



## PARTE I: PROYECTOS DE SISTEMAS OPTO-MECÁNICOS

### Resumen

Se estudian los conceptos necesarios para acometer un proyecto opto-mecánico. Los fundamentos teóricos, las estrategias adecuadas de diseño, los aspectos de fabricación, montaje y pruebas son también ilustrados con varios casos de estudio de sistemas reales, explicados con detalle de principio a fin.

#### **Módulo 1: Introducción a los sistemas opto-mecánicos**

Contiene una introducción a la opto-mecánica. Se describen sus rasgos característicos, su relación con otras disciplinas y sus aplicaciones en la industria actual.

#### **Módulo 2: Conocimientos previos: óptica y mecánica**

La opto-mecánica es una tarea multidisciplinar. En este módulo se repasan algunos conceptos importantes de la Ingeniería Mecánica, la Física, en general, y la Óptica, en particular, que serán la base para el proceso de diseño opto-mecánico.

#### **Módulo 3: Estrategias del diseño opto-mecánico**

Se estudian las distintas aproximaciones y tipologías que han demostrado ser más eficaces para el diseño de sistemas opto-mecánicos; los modos de lograr un diseño seguro y repetible, inmune a cambios de temperatura y a vibraciones. También se estudia la influencia de distintos métodos de fabricación, la elección de las tolerancias adecuadas y otros aspectos para lograr un buen diseño opto-mecánico.

#### **Módulo 4: Desarrollo de ejemplos prácticos.**

En este módulo se desarrolla el diseño de varios sistemas opto-mecánicos usuales, estudiando las particularidades de cada uno y su ejecución detallada, desde la idea inicial hasta su fabricación y montaje. Se aplican los contenidos de los módulos anteriores. Este conjunto de ejemplos servirá a los como base para acometer diseños similares.



## PARTE II: INTRODUCCIÓN AL DISEÑO MECÁNICO DE INSTRUMENTACIÓN INFRARROJA

### Resumen

*Se estudian los fundamentos de diseño mecánico de la Instrumentación infrarroja.*

#### **Módulo 5: Sistemas ópticos infrarrojos.**

*Este módulo presenta la introducción a los sistemas ópticos infrarrojos (IR) y en particular a los detectores de IR, los instrumentos astronómicos para IR y los parámetros más importantes que caracterizan a este tipo de sistemas.*

#### **Módulo 6: Criogenia y vacío.**

*Se estudian los principios básicos del diseño térmico, la criogenia y los sistemas de vacío, explicando las diferentes clases de criostatos que se usan actualmente, con un enfoque práctico aplicado a los instrumentos astronómicos.*

#### **Módulo 7: Opto-mecánica en criogenia.**

*Partiendo de la base del módulo anterior, detallamos cómo aplicar los principios del diseño en criogenia y vacío para los sistemas opto-mecánicos, focalizándonos en el uso de materiales ópticos para infrarrojos, montaje de elementos ópticos como espejos, redes o lentes y los mecanismos más habituales en este campo.*

#### **Módulo 8: Ejemplos de sistemas reales.**

*Este módulo nos detalla ejemplos de instrumentos reales de IR tanto en tierra como en espacio, explicando las particularidades de cada uno.*



## PRIMERA PARTE

### Módulo 1: Introducción a los sistemas opto-mecánicos

#### Módulo 1.1. Introducción a la opto-mecánica. Aplicaciones.

#### Módulo 1.2. Introducción a telescopios.

- ❖ Estructura e instrumentos
- ❖ Instrumentos ópticos / infrarrojos
- ❖ Instrumentación en Tierra y Espacio

### Módulo 2: Conocimientos previos: óptica y mecánica

#### Módulo 2.1. Mecánica de materiales y estructuras

- ❖ El equilibrio estático
- ❖ Nociones de Elasticidad y resistencia de materiales

#### Módulo 2.2. Métodos de unión

- ❖ Uniones atornilladas
- ❖ Uniones mediante soldadura
- ❖ Adhesivos
  - ✚ Cementos ópticos
  - ✚ Adhesivos estructurales

#### Módulo 2.3. Normas, tolerancias y ajustes

#### Módulo 2.4. Materiales

- ❖ Metálicos.
- ❖ Materiales para espejos
- ❖ Composites
- ❖ Tratamientos superficiales
- ❖ Pinturas

#### Módulo 2.5. Elementos de diseño óptico

- ❖ Conceptos de óptica
  - ✚ La luz como radiación electromagnética
  - ✚ Bandas de emisión
  - ✚ El índice de refracción
  - ✚ Dispersión
  - ✚ Vidrios ópticos
  - ✚ Interferencia y difracción
  - ✚ Huygens / Young
  - ✚ Disco de Airy
  - ✚ Patrones para diferentes aperturas
  - ✚ Resolución de sistemas ópticos
  - ✚ Leyes de la óptica geométrica
  - ✚ Reflexión total interna
  - ✚ Diafragmas y pupilas
- ❖ Elementos ópticos
  - ✚ Lentes



- ✚ Prismas
- ✚ Redes de difracción
- ✚ Espejos
  - Planos.
  - Ritchey Chrétien
  - Espejos segmentados
- ❖ Aberraciones ópticas
- ❖ Birrefringencia

### Módulo 3: Estrategias de diseño opto-mecánico

#### Módulo 3.1. Control de la flexión

- ❖ Viga Serrurier

#### Módulo 3.2. Diseño isostático

- ❖ Soportes Whiffle-tree para espejos

#### Módulo 3.3. Diseño atermal

- ❖ Los efectos de la temperatura
- ❖ Elección de materiales
- ❖ Compensador bimetalico
- ❖ Uso de ballestas y muelles

#### Módulo 3.4. Vibraciones en sistemas ópticos

- ❖ Control de vibraciones
- ❖ Frecuencia natural
- ❖ Dispositivos aislantes
- ❖ Vibraciones en grandes telescopios

#### Módulo 3.5. Ajustes

- ❖ Tipos básicos
- ❖ Componentes de un sistema de ajuste
- ❖ Movimiento lineal y tip-tilt
- ❖ Elementos comerciales

#### Módulo 3.6. Método de elementos finitos

- ❖ Aplicación al cálculo estructural
- ❖ Convergencia
- ❖ Procedimiento de análisis
- ❖ Aplicaciones y ejemplos



## Módulo 4: Desarrollo de ejemplos prácticos

### Módulo 4.1. Fases del diseño

#### Módulo 4.2. Cámara con sub-celdas

- ❖ Montaje de ventanas y lentes
- ❖ Descripción
- ❖ Cálculos analíticos preliminares
- ❖ Análisis de movimiento de imagen
- ❖ Cálculo del juego radial
- ❖ Cálculo de la tensión de Hoop
- ❖ Búsqueda del diseño atermal
- ❖ Cálculo del desplazamiento radial en la junta de adhesivo
- ❖ Esfuerzos en dirección axial
- ❖ Esfuerzos en el ajuste en el barril
- ❖ Análisis térmico de la ventana del criostato
- ❖ Distorsiones en el frente de onda
  - ✚ Distorsión debida a la variación del índice con la temperatura
  - ✚ Distorsión debida a las tensiones en el interior de la lente
  - ✚ Distorsión debida al cambio de forma de la lente
- ❖ Descripción del diseño final y la fabricación
- ❖ Ejemplos de atermalización de cámaras

#### Módulo 4.3. Diseño de monturas de ventanas y filtros

- ❖ Particularidades
- ❖ Ventanas de vacío
- ❖ Montaje adecuado de ventanas
- ❖ Ejemplos

#### Módulo 4.4. Diseño de la montura de un espejo

- ❖ Determinación de los puntos óptimos de soporte del espejo
- ❖ Cálculo analítico
- ❖ Modelo de elementos finitos
  - ✚ Cálculo de las dimensiones de la zona de pegado
  - ✚ Modelo del espejo y la montura
  - ✚ Diseño de las ballestas
  - ✚ Diseño de la montura
- ❖ Ensayo de la unión adhesiva
- ❖ Análisis de las estructuras de soporte de las monturas
- ❖ Diseño final y fabricación

#### Módulo 4.5. Espejos pequeños

#### Módulo 4.6. Monturas para elementos de dispersión

- ❖ Ejemplo: Prisma con varios elementos
- ❖ Ejemplo: Grisma (prisma + red de difracción en transmisión)
- ❖ Ejemplo: Hologramas volumétricos para dispersión espectral (VPH)



## SEGUNDA PARTE

### Módulo 5: Sistemas ópticos infrarrojos

#### Módulo 5.1. Detectores IR

#### Módulo 5.2. Instrumentos astronómicos para IR

#### Módulo 5.3. Parámetros importantes

### Módulo 6: Criogenia y vacío

#### Módulo 6.1. Principios básicos del diseño térmico

- ❖ Objetivos de un sistema criogénico
- ❖ Tránsito de calor por conducción
- ❖ Capacidad calorífica
- ❖ Expansión térmica
- ❖ Tránsito de calor por radiación
  - ✚ MLI
  - ✚ Ejemplo MLI@ HST

#### Módulo 6.2. Criogenia

- ❖ Líquidos criogénicos
- ❖ Criostatos de baño
- ❖ Cryocoolers
  - ✚ Gifford & McMahon
  - ✚ Tubos pulsados
  - ✚ Joule Thomson Cryotiger
  - ✚ Criostatos de flujo continuo
  - ✚ Peltier cooler
  - ✚ Stirling cryocoolers
- ❖ Diseño térmico de instrumentos
  - ✚ Inputs
  - ✚ Pre-cooling
  - ✚ Ejemplo: SCORPIO
- ❖ Mapas térmicos
  - ✚ EMIR
  - ✚ SCORPIO

#### Módulo 6.3. Vacío

- ❖ Aplicaciones
- ❖ Niveles y tecnología
- ❖ Bombas de vacío
- ❖ Cámaras de vacío. Diseño.
- ❖ Juntas tóricas

#### Módulo 6.4. Ejemplo: diseño de una cabeza CCD



## Módulo 7: Opto-mecánica en criogenia

### Módulo 7.1. Materiales ópticos para IR

- ❖ Propiedades ópticas de vidrios en infrarrojo
- ❖ Factores de riesgo

### Módulo 7.2. Montaje de lentes en criogenia

- ❖ Ejemplos de montajes de lentes
- ❖ Adhesivos para criogenia

### Módulo 7.3. Montaje de espejos y redes

- ❖ Espejos
- ❖ Redes en transmisión
- ❖ Apoyos semi-isostáticos
- ❖ Ejemplos

### Módulo 7.4. Mecanismos

- ❖ Rodamientos
- ❖ Motores
- ❖ Husillos. Materiales
- ❖ Ruedas dentadas

## Módulo 8: Ejemplos de sistemas reales

### Módulo 8.1. Instrumentos IR en tierra

- ❖ CanariCam
- ❖ Gemini NIRI
- ❖ Flamingos 2
- ❖ CRIRES
- ❖ HAWK-1

### Módulo 8.2. Espacio

- ❖ HST & WFC3
- ❖ JWST & instrumentos
- ❖ GAIA