

4to Congreso Mexicano de Medicina y Salud Espacial 2018

Dr. Carlos Romo Fuentes
UNAM Facultad de Ingeniería
Unidad de Alta Tecnología
Campus Juriquilla



Octubre, 2018



Certificación EMC de instrumentación médica a bordo de misiones espaciales





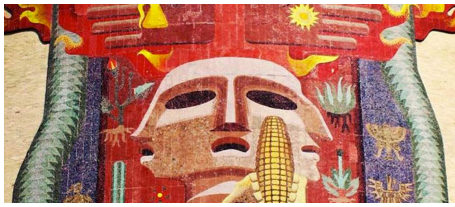
4to Congreso Mexicano de Medicina y Salud Espacial 2018



Contenido



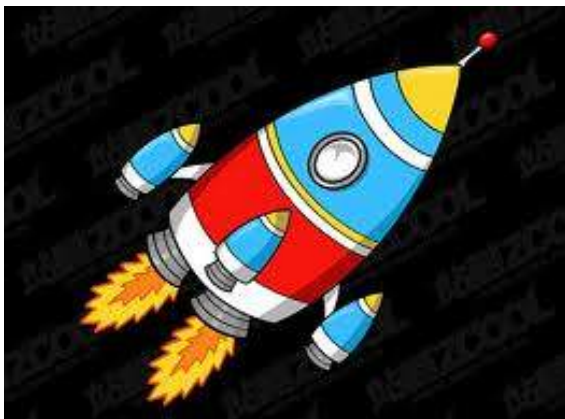
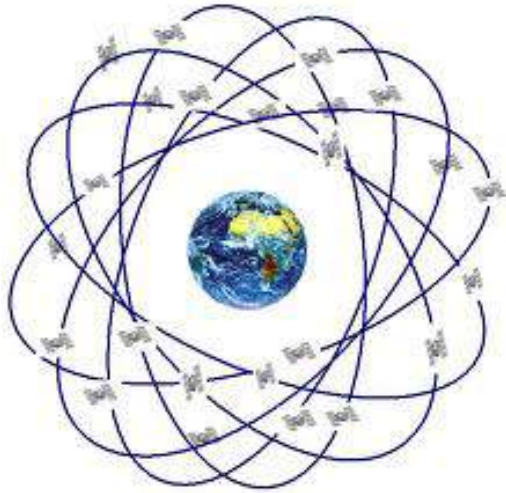
- Satélites artificiales
- Misiones de satélites
- Metodologías para el diseño de misión espacial
- Condiciones de medio ambiente espacial
- Pruebas de certificación espacial
- EMC en sistemas médicos



4to Congreso Mexicano de
Medicina y Salud Espacial 2018

SATÉLITES ARTIFICIALES

Naves espaciales diseñadas y construidas por el hombre,
enviadas al espacio en un vehículo de lanzamiento llamado
cohete para realizar una tarea.



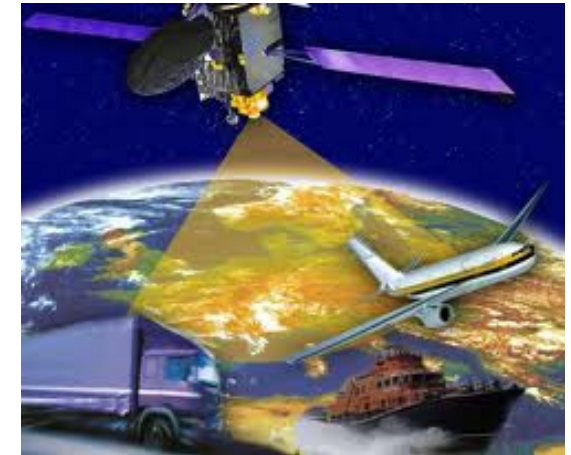
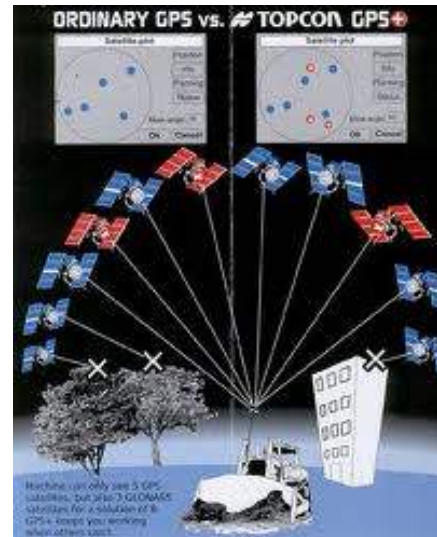
AEM
AGENCIA
ESPACIAL
MEXICANA





Aplicaciones de alto impacto de naves espaciales

Satélites de Navegación



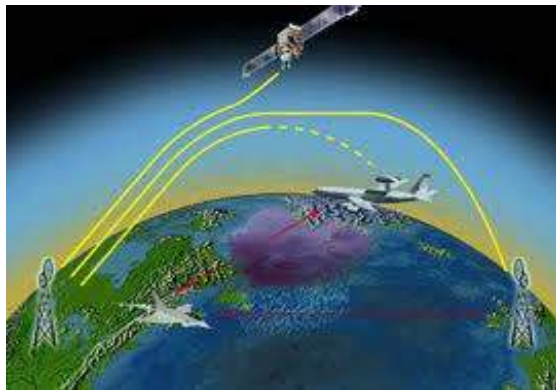
Satélites Meteorológicos



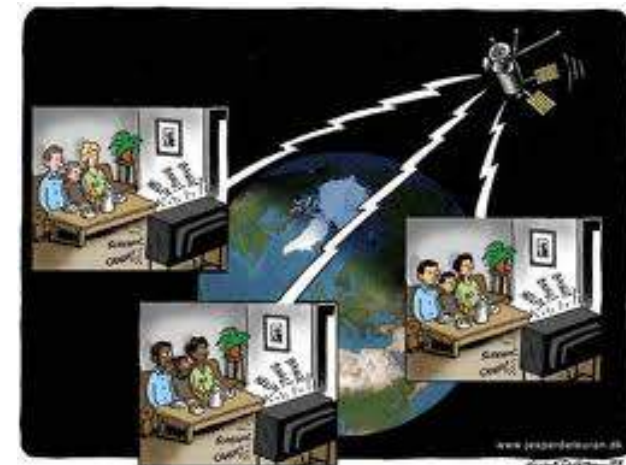


Aplicaciones de alto impacto de naves espaciales

Satélites de Comunicaciones



Satélites de Televisión





Aplicaciones de alto impacto de naves espaciales

Satélites Astronómicos

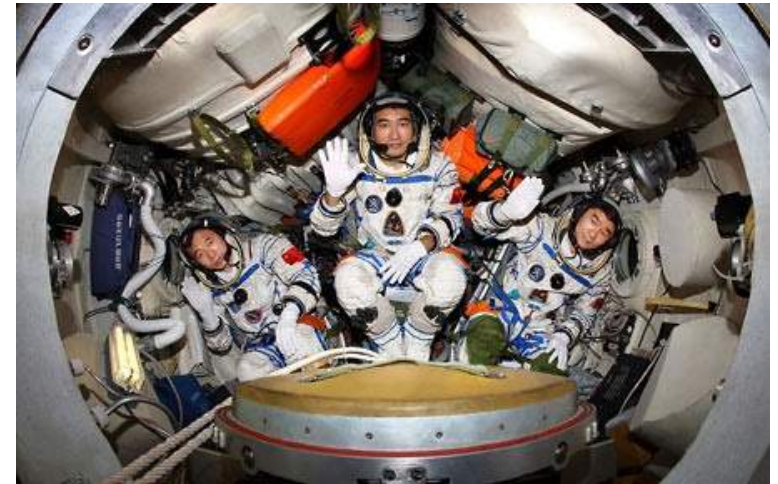


Satélites de Percepción Remota y de Investigación





Naves espaciales tripuladas



Divisiones de las **necesidades** de los astronautas

Del libro *Enfermería Espacial*, editado por la UNAM, la Agencia Espacial Mexicana y el Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología.

Para la investigación, los universitarios dividieron las necesidades de los astronautas en biológicas, ecológicas y sociales. Asimismo de manera temporal en tres momentos: antes, durante y después del viaje.



Antes

Muy parecido a la preparación física de un atleta.

Durante

Se asemeja mucho a un paciente hipersedentario que se encuentra en cama y sufre rhabdomiolisis, sarcopenia y osteopenia.



Después

Es más cercano a un adulto mayor en rehabilitación que ya tiene descalcificación. La microgravedad afecta sobre todo a los huesos, a los músculos y la circulación.

Diseño y desarrollo de equipo médico calificado para el espacio

Sistemas de monitoreo

Sensores y actuadores

Sistemas de almacenamiento y despliegue de información

Sistemas computacionales (SW)

Sistemas de alarmas

Sistemas de seguridad

Sistemas de control de ambiente

Sistemas de desechos

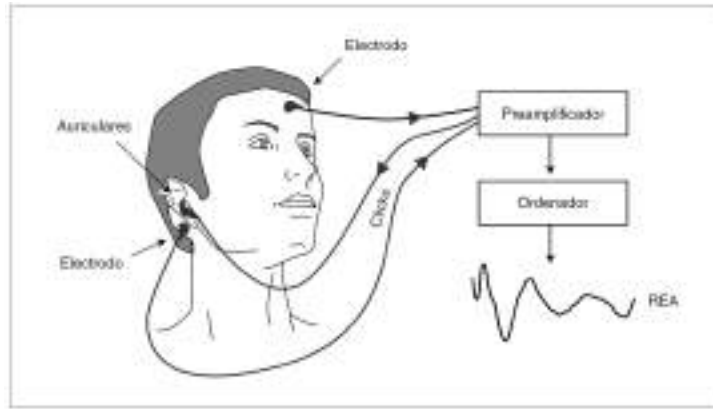
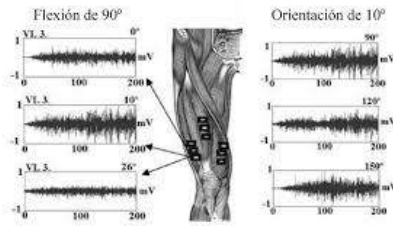
Sistemas de comunicaciones alámbricos

Sistemas de comunicaciones inalámbricos

Sistemas de regulación térmica

Sistemas de alimentación

eléctrica etc etc



EQUIPO RAYOS X

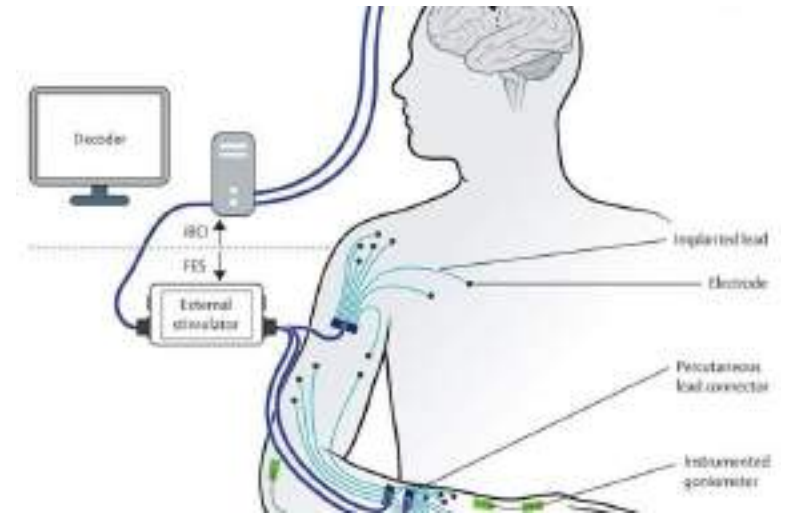
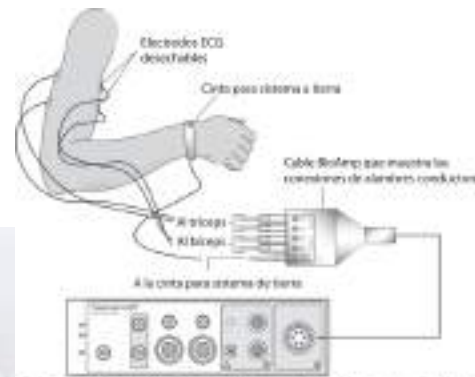
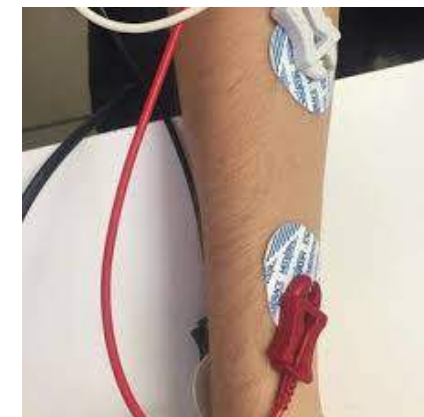


Imagen: Nancy Galindo Pineda. Curso: Manual de laboratorio de Reología. De: www.comunicacion.com (archivo 12/02/2010 16:44). Derechos Reservados.

EQUIPO ULTRASONIDO





Metodología establecida para el análisis y diseño de misiones espaciales (SMAD)

1. Definición de Objetivos.

Paso 1. Definir objetivos y limitaciones.

Paso 2. Estimación cuantitativa de las necesidades y requerimientos de la misión.

2. Caracterización de la Misión.

Paso 3. Definición de conceptos alternativos de la misión.

Paso 4. Definición de arquitecturas alternativas de la misión.

Paso 5. Identificación de sistemas estratégicos de cada arquitectura.

Paso 6. Caracterización de conceptos y arquitecturas de la misión.

3. Evaluación de la Misión.

Paso 7. Identificación de requerimientos críticos.

Paso 8. Evaluación de la utilidad de la misión.

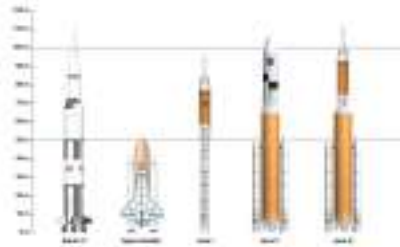
Paso 9. Definición del concepto de la misión (punto de referencia).

4. Definición de Requerimientos.

Paso 10. Definición de requerimientos del sistema.

Paso 11. Asignación de requerimientos a los elementos del sistema.

Programa espacial



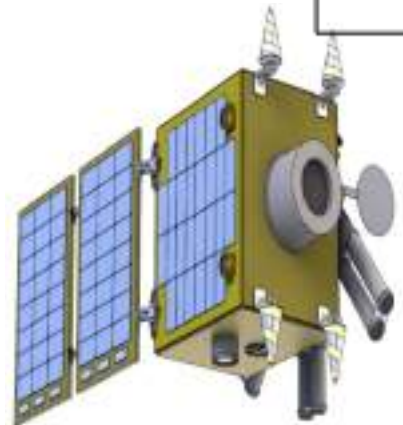
Objetivos de la Misión
Requerimientos del usuario
Limitaciones políticas
Limitaciones financieras

Requerimientos de la Misión
Desempeño
Confiabilidad
Cobertura
Costos
Ciclo de vida

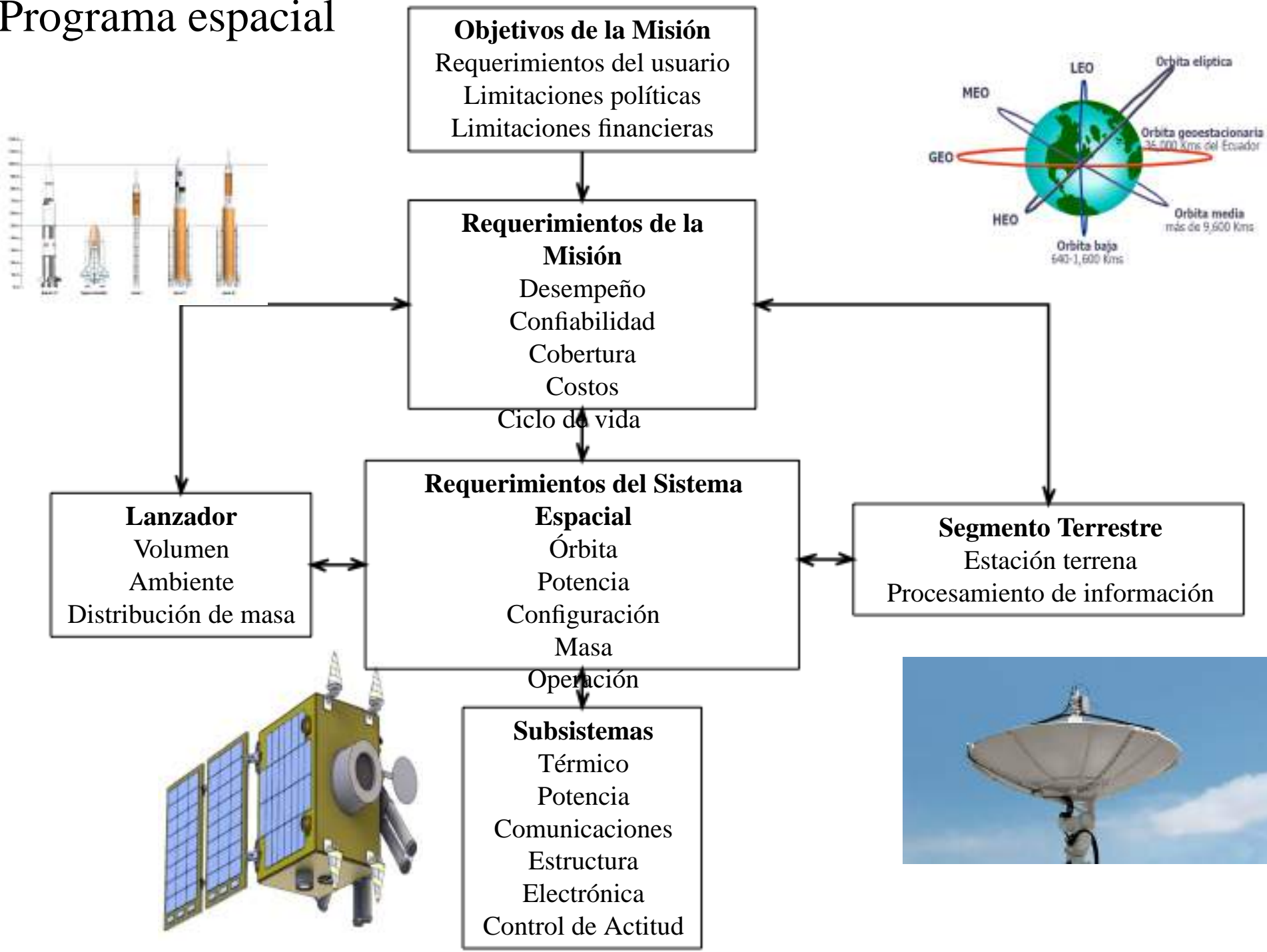
Requerimientos del Sistema
Espacial
Órbita
Potencia
Configuración
Masa
Operación

Subsistemas
Térmico
Potencia
Comunicaciones
Estructura
Electrónica
Control de Actitud

Lanzador
Volumen
Ambiente
Distribución de masa



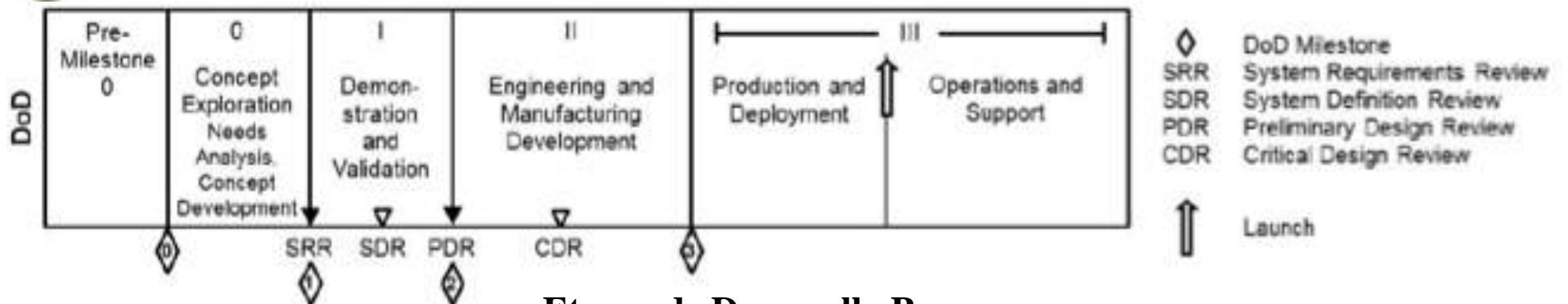
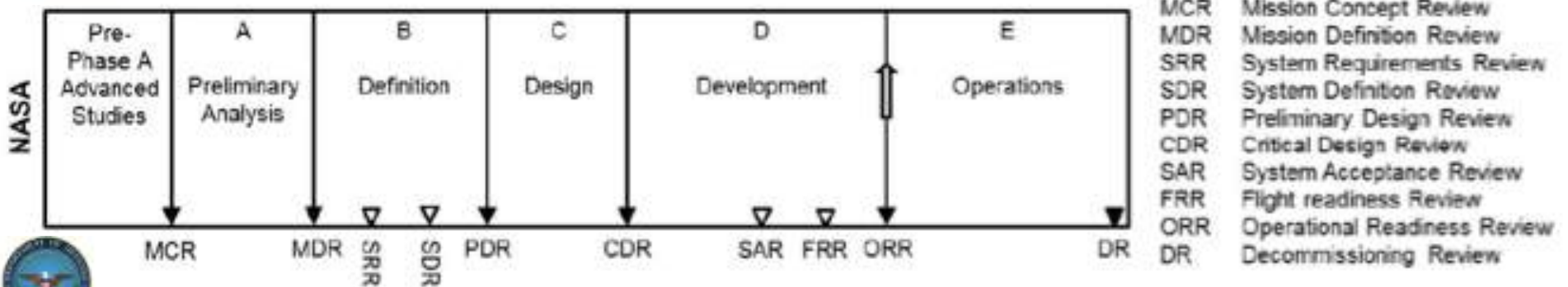
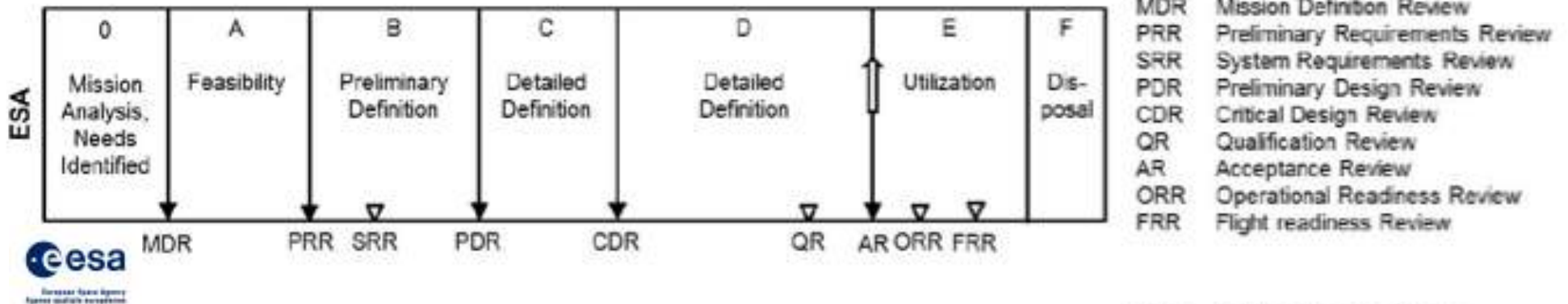
Segmento Terrestre
Estación terrena
Procesamiento de información



Ciclo de vida de la misión espacial



1. Exploración de Concepto.
2. Desarrollo Detallado.
3. Producción y





Etapas de Desarrollo Programas Espaciales

Medio ambiente espacial

- **Presión alto vacío:** estándar militar MIL-STD-1540B ($\sim 10E-4$ Torr) en la primera fase, en el diseño se considera un vacío final de $\sim 10E-8$ Torr.
- **Radiación solar:** efectos de dosis de ionización total, efectos de daños por desplazamiento, los efectos de eventos individuales.
- **Estrés térmico:** gradientes de 200 grados en paredes de la estructura, temperaturas que van desde -70 a 200 grados centígrados.
- **Micrometeoritos:** impactos directos sobre estructuras de la nave.
- **Microgravedad:** pérdida de gravedad respecto a la altitud de la órbita.
- **Radiación electromagnética:** interferencia electromagnética, ambiente electromagnético interno, descargas electrostáticas.

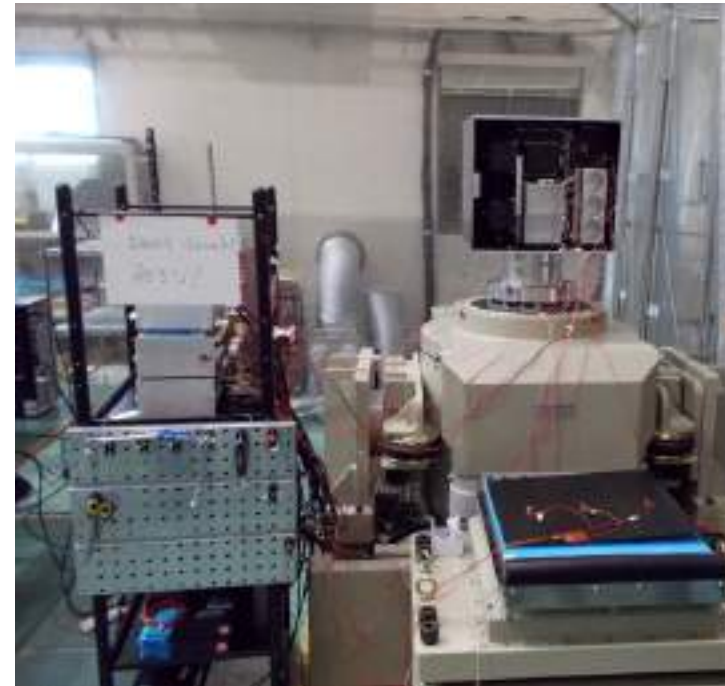
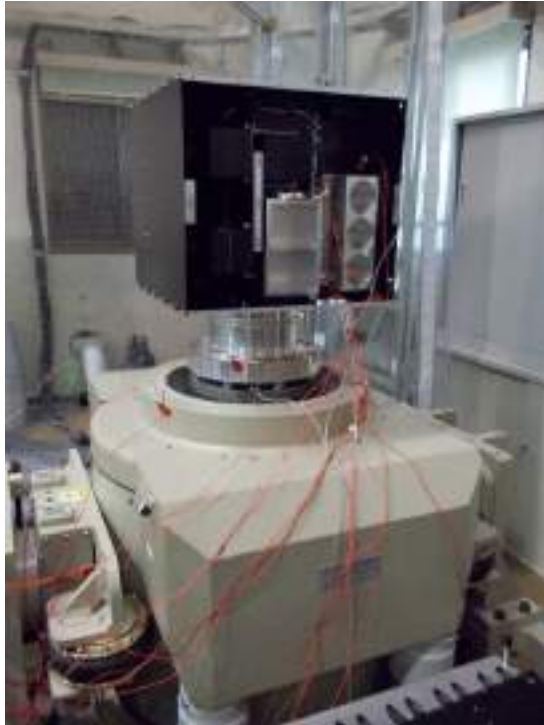
e
s
t
á
n
d
a
r

Pruebas de certificación espacial

Vibraciones	
Acústica Ruido	
Separación	
Impacto	
Térmicas	
Vacío	
Basura Espacial / Micro-meteoritos/ Polvo	
Pruebas de Estática	
EMC	
Radiación Espacial	

Vibraciones

Simulación de las diferentes frecuencias y modos de vibración que pueden presentarse durante todas las etapas de lanzamiento, para esto, se manejan diferentes modos de vibraciones en cada uno de los ejes (X, Y, Z) y modos de vibración combinados.



Características mecánicas que presenta el equipo o instrumentación médico:
Sujeción, interfaces, piezas sueltas, cables, conectores, materiales, puntos frágiles, color, entre otros.

Termovací



Para poder llevar a cabo el diseño, construcción y pruebas de motores espaciales se requieren de cámaras de vacío con la capacidad de alcanzar ultra alto vacío ($\sim 1 \text{ E-8 Torr}$) y trabajar en el rango de temperaturas de $-150 \text{ }^\circ\text{C} < T < 200 \text{ }^\circ\text{C}$.

Estas condiciones extremas de vacío y temperatura emulan dos de las condiciones del medio ambiente espacial con las que se puede realizar pruebas de pre-certificación y certificación espacial de sistemas espaciales que es el segundo objetivo de este laboratorio.

Dimensiones : 2 m de diámetro x 3.5 m de largo

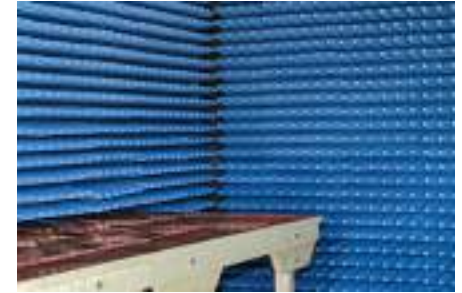
Material: Cámara & tuberías (304 SS) y Bridas CF (304L SS)

Acabado de la superficie: Interior y Exterior Glass bead blasted

Tolerancias: Maquinado (DIN ISO 2768 m) y Soldadura: DIN EN ISO 13 920 B

Compatibilidad Electromagnética

EMC



Las dimensiones de la cámara anecoica diseñada son:

Dimensiones internas

7.0 x 6.7 x 4.3 m (LxWxH)

Dimensiones externas

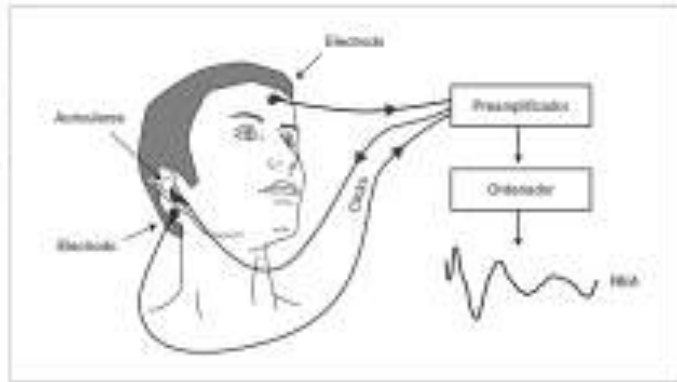
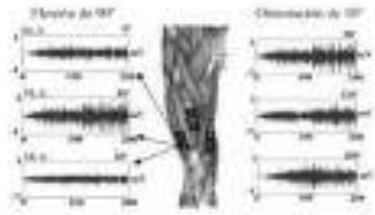
7.3 x 7.0 x 4.8 m (LxWxH)

Zona de trabajo interno

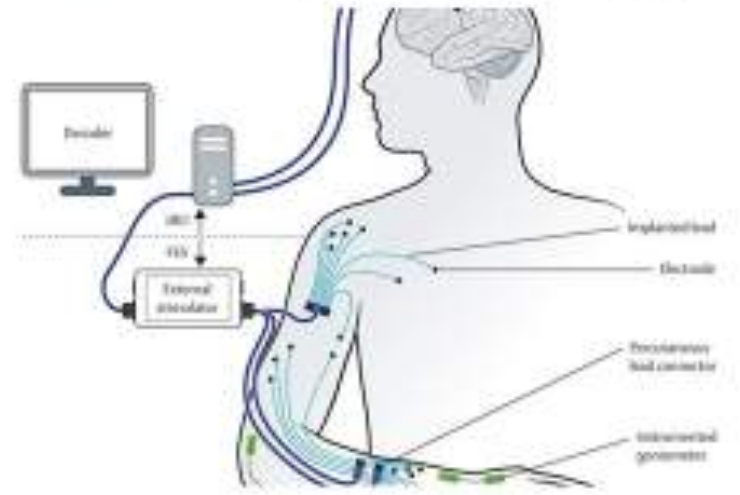
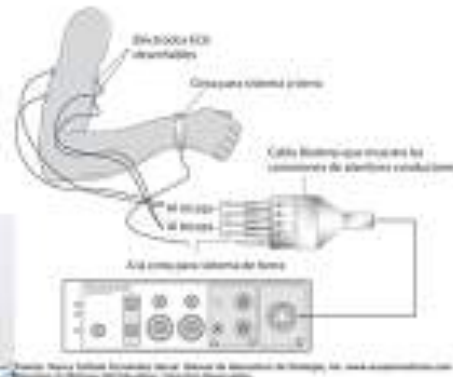
5.8 x 4.9 x 3.4 m (LxWxH)



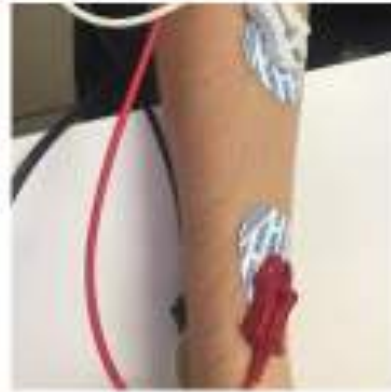
Los estándares que se cumplen con esta cámara cubren distintas industrias (espacial, aeronáutica, automotriz y metal mecánica (electrodomésticos)).



EQUIPO RAYOS X



EQUIPO ULTRASONIDO



EQUIPO RAYOS X



- Inicio
- Inicio
- Inicio
- Inicio
- Inicio



Rendimiento esencial para productos médicos



Término introducido en el año 2001 en el estándar IEC 60601-1-2 y utilizado en la familia de estándares para equipo médico eléctrico y sistemas médicos eléctricos (aparatos médicos)

Interference Technology
Guide 2017





4to Congreso Mexicano de Medicina y Salud Espacial 2018

El rendimiento esencial de un aparato médico se determina a partir de los siguientes métodos:

- Aplicando el estándar IEC/ISO 60601-2-X
- A través del estándar general de seguridad 60601-1
- Determinado a partir del análisis de riesgos del fabricante



Las perturbaciones electromagnéticas son sólo uno de los fenómenos que puede afectar a los aparatos médicos, tanto en el rendimiento esencial como en la seguridad básica del mismo.

Algunos ejemplos de rendimiento esencial en equipo médico:

- La precisión en una función de soporte de vida o la correcta administración de un medicamento, donde la administración incorrecta daría como resultado un riesgo inaceptable para el paciente;
- el correcto funcionamiento de una alarma, donde la falla de alarma daría como resultado una respuesta incorrecta por parte del personal médico;
- el nivel de potencia de salida acústica correcta en el diagnóstico entregado por un sistema de imágenes por ultrasonido, donde la potencia de salida acústica en exceso daría lugar a un riesgo inaceptable para el paciente;
- la correcta entrega de información de un diagnóstico para determinar el tratamiento de un paciente, donde una información incorrecta resultaría en un riesgo inaceptable para el paciente;
- el movimiento correcto y preciso de una máquina de caracterización robótica por control remoto, donde movimientos incontrolados o no intencionales pueden resultar en riesgos inaceptables para el paciente



En términos de parámetros de rendimiento esencial:

Precisión en la reproducción de las señales

Rango dinámico de entrada y voltaje diferencial de offset

Impedancia de entrada

Ruido de entrada

Crosstalk multicanal

Control de ganancia y estabilidad

Velocidad de barrido

Respuesta en frecuencia y de impulso

Indicador de ganancia

Rechazo de modo común

Restablecimiento de la línea de base

Capacidad de despliegue del pulso de marcapaso

Rechazo de pulsos de marcapasos

Sincronización de pulsos

Rango del ritmo cardiaco,

Altura de canal y relación de aspecto



Desarrollo de un plan de prueba bajo el estándar IEC 60601-1-2.

Es de vital importancia determinar y justificar cuáles parámetros del aparato deben monitorearse durante las pruebas de inmunidad



El rendimiento de un aparato en la presencia de una alteración electromagnética es importante debido a que los pacientes, operadores y reguladores esperan que el aparato médico no sólo será seguro sino que también trabajará en el ambiente en el que el fabricante indica que será utilizado.

Los criterios de conformidad son los que establecen la diferencia entre rendimiento esencial y sólo rendimiento.

El rendimiento esencial está relacionado con un rendimiento de seguridad



Buena compatibilidad electromagnética y practicas de ingeniería de seguridad funcional utilizadas durante la etapa de diseño, junto con técnicas y mediciones apropiadas.



Conformidad con estándares de pruebas de EMC para emisiones e inmunidad aplicables al ambiente electromagnético normal que se espera que se presente, durante el ciclo de vida, asumiendo que no hay fallas.



Prácticas adicionales apropiadas, técnicas y mediciones son utilizadas para asegurar que los riesgos permanezcan tolerables, a pesar de alteraciones electromagnéticas razonablemente previstas y/o fallas durante el ciclo de vida.



Resiliencia electromagnética



Conclusiones

- Seguir metodología de diseño de sistemas espaciales.
- Identificar las condiciones de medio ambiente bajo las cuales estará operando el aparato médico
- Definir y evaluar las condiciones de riesgo.
- Considerar las restricciones y pruebas de certificación espacial durante el lanzamiento.
- El aparato médico deberá contar con los certificados de EMC para sistemas espaciales.
- No olvidar que todos los equipos deberán pasar por pruebas de EMC por lo que es importante considerarlo desde un inicio del diseño del aparato médico.
- El diseño de sistemas espaciales se desarrolla en grupos multidisciplinarios.



4to Congreso Mexicano de
Medicina y Salud Espacial 2018

GRACIAS



Dr. Carlos Romo Fuentes
carlosrf@unam.mx

octubre 2018

SCT
SECRETARÍA DE
COMUNICACIONES
Y TRANSPORTES



AEM

AGENCIA
ESPACIAL
MEXICANA

