

INSTITUTO TECNOLÓGICO Y DE ESTUDIOS SUPERIORES DE OCCIDENTE

Departamento de Electrónica, Sistemas e Informática

Desarrollo tecnológico y generación de riqueza sustentable

PROYECTO DE APLICACIÓN PROFESIONAL (PAP)

PROGRAMA DE CIUDADES INTELIGENTES



4L05 VIDA DIGITAL

Guía para el desarrollo de un CubeSat

PRESENTAN

Programas educativos y Estudiantes

Lic. en Ingeniería Electrónica Luis Fernando Rodríguez Gutiérrez

Lic. en Ingeniería Electrónica Eduardo Jeremías López Rizo

Lic. en Ingeniería Electrónica Alvaro Alejandro Rocha Robles

Profesor PAP: Mtro. Luis Eduardo Pérez Bernal

Tlaquepaque, Jalisco, julio de 2020

ÍNDICE

Contenido

REPORTE PAP	2
Presentación Institucional de los Proyectos de Aplicación Profesional	2
Resumen	2
1. Introducción.....	3
1.1. Objetivos.....	3
1.2. Justificación	3
1.3 Antecedentes.....	3
1.4. Contexto	4
2. Desarrollo	6
2.1. Sustento teórico y metodológico	6
2.1.2 Factor de forma CubeSat.....	7
2.1.3 Elementos de un CubeSat.	10
2.1.4 Tipos de Órbita	11
2.1.5 Inserción orbital.....	13
2.1.6 Dispensadores	17
2.1.7 Misiones de interés	¡Error! Marcador no definido.
2.2. Planeación y seguimiento del proyecto	21
3. Resultados del trabajo profesional.....	35
4. Reflexiones del alumno o alumnos sobre sus aprendizajes, las implicaciones éticas y los aportes sociales del proyecto	37
5. Conclusiones.....	51
6. Bibliografía.....	55
Anexos (en caso de ser necesarios)	57

REPORTE PAP

Presentación Institucional de los Proyectos de Aplicación Profesional

Los Proyectos de Aplicación Profesional (PAP) son una modalidad educativa del ITESO en la que el estudiante aplica sus saberes y competencias socio-profesionales para el desarrollo de un proyecto que plantea soluciones a problemas de entornos reales. Su espíritu está dirigido para que el estudiante ejerza su profesión mediante una perspectiva ética y socialmente responsable.

A través de las actividades realizadas en el PAP, se acreditan el servicio social y la opción terminal. Así, en este reporte se documentan las actividades que tuvieron lugar durante el desarrollo del proyecto, sus incidencias en el entorno, y las reflexiones y aprendizajes profesionales que el estudiante desarrolló en el transcurso de su labor.

Resumen

Este documento plasma el trabajo del equipo, integrado por los estudiantes de ingeniería electrónica, para este periodo PAP. De esta manera se guía al lector a través de fragmentos de información del documento generado, describiendo los datos obtenidos. En el documento generado, se busca que el lector pueda adquirir un entendimiento sobre el tema de los nano satélites y fundamentos para el diseño, fabricación y certificación de un CubeSat.

1. Introducción

1.1. Objetivos

Sistematizar y documentar información sobre las características y requerimientos necesarios para el diseño, construcción, puesta en órbita y licencias de un CubeSat, como insumo que permita a realizar una toma de decisión sobre la factibilidad de un proyecto tipo, nanosatélite por parte del ITESO.

1.2. Justificación

El documento que se generó mediante la investigación sirve de punto de apoyo para conocer el presupuesto económico necesario e instalaciones físicas en ITESO con los que se deberá contar, determinar si se llevará a cabo o no el proyecto y posteriormente conseguir la autorización para desarrollarlo.

Las recomendaciones de dicho documento harán que sea más sencillo continuar con el desarrollo del proyecto para realizar la planeación y seguimiento de los hitos que se tienen que cumplir a su respectivo tiempo. Podrá ser el sustento teórico y el punto de partida para que otro equipo retome el proyecto y reciba la aprobación por parte del ITESO.

1.3 Antecedentes

Una porción de investigadores del ITESO evalúan el posible beneficio de diseñar y desarrollar un nano satélite con el factor de forma CubeSat. Tras desarrollar la idea y presentarla ante el Departamento de Electrónica, Sistemas e Informática, se decide comenzar con la recopilación de información para evaluar la viabilidad y las capacidades del Instituto para emprender este proyecto.

Debido a la situación de sanidad ocasionada por la pandemia de COVID-19 en el año 2020, los planes elaborados para la evaluación del proyecto se vieron truncadas. Esto motiva a generar otras opciones para continuar con los esfuerzos por lograr la meta establecida. Por eso surge el proyecto de recopilar y sistematizar la información requerida para evaluar la factibilidad del desarrollo de un CubeSat por parte del ITESO.

Durante el periodo que se ha impartido en ITESO el PAP de ciudades inteligentes se han pivotado distintas ideas para facilitar y ampliar las opciones disponibles de censado de parámetros en el bosque de la primavera, entre estas ideas surge la posibilidad de utilizar un nanosatélite.

1.4. Contexto

La Administración Nacional Aeroespacial y del Espacio (NASA) en febrero del año 2010 lanza la convocatoria para el desarrollo de nanosatélites dirigida a instituciones educativas y grupos sin ánimos de lucro, en donde se les invita a proponer un CubeSat de un tamaño mínimo de 10x10x11 [cm] y una masa de 1.3 kilogramos. Estos satélites cubrirían algún aspecto de: exploración, ciencia, desarrollo de tecnología, educación u operaciones, todo alineado a las metas estratégicas de NASA.

En mayo del mismo año fueron aprobados por esta institución tres satélites que siguen el estándar CubeSat para ser colocados en órbita (NASA, 2010).

Desde el primer lanzamiento de un CubeSat en junio del 2003 (Space Daily, 2016) al año 2020 se han lanzado 1114 CubeSats (AirTable, 2020). Han sido desarrollados por diversas instituciones y agencias, desde el Laboratorio de Propulsión a Chorro (JPL) de la NASA, hasta cientos de universidades y corporaciones privadas alrededor del mundo. México ha puesto dos CubeSats: el PAINANI-1, del Centro de Investigación Científica y Educación Superior de Ensenada (CICESE) y el AztechSat-1 de la Universidad Popular Autónoma del Estado de Puebla (UPAEP).

Todos los CubeSats han cubierto misiones diversas que involucran distintos intereses. Dichas misiones han generado conocimientos importantes para los desarrolladores, que a su vez han beneficiado a distintos sectores de la sociedad.

Por su accesibilidad, economía y estandarización, el factor de forma muchas instituciones educativas han logrado tener la experiencia de desarrollar una misión espacial con un fin específico. Las instituciones se han beneficiado del aprendizaje obtenido a través de todos los sectores que involucran el desarrollo del proyecto.

El proyecto de diseño y desarrollo de un CubeSat implica varias consideraciones. Una de las más importantes es la recaudación de fondos. La NASA ofrece periódicamente becas para desarrolladores, de \$300,000 dólares, con lo que se puede lograr la puesta en órbita baja (LEO) de un CubeSat de 3U (NASA, 2017). Sin embargo, la manera más segura para la elaboración del proyecto es procurar fondos a través de instituciones de investigación, como el Consejo Nacional de Ciencia Y Tecnología (CONACYT), o por medio de apoyos del sector privado.

En septiembre del 2019 la Agencia Espacial Mexicana (AEM) anunció el lanzamiento del primer nanosatélite mexicano que sería enviado a la estación espacial internacional y posteriormente puesto en órbita. Este satélite tiene la función de probar la intercomunicación satelital con la constelación GlobalStar (Agencia Espacial Mexicana, 2019).

2. Desarrollo

2.1. Sustento teórico y metodológico

La exploración espacial satelital nació con el desarrollo y puesta en órbita del Sputnik 1 en 1957. Desde entonces se han elaborado cientos de misiones satelitales con un vasto enfoque, desde conectar globalmente a las personas hasta observar y recopilar datos de la superficie de los planetas y del cosmos.

En años recientes esta tarea ha sido compartida con instituciones cuyo enfoque no es la exploración espacial. En este apartado se discuten los términos fundamentales para el entendimiento de este documento. Se describe qué es un CubeSat, desde sus orígenes hasta sus características y su composición.

También se discute los métodos de inserción a órbita y las características de las posibles misiones aptas para futuros desarrolladores.

Tipos de satélites

Existen por lo menos 4 categorías importantes para la categorización de los satélites, estos suelen ser divididos no por su tamaño, sino por su masa, la cual es proporcional a la dificultad para ser puestos en órbita. (AEM, 2019)

El nano satélite ha recibido atención por múltiples razones, pero las principales han sido; costo, tamaño y simplicidad.

Tabla 1. Distinción entre satélites por masa.

Mini satélite	180kg - 100kg
Microsatélite	100kg - 10kg
Nano satélite	10kg - 1Kg
Pico satélite	Menos de 1kg

Factor de forma CubeSat.

Los CubeSats son nanosatélites altamente estandarizados que nacen en 1999 en la Universidad Politécnica de California (Cal Poly). Su objetivo principal es el de otorgar accesibilidad al espacio al cuerpo científico del politécnico y a las demás instituciones académicas, agencias gubernamentales y grupos comerciales (NASA, 2017).

Tras el establecimiento del nanosatélite de la universidad Cal Poly, se visualizó sus posibilidades de desarrollo como un satélite de bajo costo y accesibilidad para las instituciones académicas. Esto generando como producto que al poco tiempo se iniciara su estandarización de modelo del satélite. De manera que se fue realizando un estándar, en donde establecieron ciertos puntos para que estos satélites de bajo costo tuvieran la denominación de “CubeSat”.

Tras el repetido desarrollo de este tipo de satélites se origina el estándar documentado en el “CubeSat estándar” (Cal Poly, 2012). Este estándar busca el establecimiento de los requerimientos que necesita el satélite para ser denominado como CubeSat, los cuales se pueden explicar cómo:

- Dimensiones

Todo CubeSat tiene un límite en medidas tanto en altura, anchura y profundidad. Esto se ocasiona buscando la baja de su costo respecto a su masa. En donde las dimensiones de un CubeSat se definen por unidades, las cuales se explican cómo: 1 unidad de CubeSat es aquella en donde el satélite tenga sus dimensiones definidas en un máximo de 10x10x11 [cm].

Las medidas definidas en el estándar son las que se muestran en las siguientes imágenes:

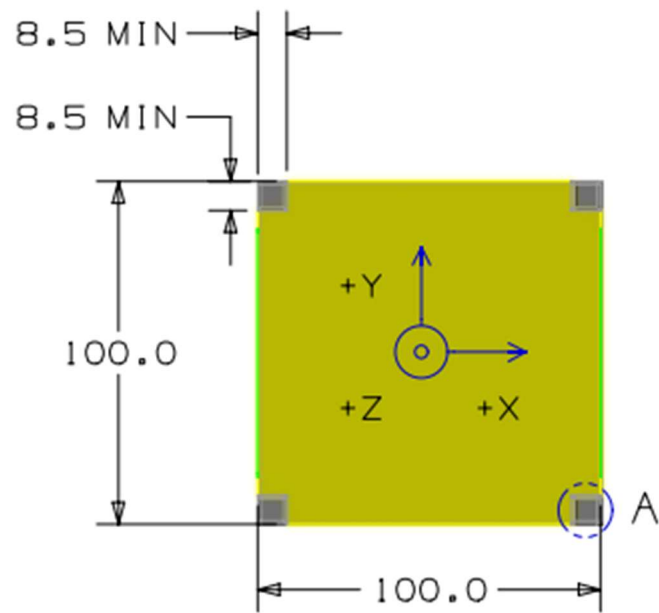


Ilustración 1. Medias de un CubeSat de una unidad, obtenido de (Cat Poly)

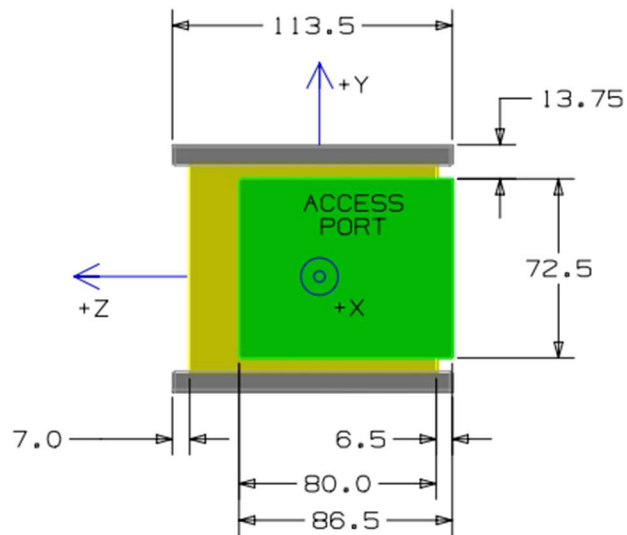


Ilustración 2. Medias de un CubeSat de una unidad, obtenido de (Cat Poly)

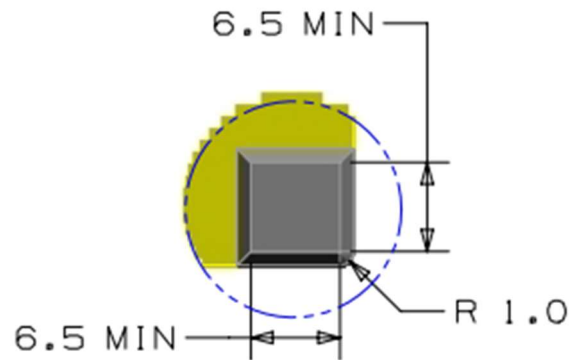
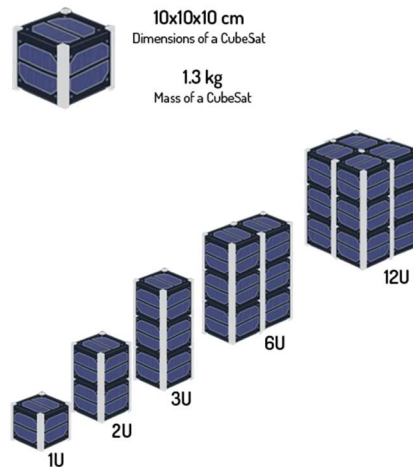


Ilustración 3. Medias de un CubeSat de una unidad, obtenido de (Cat Poly)

- Masa

Cuando un objeto está en órbita, su peso se considera masa. La masa de un satélite no deberá de pasar más de 1.3 kilogramos por unidad.



También especifican los siguientes puntos (Cal Poly, 2012):

El satélite no debe tener protuberancias de más de 6.5mm en dirección normal a la superficie.

El ancho mínimo de los rieles es de 8.5mm.

Los rieles no pueden tener una rugosidad mayor a 1.6µm.

Las orillas de los rieles deben ser redondeados con un radio de por lo menos 1mm.

Los centros de gravedad de los CubeSats deben estar a las siguientes cantidades de cm del centro geométrico en la dirección Z.

Ilustración 4. Representación de CubeSat
[<https://alen.space/es/guia-basica-nanosatelites/>]

Tabla 2. Dimensiones de CubeSats respecto a Unidades.

Tamaño del satélite	Distancia
1U	2cm
1.5U	3cm
2U	4.5cm
3U+	7cm

Elementos de un CubeSat.

Un CubeSat es puesto en órbita con una tarea específica a través de la cual el desarrollador obtendrá el beneficio esperado para el desarrollo de un CubeSat. Con este sentido, un CubeSat se divide en dos segmentos principales: la carga útil que se dedica al cumplimiento y desempeño de la misión, y el bus, que integra todos los subsistemas necesarios para que el CubeSat pueda operar de manera adecuada en el espacio.

El diseño del satélite generalmente se realiza por medio de subsistemas, ya que este es el método más simple para separar el sistema en pequeños bloques relacionados y permite al desarrollador enfocarse en el diseño de la carga útil. (AEM, 2019).

Los subsistemas principales se clasifican en las siguientes categorías:

- Estructura.
- Energía.
- Telemetría y mando.
- Control térmico.
- Comando y administración de datos.
- Comunicaciones.
- Propulsión.

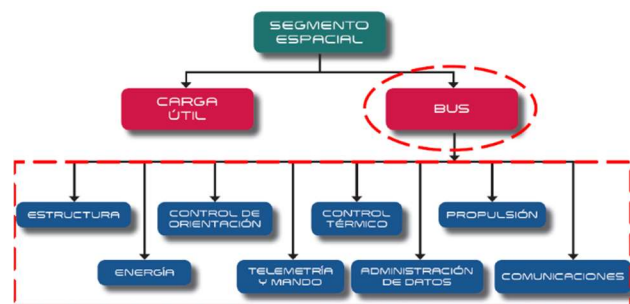


Ilustración 5. Estructura de un nanosatélite. Recuperado de AEM Mejores Prácticas...

Estos elementos pueden ser fundamentales en un CubeSat, sin embargo, un satélite funcional puede disponer solo de algunos de ellos.

Al mismo tiempo el subsistema de comunicaciones es el más importante de todos. Este subsistema es independiente y funge como la compuerta entre el medio y los sistemas del satélite. Además, el subsistema de propulsión es un sistema prescindible en la gran mayoría de los casos ya que aumenta considerablemente el costo y el riesgo de un CubeSat y se utiliza únicamente en misiones muy específicas.

Gracias a la alta estandarización de esta plataforma, existen muchos proveedores en el mercado que fabrican estos subsistemas. Muchos de ellos han obtenido reconocimiento tras el uso repetido de en distintas misiones exitosas. Este reconocimiento se denomina

herencia de vuelo. Aunque es muy recomendable utilizar este tipo de componentes para asegurar la admisión por los proveedores de lanzamientos (NASA, 2017), algunas veces éstos se tienen que diseñar específicamente para el satélite.

Tipos de Órbita

Existen muchas categorías para las orbitas en las cuales se puede situar un satélite, se pueden dividir en dos grandes grupos, los cuales son (Alen, 2020):

Órbita Terrestre.

Este tipo de orbita es aquella que describe un trayecto entorno a la tierra.

Órbita Interplanetaria.

Este tipo de orbita es aquella que describe un trayecto que abandona la órbita terrestre. Dentro de la órbita terrestre existe otro tipo de clasificaciones, que se explorarán más a fondo en este documento.

Órbita geoestacionaria

Dicha órbita es comúnmente llamada GEO, en la cual se suele mantener una posición fija con respecto a la superficie de la tierra con una altura de 36,000 km. Suele estar ubicada a la altura del ecuador.

Órbita de transferencia geoestacionaria

Se trata de una órbita terrestre elíptica de elevada excentricidad, que en su extremo más alejado toca la órbita geoestacionaria.

Órbita baja terrestre

Una órbita baja terrestre también llamada órbita LEO (Low Earth Orbit), normalmente se encuentra a menos de 2,000 km de altura. Dichos satélites viajan a una velocidad de 7.8

km por segundo, por lo que realizan una vuelta a la órbita en aproximadamente 90 minutos.

Órbita polar

Este tipo de órbita pasa aproximadamente por encima de los polos y su trayectoria forma un ángulo recto al cruzar el ecuador. Estas órbitas normalmente tienen altitudes de entre 200 y 1.000 km.

Órbita ecuatorial:

Es aquella cuyo plano orbital coincide con el plano del ecuador.

Órbita inclinada

Es aquella en la que su plano orbital tiene cierta inclinación respecto al plano ecuatorial de la Tierra, cuyo ángulo es el que se conoce como inclinación de la órbita.

Órbita helio síncrona

Este tipo de órbita sigue la dirección del Sol. Normalmente se encuentran a una altitud de 600-800 km. Estas órbitas son útiles en situaciones en que se requieren condiciones de iluminación constante del satélite.

Órbita media terrestre

Los satélites en órbita media terrestre o también conocida como órbita MEO (Mean Earth Orbit), se encuentran a una altitud por encima de los LEO y por debajo de los GEO.

Órbita excéntrica

Las órbitas excéntricas se caracterizan por ser de forma elíptica con un extremo muy cercano a la Tierra. Sus distancias respecto a la tierra suelen ser entre 500 y 2000 km, y el otro extremo muy alejado, hasta 150000 km.

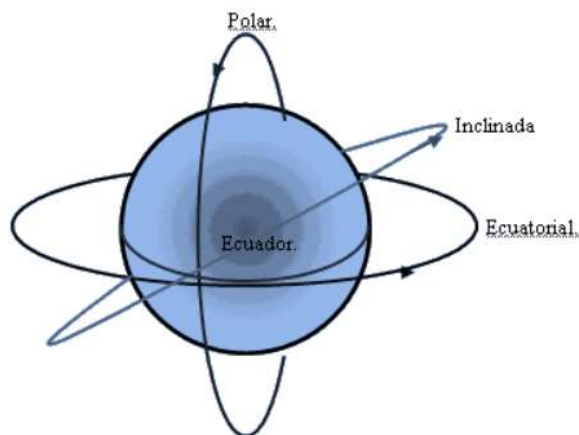


Ilustración 6. Imagen en donde se muestran algunos ejemplos de órbitas terrestres, tomada de (Ronald, 2015) solo con fines educativos

Muchas de las representaciones de las orbitas suelen ser conocidas por sus siglas como:

LEO	Low Earth Orbit	Altura menor a los 2 mil km.
MEO	Medium Earth Orbit	Altura entre 20 mil y 36 mil km.
MOLNIYA		Órbita elíptica especial para cubrir altas altitudes, suele ser elíptica.
GEO	Geosynchronous Earth Orbit	Órbita ecuatorial ubicada a 35786 km de altura.
HEO	High Earth Orbit	Órbitas terrestres altas se ubican más allá de la órbita geoestacionaria.
SSO	Sun Sincronous Orbit	Se usan sobre todo para misiones de observación y meteorología.

Tabla 3. Explicación de los tipos de orbitas existentes y su altitud.

En la órbita LEO es donde usualmente se envían las misiones para satélites, esto dado a que a esa altura (400 km), los impactos por la radiación no son tan dañinos para los satélites.

Inserción orbital.

Existen múltiples alternativas para llevar un nanosatélite a órbita, estas alternativas pueden ir desde buscar un convenio con la NASA (National Aeronautics and Space Administration), ESA (European Space Agency) y en el caso de agencias mexicanas la AEM (Agencia Espacial Mexicana) la cual siendo la agencia espacial mexicana no cuenta como una alternativa para lograr un lanzamiento, sin embargo es una agencia la cual requeriremos como coordinadora la cual como proyecto espacial mexicano, es conveniente realizar el contacto con esta. De la misma manera, se puede optar por buscar alternativas de empresas de servicios privadas en las cuales se paga el lugar del nanosatélite para enviarlo a órbita, existen ocasiones en las que algunas de estas empresas ofrecen el servicio gratuitamente, como por ejemplo la Agencia Japonesa de Exploración Espacial (JAXA).

Para poder tener un rastreo a los satélites enviados a la órbita, a estos se les suele asignar un número de identificación (ID), para que se pueda rastrear su actividad. Esto principalmente por el motivo de tener información si el satélite está operando o no.

Para rastrear el satélite se utiliza el formato de Two-line element (TLE). Es una manera de listar los elementos orbitales de objetos orbitando la Tierra, en un punto dado en el tiempo.

Los TLE con mayor disponibilidad y precisión son producidos por el Centro Conjunto de Operaciones Espaciales (JSpOC) de la Fuerza Aérea de Estados Unidos y en la Base de la Fuerza Aérea Vandenberg en California. El JSpOC publica el estado actual de la mayoría de los satélites actualmente en órbita en su sitio Web, [<http://www.space-track.org>]. El sitio web de JSpOC también es un gran lugar para revisar los datos del seguimiento de los satélites.

Una vez decidido por la agencia para enviar el satélite a órbita, el proveedor de lanzamiento proporcionará vectores de estado reales, los cuales serán unas aproximaciones de la dirección, ángulo y magnitud en la que saldrá el satélite a su órbita establecida. El JSpOC puede tardar desde un par de días hasta una semana aproximadamente. No es extraño que el proceso de identificación tome varias semanas en identificar con certeza todos los satélites de un lanzamiento.

Cada año, la NASA adquiere vehículos de lanzamiento para NASA y otras agencias civiles del gobierno de los Estados Unidos que llevarán a cabo misiones para continuar la investigación científica o llevar a cabo demostraciones tecnológicas. CSLI (CubeSat Launch Initiative) CubeSats puede asegurar un viaje a órbita para los aplicantes. Los requisitos de CubeSat para estos vuelos se basan en LSP-REQ-317.01 (National Aeronautics and Space Administration, 14).

Unas alternativas por medio de la NASA, pueden ser los siguientes modelos de lanzamiento.

- Servicio de lanzamiento comercial a través de un modelo de misión de corredor de terceros.
 - o En este modelo suele emplearse el direccionamiento de contacto a terceros, a estos nos referimos a misiones más pequeñas las cuales suele ser más económico, pero a su vez, más riesgoso el éxito de la misión.
- Modelo de Misión de Despliegue de la Estación Espacial Internacional (ISS).
 - o Este en específico, suele ir en misiones en la que son especializadas para reabastecer la estación espacial, por lo que el CubeSat va como carga secundaria.

Documentos requeridos:

NASA recomienda que se utilicen algunos de los documentos públicos que se describen en este capítulo como directrices.

- Documentos de control de interfaz específicos para misiones (CIE).
- Programa de Servicios de Lanzamiento (LSP): Requisitos de Nivel de Programa.
- Especificaciones de diseño de CubeSat (CDS).
- CubeSat-to-dispenser.
 - o Documento que contiene todas las características del CubeSat desarrollado.
- Normas/Especificaciones del Dispensador.
- Estatutos Federales.

La Comisión Federal de Comunicaciones (FCC) es responsable de regular todas las transmisiones radioeléctricas generadas por entidades no gubernamentales de los Estados Unidos, incluidas las comunicaciones CubeSat. La Administración Nacional Oceánica y Atmosférica (NOAA) es el organismo regulador que supervisa las capacidades de

teledetección de las naves espaciales en órbita no gubernamentales, incluido CubeSats. Por "detección remota",

- Requisitos de seguridad de la gama.

Estos requisitos se pueden encontrar en el Manual de Comando Espacial de la Fuerza Aérea (AFSPCMAN 91-710) y las Normas de Seguridad y Salud Ocupacional de la Fuerza Aérea (AFOSHSTD 48-9).

Con respecto al lanzamiento, la AEM menciona que los nanosatélites se llevan como carga secundaria de otras misiones. Se debe tener en cuenta que cuando se utiliza esta opción, aunque es la más viable, el costo aumenta exponencialmente a medida que aumenta el peso del satélite; cada kilogramo es de aproximadamente \$ 2000 dólares.

De manera a como se observa en la ilustración 9, el costo de los satélites aumenta por cada kilogramo que le agregamos a este, de manera a como se muestra en la imagen, por cada gramo aumentado a la masa del satélite su precio aumentará y de misma manera este requerirá un cohete distinto.

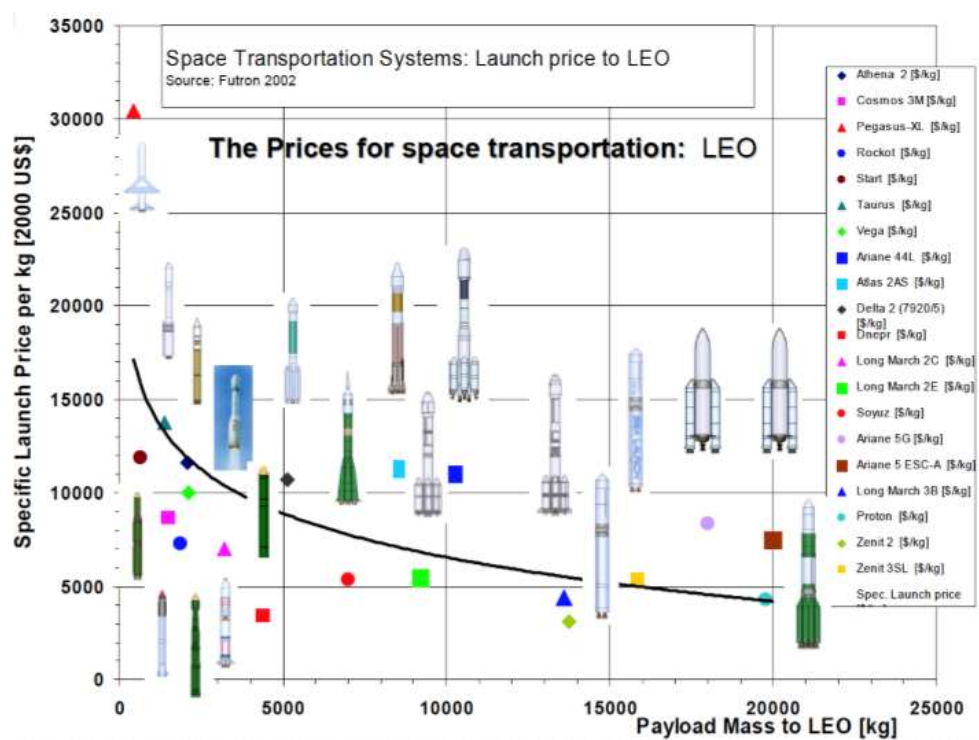


Ilustración 7. Imagen descriptiva del alza de precios respecto a la masa para órbita LEO, recopilada de documento AEM

Dispensadores

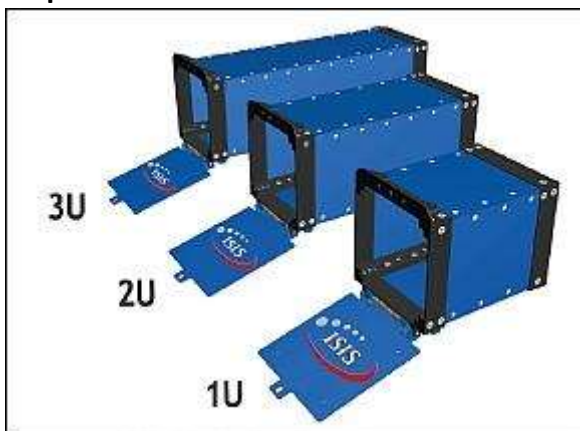


Ilustración 8. Representación de un dispensador para distintas unidades por parte de la empresa ISIS.

La manera más convencional de lanzar CubeSats al espacio, es mediante un dispensador sujetado directamente al cohete. El dispensador es la interfaz entre el CubeSat y el cohete. Es un dispositivo que empuja al satélite al espacio una vez que el cohete alcanza la órbita deseada.

Existen varias opciones de dispensador. A pesar de no tener voz en la toma final de decisión de qué tipo de dispensador se usará, la comprensión sobre los dispensadores es una necesidad ya que el satélite tiene que ser capaz de adaptarse a los diferentes modelos, esto se facilita si se sigue el estándar.

El dispensador es provisto por el lanzador, ya que estos son reutilizables y lo más común es que el desarrollador no se involucre en la elección de este. Cabe recalcar que el estándar del CubeSat permite que éste se adapte correctamente a la interfaz y por ende es una buena práctica diseñar sin empujar los límites del estándar.

Algunas de las misiones de interés para la NASA se muestran a continuación, de esta forma se puede enfocar la misión que será planeada en el desarrollo del CubeSat de tal forma que logre alinear los intereses de las empresas que podrán apoyar de alguna forma con el desarrollo o lanzamiento. La misión también deberá contemplar los intereses de la asociación educativa bajo la que será desarrollado, cumpliendo con lo anterior se asegura de que recibirá el apoyo necesario y que será aprobada por las diferentes estructuras jerárquicas a las que se presente.

- Exploración planetaria.

- Observación de la Tierra.
- Estudios de la Tierra y del Espacio.
- Comunicaciones láser.
- Aviónica de próxima generación.
- Estudios sobre generación de energía.
- Sistemas de sensores distributivos.
- Comunicaciones de satélite a satélite.
- Movimiento autónomo.

La mitad de las misiones de la CSLI están llevando a cabo investigaciones científicas, con mayor enfoque sobre estudios del clima y relacionados a la tierra. Algunas de las áreas específicas de investigación incluyen:

- Ciencia biológica.
- Estudio de objetos cercanos a la Tierra.
- Cambio climático.
- Cobertura de nieve/hielo.
- Escombros orbitales.
- Ciencia planetaria.
- Astronomía espacial.
- Heliofísica.
- Velas solares.
- Fabricación aditiva.
- Fentosatélites.
- Satélites para comunicación celular.

El bajo costo del modelo del satélite CubeSat, permite investigaciones de mayor riesgo, dado que existe un menor riesgo en el ámbito económico.

De acuerdo con la institución “Alen” el desarrollo, lanzamiento y operación de un satélite convencional suele costar alrededor de 500 millones de euros. Sin embargo, gracias a la

estandarización de los nano satélites y siguiendo el modelo de CubeSat, dicho costo puede ser reducido a un aproximado máximo de 500 mil euros.

“Si se pierde o falla una unidad nano satélite, se repone rápidamente a un coste y en un tiempo asumibles. En contraposición, un fallo en un satélite de grandes dimensiones puede tener un impacto que ponga en riesgo la misión.” (Alen, 2020).

Esto es lo que ha impulsado en gran medida el desarrollo de los CubeSats; son de bajo costo, aunque esto no significa que son menos fiables o tengan una mayor tendencia a fallar.

En el caso de los Estados Unidos, es importante elegir un objetivo de misión en el que el CSLI esté interesado. También es mejor elegir un objetivo con el que será fácil encontrar apoyo financiero. Para tener una mejor oportunidad de ser seleccionado por el CSLI se recomiendan estos puntos:

- Establecer un presupuesto adecuado.
- Grandes críticas de mérito y viabilidad.
- Demostración clara de beneficio para la NASA.

NASA cubrirá todos los costos asociados con el lanzamiento de hasta \$300,000 dólares, que es generalmente lo suficiente para lanzar un CubeSat de 3U en órbita terrestre baja. Si el CubeSat no se entrega a tiempo, la NASA tiene que ser reembolsada por cualquier costo de integración y lanzamiento. Una oportunidad de lanzamiento no debe aceptarse hasta que se tenga la certeza de que el CubeSat puede ser entregado a tiempo. Se necesitará información presupuestaria suficiente para demostrar que la fundación está asegurada. El viaje para los desarrolladores y la entrega por satélite es un costo comúnmente ignorado.

A partir de un análisis de los documentos “CubeSat 101” de la NASA y “Mejores prácticas para el desarrollo de nanosatélites y administración de proyectos espaciales” de la AEM, se definió en base a la información obtenida de estos documentos, deducir que información es necesaria, así misma fundamental para el desarrollo del

producto deseado. Dado que lo que se busca es la obtención de conocimientos necesarios para la realización de este proyecto.

De manera que durante la investigación se realizaron de manera consiguiente las siguientes técnicas para el desarrollo de dicho documento.

Durante el desarrollo del proyecto se realizaron lecturas de múltiples autores e instituciones educativas para la comprensión de los temas establecidos a desarrollar, generando como producto una síntesis de las lecturas realizadas por cada persona para que de esta manera sea más sencillo transferir la información adquirida por cada miembro del equipo.

Este fue un método llevado a cabo en cada reunión del equipo de trabajo en el cual durante las reuniones cada persona proporcionaba una breve explicación sobre la información analizada por dicho integrante. Posteriormente se realiza a un análisis grupal para corroborar que dicha información sea entendida por cada miembro del equipo.

Se buscó el contacto de un desarrollador con experiencia en el tema y se le hicieron una serie de preguntas para en el área mexicana. La información de esta entrevista busca dar un valor agregado a la información sintetizada.

2.2. Planeación y seguimiento del proyecto

- Descripción del proyecto

Este proyecto sintetizará información de los CubeSats que han sido lanzados para tener las referencias necesarias en el proceso de diseño, aparte expondrán los elementos teóricos necesarios para el desarrollo del proyecto y pruebas de funcionalidad que incluyen la comunicación entre el satélite y la base terrena.

El proyecto consiste en la generación de un manual que contenga la información necesaria para el proyecto de un nanosatélite, con denominación CubeSat, este mismo incluyendo desde definiciones y conceptos requeridos, hasta la descripción y planeación de las diferentes etapas necesarias para su realización y puesta en órbita. El documento tomara como fundamento la información propuesta por la agencia espacial mexicana (AEM), la agencia espacial de los Estados Unidos de América (NASA), y la agencia espacial europea (ESA).

- Plan de trabajo

Tabla 4. Descripción del plan de trabajo

Descripción de la actividad.	Tipo de Actividad	Involucrados	Fecha establecida	Estado de la Actividad
Leer documento "NASA BASE	Investigación	Jeremías Alvaro Luis Fernando	03/06/2020	

CSLI"				
Leer documento "ESA Launch Your Satellite!"	Investigación	Jeremías Alvaro Luis Fernando	10/06/2020	
Recopilar documentación de documentos	Investigación	Jeremías Alvaro Luis Fernando	18/06/2020	
Recopilar información del documento de la NASA	Profesionales	Jeremías Luis Fernando	18/06/2020	
Recopilar información del documento de la AEM	Profesionales	Jeremías Luis Fernando	18/06/2020	
Síntesis de CubeSats lanzados	Investigación	Luis Fernando	18/06/2020	
Investigar Conexiones con CubeSats dominio publico	Investigación	Jeremías	18/06/2020	
			25/06/2020	
Investigar Materiales para cubesats	Investigación	Alvaro	18/06/2020	
Investigar sobre licencias requeridas	Investigación	Alvaro	18/06/2020	

Recopilar información sobre manejo de costos.	Investigación	Luis Fernando	25/06/2020	
			02/07/2020	
Videollamada con persona del CICESE	Administrativa	Jeremías Alvaro Luis Fernando	02/07/2020	

Algunos de los recursos considerados para la realización de este proyecto fueron:

- CubeSat 101
- CubeSat Design Specification
- Small Spacecraft Technology
- Antennas for CubeSats

Para esta investigación se tomaron como guía los documentos “CubeSat101”, “Mejoras Prácticas para desarrollo de nanosatélites y administración de proyectos espaciales” y Documentos de la ESA, rescatando así la metodología que fue utilizada por las organizaciones más importantes que se dedican a desarrollar programas espaciales. Posteriormente con todo lo encontrado se sintetizó y sistematizó la información con origen de instituciones educativas con experiencia previa en lanzamiento de nano satélites, instituciones comerciales que proveen servicios y productos en el rubro de sistemas espaciales. Siguiendo las metodologías de los documentos previamente mencionados y completando el contenido de cada punto con información útil para el desarrollo de un CubeSat se logró dar forma al contenido.

- Desarrollo de propuesta de mejora

Tabla 5. Descripción de actividades realizadas

Actividad 1.	Asesoría con Dr. Jorge Arturo Pardiñas Mir	28/05/2020	Jeremías Alvaro Luis Fernando Jorge Pardiñas	Explicación sobre actividades a realizar y establecer información del
-----------------	--	------------	---	---

				documento.
Actividad 2.	Asesoría Mtro. Luis Eduardo Perez Bernal	02/06/2020	Jeremías Alvaro Luis Fernando Bernal	Entrega de avances del primer capítulo del documento RPAP.
Actividad 3.	Asesoría con Dr. Jorge Arturo Pardiñas Mir	04/06/2020	Jeremías Alvaro Luis Fernando Jorge Pardiñas	Se estableció como acuerdo realizar lecturas de documentos para iniciar con la investigación. Junto con establecimiento de un archivo con tareas mínimas a realizarse.
Actividad 4.	Reunión equipo	04/06/2020	Jeremías Alvaro Luis Fernando	Se estableció un posible plan de trabajo a desarrollar
Actividad 5.	Reunión equipo	08/06/2020	Jeremías Alvaro Luis Fernando	Se concreto el plan de trabajo para seguir y estimación de información a investigar para el periodo de tiempo establecido.
Actividad 6.	Asesoría Mtro. Luis Eduardo Perez Bernal	09/06/2020	Jeremías Alvaro Luis Fernando	Entrega de avances del capítulo dos del documento RPAP

			Bernal	desarrollando primeros dos subcapítulos.
Actividad 7.	Reunión equipo	09/06/2020	Jeremías Alvaro Luis Fernando	Se dio inicio de la documentación pedida por Jorge Pardiñas, realizando síntesis de las lecturas establecidas.
Actividad 8.	Asesoría con Dr. Jorge Arturo Pardiñas Mir	11/06/2020	Jeremías Alvaro Luis Fernando Jorge Pardiñas	Realizar síntesis en un solo documento sobre las lecturas realizadas. Realizar síntesis de misiones que han estado / están en órbita para su análisis.
Actividad 9.	Reunión equipo	11/06/2020	Jeremías Alvaro Luis Fernando	Se estableció quien realizara síntesis sobre satélites y quien realizara la documentación de resúmenes realizados.
Actividad 10.	Reunión equipo	14/06/2020	Jeremías Alvaro Luis Fernando	Se hablo sobre avances realizados de cada persona.

Actividad 11.	Reunión equipo	15/06/2020	Jeremías Luis Fernando	Se inicio la organización de un documento en conjunto con la información recopilada, para inicial a trabajar en este.
Actividad 12.	Asesoría Mtro. Luis Eduardo Perez Bernal	16/06/2020	Jeremías Alvaro Luis Fernando Bernal	Se continuo con los avances del capítulo dos, quedo trabajar en este respetando formato establecido.
Actividad 13.	Reunión equipo	16/06/2020	Jeremías Alvaro Luis Fernando	Se trabajo en la corrección del documento RPAP.
Actividad 14.	Reunión equipo	17/06/2020	Jeremías Alvaro Luis Fernando	Investigación y reporte de avances respecto a estaciones terrenas y subsistemas.
Actividad 15.	Asesoría con Dr. Jorge Arturo Pardiñas Mir	18/06/2020	Jeremías Alvaro Luis Fernando Jorge Pardiñas	Se comento posibilidad de ubicación de una estación terrena en el ITESO, así mismo como establecer quien investigaría a

				fondo respecto a este tema.
Actividad 16.	Asesoría Mtro. Luis Eduardo Perez Bernal	23/06/2020	Jeremías Alvaro Luis Fernando Bernal	Continuación de avances de documento RPAP, aclaración de dudas respecto a información a agregar, tanto confirmar con Pardiñas información.
Actividad 17.	Reunión equipo	23/06/2020	Jeremías Alvaro Luis Fernando	Establecimiento de cómo se organizará una guía de desarrollo de nano satélites, basada en guías de distintas empresas consultadas.
Actividad 18.	Asesoría con Dr. Jorge Arturo Pardiñas Mir	25/06/2020	Jeremías Alvaro Luis Fernando Jorge Pardiñas	Se comento sobre la documentación de páginas para seguimiento de satelites, sobre su estado, organizaciones encargadas de esto y formato de

				documento.
Actividad 19.	Reunión equipo	29/06/2020	Jeremías Alvaro Luis Fernando	Reacomodo de información y estructuración con citas de imágenes de documento pedido por Pardiñas. Se agrego información de la quinta etapa.
Actividad 20.	Asesoría Mtro. Luis Eduardo Perez Bernal	30/06/2020	Jeremías Alvaro Luis Fernando Bernal	Se completo y comento con Bernal documentación del capítulo dos. Queda corregir referencias y pies de página para imágenes.
Actividad 21.	Asesoría con Dr. Jorge Arturo Pardiñas Mir	02/07/2020	Jeremías Alvaro Luis Fernando Jorge Pardiñas	Videollamada con Miguel Ángel para obtención de información de alguien con experiencia.
Actividad 22.	Reunión equipo	06/07/2020	Jeremías Alvaro Luis Fernando	Inicio documentación de la fase 6 de documento RPAP y se corrigieron cosas

				de la fase 5. Documentación sobre lo recopilado de la videollamada.
Actividad 23.	Asesoría Mtro. Luis Eduardo Perez Bernal	07/07/2020	Jeremías Alvaro Luis Fernando Bernal	Comentarios con Bernal sobre avance del proyecto, se comentó y aclararon dudas para contestar información sobre capítulo de aprendizajes.
Actividad 24.	Asesoría con Dr. Jorge Arturo Pardiñas Mir	09/07/2020	Jeremías Alvaro Luis Fernando Jorge Pardiñas	Revisión de documento generado, así mismo como retroalimentación a cosas a corregir.
Actividad 25.	Asesoría Mtro. Luis Eduardo Perez Bernal	10/07/2020	Luis Fernando Bernal	Aclaración de dudas respecto a documento RPAP y revisión de avances de este mismo.
Actividad 26.	Reunión equipo	10/07/2020	Jeremías Alvaro Luis Fernando	Corregir y adelantar RPAP con información faltante, así como completar fase 6 de

				información.
--	--	--	--	--------------

Con cada una de estas actividades se obtuvieron resultados que aportaron al esquema general del documento resultante. Los siguientes son algunos de los resultados más importantes:

Actividad 1.

Se definió que el documento debería de contener por lo menos los siguientes elementos:

- Una introducción al tema de los nanosatélites.
- Información respecto al factor de forma CubeSat.
- Posibles costos para el desarrollo del proyecto.

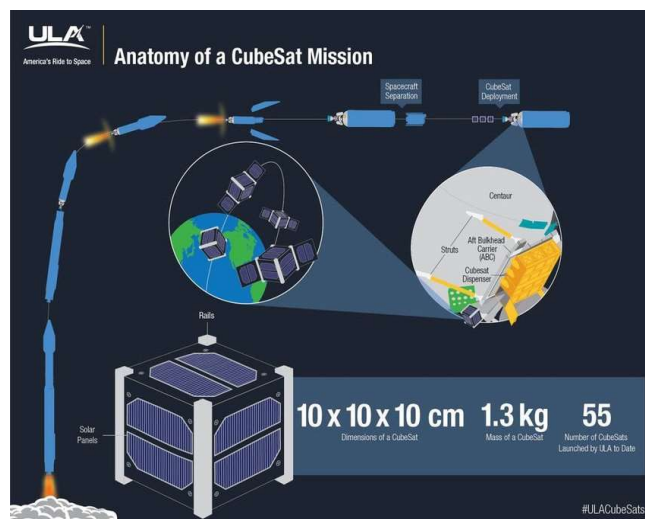


Ilustración 9. Infográfico de la anatomía de un CubeSat.
https://www.researchgate.net/profile/Stephen_Ennis2/publication/317036984/figure/fig40/AS:668720552755219@1536446812896/An-illustration-of-the-CubeSat-form-factor-and-a-deployment-

De manera que, con una definición inicial de conceptos, se pudiera tener la idea de a donde iba dirigido el proyecto. Para que con esta información inicial se pudiera generar un plan de trabajo.

Actividad 3.

Se obtuvo el plan de trabajo en donde se establecía cuales iban a ser los alcances que se tenían planeados para que se desarrollara el trabajo. Así mismo como la distribución de áreas de información a investigar.

				Semana 1	Semana 2	Semana 3	Semana 4	Semana 5	Semana 6
CONCEPT DEVELOPMENT									
Recopilar info	Todos	Leer: NASA BASE CSLI Leer: ESA Launch Your Satellite! Recopilar info de misiones pasadas Referencias de selectividad	Actividad						
			Investigación		03/06/2020				
			Investigación		03/06/2020				
			Investigación			10/06/2020			
			Investigación			10/06/2020			
Condensar info		Recopilar los reportes generados y condensar en documento	Profesionales				18/06/2020		
	Luis / Jere	Recopilar bien infor de la NASA	Profesionales				18/06/2020		
	Luis / Jere	Recopilar bien infor de la AEM	Profesionales				18/06/2020		
Abundar a selección de misión	Luis	Síntesis de CubeSats lanzados (RF, Mision, etc)	Investigación				18/06/2020		
	Luis / Jere	Investigar Estaciones Terrenas	Investigación				18/06/2020	15/06/2020	

Ilustración 10. Plan de trabajo desarrollado para la actividad 3

Actividad 5.

Se obtuvieron los primeros insumos de información. Se discutieron los conceptos principales que aportan a la primera parte del documento producto, que explica las bases acerca de los satélites y el factor de forma CubeSat. El infográfico de la Alianza Unida de Lanzamientos (ULA) en la ilustración 1 resumen algunos conceptos descubiertos en esta etapa.

Actividad 10:

Se adquirió información de algunos CubeSats pasados (anexo 1), con las que se ilustró de mejor manera el enfoque de las misiones. Con esto se conoció de manera más puntual los alcances del desarrollo de un CubeSat.

También se ubicaron los conceptos legales en México, necesarios para la certificación del CubeSat. Con estos requerimientos se descubrió qué son los recursos orbitales y cuáles instancias gubernamentales otorgan estas licitaciones. Se listaron las recomendaciones y requisitos principales para la obtención de los recursos.

Como los requisitos nacionales, se manifestaron los requisitos internacionales y las principales certificaciones y recomendaciones para mantener una documentación admisible para obtener la cooperación de las autoridades pertinentes.

Actividad 14:

Se compiló la información obtenida desde la actividad 7 sobre los requisitos de espacio, equipo y desarrollo para el establecimiento de una estación terrena.

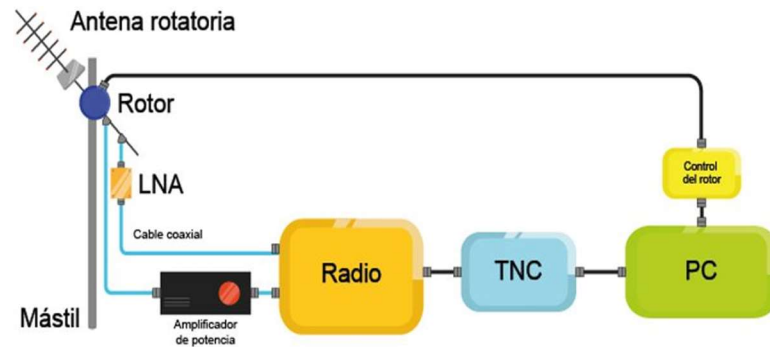


Ilustración 11. Diagrama de bloques de una estación terrena, obtenido de <http://haciaespacio.aem.gob.mx/revistadigital/articul.php?interior=247>

Igualmente se describió la información de los protocolos de información utilizados. La ilustración 2 describe el diagrama de bloques de una estación terrena, con sus componentes principales y una antena rotatoria.

También se estableció que los CubeSats se componen de dos segmentos principales: la carga útil que dedica sus dispositivos a la realización de la misión y el bus, que integra los subsistemas necesarios para la operación del satélite en el espacio.

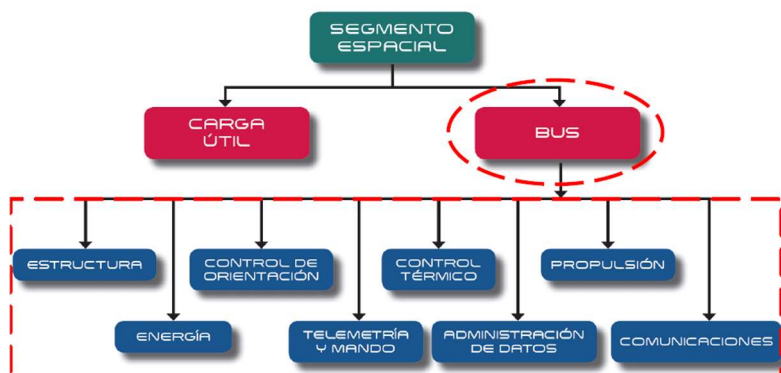


Ilustración 12. Estructura de un nanosatélite. Recuperado de AEM Mejores Prácticas.

Se elaboró un listado con la variedad de subsistemas existentes cuya madurez tecnológica resulta relevante para la investigación y los principales proveedores.

En esta actividad también se concluyó el análisis conceptual de obtención y administración de fondos. Con esto se descubrió que existen distintos modelos de costos, como el Small Satellite Cost Model (SSCM). Como aporte a esta investigación se realizó una simulación para el costo general de un CubeSat con lo que futuros desarrolladores pueden tener un mejor concepto del presupuesto necesario. La tabla 1 demuestra esta simulación.

Tabla 6. Demostración de costo total para desarrollo de un CubeSat

Sub Sistema	Descripción	Precio (Dólares)	Cantidad
Estructura	Estructura de 1U.	\$2,340	1
Antena	Antena UHF/VHF	\$4,500	1
EPS	Kit para almacenamiento de energía.	-	1
ADCS	ADCS para lograr orientación del CubeSat.	\$9,091	1
Panel Solar	Paneles Solares para mantener energizado al sistema.	\$1,450	4

Precio Total: **\$21,731**
Sin modulo EPS.

Actividad 22.

En esta actividad se cerró el ciclo de recopilación de información y se dedicó a dar formato al documento para organizarlo de manera lógica y fluida.

Esta actividad estuvo marcada por la entrevista al Dr. Miguel Ángel Alonso Arévalo, del Centro de Investigación Científica y Educación Superior de Ensenada, quien estuvo involucrado en el desarrollo del primer CubeSat mexicano. Para esto se prepararon algunas preguntas (anexo 2) elegidas para el enriquecimiento de los conceptos investigados, así como darles el enfoque adecuado.

Se realizó un compilado de las ideas principales obtenidas de la entrevista:

- El radio es el sistema más crítico.
- La organización PC-104 ofrece beneficios para las pruebas y ensamble.
- Para la orientación basta el magnetorque.
- La iteración exhaustiva de subsistemas desarrollados es importante.
- La radiación es despreciable para la mayoría de los casos de aplicación de un CubeSat.
- La mayoría de los CubeSats son DOA, Dead on Arrival. Concepto que describe un satélite con el cual no se puede establecer contacto.
- El transporte a órbita influye en el precio.

- Existen lanzadores poco convencionales (Japón, Rusia, China) con opciones más económicas.
- Diseño térmico sumamente importante.
- La obtención de GPS especiales es crucial.
- Es más barato desarrollar una carga útil con redundancias que invertir en el control de orientación.
- El termo vaciado a $\pm 100^{\circ}\text{C}$ es una prueba crucial para simular las condiciones del espacio.
- Conseguir componentes resistentes a las condiciones radicales del espacio.
- Los CubeSats tienen permitido transmitir a máximo 1W
- Analizar el volumen electromagnético en los sitios considerados para la estación terrena.
- Los subsistemas pueden ser incompatibles entre fabricantes.
- Utilizar canales de comunicaciones exclusivos para sistemas críticos (I2C, SPI, etcétera).

El documento se somete a las revisiones y consideraciones del asesor del equipo y se atienden sistemáticamente para obtener la consistencia deseada en el documento.

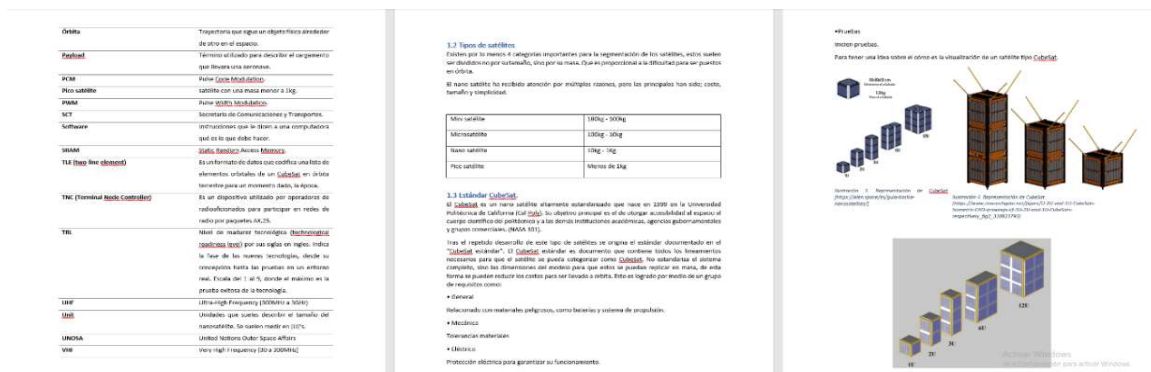


Ilustración 13. Imagen demostrativa de documento generado.

3. Resultados del trabajo profesional

Se generó un documento en el cual ayuda al lector a adentrarse al tema de los nano satélites en donde se les explica a estos conceptos necesarios para el entendimiento de este mismo para poder dar una guía en los materiales, planeaciones del proyecto, planeación de costos, entre otros.

En dicho documento se da una breve introducción al tema, una descripción del objetivo a lograr y los resultados obtenidos. Como continuación a la introducción al documento se establecen los tipos existentes de satélites y el cómo se diferencian estos. Esto para poder llegar al apartado de lo que es un CubeSat, que establece el estándar y los tipos de elementos que pueden llevar este mismo. Como terminación de la introducción de temas y conceptos para el lector, se le explican los tipos de órbita, sus altitudes que tienen estas y para que suelen ser usadas.

En el grueso del documento se desarrollan temas más relacionadas a la planeación y desarrollo de los saberes necesarios para la generación de una misión. Estos bien siendo desde misiones de interés, la planificación establecida para lograr una misión CubeSat exitosa, materiales y subsistemas requeridos en el satélite, proveedores para conseguir dichos subsistemas e información dirigida hacia las estaciones terrenas para la comunicación entre base y satélite. En el desarrollo de los materiales y subsistemas, se da a conocer los elementos que dan vida a un satélite, desde la estructura, energía del sistema y comunicaciones hasta sistema térmico y de propulsión.

Se da a conocer tipo de licitaciones y permisos requeridos para poder realizar la misión, dado que estos son procesos que se deben de conocer y llevar a cabo desde el inicio del desarrollo del proyecto hasta el final.

Al final del documento el lector podrá encontrar información que le pueda ser útil de referencia para el desarrollo de su misión CubeSat. Podrá encontrar ejemplos de misiones pasadas, desde misiones recientes hasta misiones con cierto grado de antigüedad. Un apartado que le explique si es que este lo desea, empresas de

servicios que ofrecen desde realizar el satélite, hasta apoyarte a realizar las pruebas de certificación requeridas para que este sea lanzado a la órbita. También podrá encontrar un apartado con una recopilación de consejos que pueden ayudar al lector a una mejor planeación y prevención de sucesos no deseados o el cómo evitarlos.

4. Reflexiones del alumno o alumnos sobre sus aprendizajes, las implicaciones éticas y los aportes sociales del proyecto

- Aprendizajes profesionales

Alvaro Rocha.

La investigación científica es un área necesaria en la ingeniería. El desarrollo y el establecimiento de nuevos conceptos y la innovación de lo existente promueve la refinación de métodos y el avance tecnológico. Con esta actividad pude trabajar de la mano de un investigador y pude experimentar y evaluar esta área de desarrollo profesional. El tema seleccionado para esta investigación es de mi particular interés profesional, por lo que la experiencia de profundizar más en la exploración espacial fue una actividad gratificante.

Los retos presentados del cambio de desarrollar un proyecto de teoría aplicada a elaborar un documento científico aportaron a mi capacidad de buscar y compilar información eficientemente. La declaración de requerimientos y objetivos precisos me permitieron profundizar en el proceso mental seguido para reducir una visión panorámica de un proyecto a necesidades puntuales con establecimiento de metas concretas.

La exploración espacial es una actividad que siempre parte de la última instancia. Una misión espacial nueva toma en cuenta las prácticas, consejos y descubrimientos de las misiones anteriores. Este descubrimiento aporta a mi reflexión de las actitudes y de la mentalidad necesarias para el éxito de cualquier proyecto que quiera emprender como ingeniero. La habilidad de tomar el conocimiento teórico e implantarlo en mi experiencia personal es una que seguiré desarrollando a lo largo de mi carrera profesional, pero puedo reconocer que este trabajo ha aportado a su crecimiento.

Un CubeSat se compone de diversos subsistemas. Con el conocimiento de éstos logré profundizar de mejor manera acerca de los componentes que he conocido a lo largo de la carrera, su robustez inherente y el alcance de sus aplicaciones. Al mismo tiempo con el conocimiento de un sistema satelital simple, como el CubeSat, logré entender los requisitos energéticos para integrar un sistema de este tipo. Con esto pude enfocar mis

conocimientos profesionales con mis intereses de carrera y ponerles marcos más reales a mis objetivos.

Otro de los aspectos más relevantes encontrados en esta investigación es el manejo y la comprensión de los aspectos legales que rigen mi profesión en mi país. Con una aproximación a la Ley Federal de Telecomunicaciones y Radiodifusión pude tener la experiencia de analizar un texto de rubro no científico y obtener información relevante para el contexto de la investigación. Esto me aporta el constante recuerdo de que lo que hacemos los ingenieros siempre se hace bajo ciertas reglas y condiciones que debemos conocer para explotar de manera legal y ética nuestros alcances.

La documentación y registro de actividades también son actividades cruciales para el lanzamiento de un CubeSat y, aunque parte de las tareas de un ingeniero es documentar su trabajo, existen otras disciplinas que se especializan en estas actividades. La selección de delegaciones de acuerdo con capacidades y el conocimiento sobre la posible intervención de distintas disciplinas en un proyecto de este tipo son habilidades cruciales para un ingeniero.

Las telecomunicaciones y sistemas de manejo de información y potencia son segmentos característicos de un satélite y áreas de competencia para un ingeniero electrónico. Sin embargo, el vuelo satelital está cargado de otras áreas significantes, como la mecánica orbital, conocimientos generales de vuelo y análisis estructural. Además, el alcance de las misiones posibles es muchísimo más amplio del enfoque de la Ingeniería Electrónica. Sin embargo, es indispensable que un ingeniero electrónico conozca lo suficiente de estos rubros porque la instrumentación y el control de estos sistemas tiene que ser infalible contra las condiciones espaciales, además de que la capacidad reducida de las comunicaciones satelitales impera que ésta sea óptima por lo que se tiene que saber la magnitud de datos obtenibles por un sistema satelital. La información obtenida sobre estos temas me ayudó a abrir mi amplitud de aprendizaje e involucrarme en conceptos ajenos a los que estoy acostumbrado.

Esta investigación aportó a ampliar mis conocimientos y mi comprensión sobre la profesión de un ingeniero electrónico; los alcances, el enfoque y los límites a los que estamos sujetos. Adicionalmente puso desafíos a mis conocimientos adquiridos en la línea de aprendizaje de la licenciatura que tuvieron que ser resueltos con la intuición forjada por mi experiencia académica, la docencia de mis maestros y los datos duros grabados por la resolución de previos desafíos.

Los conocimientos de fabricación y diseño mecánico me permitieron evaluar la conveniencia de desarrollar estructuras personalizadas de acuerdo con las necesidades para la construcción de un CubeSat. Igualmente, el conocimiento de las características de los materiales me permitió comprender su aplicación en distintos sistemas del vehículo. Pude comprender por qué es mejor utilizar aluminio que acero para la estructura de un CubeSat, o los beneficios de utilizar soleras térmicas como disipadores de temperatura sobre aislantes multicapa.

El estudio de operaciones espaciales, astronomía y mecánica orbital, y el interés por las actividades espaciales de vanguardia, pusieron a prueba mi comprensión de la justificación del uso de distintas órbitas para los CubeSats. Así mismo, me permitieron comprender la validez de utilizar distintos subsistemas, como el de propulsión, en sistemas tan pequeños como el estudiado.

Una de mis pasiones principales de la profesión que elijo es la instrumentación, control y automatización de sistemas automotrices y aeroespaciales. Mi empuje por progresar en esta carrera es poner un sistema en el que esté directamente involucrado en órbita. Gracias a la participación internacional y el enfoque al 2020 de la exploración espacial, este tipo de proyectos se orientan a la mejora de la calidad social, ya sea con obtención de datos relevantes para nuestra subsistencia, la optimización de procesos e innovación de técnicas industriales o la prolongación y la extensión del territorio habitable por la humanidad.

Luis Fernando Rodriguez.

En la realización de este proyecto y duración de este, existieron responsabilidades distintas a las acostumbradas a lo usual de la carrera, como: investigación, documentación

y búsqueda de información sobre un tema nuevo para mi persona. Esto llevando a que desarrollara habilidades relacionadas a lo necesario de este proyecto.

Tomando de ejemplo principal, la documentación, redacción y cuidados que se deben tener a la hora de realizar un documento de enfoque científico o de investigación. De misma manera la importancia de tener los saberes de temas vistos en la carrera para poder discernir información útil o al momento de preguntarle a alguien sobre información que desees, poder hacerlo de una manera adecuada y con las terminologías propias de estos temas.

Ahora haciendo referencia a la investigación del CubeSat, fue necesario empezar a comprender, investigar y analizar temas relacionados tanto a comunicaciones, resistencia de la estructura, entrar a temas como análisis de costos para poder dar una estimación de un presupuesto que se generara en un futuro bajo la aprobación del proyecto. Dando de esta manera a entender los beneficios que presentan las misiones tipo CubeSat que por su estandarización y bajo costo pueden ser accesibles para las instituciones principalmente educativas.

Al momento de realizar la investigación de las licencias y requerimientos que se suelen tener para lograr poner un satélite en órbita, en este caso los nano satélites. Parte de la más importante para poder realizar el viaje hacia órbita, es la parte de la mecánica, dado que el satélite debe contar con la resistencia adecuada para poder sobrevivir el viaje. Esto dado que, en el caso del transportista, lo que a este le interesa es que el nano satélite llegue intacto a órbita, es decir, que no comprometa la misión en general. De manera que se realizó una investigación sobre estilos y formas que se suelen emplear para que estos logren este trayecto en donde se tuvo que aprender lectura de planos, el cómo planteaban estos en programas de modelado en 3D.

Dichos conocimientos que se mencionaron anteriormente fueron de importancia al entenderlos y decimos que se pusieron a prueba porque estos son los fundamentos que se tuvieron que entender para poder investigar información adecuadamente. De manera

que permitió saber o preguntar a personas conocedoras del tema información clave para poder tomar sus experiencias y de esta manera dar información más fiable al documento generado.

Mis conocimientos previos sobre el modelado en 3D fue una ayuda para lograr el entendimiento sobre materiales que se explicaban en algunos documentos. Así mismo como los conocimientos adquiridos durante la carrera que fueron indispensables, principalmente en mi caso de investigación el área de comunicaciones.

Eduardo Jeremías López Rizo

Para lograr conseguir lo esperado en este proyecto fue necesario desarrollar algunas competencias que no se habían explorado a profundidad previamente en la carrera, entre ellas la habilidad para analizar documentos de índole científica en tópicos que no han sido ampliamente explorados hasta la fecha, segmentar y sistematizar esta información en otro nuevo documento para su posterior uso en el desarrollo del proyecto.

Respecto al desarrollo de un CubeSat fue necesario indagar en temas específicos que hacen posible el funcionamiento de este. Por ejemplo, los componentes y métodos de fabricación por los que se logra que un sistema soporte el vacío térmico del espacio y los cambios tan hostiles de temperatura a los que se tiene que enfrentar. La forma en que la radiación afecta al silicio y como se previene, La manufactura en un ambiente inocuo para evitar la corrosión por grasas. Incluso se encontraron problemas de los que aún se desconoce la causa como el “death on arrival”.

Dentro de la información que logramos adecuar como intuición se encuentra la investigación que se realizó en proyectos CubeSat ya publicados; que para procurar una mayor robustez en el producto final se deben utilizar la mayor cantidad de componentes o subsistemas ya probados para este contexto posibles.

Los beneficios que presentan las misiones CubeSat ante las misiones de satélites convencionales, tienen menor costo y permiten probar misiones más arriesgadas e innovadoras. Aun cuando los costos son una pequeña fracción de las misiones

convencionales, el costo es relativamente alto para los proyectos que hasta la fecha he desarrollado.

Se tuvieron que incluir varias disciplinas durante este proyecto, para las cuales se recomienda que posteriormente se añada al equipo a algún especialista o estudiante de: área legal, para facilitar los trámites y licitaciones necesarias, mecánica, para todo el modelado mecánico del sistema y electrónica, para el diseño de las partes que se decida desarrollar.

Otras zonas importantes, pero no primordiales están relacionadas a la redacción de los documentos, mercadotecnia para evaluar costos del satélite de manera más profesional, física para el cálculo de las órbitas y aproximaciones de la posición, etc.

Las habilidades que fueron de utilidad durante la elaboración de este proyecto están relacionadas a la intuición requerida para encontrar la información que puede ser útil para el futuro desarrollo del CubeSat. Por ejemplo, los sistemas de comunicación y antenas, hasta ahora vistos en la carrera nos ayudan a entender cómo es que se comunican los CubeSats, pero para los detalles específicos fue necesario comparar entre los satélites que han dado resultados positivos y recopilar sistemas que ya están bien probados para temas espaciales. Así mismo en las áreas de control automático para las unidades de ADCS y embebidos para los subsistemas entre otras.

Se descubrió que esta actividad requiere de un alto presupuesto y además se integra por una amplia selección de disciplinas, se requiere de la participación de diversas instancias que se integran para la elaboración de un proyecto de esta magnitud.

La procuración de recursos orilla al desarrollador a considerar cuidadosamente sus intenciones y éstas frecuentemente deben de estar orientadas a externar los aprendizajes y resultados obtenidos.

Igualmente, la integración de un equipo con delegaciones específicas promueve la amplia selección de competencias en cada ramo. Así se pueden atraer intereses de diversas instituciones, así como impulsar el desarrollo académico y docente de las partes participantes.

Esta capacidad de convocatoria y la flexibilidad en los alcances de una misión pueden llegar a involucrar y a integrar intereses sumamente sociales, desde la promoción de aprendizaje intensivo para personas de bajo recursos, hasta la influencia y beneficios alcanzados por la misión.

Por otro lado, la exploración espacial brinda amplios beneficios al desarrollo industrial, otorgando mejores procesos y tecnologías que pueden ser utilizadas para mejorar la calidad de vida de la sociedad. Este tipo de misiones dan accesibilidad y flujo de recursos monetarios e intelectuales a las partes interesadas.

Uno de los temas que se tienen que considerar ampliamente es sobre la contaminación, dado que el realizar y enviar a órbita un satélite, no solo es costoso, sino, que también se tiene que considerar las contaminaciones en el trayecto para el lanzamiento, aparte se tiene que tomar a consideración la contaminación orbital. Dado que hay un alza en el número de satélites en las orbitas bajas llegando a ser un problema en el futuro.

- Los conocimientos sobre Sistematización de Información se pusieron a prueba por:

Conocer y discriminar la información relevante para el proyecto y la información para que esta misma pueda ser utilizada tanto por una persona conocedora y de misma vez que desconozca del tema y la pueda analizar, entender y llevarla a su contexto de requiera.

- Los conocimientos en Comunicaciones se pusieron a prueba por:

Entender las complicaciones que puede conllevar el sistema de comunicaciones una vez que este sea puesto a prueba en órbita, esto ocasionado por interferencia Inter simbólica que puede ser ocasionada por la baja potencia de transmisión que conlleva el nano satélite a su estación terrena.

- Los conocimientos en Sistemas Embebidos se pusieron a prueba por:

La elección de componentes y sistemas que mejor se adecúa para el control y operación de un CubeSat con determinados fines pusieron a prueba nuestros conocimientos de Sistemas Embebidos.

- Los conocimientos de electrónica de Potencia se pusieron a prueba por:

La distribución de energía a los subsistemas es algo que puede definir para alargar o hacer la vida útil del nano satélite cumpla su misión de manera que gran parte de los subsistemas se encontraran en modo de bajo consumo de energía.

- Los conocimientos sobre la aplicación de las antenas se pusieron a prueba por:

Dado que la antena tanto en el satélite y la estación terrena es de suma importancia ya que en esta recae la comunicación que se establece para el proyecto. De manera que se tiene que investigar a fondo sobre este tema para llegar a usar la más adecuada para la aplicación.

- Los conocimientos sobre la aplicación de la arquitectura del sistema se pusieron a prueba por:

La distribución y el cómo es que estos se ponen en el nano satélite tienen una gran importancia, desde que el satélite logre cumplir con el estándar hasta que el sistema completo tenga un aprovechamiento de energía al máximo.

En el diseño de un proyecto, no necesariamente que sea de un satélite, sino, de cualquier proyecto se diseñe de manera que sea robusto. A esto nos referimos que el sistema diseñado se pueda poner en múltiples ambientes y que estos ambientes no dañen su funcionalidad. En el caso de los satélites, por las temperaturas extremas y la radiación, pueden dañar severamente el silicio y la integridad de los subsistemas.

De manera consecuente, debemos de tomar a consideración la relevancia de tener un plan de trabajo adecuado y real, para que podamos tomar de guía las actividades que se tienen que realizar y para cuando deben de estar estas actividades listas.

El desarrollo de sistemas complejos como lo es un sistema satelital requiere la integración sólida de un equipo de trabajo. La robustez necesaria para un sistema satelital solamente es lograda con una documentación exhaustiva de los componentes que lo integrarán. Una planeación precisa sobre la responsabilidad de cada parte del cuerpo desarrollador logra el enfoque puntual para la determinación de cada segmento del proyecto.

El enfoque primario del desarrollo de un CubeSat es la elección de la misión. Este trabajo comienza desde la investigación y la documentación que justifique la motivación del desarrollo de este proyecto. La planeación y sistematización de esta información es indispensable para lograr pasar a los siguientes pasos.

Es preciso que cada parte involucrada se desempeñe de manera óptima ya que cada paso del proyecto es determinante para el éxito de la misión. Los trámites legales son muy prolongados y requieren de muchísima información ordenada y oportuna. Esto se logra si en cada equipo cada parte sabe qué y cuándo hacerlo. La organización y establecimiento de fechas límite, así como hitos intermedios y puntos de evaluación hacen que se logre el desarrollo completo y robusto del sistema.

- Aprendizajes sociales

El enfoque de este proyecto fue alcanzado gracias a una distribución de los tiempos, retroalimentada por juntas recurrentes. Se establecieron metas concisas con tiempos determinados los cuales fueron determinantes para destilar información y llegar a acuerdos sobre la mejor disposición de esta.

Con la investigación sobre el desarrollo de un CubeSat, se descubrieron las necesidades fundamentales para su organización y desarrollo. Los requerimientos para un proyecto de esta magnitud son altamente demandantes y solicitan que la preparación y organización sea detallada y precisa. Esto incluyendo un equipo completo de trabajo, del cual dependerá el éxito de una misión.

Gracias a la experiencia obtenida en este proyecto, el equipo se siente con la confianza de aportar un trabajo profesional en los proyectos conjuntos o individuales de cada integrante. Sin embargo, reconoce que estos logros fueron posibles gracias a la docencia de personas más experimentadas y lleva este ejercicio de subordinación y aprendizaje para futuras aplicaciones.

Principalmente con el enfoque de este documento que tiene una visión de ser de dominio público, permitiendo a cualquier persona que busque realizar el desarrollo de uno, tenga la posibilidad de hacer una lectura al documento y llegar a tener una base concisa para el desarrollo de este en un caso futuro.

Además, en el ITESO se busca que los productos científicos tengan un enfoque humano y aporten al bienestar común. Con la investigación se descubrió que el enfoque de una misión satelital es tan amplio que se puede aprovechar esta plataforma para asistir y procurar datos que avancen los esfuerzos de innovación.

Aunque se lograron los objetivos establecidos para este proyecto, queda vigente la oportunidad de evidenciar el costo total de este proyecto en lo que consta a su desarrollo, lanzamiento y mantenimiento de la misión. Se logró concretar que es necesario un sistema para desorbitar el CubeSat. Sin embargo, la polución espacial es un problema vigente atacado por las agencias espaciales principales. El fácil acceso que otorga el CubeSat aporta a este problema y es necesario evaluar el impacto que esto genera y las posibles soluciones.

Por otro lado, en esta investigación se logró concretar que el estándar CubeSat es una plataforma posible para las capacidades del ITESO; que el enfoque de las misiones posibles para un nano satélite va en función de los esfuerzos puestos en su validación; que existen fabricantes con una amplia herencia de vuelo que aumentan la factibilidad y

confiabilidad de un satélite desarrollado por una institución académica; que el ITESO está dentro de las capacidades para fungir como una base de comunicaciones satelitales, ya sea para una misión propia o para el desarrollo de un cuerpo de radioaficionados que coopere con misiones externas a él; que es necesario ampliar el enfoque de otras disciplinas, como Derecho, Diseño y Comunicación hacia las oportunidades de participar en proyectos espaciales.

La investigación realizada está orientada a ser de dominio público, por lo que el beneficio generado va orientado al cuerpo académico de las universidades. Es una fuente condensada que aporta al banco de información disponible y que funge como un iniciador del desarrollo de un nano satélite. La información busca ser apta para una lectura técnica que ilustre de manera específica lo necesario para el inicio de una misión satelital.

Aunque el enfoque del proyecto se revuelve alrededor del desarrollo de un CubeSat, la información incluida en el producto del proyecto es suficiente para ser una base propicia para el desarrollo de una estación terrena de detección satelital. Esta información puede resultar útil para radioaficionados que busquen desarrollar su propia estación y al mismo tiempo esto beneficia a la comunidad de desarrolladores de satélites privados pues la detección de un satélite nuevo se vale de este grupo.

Adicionalmente, el grupo al cual este producto va dirigido es a los futuros desarrolladores de un satélite, en especial aporta al posible interés del ITESO para la realización de una misión de esta clase. Este producto aporta la información completa y necesaria para la iniciación de una misión CubeSat. Busca proveer de una base concisa de los aspectos a tomar en cuenta, el cuerpo multidisciplinario necesario y la disposición de tiempo para la elaboración de la misión.

Finalmente, este proyecto busca adicionar recursos a los esfuerzos espaciales de la nación. El Programa Espacial Mexicano se ha privado al desarrollo de satélites de servicios, pero el acercamiento y participación directa de estudiantes, maestros y doctores, promueven el origen del interés por generar un programa más robusto y participativo que aporte recursos innovadores para el bienestar común.

El aporte del ITESO para el desarrollo de este proyecto resulta indispensable para darle continuidad a esta propuesta. Como se ha desarrollado a lo largo de este documento, el estándar de CubeSat resulta una opción considerable para aumentar los alcances y capacidades de la universidad.

- Aprendizajes éticos

Alvaro Rocha.

La ONU conviene que la utilización del espacio ultraterrestre, incluyendo la Luna, sea con fines pacíficos y de fines provechosos para todas las naciones y beneficio de la humanidad (TRATADOS Y PRINCIPIOS DE LAS NACIONES UNIDAS SOBRE EL ESPACIO ULTRATERRESTRE, 2002). La tecnología espacial puede llegar a ser utilizada con fines destructivos, altamente efectivos contra la mayoría de las naciones del planeta. Los convenios promovidos por la ONU y acatados por los países que la integran conservan la cooperación espacial y progresan en beneficios provechosos para el bien común.

En consecuencia, todas las actividades consideradas dentro de lo que este proyecto promueve, deben ser tomadas con la seriedad que merecen los Estados Unidos Mexicanos, respetando las recomendaciones de las autoridades nacionales e internacionales y poniendo el profesionalismo de los integrantes del ITESO por delante.

Igualmente, como se ha mencionado en esta redacción, los intereses del ITESO van orientados a la constante innovación y mejora común de la sociedad mexicana, en especial de los grupos marginados y con mayores necesidades de aportes innovativos que benefician a la experiencia de vida. Es por esto por lo que las consideraciones tomadas en el desarrollo de un proyecto de esta índole se alineen con los objetivos vigentes de la institución y aporten a la visión humana de la misma.

El esfuerzo internacional por la exploración del cosmos ha unificado los esfuerzos internacionales hacia un bien común. La participación de la Nación y la búsqueda de los beneficios capitales y trascendentes son deseables.

Luis Fernando Rodriguez.

Muchos sistemas que son necesarios para el desarrollo de un satélite cuentan con regulaciones para la protección, tanto de tu satélite como de otros satélites e intereses de instituciones. Estas regulaciones suelen estar enfocadas en limitar el acceso de subsistemas que puedan ser empleados para fines que no sean de estudio, pacíficos o de observación. Algunas de las regulaciones que existen para los subsistemas ya encontrados en órbita, como las cámaras, que suelen ser usadas para estudio de la atmosfera. Cuentan con estas mismas dado que el uso de estas puede ser empleada para violar la privacidad de personas o bien para la observación ilegal de zonas protegidas, haciendo que su objetivo sea puramente de estudio.

Por lo que cualquier actividad con la que sea relacionada con actividades de esta índole, se tienen que tomar a consideración y con cuidado analizar, para seguir las regulaciones establecidas para no violar con algún acuerdo.

Para poder lograr el desarrollo en la investigación y apoyar el área aeroespacial que se encuentra abandonada en nuestro país. Cuando dichas investigaciones están teniendo un auge a nivel mundial por su relevancia.

Eduardo Jeremías López Rizo

Durante el desarrollo de este proyecto y más específicamente en el área de licencias encontramos que se necesitan permisos espaciales para utilizar cámaras o dispositivos de recolección de información visual, ya que estos pueden recuperar información confidencial de otros países o empresas como fotografías de bases militares e información de otros satélites. Aún con la licencia y el contrato firmado en donde nos comprometemos a no utilizar el satélite para dichos fines, es fácil aun así utilizados discretamente para estos fines ilegales siendo así necesario tener un fuerte compromiso ético que nos ayudará aún ante los posibles sobornos que se presentarán respecto al uso del satélite.

Después de este proyecto, me gustaría volver a tocar temas relacionados a programas espaciales, pero esta vez más enfocado al desarrollo técnico del CubeSat, cosa que iría más alineado a mis intereses profesionales, específicamente en el desarrollo de subsistemas.

- Aprendizajes en lo personal

Alvaro Rocha.

La oportunidad de trabajar en un proyecto de investigación me ayudó a tener una experiencia aproximada sobre las actividades y responsabilidades de un profesional en el ramo de la investigación. Este tipo de actividad personal había sido ajena a mis intereses y la elaboración del producto del proyecto me ayudó a visualizar mi desempeño profesional en caso de tomar esa decisión.

Así mismo, profundizar mi conocimiento de la exploración espacial me ayudó a sostener mi pasión por la electrónica aplicada al campo aeroespacial y alimentó mi impulso para despeñarme en este sector.

Este sector está poblado de fracasos. Descubrí que estos, en lugar de ser una ficha negativa, son una medalla de honor y un testamento de progreso. Los desarrolladores que tienen varios fracasos bajo el brazo, los sacan a relucir con la intención de informar a los nuevos desarrolladores y dar a conocer las decisiones tomadas que los llevaron a ese resultado, para así lograr evitarlos y mejorarlos. Esta cohesión y cooperación, la humildad para reconocer las faltas me ayudaron a reconocer el largo camino que tengo por recorrer.

Puedo confiar en que este ejercicio de humildad repercuta en mi vida personal y profesional, ya que la diversidad de maneras de pensar y actitudes, son una batalla diaria en la que me tengo que dejar vencer para poder alcanzar victorias colectivas que trasciendan a mis intereses personales.

Luis Fernando Rodríguez Gutiérrez:

La experiencia tomada en este proyecto de investigación fue algo en lo que no había tenido la oportunidad de trabajar, de manera que pude adquirir habilidades que pueden

ser empleadas cuando llegué a desarrollar algún documento relacionado a la investigación o enfocado al área educativa.

De misma manera el adquirir el conocimiento sobre el área espacial, del cual desconocía la información respecto a este tema, en el cual le tome mayor interés a dicho proyecto conforme avanzaba. Tomando como referencia, puede que no todo proyecto en mi vida laboral le tenga un interés a primer instante, sin embargo, al adentrarte al tema se puede generar ese interés para que el trabajo sea exitoso.

Eduardo Jeremías López Rizo

Con el desarrollo de este proyecto aprendí que aun los temas espaciales que parecen no tener mucho que ver con los ámbitos sociales y éticos pueden ser enfocados para lograr un bien común, y aun así aportar algo a la comunidad científica. Respecto a mi proyecto de vida, me gustaría indagar en el desarrollo a bajo nivel de los sistemas de control generales, sistemas embebidos de los satélites y sistemas de control automático utilizados.

5. Conclusiones

Al término de los trabajos realizados para la acumulación y sistematización de información referente al desarrollo de un CubeSat, se determina que los resultados obtenidos se alinean con los objetivos establecidos. Gracias a los esfuerzos del equipo se logró concretar en un documento las motivaciones, requisitos y métodos para evaluar la factibilidad del desarrollo del satélite.

Se logra destacar conceptos clave para contextualizar al lector con aspectos básicos del vuelo espacial. La diversidad de los tipos de satélites posibles está precisamente clasificada por los líderes en exploración espacial. Con el documento se puede referir a los distintos tipos y la clasificación a la que pertenecen los CubeSats; se destacan los elementos que componen un satélite de este tipo y su importancia prioritaria para una misión alcanzable por el ITESO; se describe el concepto de órbita y se establecen las más comunes para vehículos de esta clase; se aterriza el método de lanzamiento, los

requerimientos legales y certificaciones y las plataformas que se utilizan para la inserción de un satélite en órbita.

El desarrollo técnico del documento logra establecer los requerimientos básico e informa a futuros desarrolladores de las prácticas que estarán realizando para el logro de una misión satelital. Dentro de estos conceptos se aterrizan las posibles misiones y los diversos intereses de los líderes de vuelo espacial en el mundo; se da un breve informe del tiempo mínimo y sugerido para el desarrollo completo de la misión; se proporciona un listado detallado de las tecnologías disponibles y vanguardistas utilizadas en las misiones con esta plataforma, con el que los futuros desarrolladores pueden extraer la información que requieran para sus objetivos; se detalla información sobre los fabricantes y proveedores de subsistemas, así como un breve catálogo de lo que disponen; se describe la importancia y las mejores prácticas para la construcción de estaciones terrenas que son claves para una misión satelital; se describen las prácticas sugeridas y los conceptos básicos para la fabricación e integración de un CubeSat.

Igualmente, en el documento se plasma la importancia de elaborar los trámites y consideraciones legales para la certificación del vehículo al vuelo espacial. Se describen algunos de los documentos de certificación requeridos por los lanzadores para poner un CubeSat en órbita; se describen los procesos legales para licitar el uso de radiofrecuencias con reconocimiento internacional y la inclusión demandada por el Gobierno Federal Mexicano para el uso de recursos orbitales.

Estos resultados son testimonio del esfuerzo del equipo y el cumplimiento oportuno del enfoque de este proyecto. Si bien el documento obtenido establece las bases para el éxito de una misión satelital, existen vastas oportunidades de profundización que aportan a la búsqueda de una misión satelital con la bandera del ITESO.

Si bien estas oportunidades son extensas y el desarrollo de cada una acerca a la realidad una misión satelital, el equipo considera que una de las más inmediatas es la exploración de los intereses de ITESO y la elaboración de un plan con el que se pueda determinar una misión satelital. Esto beneficiaría a contestar el porqué de una misión satelital.

Otro aspecto por desarrollar es la profundización en la organización y recurso humano necesario para el desarrollo. Es necesaria la exploración que establezca la magnitud y calidad del capital humano necesario para cubrir cada aspecto de la misión. De igual manera es valioso identificar las actividades y responsabilidades de cada división.

En este documento se discuten las oportunidades de lanzamientos con los recursos de la NASA y la ESA, dos de los principales motores de exploración espacial en el mundo. Sin embargo, existen otras opciones menos convencionales que pudieran resultar más económicas y accesibles. Estos son los casos de Roscosmos, la agencia espacial rusa; de JAXA, la agencia espacial japonesa y de la ISRO, la agencia espacial india. Estas oportunidades deben de ser exploradas para incrementar la flexibilidad de una misión probable del ITESO.

Para aportar a la flexibilidad del proyecto es importante elaborar una evaluación detallada de las instituciones con capacidad de financiar un proyecto de este calibre. Existen amplias oportunidades de conseguir los recursos monetarios necesarios, algunas de estas son becas por parte de instituciones investigadores como el CONACYT. Agencias como la NASA ofrecen becas para el desarrollo de CubeSats en algunas etapas del proyecto. La recaudación de fondos y patrocinios privados también son posibilidades pertinentes para la adquisición financiera. Estas son algunas oportunidades que se descubrieron con esta investigación, sin embargo, es necesario profundizar y elaborar un plan para asegurar la línea de vida económica del proyecto.

La licitación de permisos y certificaciones es otro tema con el cual se puede profundizar. Este producto toca su importancia y menciona algunos de los permisos pertinentes para el lanzamiento de un CubeSat. Sin embargo, se descubrió que elementos como la carga útil del satélite pueden llegar estar sujetos a permisos especiales. Es importante detallar qué elementos son estos y cuáles permisos requieren, así como los requisitos para obtenerlos y las instancias que los otorgan. Además, existe una amplia documentación que detalla esta clase de temas, por lo que sería interesante que se analice y documente esta información.

La elaboración de bases terrenas, los espacios y materiales requeridos para la fabricación e integración del satélite y los insumos requeridos para su programación, desarrollo y pruebas, son aspectos que valen la pena detallar. Definir específicamente hardware requerido para una base terrena completa y los artículos necesarios para la integración del satélite, ayudaría a los futuros desarrolladores a proyectar de manera más concreta la preparación para la detección y operación de un satélite. Igualmente se estimaría de manera más precisa los recursos monetarios y tecnológicos disponibles y necesarios.

Adicionalmente, las propuestas alternas a experiencias de exploración espacial, como el lanzamiento de globos meteorológicos o el establecimiento de una base terrena robusta con fines de radioafición aportarían grandes insumos a la experiencia progresiva de un programa espacial por parte del ITESO.

Finalmente, la comunidad espacial es un grupo bastante abierto y disponible para el fulgo de información. Todas estas áreas de oportunidad serían ampliamente enriquecidas por el aporte ofrecido por elementos que ya hayan desarrollado y lanzado CubeSats. Se exhorta para la continuación de este esfuerzo, la búsqueda activa de esta fuente de información.

Este documento descubre que la búsqueda de un proyecto de exploración espacial es alcanzable y la experiencia obtenida por instituciones alrededor del mundo y dentro del país retroalimentan de manera positiva esta visión. En conclusión, los posibles beneficios que un proyecto de esta índole para la comunidad del ITESO prueban ser valiosos para su consideración.

6. Bibliografía

\$50SAT Team. (2014, Abril). *\$50SAT - Eagle2 - Communications*. Retrieved Junio 23, 2020, from https://www.dropbox.com/sh/l3919wtfiyw2gf/AAaseNeU96i5MGp1vYLGXbm8a?preview=%2450SAT+-+Eagle2+-+Communications+-+Release+Version+V1_2.pdf

California Polytechnic State University. (2012, March 30). *CubeSat Design Specification*. Retrieved from The CubeSat Program, Cal Poly SLO: https://static1.squarespace.com/static/5418c831e4b0fa4ecac1bacd/t/56e9b62337013b6c063a655a/1458157095454/cds_rev13_final2.pdf

Agencia Espacial Mexicana. (2019, Septiembre 29). *Lanzarán el primer nanosatélite totalmente desarrollado en México desde Cabo Cañaveral*. Retrieved from www.gob.mx: <https://www.gob.mx/aem/prensa/lanzaran-el-primer-nanosatelite-totalmente-desarrollado-en-mexico-desde-cabo-canaveral-220142?idiom=es>

Dudás, L. (2020, Enero 3). *SMOG-P and ATL-1 Reception*. Retrieved from Budapest University of Technology and Economics: <http://152.66.80.46/smog1/receivesmogpatl1/receivesmogpatl1.pdf>

European Cubesat Symposium. (2019, Septiembre 26). *11th ECS Presentations*. Retrieved from cubesatsymposium.eu: https://www.cubesatsymposium.eu/index.php?option=com_phocadownload&view=file&id=17:11th-ecs-presentations&Itemid=1292&lang=en

NASA. (2010, Febrero 26). *NASA Opens High Frontier to Education and Not-For-Profit Groups*. Retrieved from nasa.gov: https://www.nasa.gov/home/hqnews/2010/feb/HQ_10-052_CubeSats.html

Nogales, C., Grim, B., Kamstra, M., Campbell, B., Ewing, A., Hance, R., . . . Parke, S. (2018). *MakerSat-0: 3D-Printed Polymer Degradation First Data from Orbit*. *Proc. AIAA/USU Conf. Small Satellites*. Retrieved from Proc. AIAA/USU Conf. Small Satellites.

Shiotani, B. (2018). *PROJECT LIFE-CYCLE AND IMPLEMENTATION FOR A CLASS OF SMALL SATELLITES*. Retrieved from UNIVERSITY OF FLORIDA: <https://ufdc.ufl.edu/UFE0052696/00001>

Grim, B., Kamastra, M., Ewing, A., Nogales, C., Griffin, J., & Parke, S. (2016). *MakerSat: A CubeSat Designed for In-Space Assembly*. Retrieved from 30th Annual AIAA/USU: <https://digitalcommons.usu.edu/cgi/viewcontent.cgi?article=3444&context=smallsat>

Robinson, S. (2013, Noviembre). *\$50SAT Circuit Design Notes*. Retrieved from Dropbox.com: https://www.dropbox.com/sh/l3919wtfiyw2gf/AADO0G-bXOz9lPr8gMM2llbKa/Hardware%20Designs/Processor%20and%20Radio%20Board?dl=0&preview=%2450SAT+Circuit+Design+Notes.doc&subfolder_nav_tracking=1

NASA. (2018, Diciembre). *State of The Art. Small Spacecraft Technology*. Recuperado de https://www.nasa.gov/sites/default/files/atoms/files/small_spacecraft_technology_state_of_the_art_2014.pdf

ONU. (2002). *Tratado y principios de las Naciones Unidas sobre el Espacio Ultraterrestre*. <https://www.unoosa.org/pdf/publications/STSPACE11S.pdf>

Space Daily (2016) *History of the CubeSat*. Recuperado de: https://www.spacedaily.com/reports/History_of_the_CubeSat_999.html

Kulu, E. (2020). *Airtable*. Retrieved from nanosats.eu: <https://airtable.com/shrafcwXODMMKeRgU/tbldJoOBP5wINOJQY>

Rodriguez Gutiérrez, L. F., López Rizo, E. J., & Rocha Robles, Á. A. (2020, Julio 14). Guía para el desarrollo de un. Zapopan, Jalisco, México.

Martinez Fadrique, F. (2010, Octubre). *Hay distintos tipos de órbitas*. Recuperado de https://www.gmv.com/blog_gmv/language/es/hay-distintos-tipos-de-orbitas/

Anexos (en caso de ser necesarios)

Anexo 1: Información técnica sobre CubeSats desarrollados.

- GUNDAM (G-SAT)

Esta misión desarrollada por la universidad de Tokyo tiene como propósito, el enviar un CubeSat en el cual, tendrá almacenado dos juguetes tipo gundam originarios de Japón. Los cuáles serán fotografiados con la tierra de fondo. (Kulu, 2020).

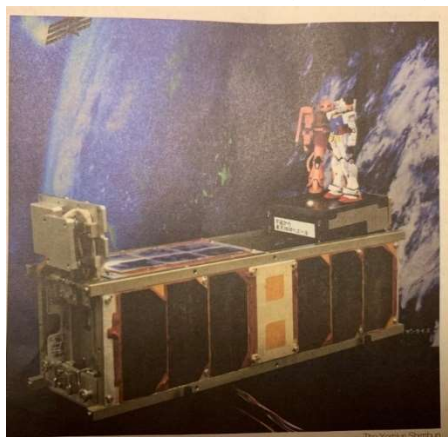


Ilustración 14. Imagen del G-Sat durante su misión, Imagen recopilada de (Kulu, 2020).

ORGANIZACIÓN	TIPO	PAÍS	UNIDADES	TIPO-SAT
UNIVERSIDAD DE TOKYO	Universidad	Japón	3U	CubeSat

FECHA LANZAMIENTO	COHETE	ORBITA
07/03/2020	Falcon 9 SpaceX CRS-20	400 km

ESTADO	TIPO DE MISIÓN	CATEGORÍA DE MISIÓN	DESCRIPCIÓN DE MISIÓN
UBICADO EN ISS	Space Activity	Novel	Emergent and future domains

DEPLOYER	RF TYPE	RF	NORAD ID
J-SSOD(JEM SMALL SATELLITE ORBITAL DEPLOYER))	-	-	-

- MakerSat-1

Esta misión fue desarrollada para estudiar, así como desarrollar la factibilidad de piezas impresas por medio de la tecnología FDM 3d, para ser implementadas en el espacio. De manera que se diseñó la estructura necesaria del CubeSat para ser ensamblada en la ISS para ser lanzada posteriormente. (Kulu, 2020).

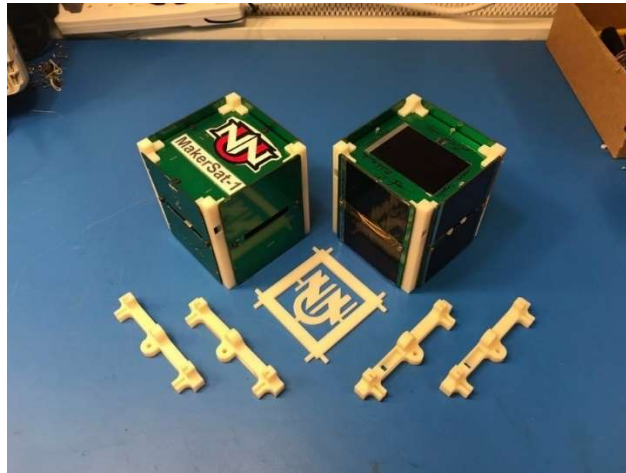


Ilustración 15. Imagen recopilada de (Kulu, 2020).

ORGANIZACIÓN	TIPO	PAÍS	UNIDADES	TIPO-SAT
UNIVERSIDAD DE NORTHWEST NAZARENE	Universidad	EE. UU.	1U	CubeSat

FECHA LANZAMIENTO	COHETE	ORBITA
05/12/2019	Falcon 9 SpaceX CRS-19	460km

ESTADO	TIPO DE MISIÓN	CATEGORÍA DE MISIÓN	DESCRIPCIÓN DE MISIÓN
OPERACIONAL	Space Technology	Novel	Structures & Mechanisms

DEPLOYER	RF TYPE	RF	NORAD ID
SLINGSHOT / EQUALIZER [SEOPS]	Globalstar	2.5GHz	45123

- \$50Sat (50-DollarSat, Eagle2, Morehead-OSCAR-76).

Esta misión fue desarrollada para demostrar la factibilidad de llegar a desarrollar, así como poner en órbita satélites de muy bajo costo. (Kulu, 2020).

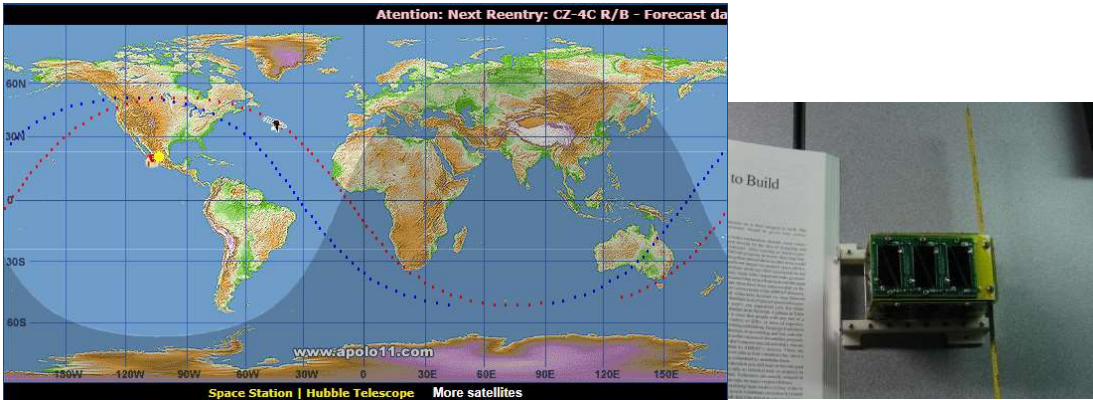


Ilustración 16. Imagen recopilada de (Kulu, 2020).

ORGANIZACIÓN	TIPO	PAÍS	UNIDADES	TIPO-SAT
UNIVERSIDAD MOREHEAD STATE	Universidad	EE. UU.	1.5U	PocketQube

FECHA LANZAMIENTO	COHETE	ORBITA
21/11/2013	Dnepr	620km

ESTADO	TIPO DE MISIÓN	CATEGORÍA DE MISIÓN	DESCRIPCIÓN DE MISIÓN
OPERACIONAL	Space Technology	Technology	System Design & Verification

DEPLOYER	RF TYPE	RF	NORAD ID
XRFOD (MOREHEAD ROME FEMTOSAT ORBITAL DEPLOYER)	UHF	437.505MHz	39436

- TDO-2

Primer CubeSat en GTO orbita. Proyecto con objetivo de probar tecnologías de rastreo para los desechos orbitales, con propósito de probar nuevas capacidades de los nanosatélites utilizados por las agencias de EE. UU. (Kulu, 2020).



Ilustración 17. Imagen recopilada de (Kulu, 2020).

ORGANIZACIÓN	TIPO	PAÍS	UNIDADES	TIPO-SAT
US AIRFORCE	Militar	EE. UU.	12U	CubeSat

FECHA LANZAMIENTO	COHETE	ORBITA
26/03/2020	Atlas V	GTO

ESTADO	TIPO DE MISIÓN	CATEGORÍA DE MISIÓN	DESCRIPCIÓN DE MISIÓN
NO INFO	Space Activity	Protection of assets in and from space	Scientific

DEPLOYER	RF TYPE	RF	NORAD ID
DESCONOCIDO	-	-	45464

- Quetzal-1

Se utilizó una cámara monocromática, junto con un mecanismo giratorio que sostiene y cambia entre cuatro filtros ópticos, para probar las capacidades de detección remota del satélite. Contribuir en el campo educativo en Guatemala, motivando y educando a los ciudadanos, especialmente a los niños, los jóvenes y el Club de Radioaficionados local. (Kulu, 2020).

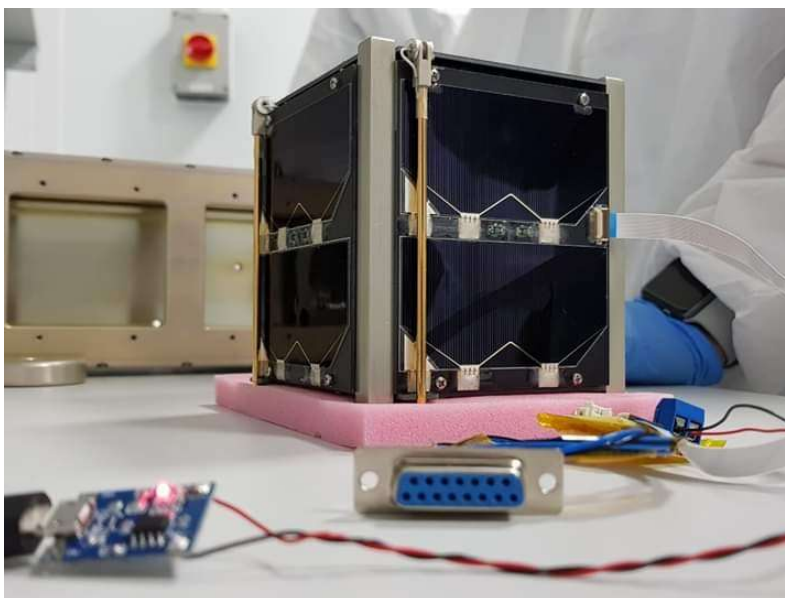


Ilustración 18. Imagen recopilada de (Kulu, 2020).

ORGANIZACIÓN	TIPO	PAÍS	UNIDADES	TIPO-SAT
UNIVERSIDAD DE GUATEMALA	Universidad	Guatemala	1U	CubeSat

FECHA LANZAMIENTO	COHETE	ORBITA
07/03/2020	Falcon 9 CRS-20	400km

ESTADO	TIPO DE MISIÓN	CATEGORÍA DE MISIÓN	DESCRIPCIÓN DE MISIÓN
UBICADO EN ISS	Space Technology	Educacional	Optoelectronics / optics / photonics

DEPLOYER	RF TYPE	RF	DEPLOYER
J-SSOD (JEM SMALL SAT ORBITAL DEPLOYER)	UHF	437.200MHz	J-SSOD (JEM Small Sat Orbital Deployer)

- ANGELS

El satélite recolecta y localiza señales y mensajes de baja potencia enviados por los 20,000 transmisores Argos que operan en todo el mundo. (Kulu, 2020).



Ilustración 19. Imagen recopilada de (Kulu, 2020).

ORGANIZACIÓN	TIPO	PAÍS	UNIDADES	TIPO-SAT
CNES	Space Agency	Francia	12U	CubeSat

FECHA LANZAMIENTO	COHETE	ORBITA
18/12/2019	Sojuz	515km

ESTADO	TIPO DE MISIÓN	CATEGORÍA DE MISIÓN	DESCRIPCIÓN DE MISIÓN
OPERACIONAL	Space Technology	Comunicaciones	RF Payload and systems

DEPLOYER	RF TYPE	RF	DEPLOYER
EXOPOD	-	-	EXOpod

- Nayif-1

Objetivo de proporcionar un proyecto espacial real para estudiantes de la Universidad Emiratí. Además, pretende entusiasmar y educar a los jóvenes sobre la radio, la física espacial y la electrónica. (Kulu, 2020).



Ilustración 20. Imagen recopilada de (Kulu, 2020).

ORGANIZACIÓN	TIPO	PAÍS	UNIDADES	TIPO-SAT
KHALIFA UNIVERSITY OF SCIENCE AND TECHNOLOGY	Universidad	United Arab Emirates	1U	CubeSat
FECHA LANZAMIENTO	COHETE	ORBITA		
17/11/2018	Antares	460km		
ESTADO	TIPO DE MISIÓN	CATEGORÍA DE MISIÓN	DESCRIPCIÓN DE MISIÓN	
OPERACIONAL	Space Technology	Educacional	System Design & verification	
DEPLOYER	RF TYPE	RF	DEPLOYER	
NRCSD-E (EXTERNAL NANORACKS CUBESAT DEPLOYER)	UHF	145.980MHz	NRCSD-E (External NanoRacks CubeSat Deployer)	

- Painani-1

El nano satélite contiene una cámara de baja resolución, así como capacidad de comunicación por medio de la banda S de radio frecuencia. (Kulu, 2020).

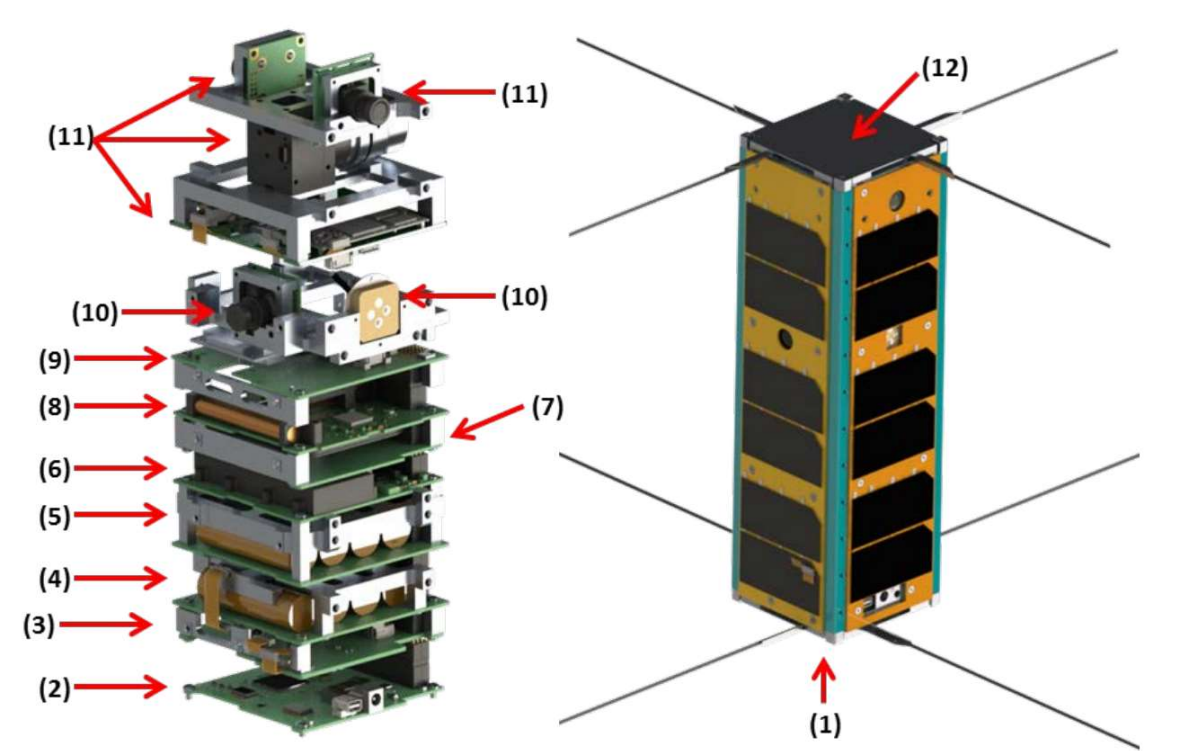


Ilustración 21. Painani | CubeSat, 3U. Recopilada de: (IARU Amateur Satellite Frequency Coordination, 2019) con fines educativos.

ORGANIZACIÓN	TIPO	PAÍS	UNIDADES	TIPO-SAT
SEDENA	Militar	México	3U	CubeSat

FECHA LANZAMIENTO	COHETE	ORBITA
29/06/2019	Electron	450km

ESTADO	TIPO DE MISIÓN	CATEGORÍA DE MISIÓN	DESCRIPCIÓN DE MISIÓN
OPERACIONAL	Space Technology	Militar	System Design & verification

DEPLOYER	RF TYPE	RF	NORAD ID
MAXWELL [ROCKET LAB]	UHF	-	44369

- AzTechSat-1

El objetivo de este nano satélite es el de lograr una mejor comunicación, así como un mejor flujo de información de la constelación de satélites GlobalStar. (Kulu, 2020).



Ilustración 21. AzTechSat-1, 3U. Recopilado de: (Kulu, 2020) con fines educativos.

ORGANIZACIÓN	TIPO	PAÍS	UNIDADES	TIPO-SAT
UNIVERSIDAD POPULAR AUTONOMA DEL ESTADO DE PUEBLA	Universidad	México	1U	CubeSat

FECHA LANZAMIENTO	COHETE	ORBITA
29/06/2019	Falcon 9 CRS-19	400km

ESTADO	TIPO DE MISIÓN	CATEGORÍA DE MISIÓN	DESCRIPCIÓN DE MISIÓN
OPERACIONAL	Space Technology	Educacional	Rf payload & systems

DEPLOYER	RF TYPE	RF	NORAD ID
NRCS (NANORACKS CUBESAT DEPLOYER)	UHF	437.3MHz	45257

- Lume-1

Este nano satélite es desarrollado con el enfoque de detectar incendios forestales para dar soporte al análisis y extinción de estos mismos. (Kulu, 2020).

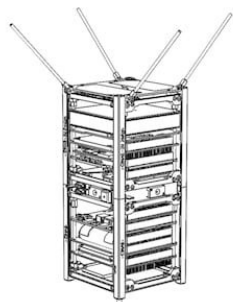


Ilustración 22. Lume-1, 2U. Recopilado de:
<https://alen.space/es/casos-de-exito/> con fines educativos

ORGANIZACIÓN	TIPO	PAÍS	UNIDADES	TIPO-SAT
UNIVERSIDAD DE VIGO	Universidad	España	2U	CubeSat

FECHA LANZAMIENTO	COHETE	ORBITA
27/12/2018	Sojuz-2-1b	490km

ESTADO	TIPO DE MISIÓN	CATEGORÍA DE MISIÓN	DESCRIPCIÓN DE MISIÓN
OPERACIONAL	Space Technology	Technology	System Design & verification

DEPLOYER	RF TYPE	RF	NORAD ID
QUADPACK	UHF	437.060 MHz	43908

Anexo 2. Preguntas para la entrevista.

1. Estructura.
 - a. ¿Qué tipo de estructura y materiales usaron y cuál fue el proceso para elegirlo?
2. Sistemas de energía
 - a. ¿Hay alguna diferencia entre PMAD y EPS?
 - i.(PMAD systems control the flow of power to spacecraft subsystems and instruments and are often custom designed by mission engineers for specific spacecraft power requirements... Several manufacturers supply EPS which typically have a main battery bus voltage of 8.2V but can distribute a regulated 5.0 V and 3.3 V to various subsystems.)
 - ii.¿Diseñaron el PMAD fue diseñado o fue un OTC?
 - b. PWM / MPPT
 - c. ¿Cuál recomienda usted?
 - d. ¿Cómo se distribuya la energía en un CubeSat (cuántos subsistemas de prenden a la vez, qué es lo que más gasta, etc)
3. ¿Valor educativo?
 - a. Realizar subsistemas por estudiantes por retroalimentación educativa o preferible subsistemas.
4. Legal y licitaciones.
 - a. Aclarar cómo se inicia el proceso (IFT o SCT).
 - b. ¿La licitación del satélite es de uso privado inciso a? (LFTR, art. 76, fracción III, inciso a)
 - i.En caso de que sí, ¿qué implica el concurso de la concesión? ¿Quién compete?
 - c. En el desarrollo de la misión, ¿se consideró el uso de cámaras? ¿Qué tipo de permisos para sensores consideraron/obtuvieron?
5. Como planificaron su modelo de costos
 - a. Distribución de costos mayor en estructura, ¿pruebas, sensores, actuadores?
 - b. Trabajaron sobre un límite de masa o trabajaron conforme a la marcha solo buscando estar debajo del límite del estándar de la masa.
 - c. Trabajaron sobre un solo satélite o desarrollaron un gemelo para pruebas (ETU).
6. Qué tipo de antena usaron y por qué.
7. Es recomendable usar un rotor biomecánico (sostener la antena con la mano)
8. De las pruebas que hicieron, ¿cuáles fueron las más difíciles? ¿Tuvieron dificultades de aprobar alguna?
9. ¿Cuál es la principal razón de que falle un CubeSat después de haber tenido comunicaciones exitosas?
10. Como atacaron el problema del ADCS
 - a. ¿Integrado o desarrollado?
 - b. ¿Qué computadora de vuelo utilizaron? ¿Es un sistema OTC o desarrollado?
11. ¿Qué control usaron?
 - a. Rueda de reacción, giroscopio o magnetorque.
 - b. ¿Qué tan importante es para este satélite su orientación?

CubeSat	Es un estándar de diseño de nanosatélites, cuya estructura es escalable en cubos de 10x10x11[cm].
Pico satélite	satélite con una masa menor a 1kg.
ESA	European Space Agency
NASA	National Aeronautics and Space Administration
AEM	Agencia Espacial Mexicana.
AX.25	Protocolo de capa de enlace, transfiere datos entre nodos y se usa en VHF y UHF
Banda de Frecuencias	Todas las frecuencias entre dos frecuencias de referencia.
Breadboard	Una placa de pruebas es una placa utilizada para hacer un modelo experimental de componentes para pruebas.
CDS	Conjunto de requisitos generales para todos los CubeSats, pero no es el conjunto oficial de requisitos que deberá seguir para su lanzamiento.
CRS	Servicio de Reabastecimiento Comercial
Delta-V	Cambios controlados de velocidad. Los movimientos de vehículos espaciales se expresan con este término.

ECS	European CubeSat Symposium
Factor de forma	Término usado para describir el tamaño, forma y arreglo de componentes de un dispositivo específico. Se refiere al tamaño y masa específicos que definen a un CubeSat.
FERAM	Ferroelectric Random Access Memory
DRAM	Dynamic Random Access Memory
CRAM	Card Random Access Memory
FLASH	Memoria no volátil.
FlatSat	Es una unidad de ingeniería del CubeSat que incluye todos los componentes, excepto la estructura.
FMRE	Federación Mexicana de Radio Experimentadores.
Hardware	Las partes físicas de una computadora.
IFT	Instituto Federal de Comunicaciones.
Interfaz	Es un término general que se refiere a cualquier punto donde dos o más componentes se unen.
ITU	International Telecommunications Union
LFTR	Ley Federal de Telecomunicaciones y Radiotransmisión
Microsatélite	satélite con una masa menor a 100kg.
Mini satélite	satélite con una masa menor a 180kg.
Misión	Termino genérico, ya que abarca a lo que puede ser el objetivo entero del proyecto o bien de solo una etapa del proyecto mismo.

MPPT	Maximum Power Point Tracking
MRAM	Magnetoresistive Random Access Memory
Nanosatélite.	satélite con una masa menos a los 10kg.
Orbita	Trayectoria que sigue un objeto físico alrededor de otro en el espacio.
Payload	Término utilizado para describir el cargamento que llevara una aeronave.
PCM	Pulse Code Modulation
PWM	Pulse Width Modulation
ADCS	Es el sistema diseñado para estabilizar y orientar el CubeSat hacia una dirección determinada. Este es un sistema crítico para el éxito de la misión. Si el satélite necesita apuntar sus paneles solares hacia el Sol para obtener la mayor potencia posible o si está tomando imágenes de la Tierra, su actitud debe establecerse en el valor correcto.
SCT	Secretaría de Comunicaciones y Transportes.
Software	Instrucciones que le dicen a una computadora qué es lo que debe hacer.
SRAM	Static Random Access Memory
TLE (two-line element)	Es un formato de datos que codifica una lista de elementos orbitales de un CubeSat en órbita terrestre para un momento dado, la época.
TNC (Terminal Node Controller)	Es un dispositivo utilizado por operadores

	de radioaficionados para participar en redes de radio por paquetes AX.25.
TRL	Nivel de madurez tecnológica, technological readiness level, por sus siglas en ingles. Indica la fase de las nuevas tecnologías, desde su concepción hasta las pruebas en un entorno real. Escala del 1 al 9, donde el máximo es la prueba exitosa de la tecnología.
VHF	Very High Frequency (30 a 300MHz)
UHF	Ultra High Frequency (300MHz a 3GHz)
Unit	Unidades que sueles describir el tamaño del nanosatélite. Se suelen medir en [U]'s.
DOA	Death On Arrival

Anexo 3 para: Investigación realizada en el siguiente doc.

[<https://digitalcommons.usu.edu/cgi/viewcontent.cgi?article=4246&context=smallsat>]

Anexo 4 para: Ensamblaje y demostración del CubeSat.

[<https://www.youtube.com/watch?v=shLPETczsF4>]

Ver anexo 5 para: Plataforma web con información de desarrollo del satélite.

[<http://www.50dollarsat.info>]

Ver anexo 6 para: Plataforma web con la ubicación actual del satélite en tiempo real.

[http://www.satview.org/?sat_id=39436U]