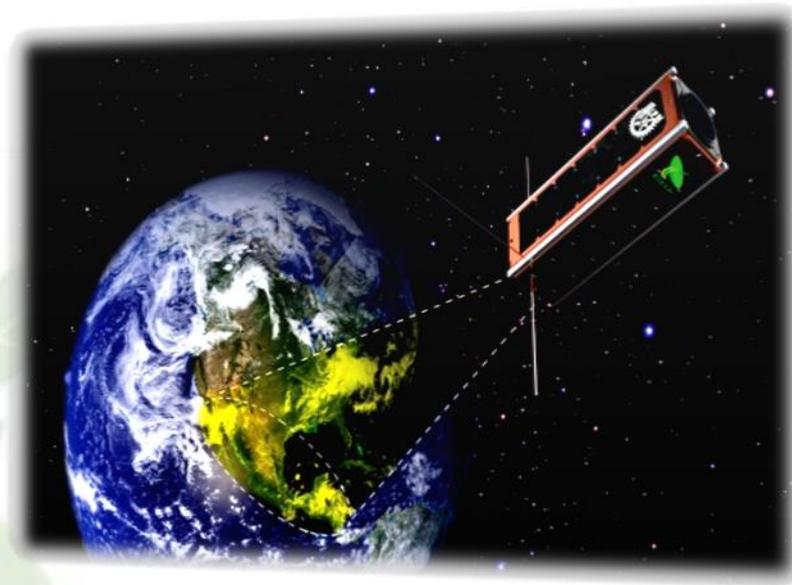


SEMINARIO AEROESPACIAL

TEMA : EL IPN SAT1



DR. BENJAMIN VARELA ORIHUELA
DR.DAVID MUÑOZ RODRIGUEZ

Octubre 2022



ANTECEDENTES E IMPORTANCIA DEL PROYECTO

- El instituto Politécnico Nacional cuenta en, diferentes unidades de trabajo, con investigadores/profesores de primer nivel experiencias afines al desarrollo espacial lo que permite plantear el IPN-SAT1 como un proyecto interdisciplinario que conjugue diferentes competencias y experiencias en materia espacial con un énfasis en observación de la tierra.
- No se puede dejar de mencionar el importante papel que juega la tecnológica espacia para el reconocimiento del planeta, la previsión del clima la detención de recursos naturales, las comunicaciones el control y seguimiento de vehículos, naves y aviones y la ubicación de personas entre otros.





- 1.-ANTECEDENTES SATELITALES**
- 2.- LOS SATELITES PEQUEÑOS Y LOS CUBSATS**
- 3.-ESTRUCTURA Y COMPONENTES DE UN CUBSAT**
- 4.-CARGA UTIL Y MISION DEL IPNSAT1**





❖ **Descubrimiento de la pólvora China S XI**

La pólvora fue inventada en China en el siglo IX; la composición de la pólvora data del siglo XI y relaciona las siguientes proporciones: salitre (75,7%); carbón vegetal (14,4%); sulfuro (9,9%).

❖ **Leyes de Newton (1643-1727). y Kepler (1571-1630).**

- Las leyes de Kepler permitieron a Isaac Newton, descubrir la **Ley de la Gravitación Universal 1687.**
- **Las leyes de Kepler 1609:** Entre los años 1605 y 1619 formuló las tres leyes del movimiento planetario que permiten la exacta especificación matemática de las trayectorias descritas por los planetas que giran alrededor del sol.

❖ **Julio Verne “De la Tierra a la Luna” 1865**

Novela científica, satírica y de ciencia ficción; obra que intenta de describir por primera vez con minuciosidad científica los problemas que hay que resolver para lograr enviar un objeto a la Luna.

❖ **Cohetes Alemanes 2ª Guerra mundial 1944**

El cohete V2, misil balístico desarrollado a principios de la Segunda Guerra Mundial en la Alemania nazi. Este cohete fue el primer misil balístico de combate de largo alcance del mundo y el primer artefacto humano conocido que hizo un vuelo suborbital, por lo que es el primer objeto artificial en llegar al espacio.

❖ **Sputnik URSS 1957**

Primer satélite de fabricación propia en orbitar en la Tierra.

Sputnik 2 (1959), llevaría por primera vez al espacio un animal, la famosa perra Laika.

❖ **En México. SATMEX SCT 1995**

En 1995 el gobierno mexicano reformó la Ley de Telecomunicaciones y con la Sección de Servicios Fijos Satelitales de Telecom constituyó la empresa Satélites Mexicanos S.A. de C.V.



ANTECEDENTES

Flotilla de satélites mexicanos

Satélites mexicanos				
Número	Nombre del satélite	Puesta en órbita	Fin de operaciones	Notas
1	Morelos 1	1985	1993	Hughes HS-376 con órbita 113.5° W. Fuera de operaciones.
2	Morelos II	1985	2004	Hughes HS-376 con órbita 116.8° W. Fuera de operaciones.
3	Solidaridad 1	1993	2000	Hughes HS-601 con órbita 109.2° W. Fuera de operaciones.
4	Solidaridad 2	1994	2013	Hughes HS-601 con órbita 113.5° W, desde 2006 en 114.9° W y desde 2008 en órbita inclinada. Fuera de operaciones.
5	Satmex 5	1998	2013	Hughes HS-601HP con órbita 116.8° W.11
6	Satmex 6	2006		Space Systems Loral (SSL) LS-1300X con órbita 113.0° W.11 En operaciones.
7	Satmex 7			Boeing Satellite Systems BSS-702SP. En construcción.17
8	Satmex 8	2013		Space Systems Loral (SSL) LS-1300E, para la órbita 116.8° W.11
9	Unamsat 1	1995	1995	Oscar 30 con órbita polar. Falló lanzamiento.
10	Unamsat B	1996	1997	Oscar 30 con órbita polar. De investigación, fuera de operaciones.
11	Unamsat III			En construcción.
12	QuetzSat 1	2011		Space Systems Loral (SSL) LS-1300 con órbita 77° W. En operaciones.
13	Mexsat 1 (Centenario)	2015	2015	Boeing Satellite Systems BSS-702HP-GEM. Falló lanzamiento (16 de mayo de 2015)
14	Mexsat 2 (Morelos III)	2015		Boeing Satellite Systems BSS-702HP-GEM. Por entrar en operaciones. Lanzado el 2 de octubre de 2015. 41
15	Mexsat 3 (Bicentenario)	2012		Orbital Sciences Corporation (OSC) Star— 2.4 Bus.42 Con órbita 114.9° W.
16	Satex 1			No concluyó.
17	Ulises I			Nanosatélite de fabricación mexicana, terminado el 11 de febrero de 2014. En proceso de lanzamiento.

Principios de Mecánica Orbital

Ley de la Gravitación Universal de Newton

Cualquier cuerpo de dimensiones considerables ejercerá una fuerza de atracción sobre otros cuerpos menores que se encuentren en su proximidad.

Si no existe ninguna otra fuerza que se oponga, el cuerpo menor será atraído por el cuerpo mayor o cuerpo padre.

Fuerza de Gravedad (FG) vs. Fuerza Centrífuga (FC)

El movimiento de un cuerpo menor (satélite) alrededor de un cuerpo de mayores dimensiones (Tierra), es influenciado por la FG que atrae al satélite hacia la Tierra, y al mismo tiempo por la FC que se resiste a dicha atracción.

3ª Ley de Kepler

"El cubo del radio promedio de la órbita es proporcional al cuadrado del periodo de traslación" (entre más grande la órbita más lento será el desplazamiento)

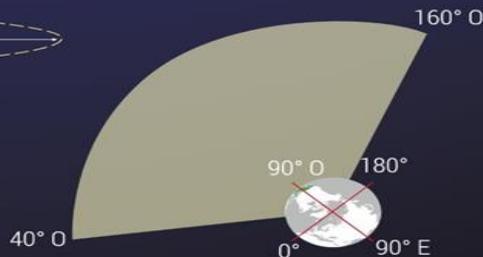


La Órbita Geoestacionaria

Es una órbita circular que se encuentra a aproximadamente 36 mil kilómetros de altura sobre la superficie terrestre, alineada con el plano ecuatorial de la Tierra y donde se presenta el equilibrio de las fuerzas $FG=FC$. Un satélite ubicado en esta órbita mantendrá la misma velocidad de rotación de la Tierra. En ese sentido, cualquier antena en la Tierra con línea de vista a este satélite se mantendrá orientada al mismo en todo momento.



La órbita geoestacionaria al ser un círculo cuenta con 360 grados ($^{\circ}$); los cuales están divididos en 180° Longitud Oeste (O) y 180° Longitud Este (E). El arco geoestacionario útil para prestar servicios en México se encuentra ubicado entre los 40° y los 160° de Longitud Oeste. Este segmento coincide con el arco útil para prestar servicios en los Estados Unidos de América y Canadá.

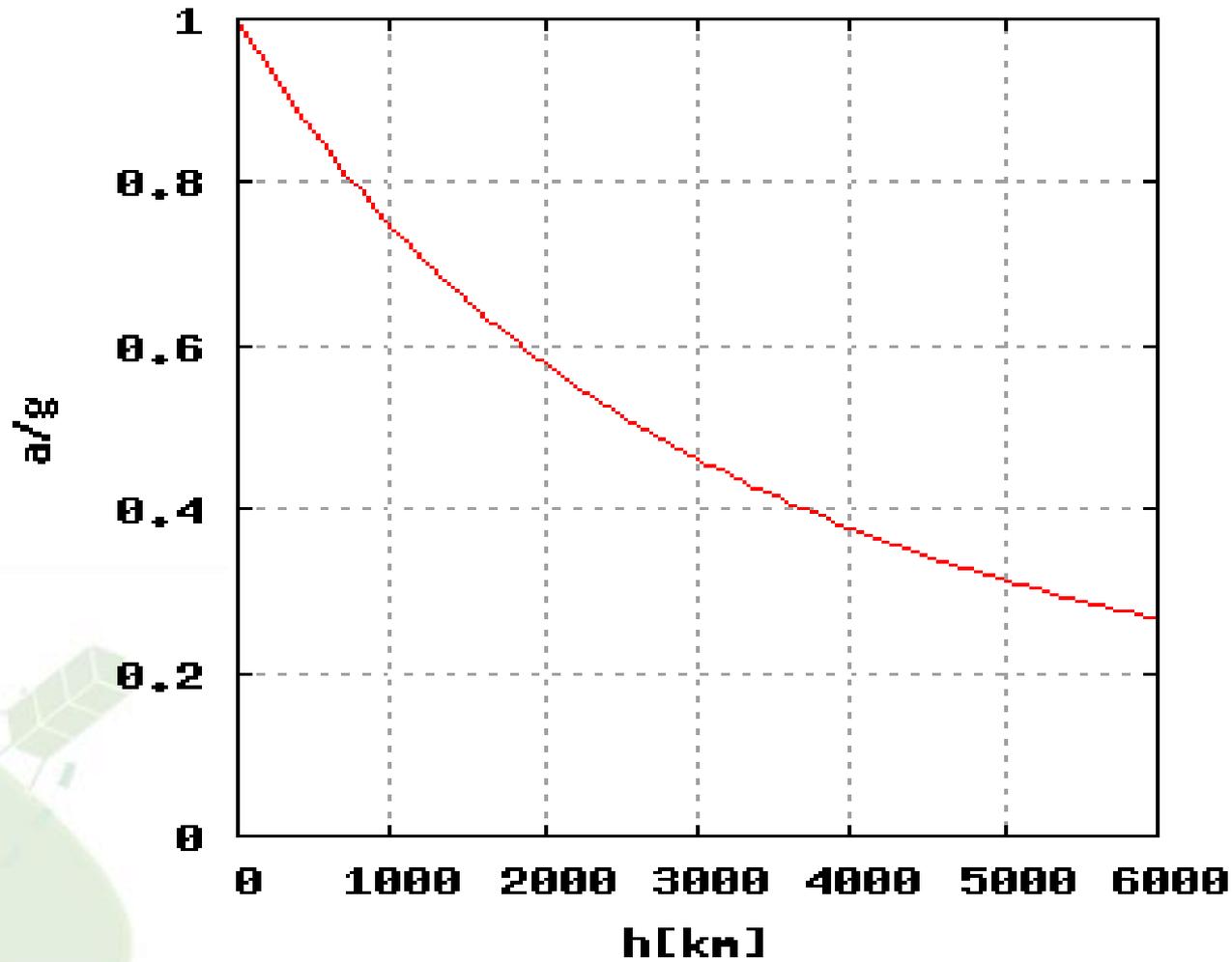


Fuerza Centrífuga

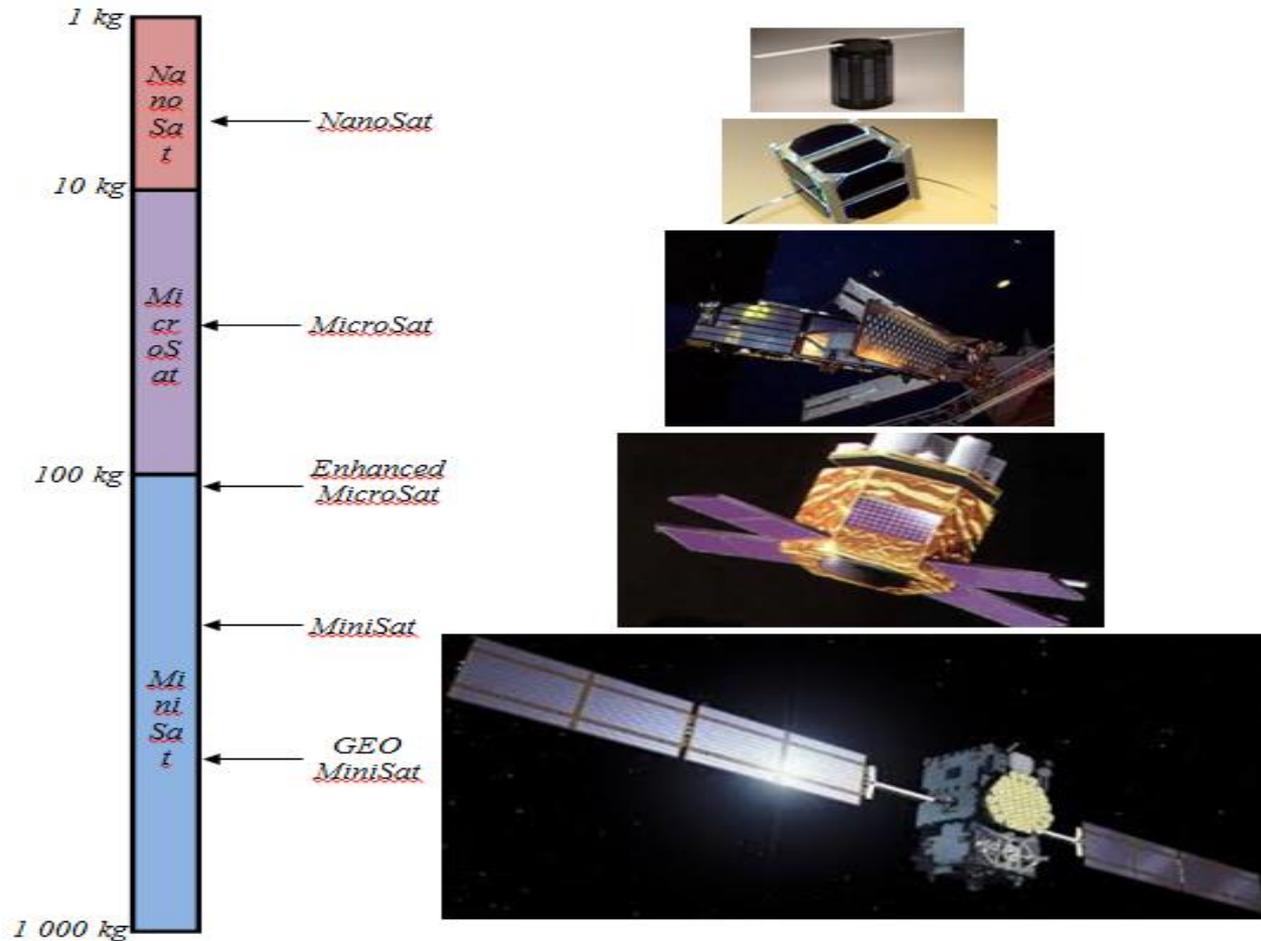
Cuando un cuerpo se mueve en círculo, se genera una fuerza que lo empuja hacia afuera del círculo. Esta fuerza se llama centrífuga (fugarse o alejarse del centro del círculo).



ACELERACIÓN GRAVITACIONAL



POR SU MASA





CLASIFICACIÓN DE LOS SATÉLITES

POR SU MISIÓN

Telecomunicaciones – *TV, Telefonía, Transferencia de datos.*

Posicionamiento - *GPS.*

Observación terrestre - *identificar, medir y analizar imágenes por medio de diversas técnicas y así obtener información sobre las características de un objeto ubicado a gran distancia.*

Científicos – *exploración e Investigación.*

Meteorológicos – *patrones climáticos.*

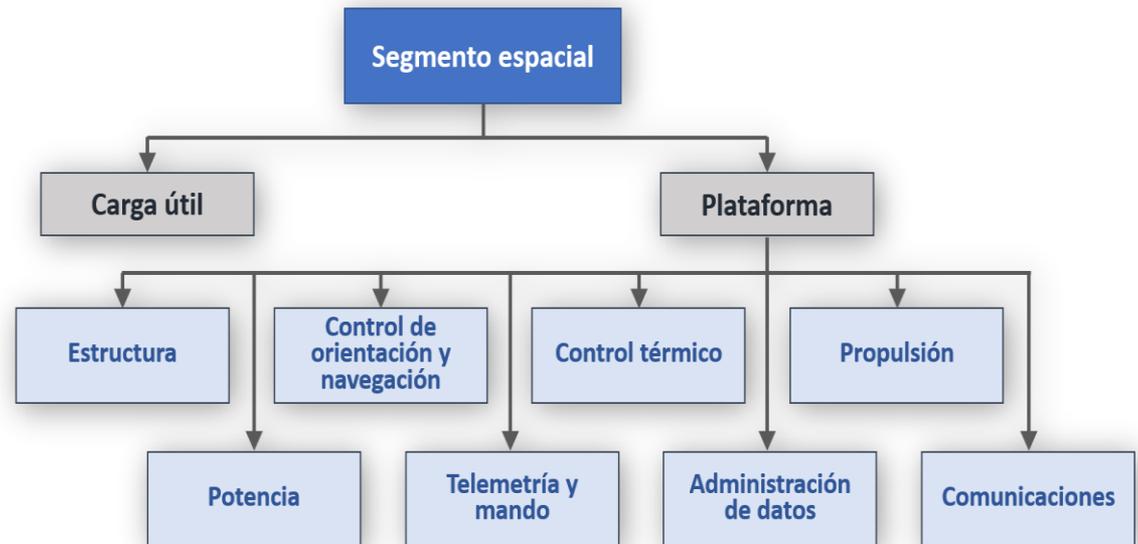
Militares – *variedad de servicios en telecomunicaciones.*

Componentes de un satélite

Está compuesto de una **plataforma** (bus) y una **carga útil** (payload)

La **plataforma** puede contener:

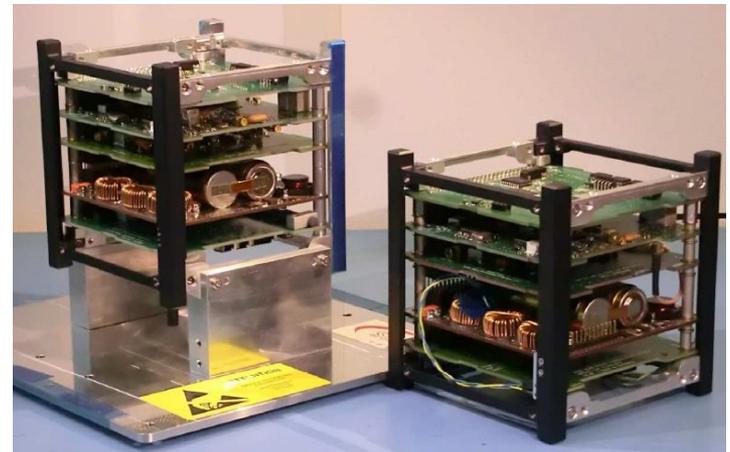
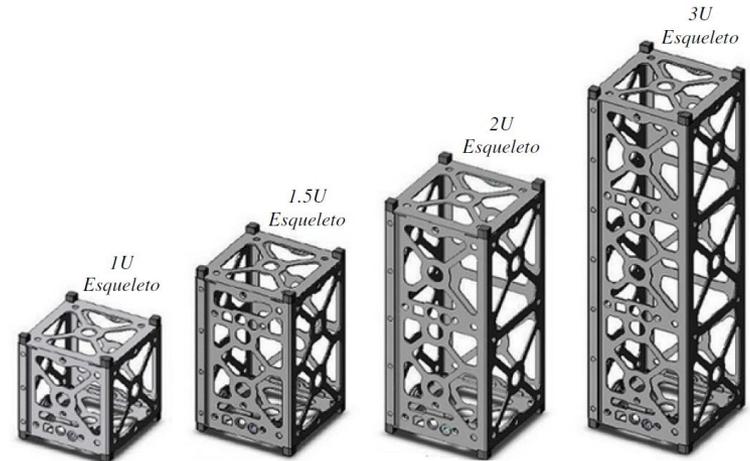
- Sistema de potencia
- Sistema de propulsión (en algunos casos)
- Control de orientación y navegación
- Sistema de control térmico
- Sistemas estructurales y de configuración
- Comunicaciones
- Telemetría y mando
- Administración y procesamiento de datos

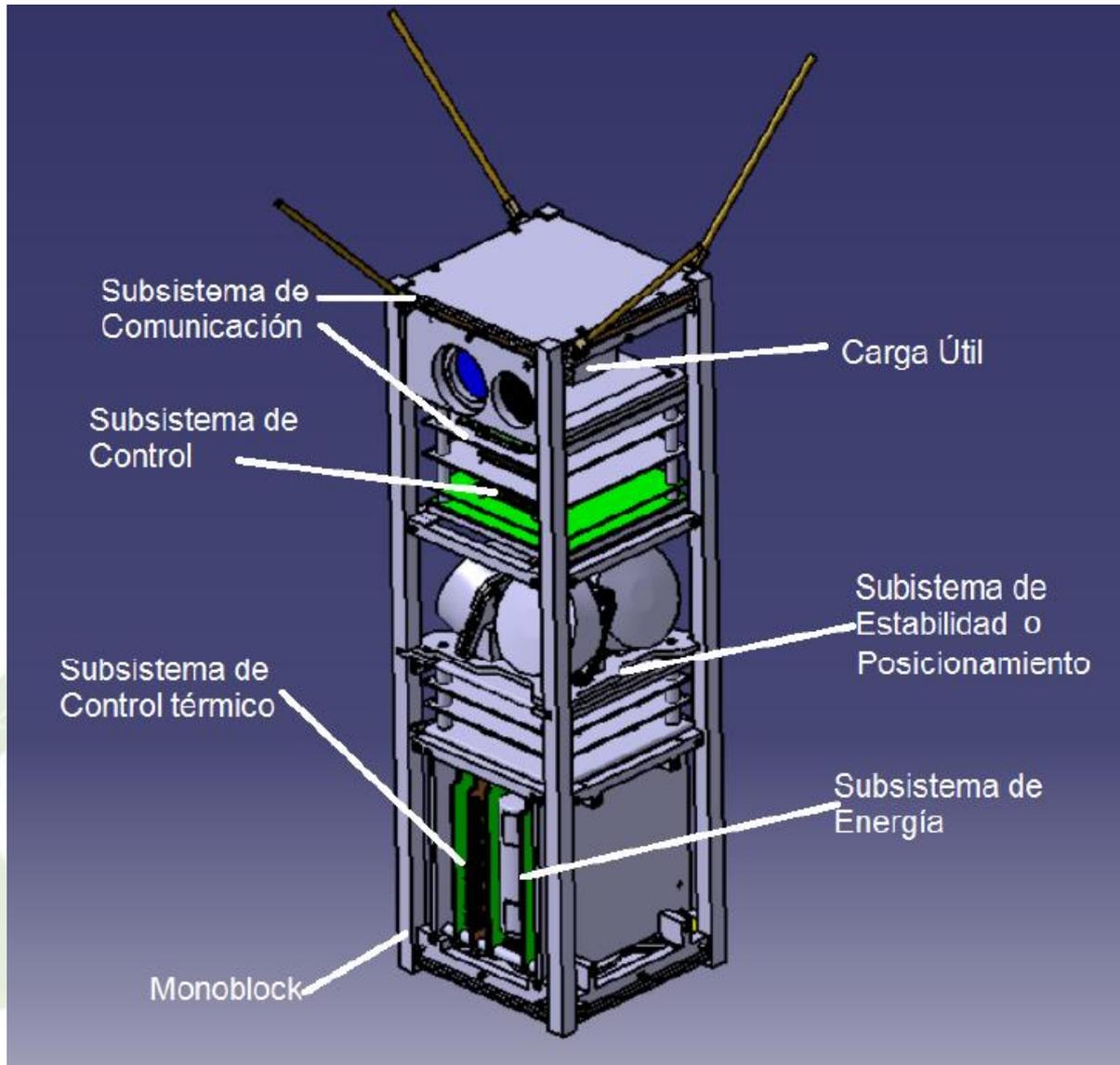




CUBESAT CARACTERISTICAS

- El CubeSat es una clase de satélite miniaturizado con fines de formación de recursos humanos especializados e investigación científica, que tiene en su configuración básica un volumen de 10 cm. x 10 cm. x 10 cm., y una masa no mayor a 1.3 kg. Se utilizan componentes de electrónica convencional.
- Se usan cohetes especiales para lanzarlos al espacio.
- El costo y tiempo de desarrollo es menor al de un satélite convencional.
- Presenta reducción en complejidades de ingeniería.
- Para el diseño y construcción estos satélites existen normas bien definidas que permiten su construcción y puesta en órbita
- Un factor muy importante es el que se refiere a definir con precisión el objetivo, la carga útil y la misión a que se dedicara este objeto en el espacio

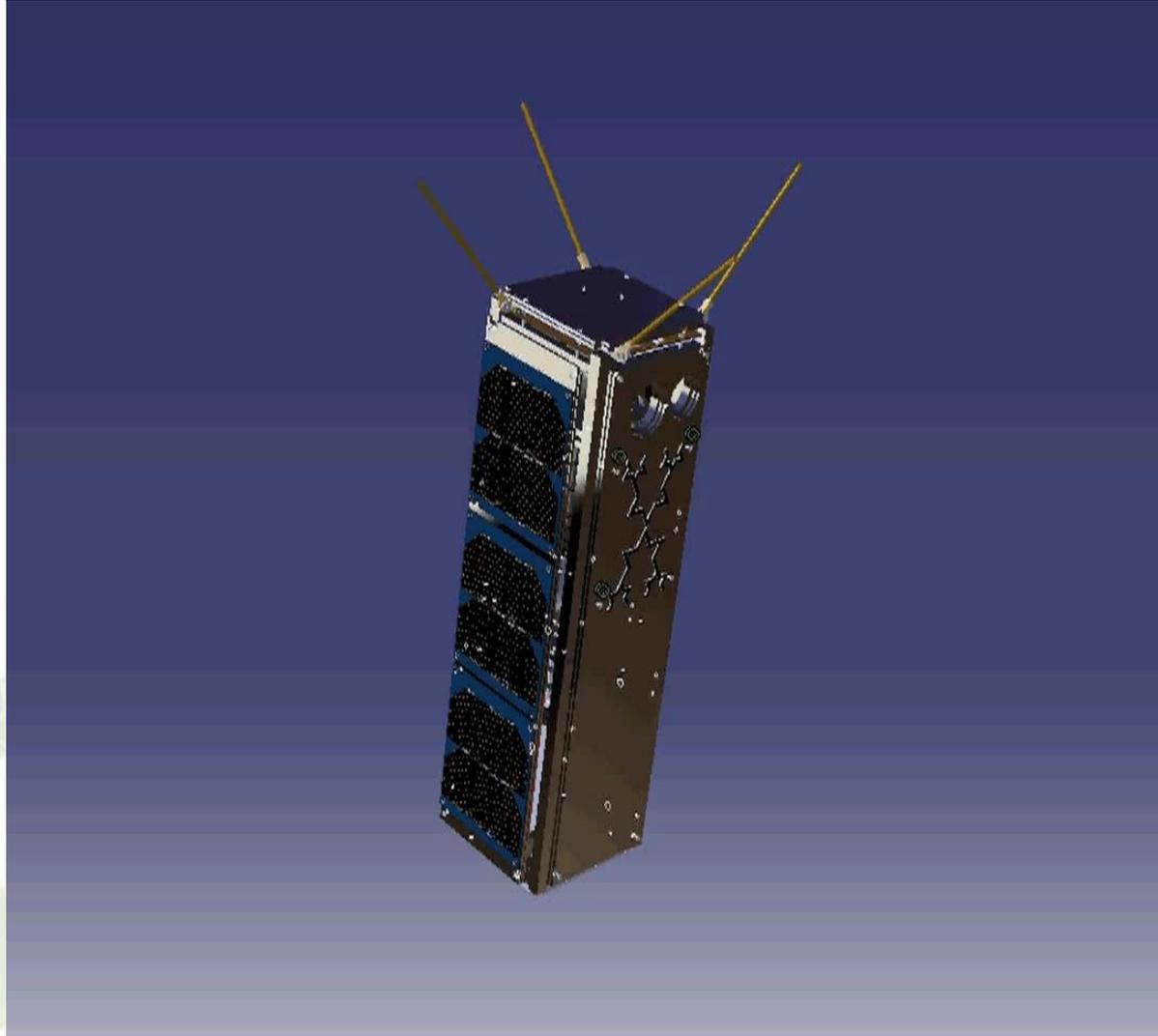






ESTRUCTURA Y COMPONENTES DE UN CUBESAT

Simulación de ensamble estructural del IPN-SAT-1





CARACTERÍSTICAS GENERALES DE LA MISIÓN

IPN SAT 1. Proyecto que consiste en diseñar, construir, probar, poner en órbita y operar un nanosatélite de 3 u, tipo CUBSAT. Este tipo de Satélite se encuentra en desarrollo en acuerdo con la norma CUBESAT definida por entidades académicas de los EUA y aceptada actualmente en el contexto internacional y en particular por las empresas lanzadoras que lo pondrán en la órbita de trabajo para cumplir su misión, la cual consiste en teledetección en una órbita con una altura aproximada de 450 kilómetros sobre el nivel del mar.



Se han realizado encuestas a directores de centros de investigación del IPN indicaron interés en:

- Estudio del fenómeno del cambio climático de mediano plazo;
- Estudio del estado de la vegetación en zonas boscosas;
- Estudios del crecimiento urbano Estudios de la presencia de masa agrícola o forestal
- Estudios de modificaciones en la masa vegetal en manglares
- Estudios de modificaciones de la línea de costa en zonas de manglar
- Análisis de la calidad ambiental
- 62% de los encuestados coinciden en la utilidad de NDVI

En base ha esto se ha establecido lo que será la misión principal de la carga espacial.



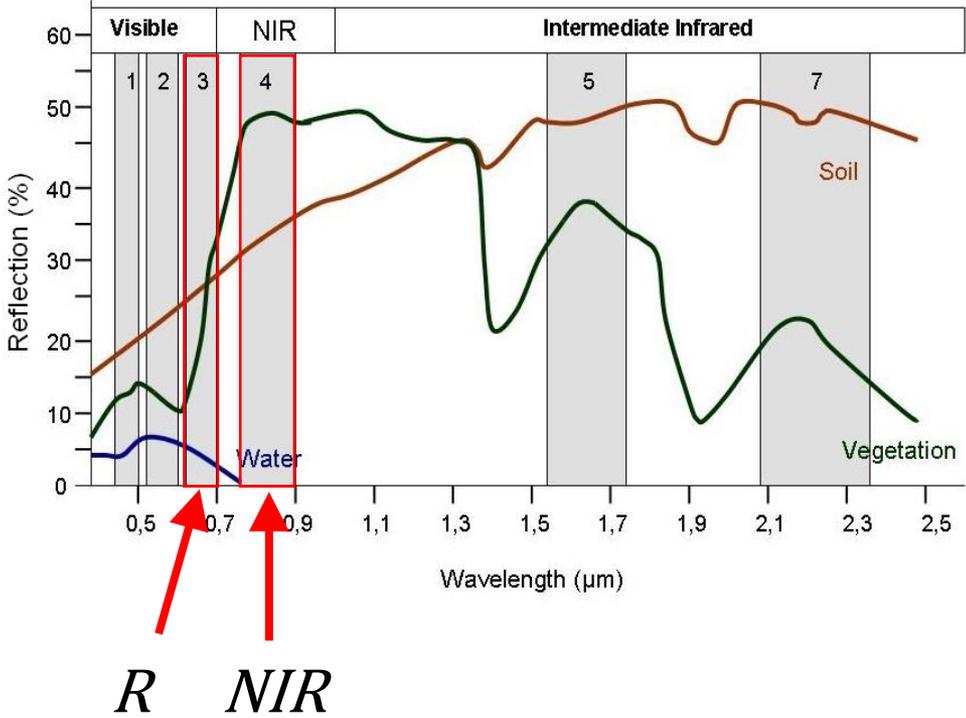
CARACTERÍSTICAS DE LA MISIÓN

- ❖ Nano satélite de tres unidades Cubesat cuya carga útil será un instrumento de percepción remota.
- ❖ Se tomará en cuenta la metodología y los procedimientos de la NASA para nano satélites Cubesat.
- ❖ Se aplicarán las normas establecidas para la construcción y pruebas de nano satélites Cubesat de la Universidad Politécnica Estatal de California en San Luis Obispo (Cal Poly) y la Universidad de Stanford.
- ❖ Se utilizarán componentes electrónicos de grado industrial disponibles comercialmente (COTS), reducen el costo, el tiempo de desarrollo y la complejidad en la ingeniería.

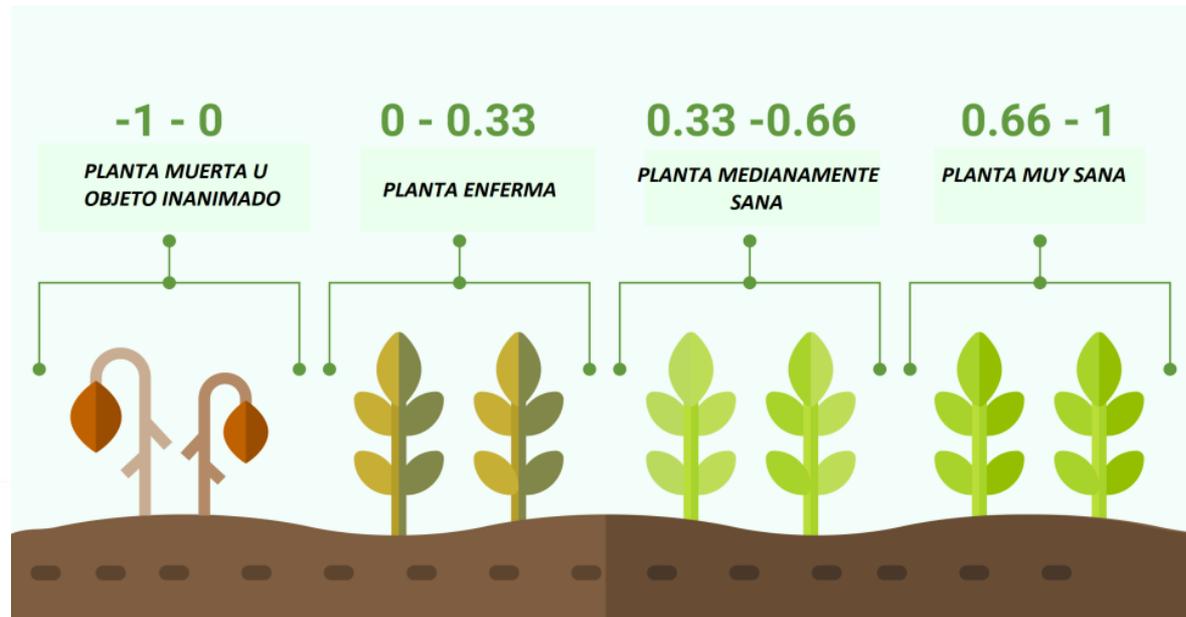
Valoración y monitoreo de la salud de la vegetación

Índice de vegetación de diferencia normalizada:

$$NDVI = \frac{NIR - R}{NIR + R}$$



<https://www.seos-project.eu/remotesensing/images/Reflexionskurven.jpg>





ÁREAS GEOGRÁFICAS DE INTERÉS EN LAS 45 ENCUESTAS ÚTILES

Centros	Regiones
CIIDIR Durango	Dgo, Zac, Nay, Chih, SMO, SO EE. UU.
CIIDIR Oaxaca	Oax, Itsmo Tehuantepec
CIEMAD	CDMX, Oax, Gto, SLP, Mich
CICIMAR	NO Mex, Península BC, Golfo CA, Sin, Ver, Laguna Términos, CAMP, Caribe, Golfo Tehuantepec





USO QUE SE DARÍA A LAS IMÁGENES DE NDVI

Usos Potenciales

- Análisis de la cobertura de manglares, estimación de biomasa y de su contribución a la producción primaria en la zona costera.
- Identificación de zonas de vegetación y cálculo de espesor óptico de vegetación.
- Evaluación de la vegetación en áreas naturales protegidas.
- Estudio de arribazones de sargazo a las zonas costeras y transporte oceánico.
- Investigar si existe diferencias de "salud" entre periodos climáticos contrastantes.
- Revisión de los cambios en los ríos y su uso en la agricultura.



- EL INSTITUTO TIENE INTERES EN PARTICIPAR EN EL DESARRO DE LA TECNOLOGIA ESPACIAL.**
- EN EL CDA SUS ESCUELAS Y CENTROS DE INVESTIGACION SE CUENTA CON CONOCIMIENTOS Y CIERTA EXPERIENCIA PARA ESTE PROYECTO.**
- SI BIEN EXISTEN EMPRESAS Y ORGANIZACIONES QUE PUEDEN DISEÑAR Y CONSTRUIR CUBSATs BAJO PEDIDO, NO ES EL CASO DE ESTE PROYECTO YA QUE SE BUSCA DESARROLLAR TECNOLOGIA ESPACIAL, APRENDER Y FORMAR RECURSOS HUMANOS CAPACITADOS EN ESTA TEMATICA Y ASI ATENDER UNO DE LOS ACUERDOS DE CREACION DEL CDA Y ESTAR ACORDE CON LOS OBJETIVOS DEL INSTITUTO.**



MODELO DE PRUEBAS Y MODELO DE INGENIERIA

El Proyecto debe considerar la construcción de dos nanosatélites, en virtud de las pruebas de funcionalidad y de requerimientos de seguridad de la empresa lanzadora.

Es decir, un modelo de Ingeniería y otro para ser lanzado.





ESTIMACIONES DE TIEMPO DE DESARROLLO Y NECESIDAD DE RECURSOS

Modelo de costos

El modelo propuesto por el CDA parte de la consideración de determinar los elementos de costo para el diseño, construcción, lanzamiento y operación de un satélite de clase CubeSat de una unidad (1U); de manera que mediante escalamiento se estima el costo correspondiente al caso de un satélite de tres unidades (3U). Se basa en un modelo desarrollado en el IPN y presentado como tesis de grado de Maestría en la ESIME Zacatenco, dirigida por el Dr. Arturo Solís Santomé. Director del Centro de Vinculación y Desarrollo Cancún.

De acuerdo con la aplicación del modelo propuesto, el costo de un satélite CubeSat de 3 U es de **22.130.416.53** pesos.

Links donde puede comparar el costo de diversos productos para CubeSat

https://www.pumpkinspace.com/store/c1/Featured_Products.html

<https://www.endurosat.com/products/>

<https://www.isispace.nl/>



IPN SAT 1: ALGUNOS SUBSISTEMAS

David Muñoz

26 Octubre , 2022

Centro de Desarrollo Aeroespacial-IPN



ALGUNOS SUBSISTEMAS

Subsistema de observación

Sub sistema de estabilización

Segmento en espacio

Subsistema de Comunicaciones

Georreferenciación y posicionamiento

Subsistema de computadora a bordo

Algunos Subsistemas del IPN-SAT 1

Aspectos mecánicos e integración

Subsistema de energía

Recepción
Procesamiento
Almacenamiento
, distribución y explotación
de imágenes

Sub sistema de Comunicaciones

Segmento en tierra

Otros equipos de trabajo:
Gestión de espectro radioeléctrico, lanzamiento, pruebas sistémicas y estrés, etc



Sub
sistema de
estabilización

El sistema de estabilización permitirá que la cámara sea dirigida hacia la región que se desea tomar de acuerdo a las efemérides del satélite

Se seleccionara la técnica de estabilización mas adecuada en términos de peso del satélite, energía disponible y requerimientos de estabilización de la cámara

Georreferenciación
y posicionamiento

Cada una de la imágenes deberá tener asociada una etiqueta que permita :
identificar la longitud, longitud y altitud de la región de la que se toma la imagen

identificar la localización desde la que se toma la imagen Identificar la hora en se realizo la toma la imagen

COMUNICACIONES

Segmento en espacio

Subsistema de Comunicaciones

Comunicación desde tierra durante despliegue y otras misiones interfase con la misión principal

Multiplexaje con otra información diversas como imágenes, geo-referenciación y tiempo y reportes de status y retroalimentación que se estimen pertinente de tomas



Se demanda especificar y en su momento instrumentar sub-subsistema de moduladores/demoduladores de acuerdo bandas de comunicación autorizables por IFT/SCT/UIT, antenas en satélite, protocolos con misión principal, protocolos de comunicación y corrección de errores. Compatibilidad con sistema de energía y computadora abordo, entre otros

Se demanda especificar y en su momento instrumentar sub-subsistema de moduladores/demoduladores de acuerdo bandas de comunicación autorizables por IFT/SCT/UIT, antenas en satélite, protocolos con misión principal, protocolos de comunicación y corrección de errores.

Diseñar y construir estación terrena con capacidad para seguimiento y rastreo del satélite de acuerdo a las efemérides calculadas y efectivas permitiendo la actualización de las mismas.

Compatibilidad e interacción con sistema de recuperación de imágenes en tierra

Sub sistema de Comunicaciones

Segmento en tierra

Simulación de la propuesta de misión del IPN SAT-1

Órbita polar baja (LEO) síncrona al sol, con altitud de alrededor de 500 km.

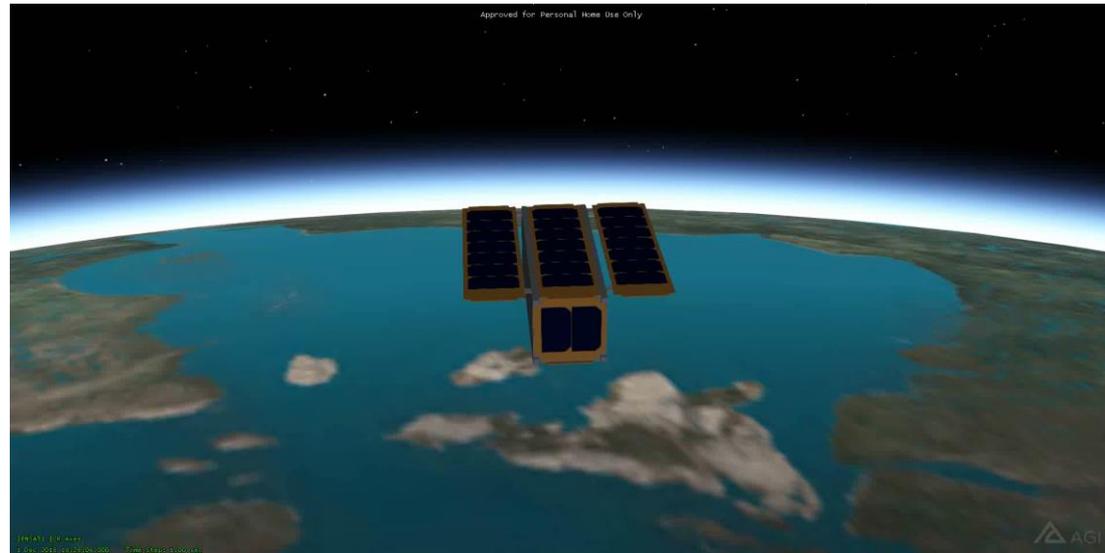
Inclinación tentativa: 97°

Periodo orbital: 92 min

Tiempo de ventana máx.: 12min aprox.

Velocidad: 7.6 km/s

Revoluciones por día: 15



Subsistema de energía

Se determinará la solución más viable del sistema de alimentación considerando de manera integral, tiempo, peso y dimensiones de subsistema de conversión fotovoltaico y otras medidas de desempeño.

Se incluirá sistema de baterías para operación de la carga satelital en periodo sombra.

La energía será suficiente para operación de todos los subsistemas del satélite.

Es importante destacar que en mucho la vida útil del satélite dependerá de la vida del sistema de alimentación. El sistema de alimentación deberá soportar cambios severos en la temperatura ambiente del satélite

Subsistema de computadora a bordo

Aspectos mecánicos e integración

Otros equipos de trabajo:
Gestión de espectro radioeléctrico, lanzamiento, pruebas sistémicas y estrés, etc



ALGUNAS ENTIDADES PARTICIPANTES EN EL PROYECTO IPN-SAT1

El proyecto es multidisciplinario y se desarrollará armónicamente con el concurso de diferentes entidades del IPN y permitirá el desarrollo de varios subsistemas de acuerdo a las capacidades del Instituto en materia espacial

Centro de Desarrollo Aeroespacial –IPN (Coordinación General del Proyecto)

Centro de Investigación y Desarrollo de Tecnología Digital -IPN

Centro de Investigación en Computo-IPN

Centro de investigación y Estudios Avanzados-IPN

Escuela Superior de ingeniería Mecánica y Eléctrica-IPN

Otros de acuerdo a las necesidades propias del proyecto



CALENDARIZACIÓN TENTATIVA : IPN-SAT 1



**Predefinición
subsistema
de sensores y
cámara**

**Especificación
subsistema
de sensores y
cámara** **Especificación
interfases con
otros
subsistemas**

**Inicio de diseño y
construcción del
instrumento**



**Predefinición
procesamiento
de imágenes**

**Compatibilización
con información
de cámara y
usuarios**

**Especificación
interfases con
otros
subsistemas**



Subsistema de Comunicaciones (y sus partes): compatibilizar requerimientos de cámara , computadora de abordo, sistemas de tierra



Computadora abordo : establecer requerimientos de los diferentes subsistemas



Establecer requerimientos para sistema de estabilización





CALENDARIZACIÓN TENTATIVA : IPN-SAT 1

Cuarta Etapa

Quinta Etapa

Sexta Etapa

Gestión de frecuencias

Gestión de órbita

Especificación y definición de requerimientos mecánicos

Construcción pruebas de vibración y termo vacío

Especificación y definición de requerimientos eléctricos

Construcción y prueba de sistema de energía

Especificación de pruebas y validación de subsistemas

Pruebas de integración y validación de modelo de prueba y modelo de vuelo

Gestión Lanzamiento y rastreo

Lanzamiento y rastreo

Recepción ,
procesamiento y
distribución de imágenes





TRABAJO CONCURRENTENTE

- **Se tuvieron situaciones de contingencia y se guardaron los lineamientos institucionales, sin embargo se sostuvieron reuniones de trabajo conducentes a una especificación de las partes satélite IPN-Sat1.**
- **A la fecha se cuenta con la formulación de la carga principal y se integran equipos de trabajo con la Coordinación del CDA y la participación de diferentes Dependencias del IPN para la integración de los subsistemas del satélite.**
- **Se planten reuniones de intercambio y retroalimentación entre los diferentes grupos de trabajo.**



Gracias

Centro de Desarrollo Aeroespacial