: m/m  
 Solution Coordinate System  
 Time: 0 s  
 28/6/2025 20:03:38

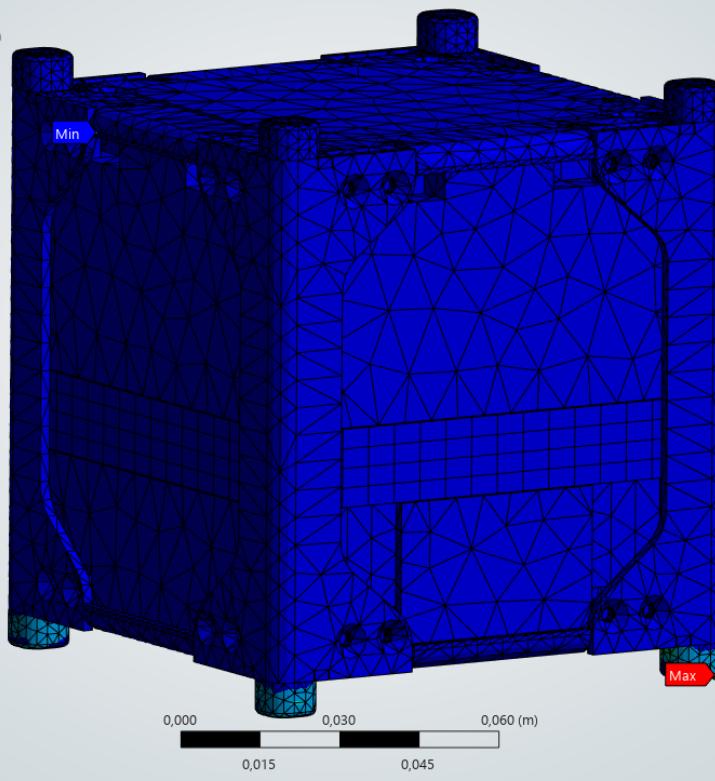
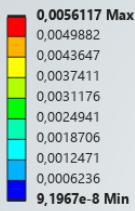


Figura 7.6: Análisis de tensión en el eje Y

**G: Random Vibration**  
 Normal Elastic Strain - Z  
 Type: Normal Elastic Strain(Z Axis)  
 Scale Factor Value: 2 Sigma  
 Probability: 95,45 %  
 Unit: m/m  
 Solution Coordinate System  
 Time: 0 s  
 28/6/2025 20:03:48

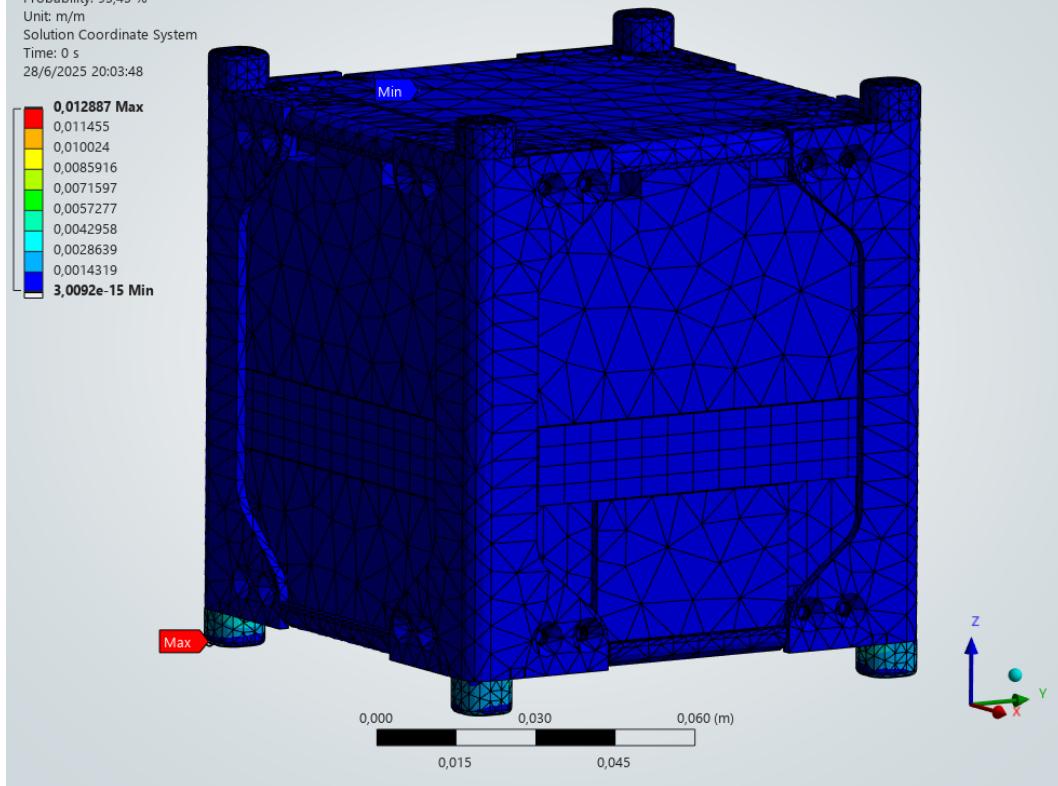
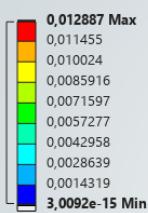


Figura 7.7: Análisis de tensión en el eje Z

**H: Static Structural**  
 Acceleration  
 Time: 1, s  
 28/6/2025 20:02:27

Acceleration: 245,86 m/s<sup>2</sup>  
 Components: 12,262;12,262;245,25 m/s<sup>2</sup>

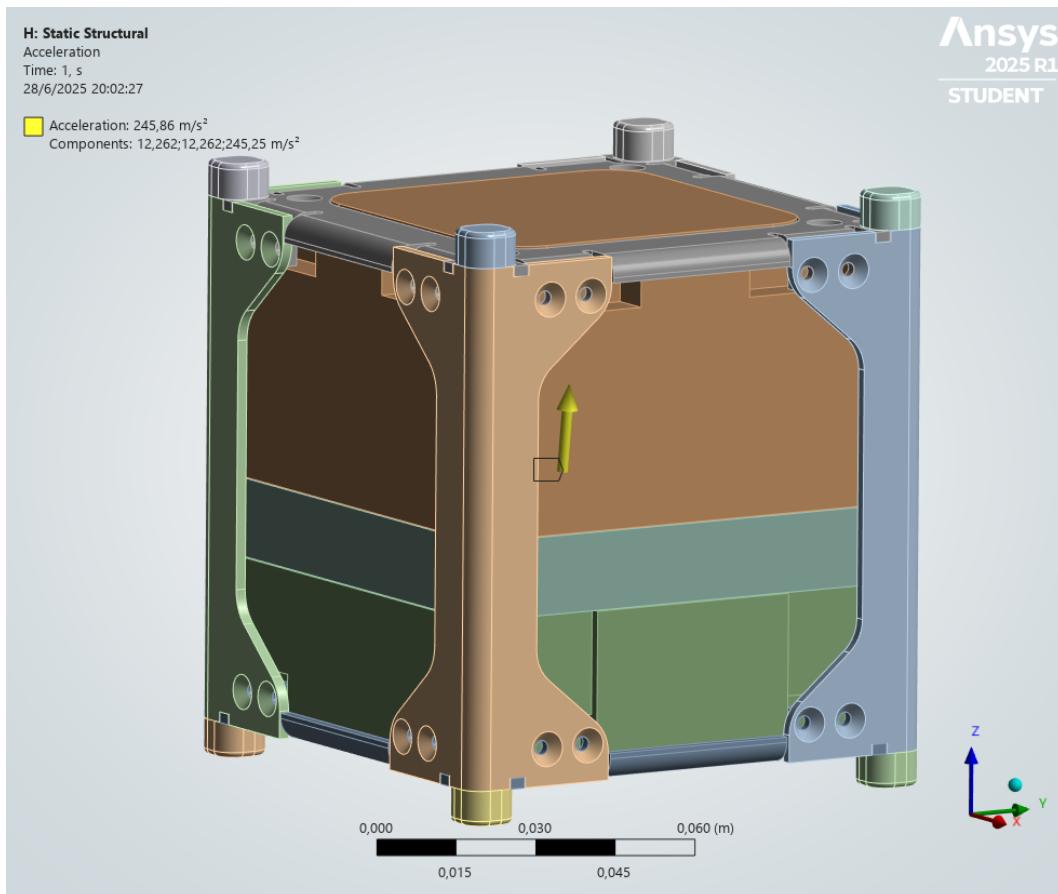


Figura 7.8: Vector de aceleración para la simulación estática.

**H: Static Structural**  
Equivalent Elastic Strain  
Type: Equivalent Elastic Strain  
Unit: m/m  
Time: 1 s  
Deformation Scale Factor: 2,1e+003 (Auto Scale)  
28/6/2025 19:53:33

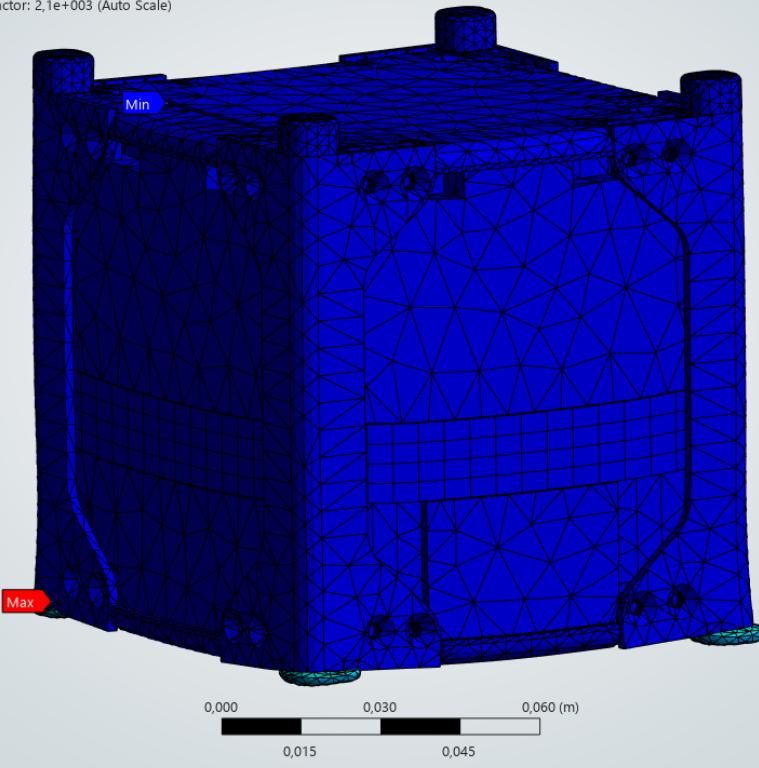
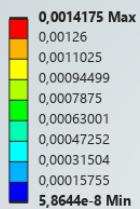


Figura 7.9: Análisis de fatiga

**H: Static Structural**  
Equivalent Stress  
Type: Equivalent (von-Mises) Stress  
Unit: Pa  
Time: 1 s  
Deformation Scale Factor: 2,1e+003 (Auto Scale)  
28/6/2025 20:01:56

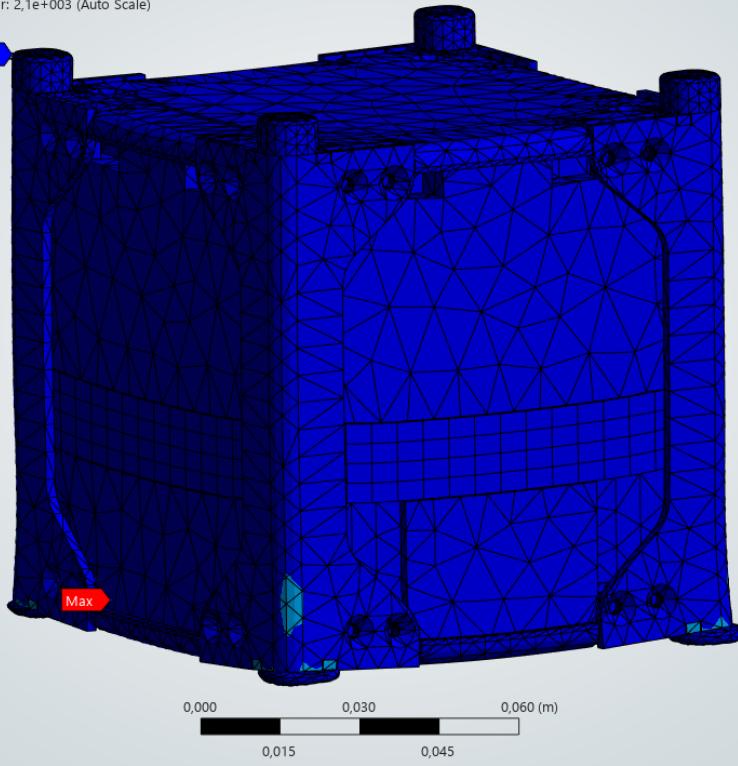


Figura 7.10: Análisis de estrés

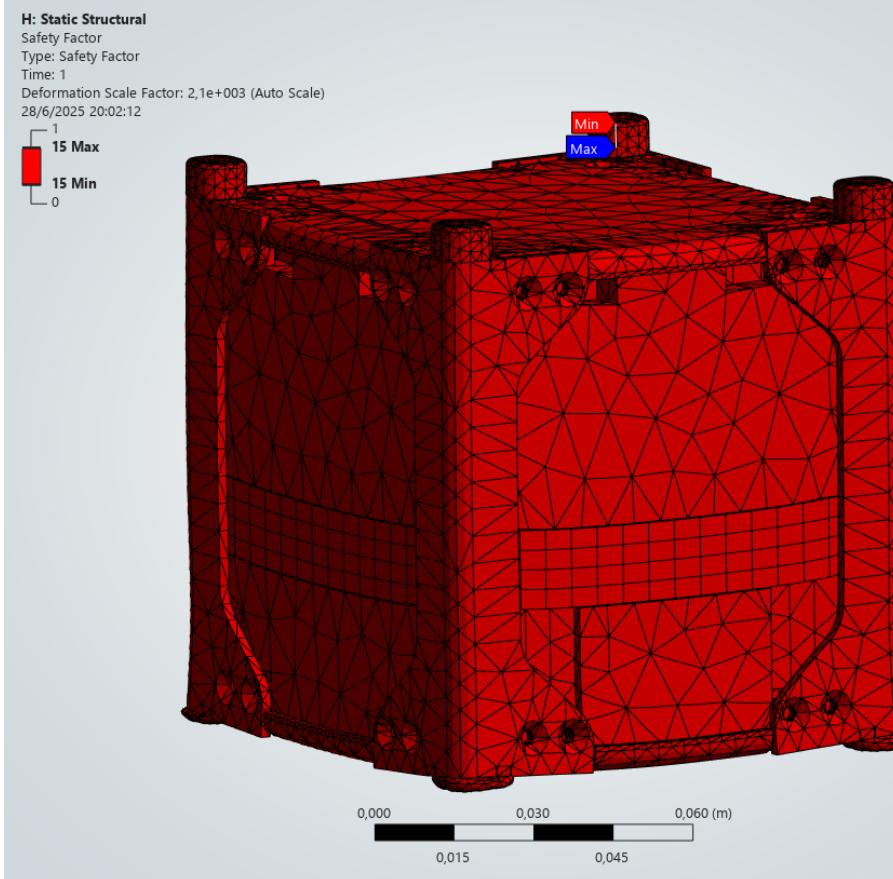


Figura 7.11: Análisis de factor de seguridad

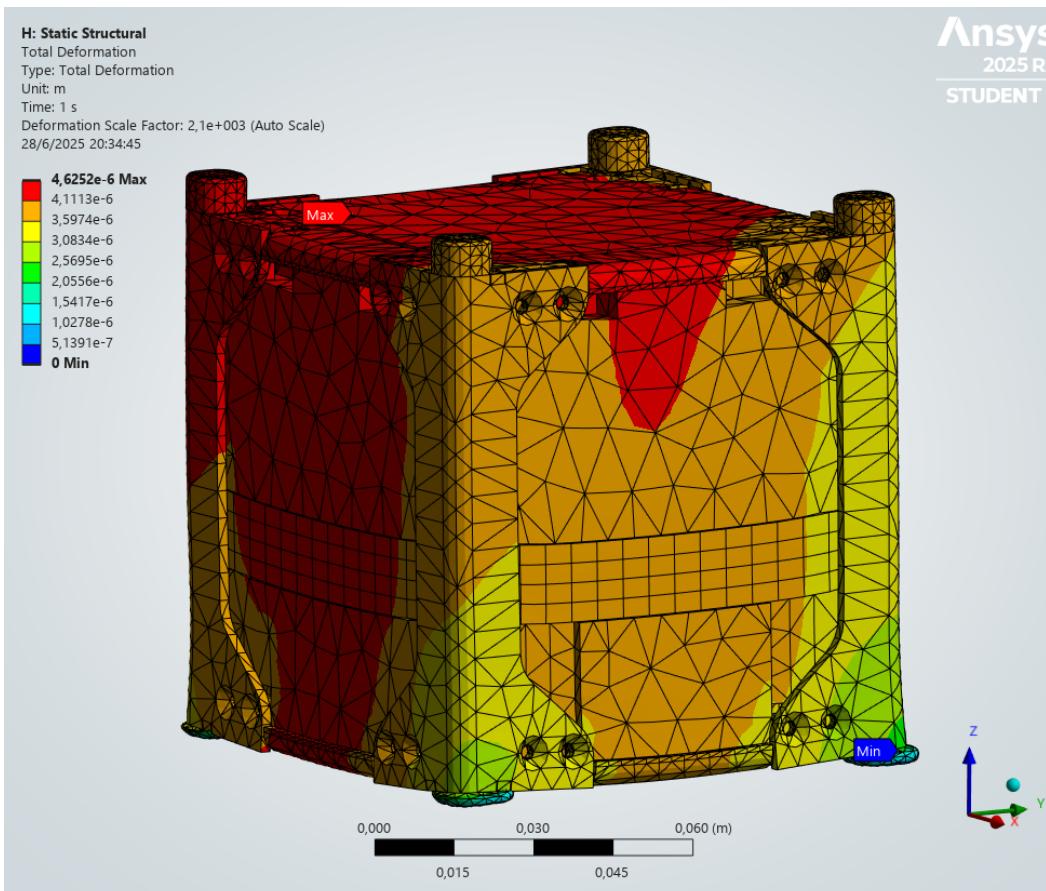


Figura 7.12: Análisis de deformación total

## 7.3 Cronograma Mecánica

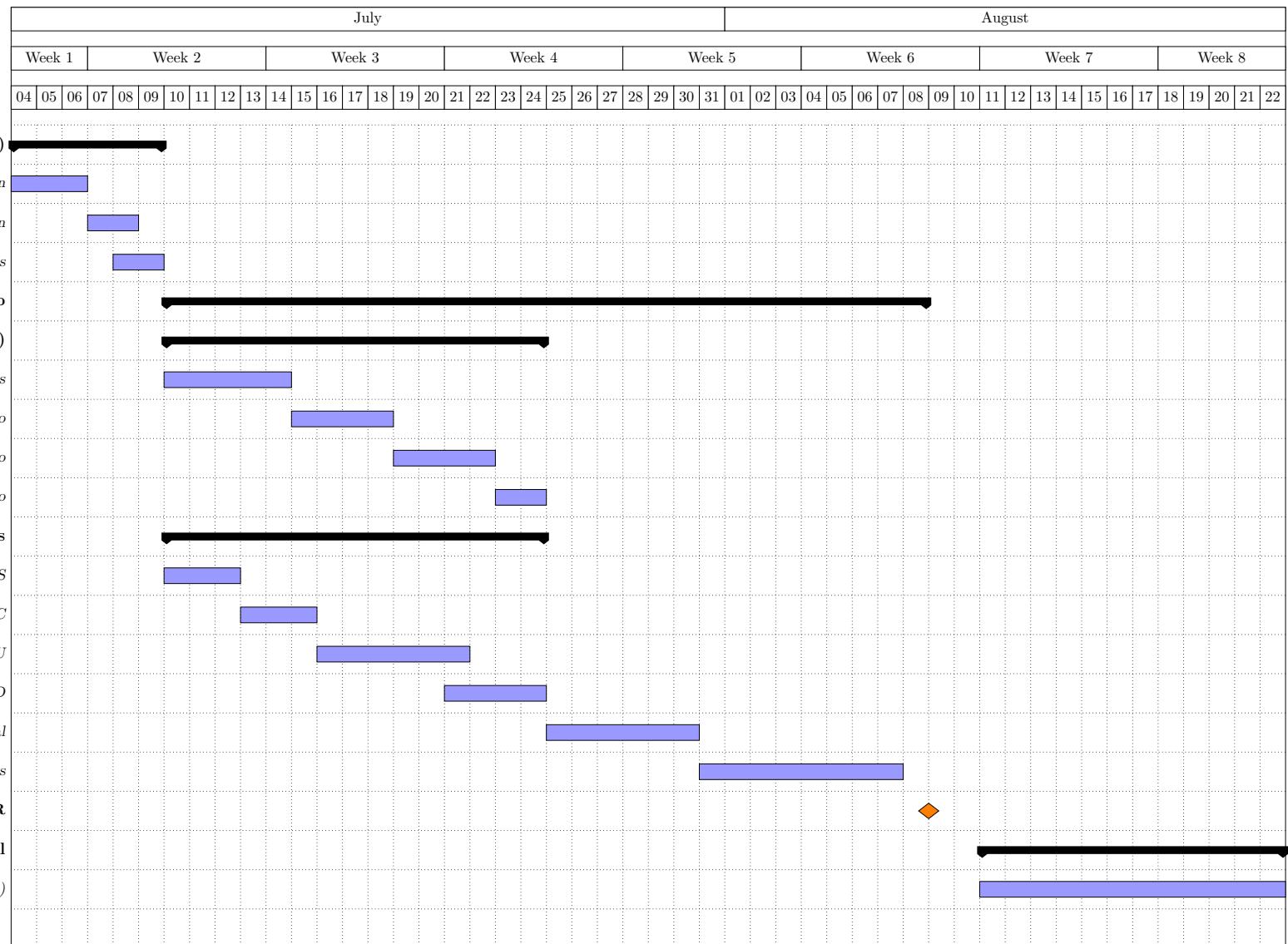


Figura 7.13: Cronograma equipo de mecánica, parte 1.

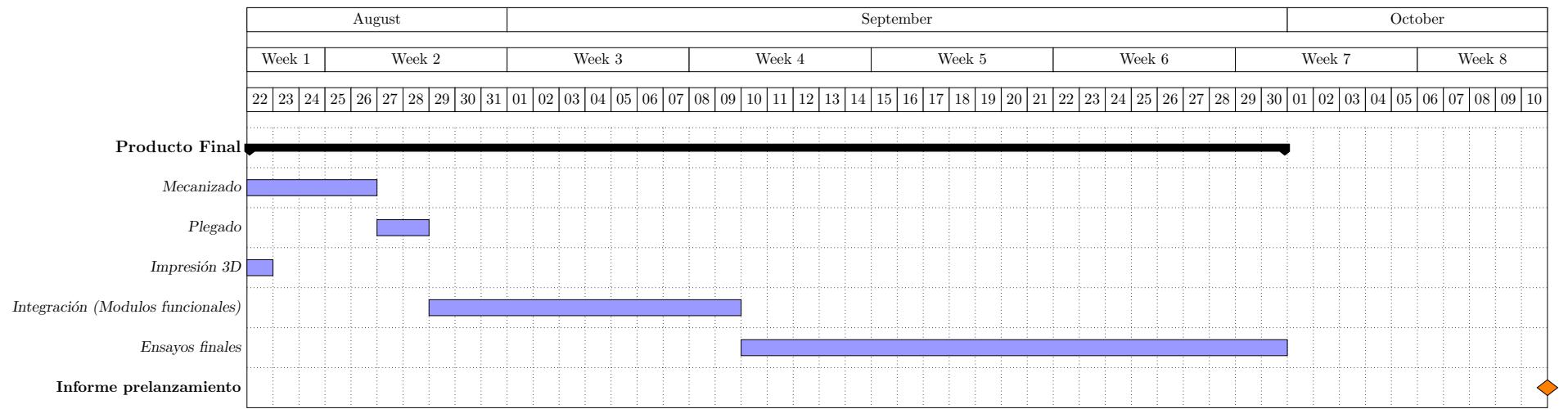


Figura 7.14: Cronograma equipo de mecánica, parte 2.

## 7.4 Cronograma Electrónica (Hardware)

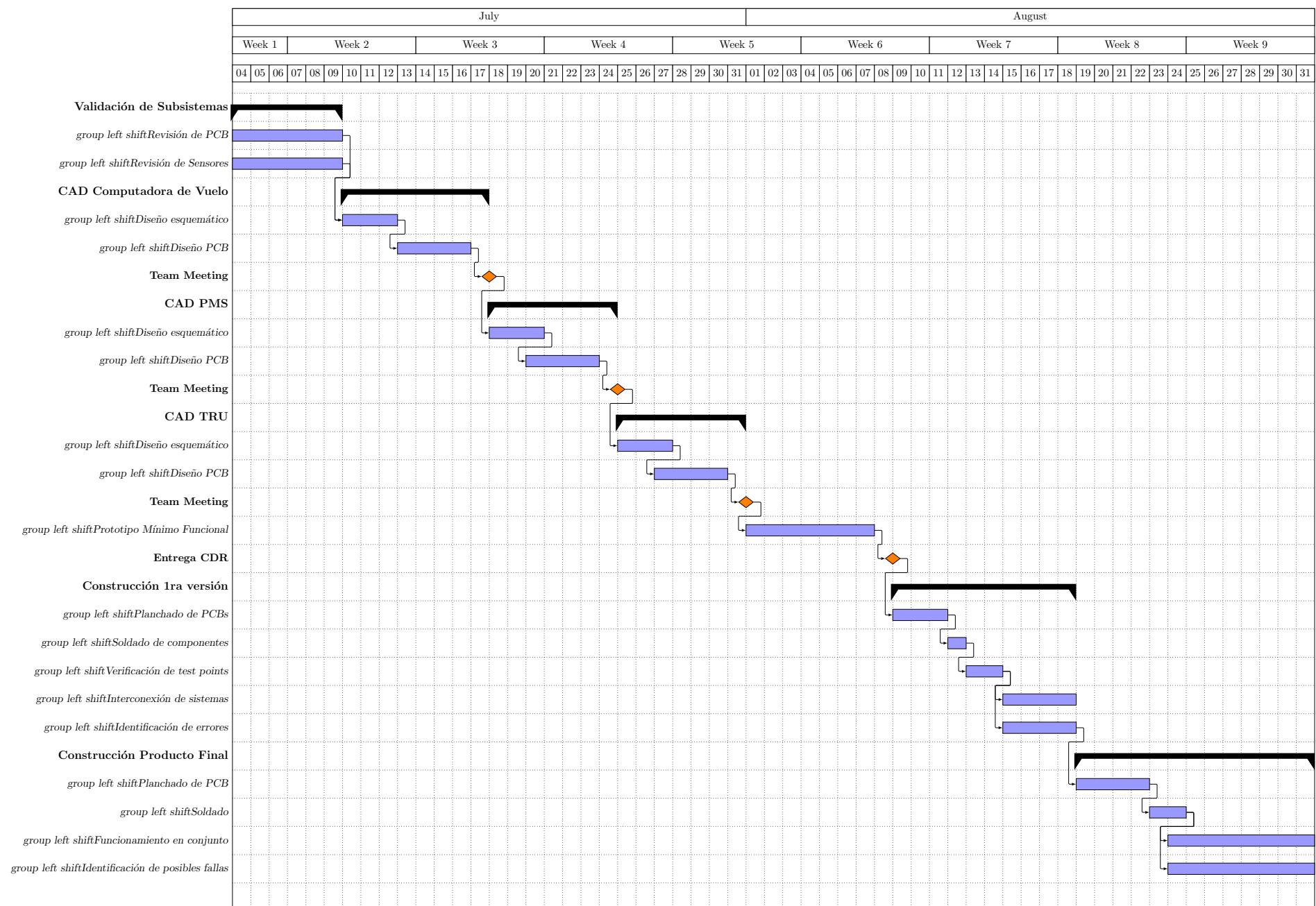


Figura 7.15: Cronograma equipo de electrónica, desarrollo de hardware.

## 7.5 Cronograma Electrónica (Firmware)

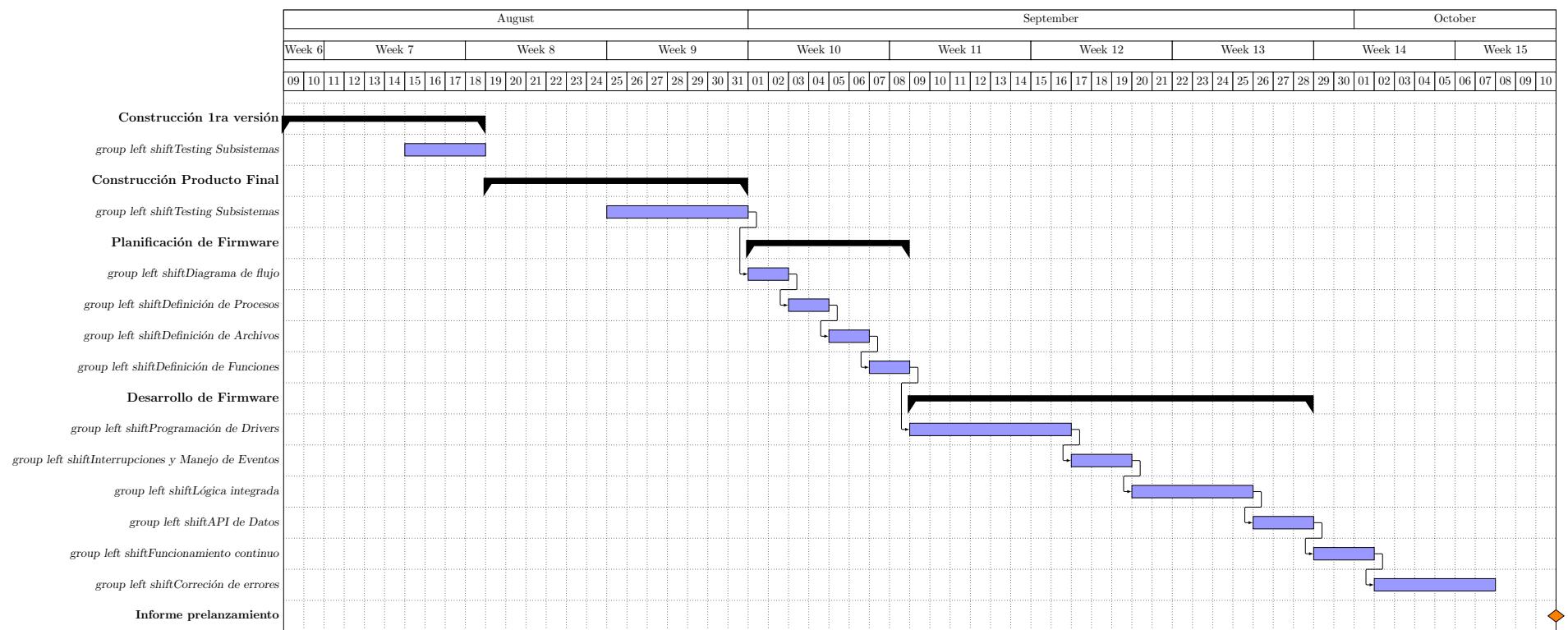


Figura 7.16: Cronograma equipo de electrónica, desarrollo de firmware.

## 7.6 Cronograma Software

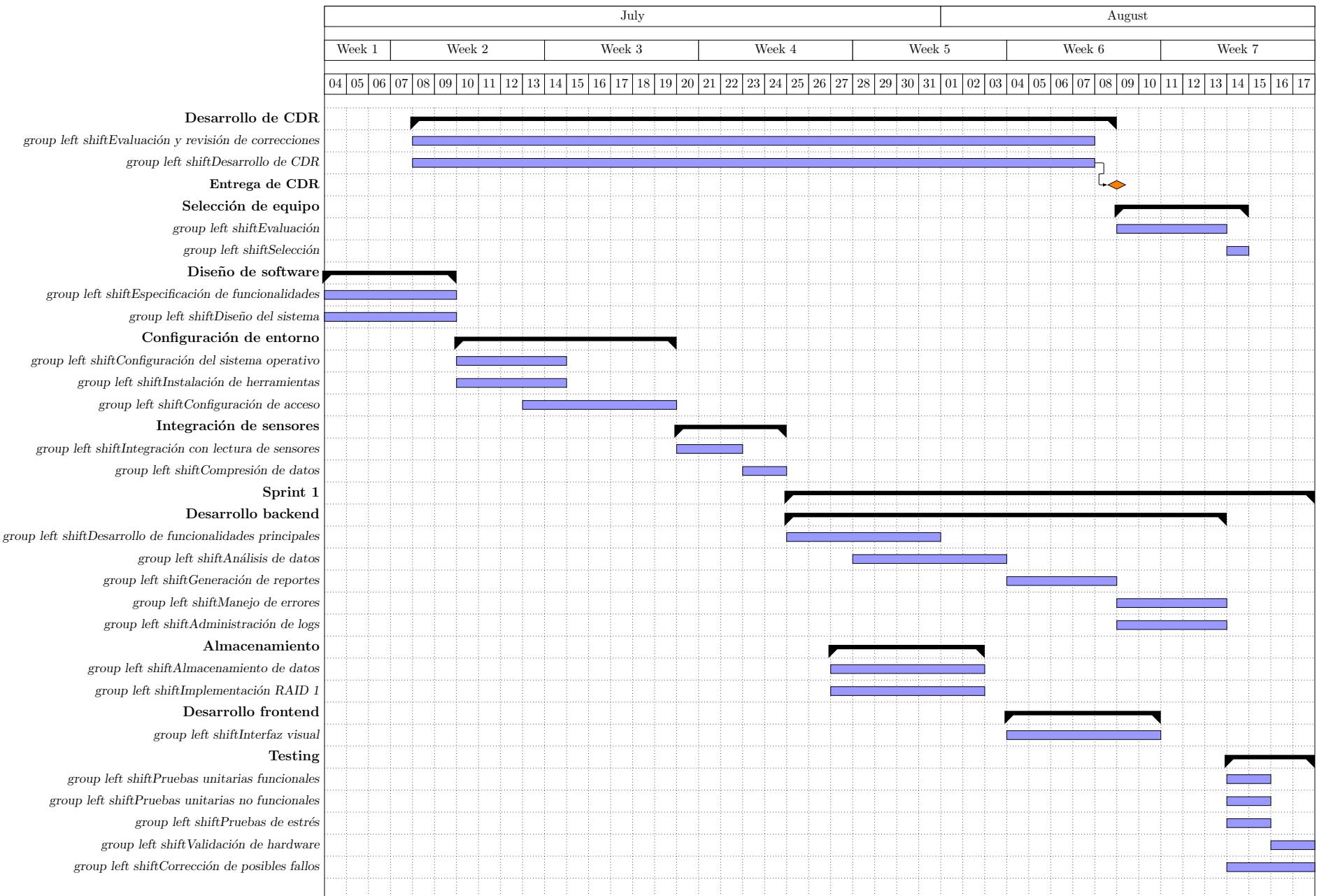


Figura 7.17: Cronograma equipo de software, parte 1.

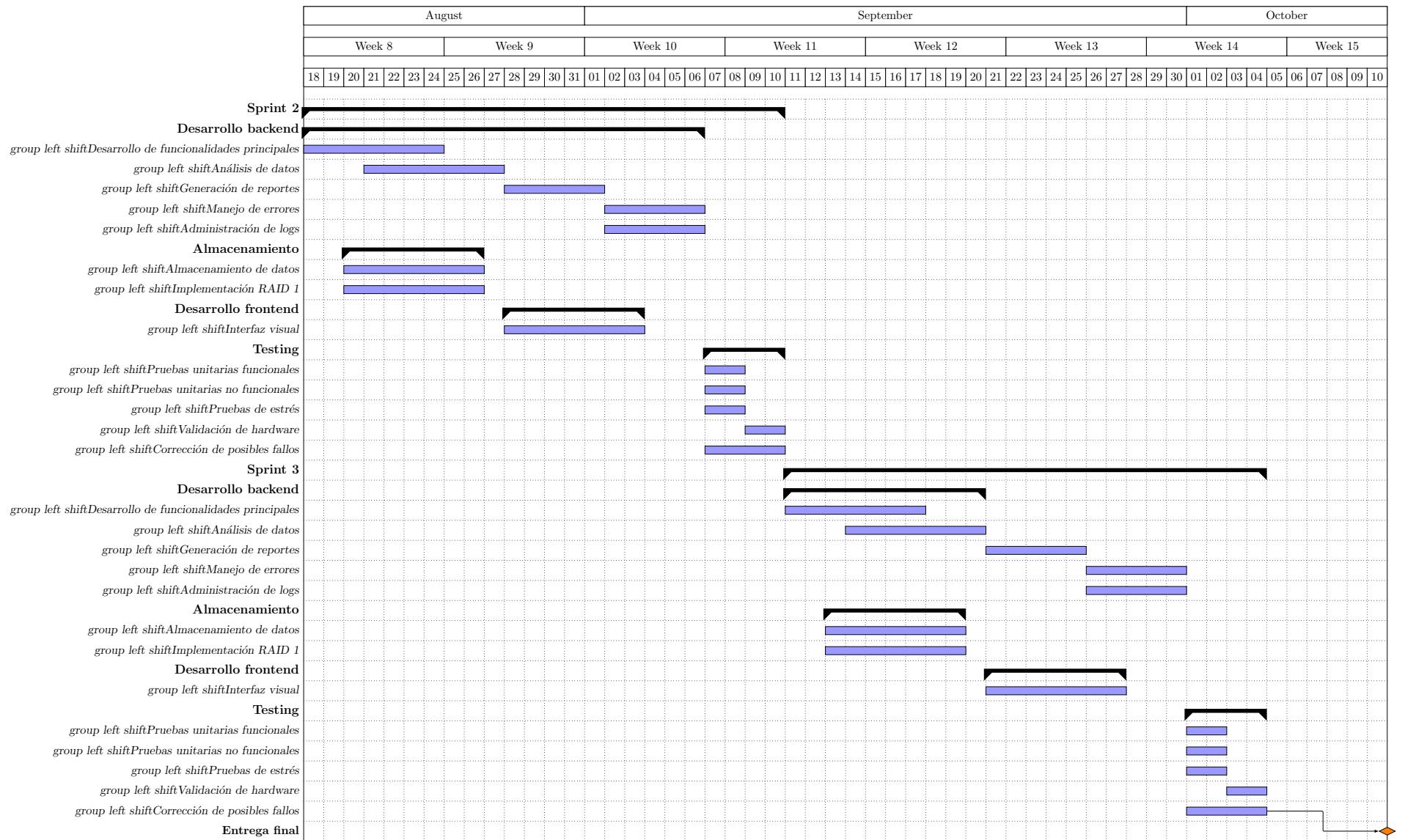


Figura 7.18: Cronograma equipo de software, parte 2.

 Regional Córdoba	<b>CUBESAT UTN 2025</b>	 Ingeniería Electrónica
<b>DOC.Nº:1</b>	<i>Revisión De Diseño Preliminar</i>	<b>7 de julio de 2025</b>

## 8 Bibliografía

- [1] Bosch. *Datasheet BMP280*. URL: <https://www.alldatasheet.com/datasheet-pdf/view/1132069/BOSCH/BMP280.html>.
- [2] EnduroSat. *1U CubeSat Structure*. URL: <https://www.endurosat.com/products/1u-cubesat-structure/>.
- [3] InvenSense. *Datasheet MPU9250*. URL: <https://www.alldatasheet.es/datasheet-pdf/view/1132035/TDK/MPU-9250.html>.
- [4] Tineke Lauwaet et al. “Encystation of Giardia lamblia: a model for other parasites”. en. En: *Curr. Opin. Microbiol.* 10.6 (dic. de 2007), págs. 554-559.
- [5] Natalia Gottig y María Carolina Touz. *Mecanismos moleculares de adaptación y diferenciación del parásito Giardia Lamblia*. Ciencia Activa. Eudeba, 2009. ISBN: 9789502316710.