

BIENAL DE LA REAL SOCIEDAD ESPAÑOLA DE FÍSICA

Ourense, 12-16 septiembre 2005

SISTEMA DE METROLOGÍA POR  
INTERFEROMETRÍA LÁSER PARA  
LA INSPECCIÓN DE MÓDULOS DE  
SILICIO PARA EL DETECTOR DE  
ATLAS

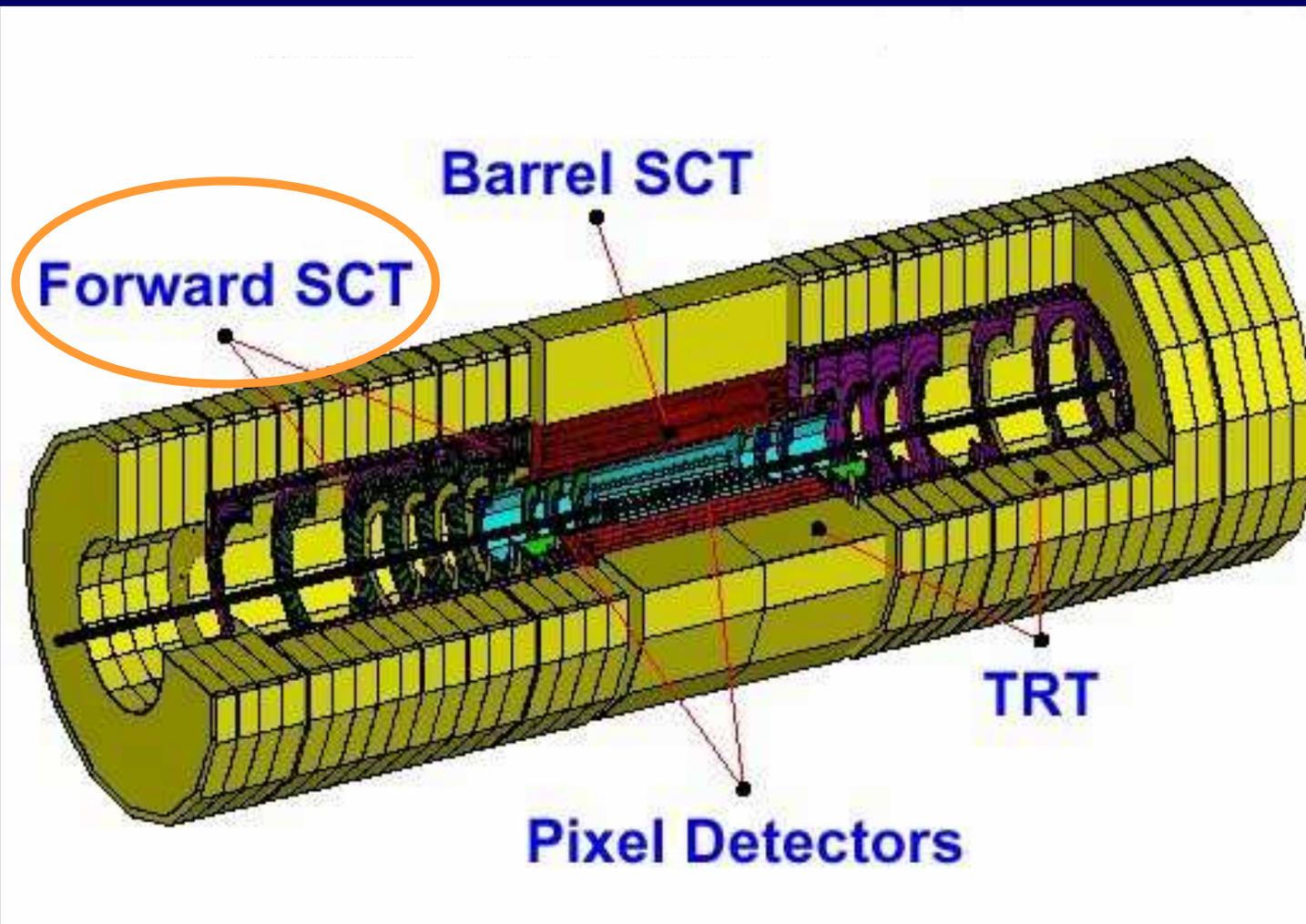
M.Miñano, J.V.Civera

IFIC (CSIC-Universidad de Valencia)

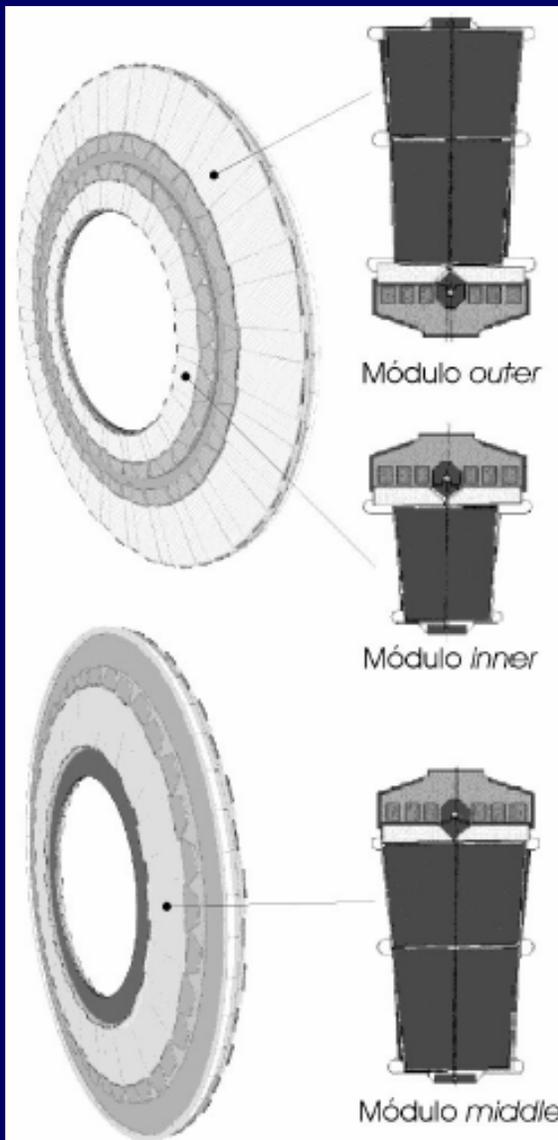
# CONTENIDOS

- Introducción:
  - ATLAS y SCT
- Descripción del dispositivo
- Software de control y medida
- Conclusiones

# ATLAS



# SCT Forward



- La parte hacia delante está compuesta por 9 ruedas dispuestas perpendiculares al haz.

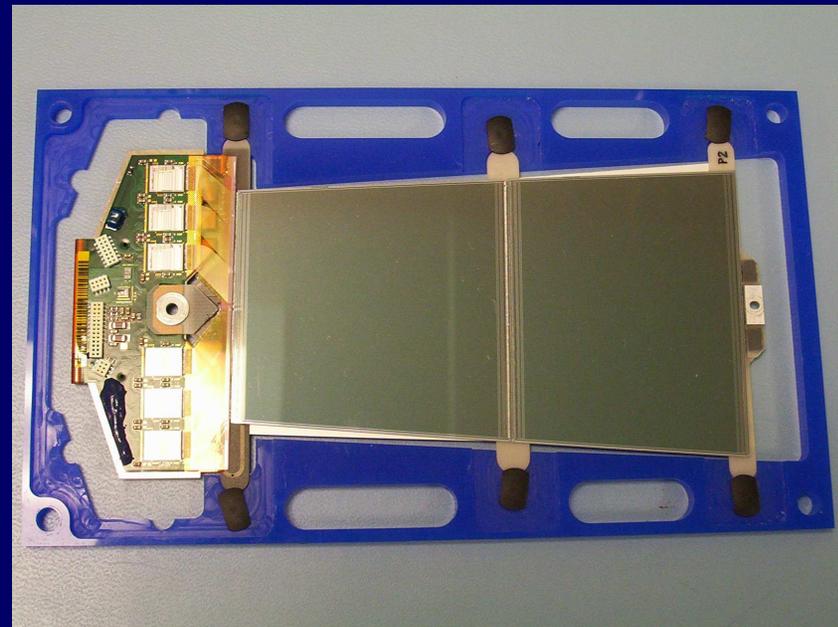
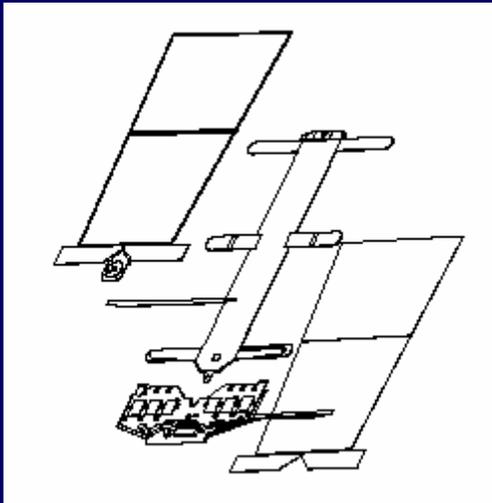
- Cada rueda está formada entre 1 y 3 anillos circulares.

- 3 tipos de módulos: *Inner*, *Middle* y *Outer*.

- En cada anillo *Outer* hay 52 módulos y 40 en los *Inner* y *Middle*.

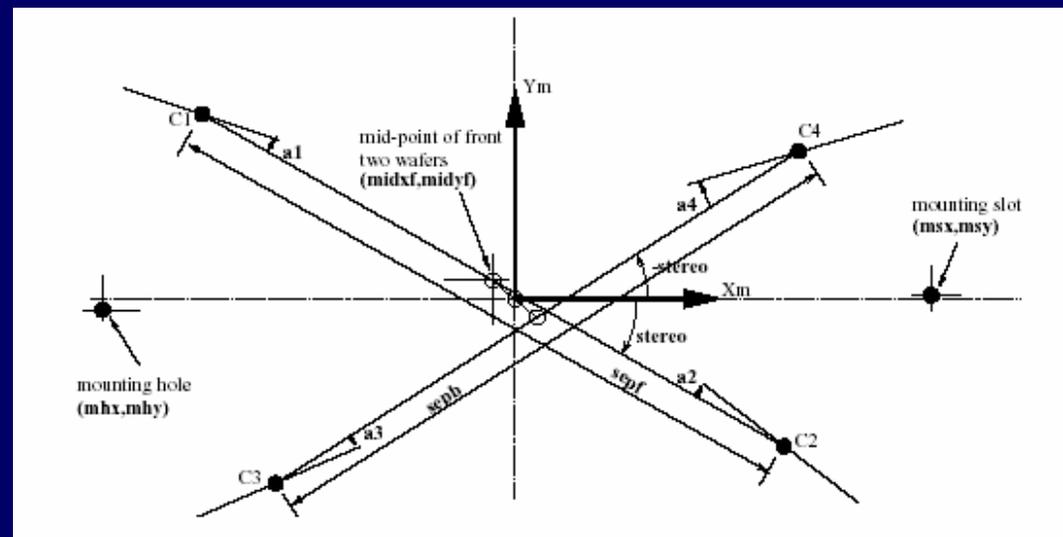
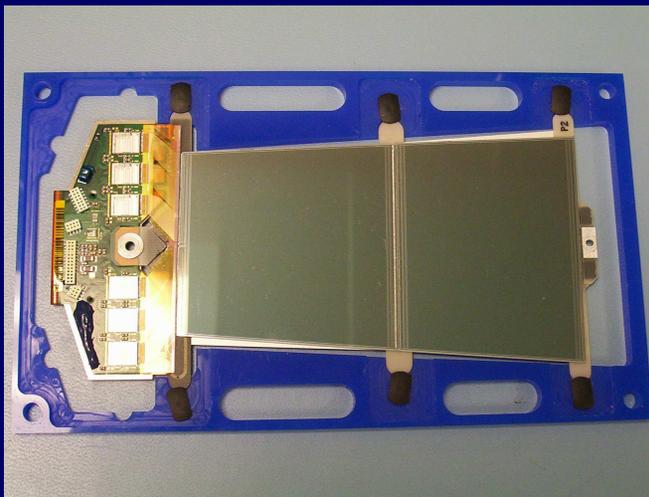
# SCT Forward

- Un módulo está formado por cuatro detectores de silicio con electrónica de lectura. Todo el conjunto forma una unidad independiente tanto para la electrónica como para el alineamiento.
- Da información espacial  $(x,y,z)$  al paso de las partículas.



# SCT Forward

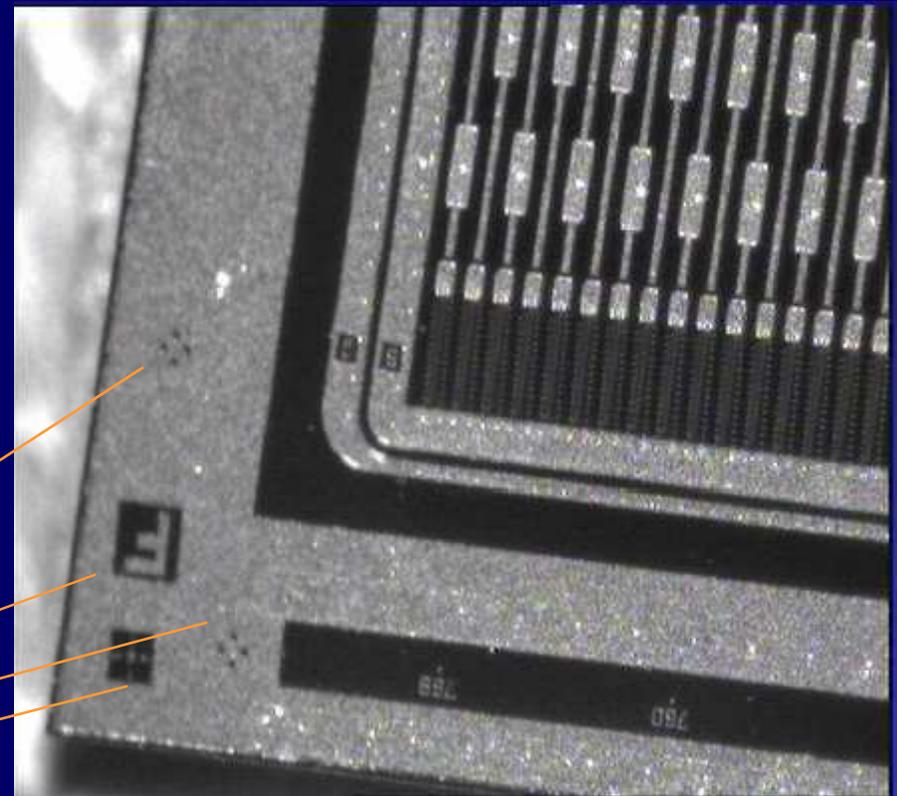
- Los módulos se ensamblan manteniendo las distancias entre los 4 detectores dentro de unas tolerancias estrictas:  $5\mu\text{m}$ , para que la resolución espacial del módulo venga determinada por la resolución intrínseca de los detectores.
- Es necesario un control de calidad del proceso de ensamblaje.



# Test de Metrología para los módulos ensamblados en el IFIC

- Se basa en el conocimiento de la posición de unos fiduciales en la superficie del detector.

Marcas de referencia o fiduciales

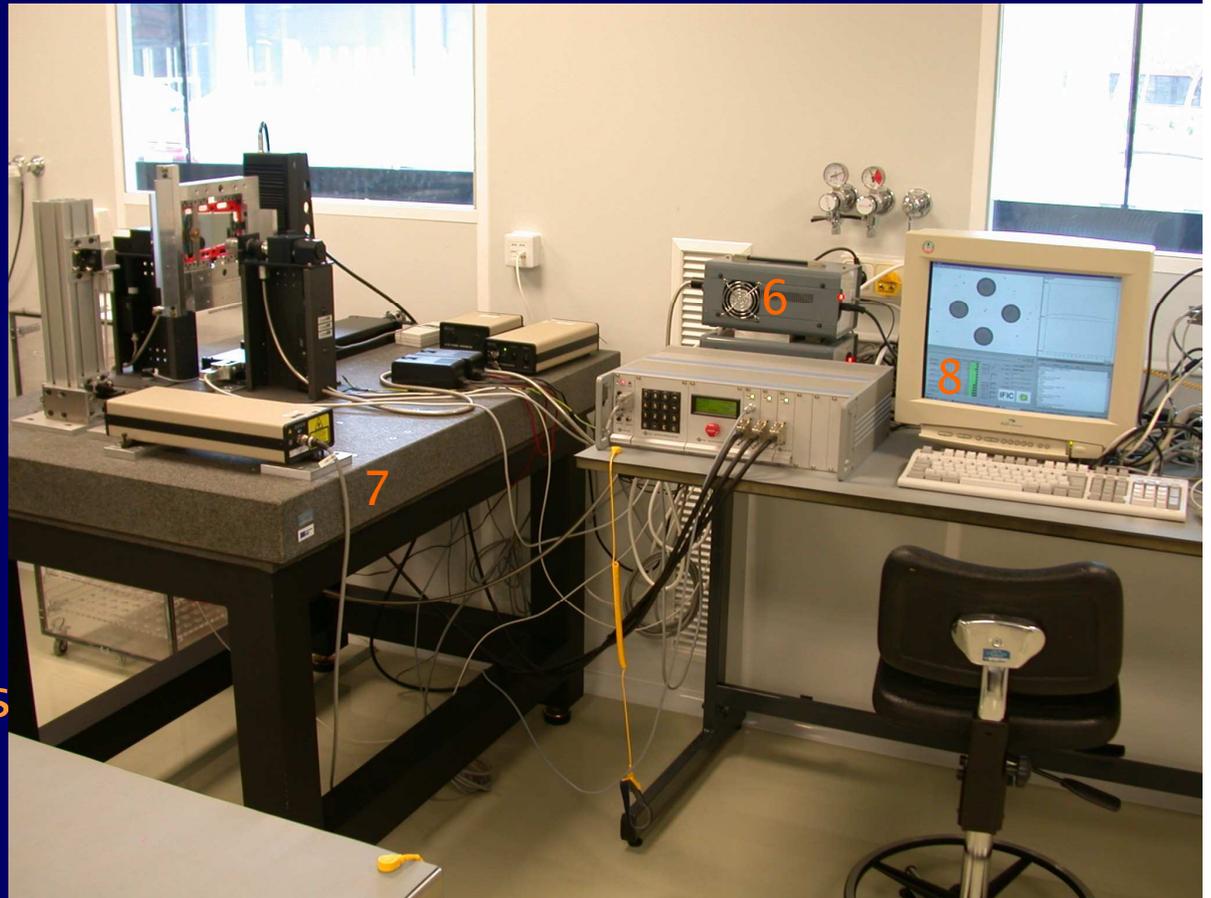


Esquina de un detector

# Descripción del dispositivo

Diseñado y construido en el IFIC-Valencia

1. Soporte del módulo
2. Sistemas ópticos
3. Posicionadores
4. Cabeza láser del interferómetro
5. Otros componentes del interferómetro
6. Fuentes de luz
7. Mesa antivibraciones
8. Ordenador de la adquisición de datos



# Descripción del dispositivo

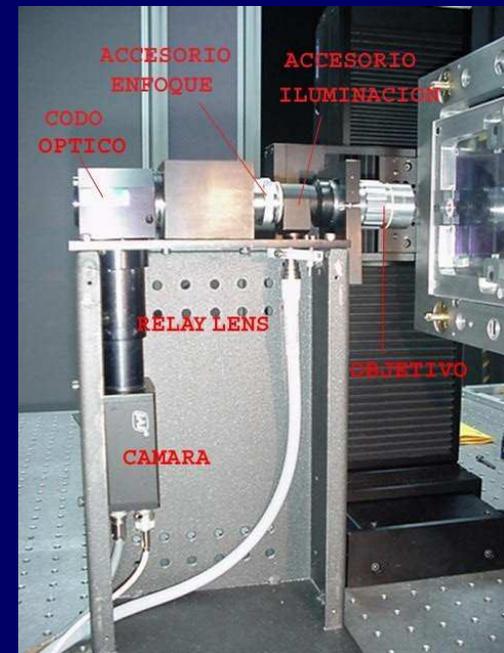
## 1. Óptica

→ 2 sistemas ópticos uno a cada lado del módulo, con sendas cámaras CCD. Permite hacer la medida sin manipular el módulo.

→ Componentes:

- .Objetivo de 10 aumentos
- .Accesorio de iluminación
- .Accesorio de enfoque
- .Codo óptico
- .Lente de adaptación

→ Aumentos x1000



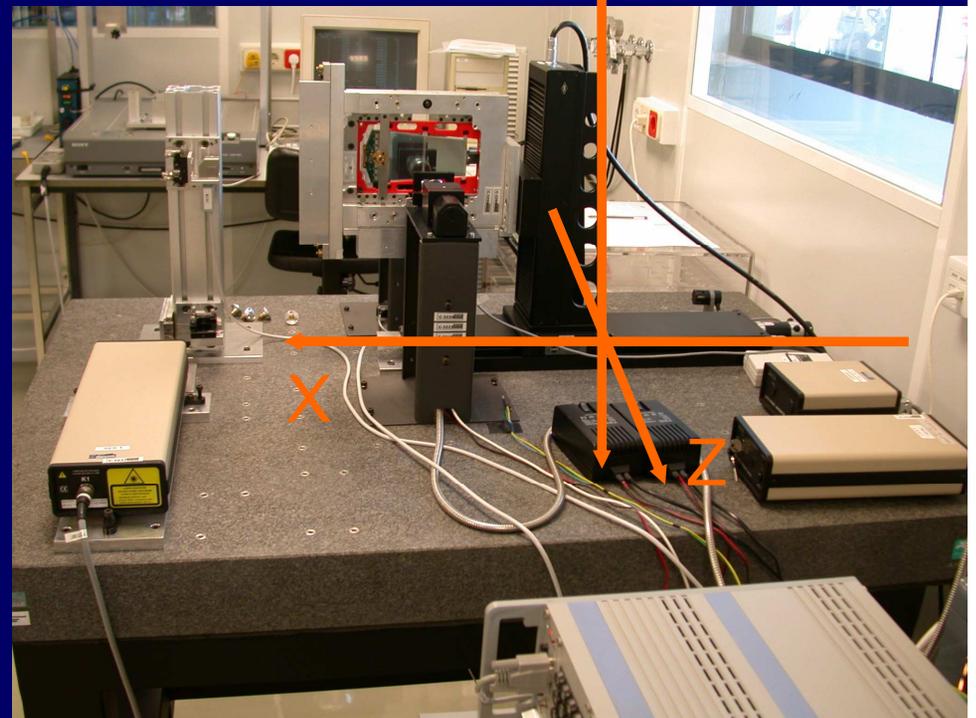
# Descripción del dispositivo

## 2. Posicionadores lineales

El desplazamiento del módulo se realiza mediante tres posicionadores mecánicos que permiten moverlo en tres direcciones ortogonales.

Resolución  $\sim 1/2 \mu\text{m}$

- .Eje X, recorrido de 300mm
- .Eje Y, recorrido de 200mm
- .Eje z, recorrido de 30mm



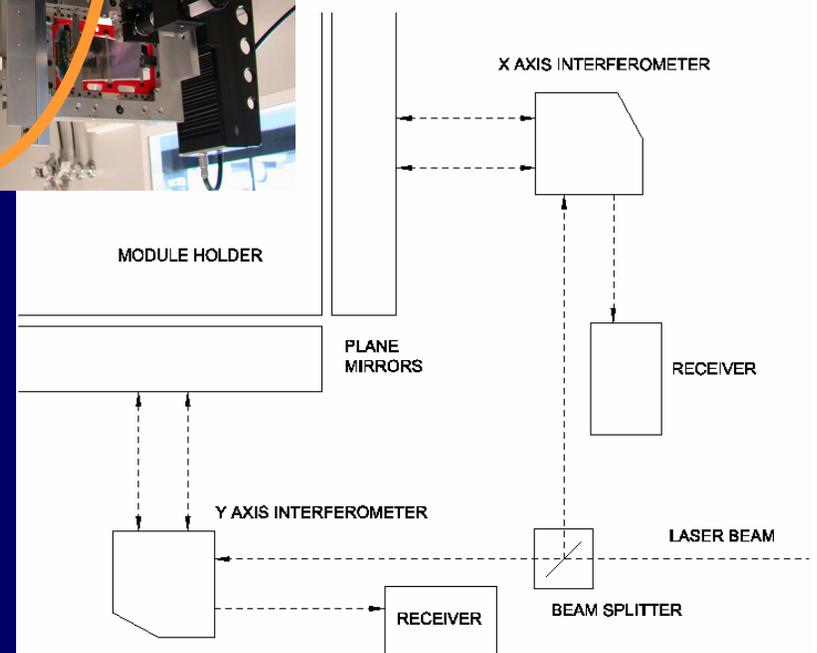
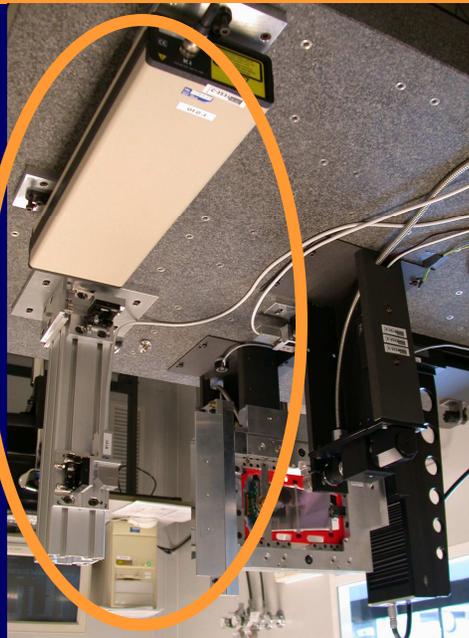
# Descripción del dispositivo

## 3. Interferómetro

- Compuesto por un cabezal láser de HeNe, divisores de haz y dos espejos planos en dos de los lados del módulo (lados X e Y).

- Ha sido diseñado para la medida de incrementos de distancias a lo largo de los ejes X e Y.

- Electrónica para la lectura de datos.



# Software de control y medida

Desarrollado en el IFIC-Valencia

- Programa de control de la metrología de forma automática a partir del ordenador:

1. control de los posicionadores lineales y del sistema óptico.

2. adquisición de datos del sistema interferométrico y de los sensores de ambiente.

3. intensidad regulable de las fuentes de luz.

- Algoritmo para el procesado de imágenes, y obtención de los resultados de la medida.

# Software de control y medida

En el proceso de metrología se pueden distinguir los siguientes pasos:

1. Metrología X-Y

2. Metrología Z : Medida del espesor del módulo

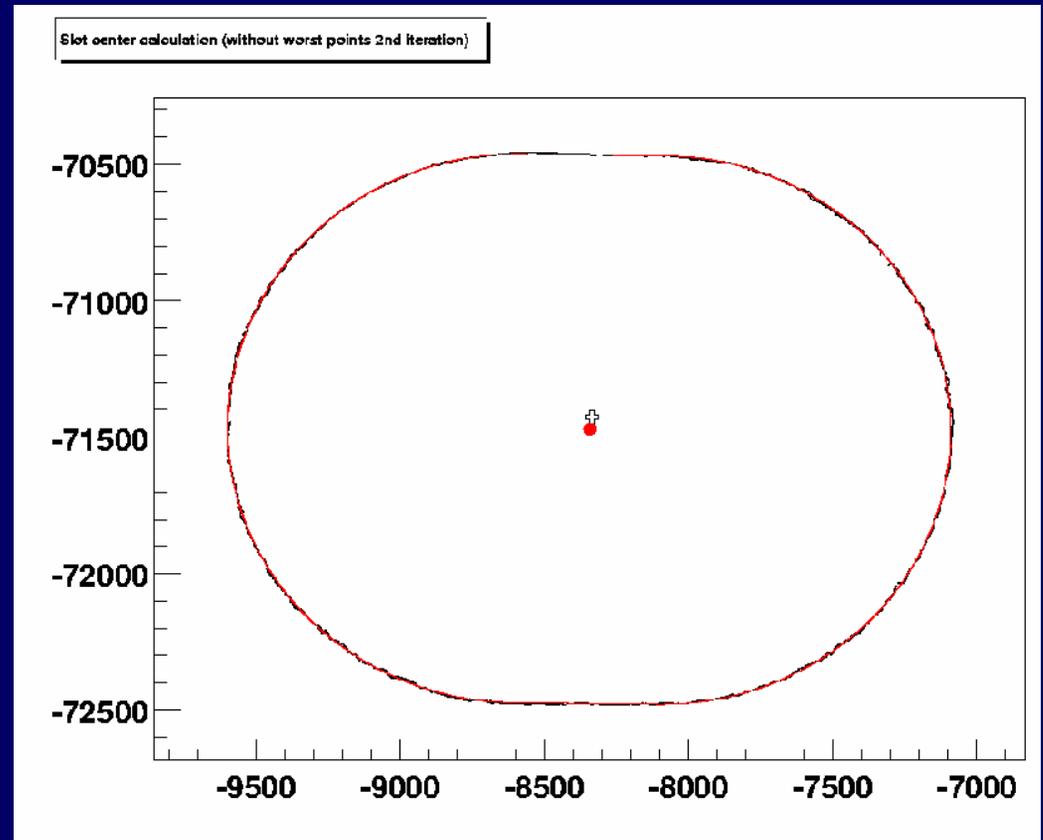
# Software de control y medida

## 1. Metrología X-Y

### 1.1 Determinación de los centros del agujero y la ranura

- Estos orificios determinan la posición de los módulos en el detector ATLAS.

- Se usa un algoritmo que recorre el borde, captura las imágenes y obtiene las coordenadas del centro mediante un ajuste por mínimos cuadrados.



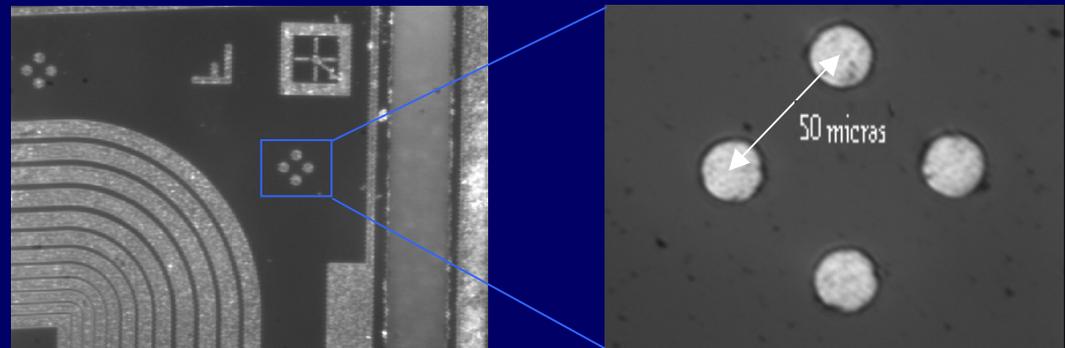
# Software de control y medida

## 1.2 Determinación de las coordenadas X e Y de los fiduciales

- Se calcula la posición del centro de los fiduciales a partir del centro de los círculos que las componen.

- Cálculo del centro de gravedad de cada círculo.

- Algoritmo de Hough para fiduciales imperfectos.



- Una vez centrado el fiducial, se mide su posición con el interferómetro.

- Para cada módulo se obtienen 13 parámetros que determinan la metrología XY.

# Software de control y medida

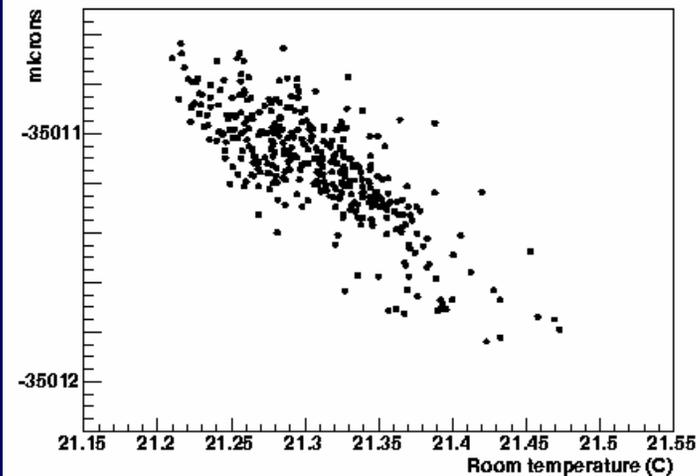
- La resolución en la posición de un fiducial  $\sim 1\mu\text{m}$ .

Depende:

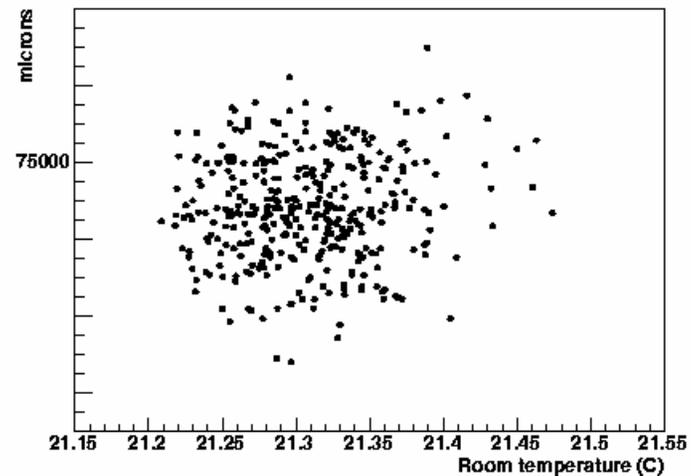
- Repetibilidad
- Condiciones ambientales
- offset entre cámaras

- La resolución de la posición relativa entre fiduciales está menos condicionada por la temperatura ( $\sigma \sim 0,1\mu\text{m}$ ).

10th fiducial mark Y coordinate vs Temperature



Fiducials distance vs Temperature



# Descripción del dispositivo

## Fuentes de error:

- Las condiciones ambientales

~Sala Blanca: Control de temperatura y humedad

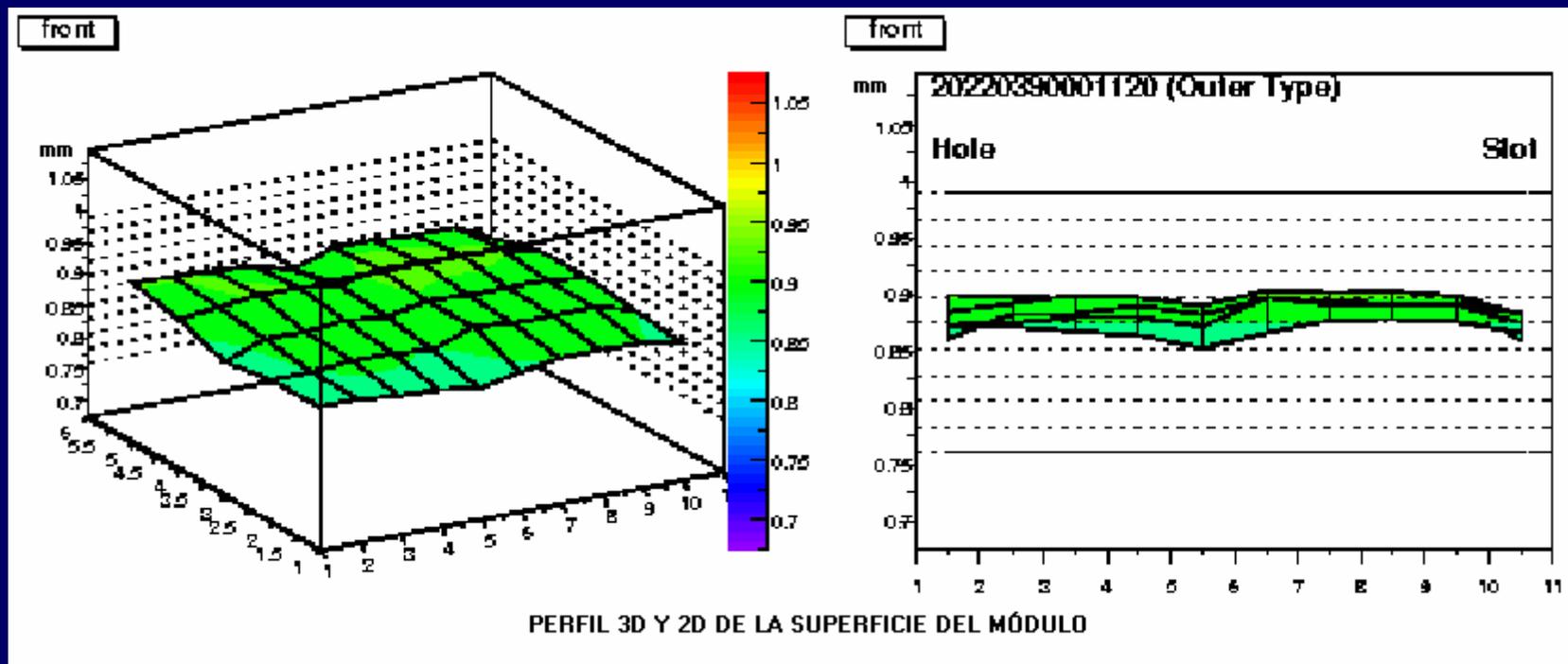


- Marcas fiduciales imperfectas
- Errores geométricos en el sistema interferométrico

# Software de control y medida

## 2.Metrología Z

Mediante un mecanismo de enfoque automático de la superficie del módulo, se mide la posición Z de una red de 25 puntos distribuidos sobre cada uno de los cuatro detectores del módulo.



# Conclusiones

- En el IFIC (Valencia) se ha diseñado y construido una máquina de metrología para chequear el proceso de ensamblaje de los módulos.
- Se ha desarrollado el software de control y medida, adaptable según necesidades.
- Permite realizar todo el proceso de forma automática sin necesidad de manipular el módulo.
- Precisión mejor que la micra.
- Se han hecho tests de estabilidad y repetibilidad ( $\sigma \sim 0.1\mu\text{m}$ ) en el dispositivo.