

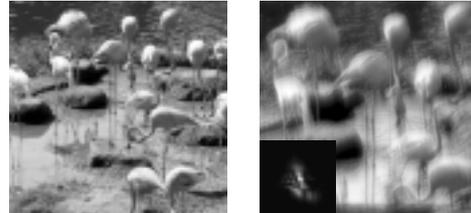
## Desarrollo de dos aberrómetros para aplicaciones biomédicas



Carlos Dorronsoro, Elena García de la Cera,  
Lourdes Llorente, Sergio Barbero, Susana Marcos  
Instituto de Óptica "Daza de Valdés", CSIC, Madrid

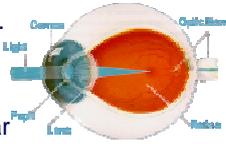
## Introducción

### Las aberraciones oculares degradan la calidad de imagen



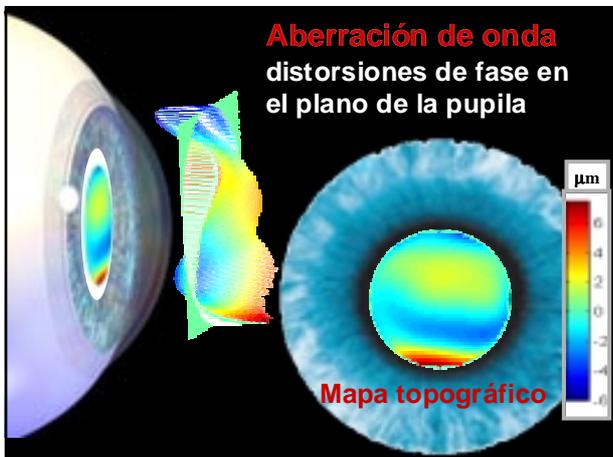
## Medida de aberraciones: interés básico

- Física:
  - Comprender los mecanismos de formación de imágenes en el ojo
  - Evaluar la calidad óptica...
- Biología:
  - Desarrollo del globo ocular
  - Acomodación
  - Presbicia y envejecimiento ocular...



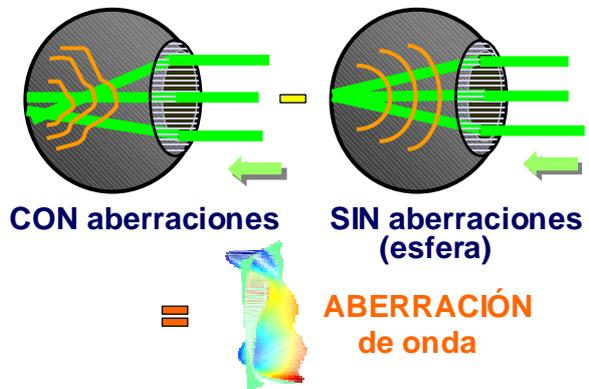
## Medida de aberraciones: interés clínico

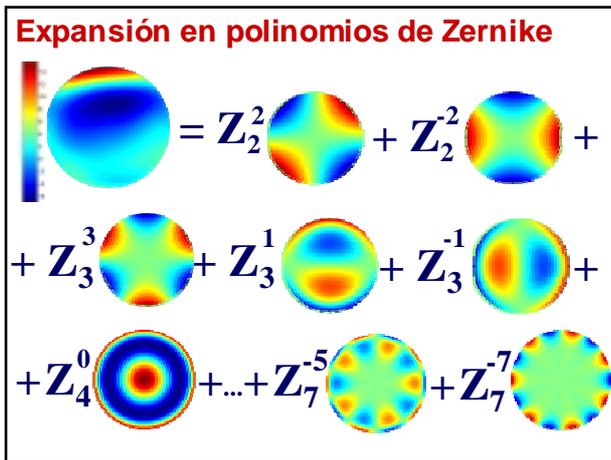
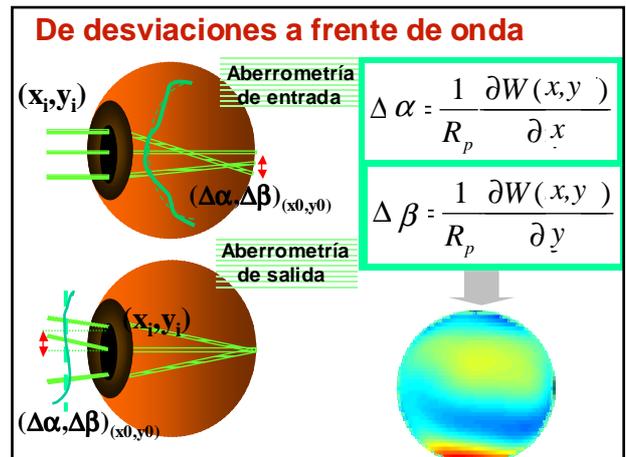
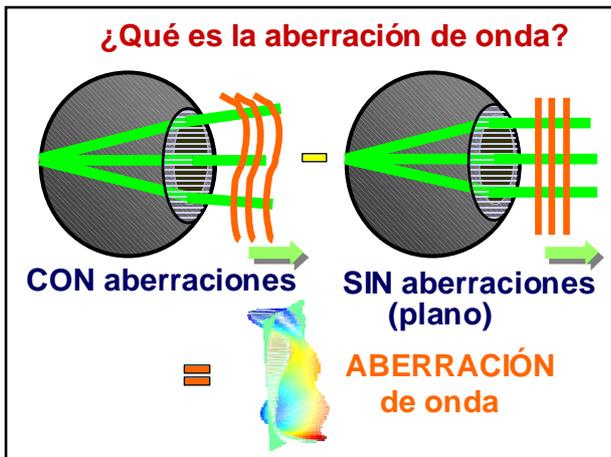
- Procedimientos quirúrgicos
  - cirugía refractiva corneal
  - trasplante de cornea
  - cirugía de cataratas
- Condiciones patológicas
  - queratocono
  - o alta miopía



Aberración de onda  
distorsiones de fase en  
el plano de la pupila

## ¿Qué es la aberración de onda?





### Proyectos en curso en los Laboratorios de Óptica Visual y Biofotónica (IO-CSIC)

<p>Cirugía cataratas</p>	<p>Lentes de contacto</p>	<p>Imágenes de retina</p>
<p>Cirugía refractiva</p> <p>LASIK para Miopía</p>	<p>LASIK para Hipermetropía</p>	<p>Miopía y aberraciones</p>

### Aberrómetros desarrollados

**Hartman-Shack (H-S)**

- Frente de onda de salida
- Microlentes
- Instantáneo
- Orientado a modelo animal de miopía

**H-S**

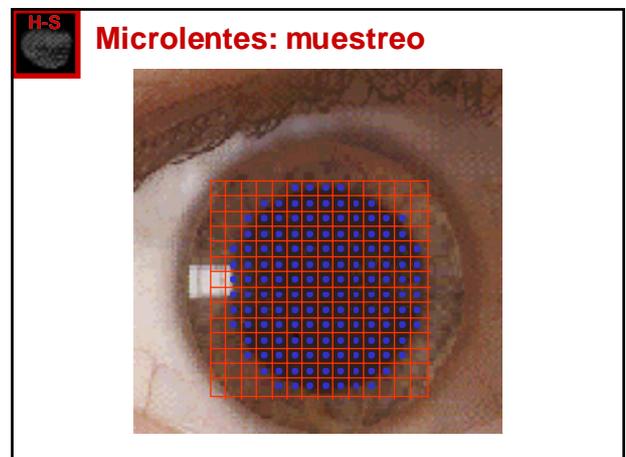
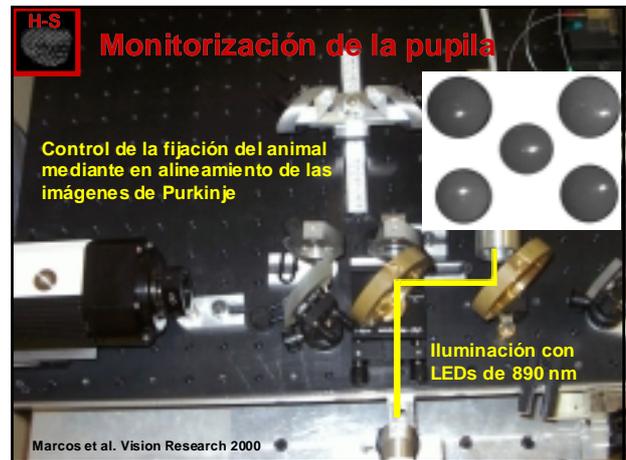
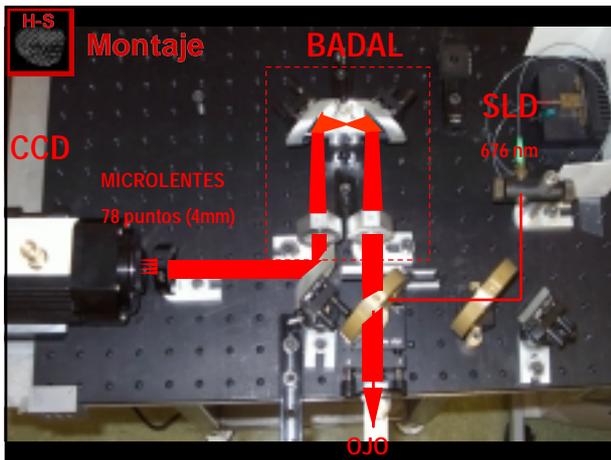
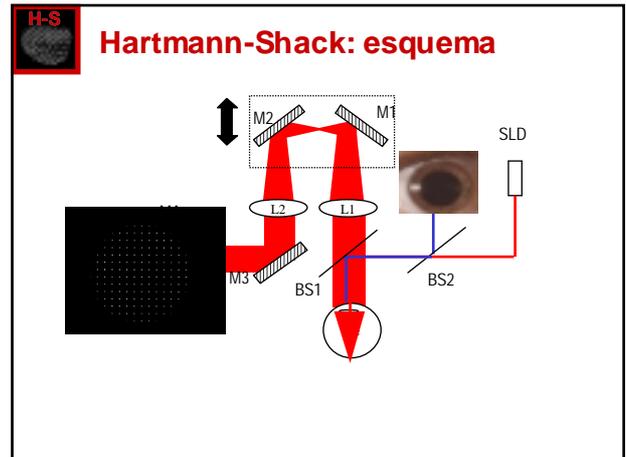
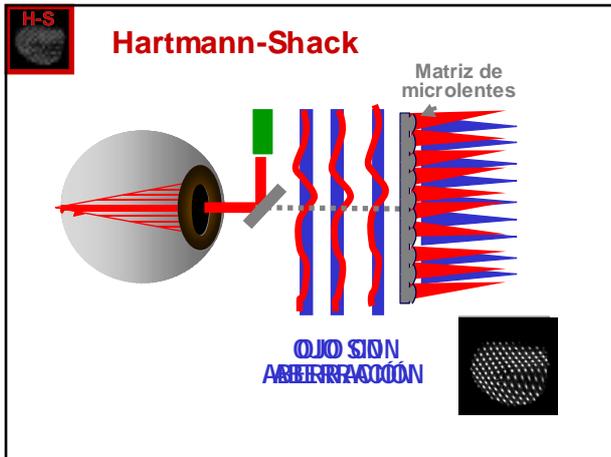
**Trazado de Rayos Laser (LRT)**

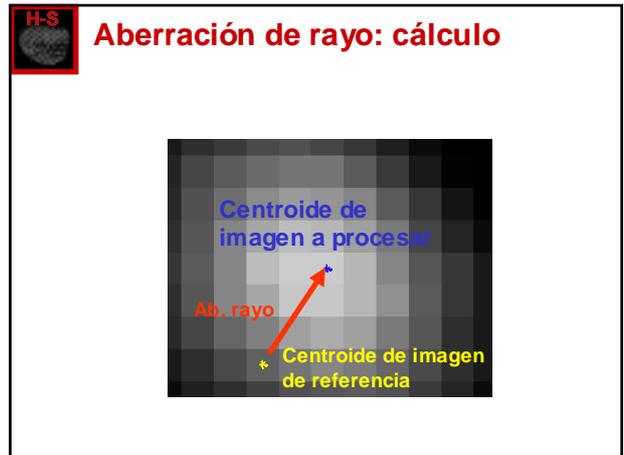
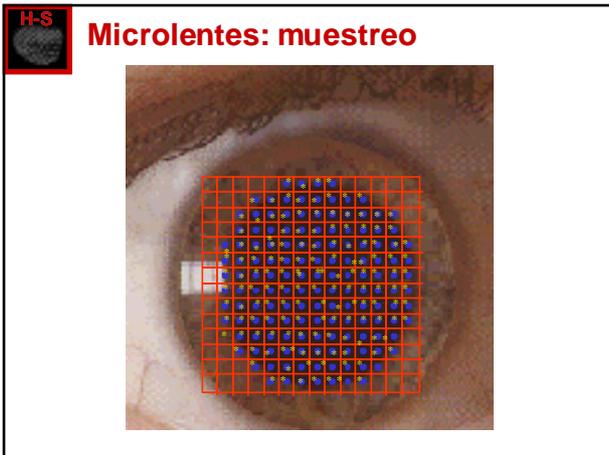
- Frente de onda de entrada
- Scanner laser
- 2 segundos
- Versátil, configurable

**LRT**

### H-S Hartmann-Shack : Historia

- 1971: Propuesto para astronomía
  - B. Platt and R. V. Shack, Opt. Sci. Center New sl. 5, (1971)
- 1991: Adaptado a oftalmología
  - J. Liang, B. Grimm, S. Goelz, and J. F. Bille, J. Op. Soc. Am. A 11, (1994)
  - B. Grimm and K. Mueller, (AMTech gesellschaft fuer angewandte Microcomputer Technik DE), Germany, 1994
- Actualmente: Montaje más común en laboratorios de investigación
- Existen varias versiones comerciales y clínicas





**H-S** **Hartmann - Shack Conclusiones**

- Aplicaciones biomédicas
- Adaptado a un modelo experimental de miopía animal
- Una sola imagen: medida rápida
- Tamaño pequeño
- Control mediante ordenador portátil

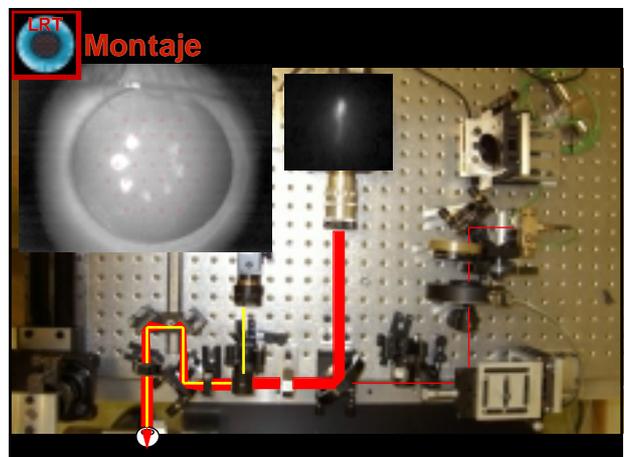
**LRT** **Trazado de Rayos Laser: Historia**

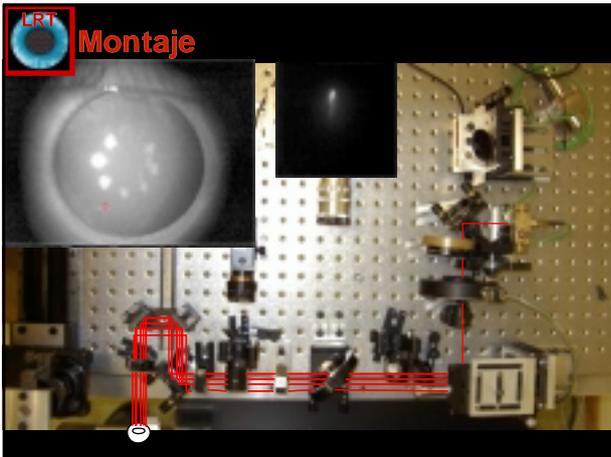
- 1993: Idea + Patente
  - C. M. Penney, R. H. Webb, J. J. Tiemann, and K. P. Thompson, (General Electric, United States, 1993)
- 1997: Prototipo comercial. Tracey
  - V. V. Molebny, I. G. Pallikaris, L. P. Naoumidis, I. H. Chyzh, S. V. Molebny, and V. M. Sokurenko, Proceedings of the SPIE 2971, 175 (1997)
- 1997: 1ª Generación en el IO-CSIC
  - Navarro and Losada, Optom. Vis. Sci. 74, 540 (1997)
  - Navarro, Moreno and Dorronsoro J Opt Soc Am A, 15 (1998)
  - Moreno-Barriso, Marcos, Navarro, and Burns, Opt.Vis. Sci. 78, 152 (2001)
- 2003: 2ª Generación en el IO-CSIC
  - Adaptado al estudio de procesos biológicos básicos y clínicos

**LRT** **Trazado de Rayos Laser**

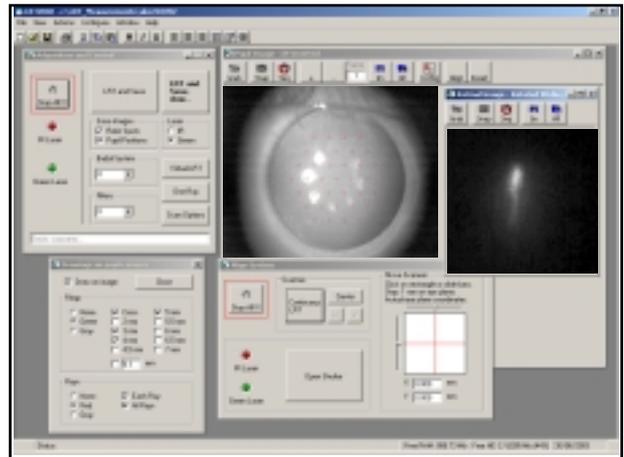
Frente de onda CON aberraciones

Diagrama de impactos





**Montaje**



**LRT: complejidad tecnológica**

Automatización y sincronización

- Barrido laser secuencial de la pupila (37 rayos)
- Registro simultáneo de imágenes
  - retina
  - pupila
- Control del obturador
- Iluminación pupilar (IR)

...En 2 segundos

**LRT: Monitorización de la pupila**

- Alineamiento automático del sistema
- Seguimiento pupilar a posteriori

**LRT: Reconstrucción de la medida**

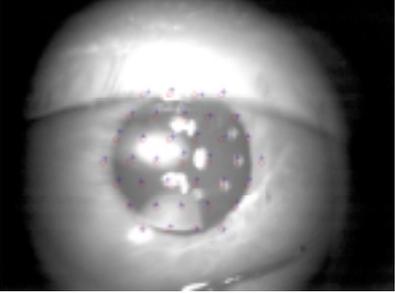
- Correcciones de rayos
- Retroiluminación

**LRT: Retroiluminación**

Catarata

Ruptura de lágrima

**LRT** **Contracción pupilar + párpado**



Muestreo en la pupila: variable

**LRT** **Canal psicofísico**

- Presentación de estímulos de acomodación/fijación
- Medidas subjetivas de calidad visual
- En las mismas condiciones



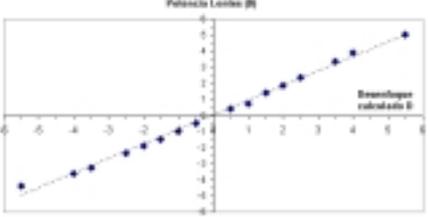
D. A. Atchison, S. Marcos, and D. H. Scott, Vision Res. (2003)

**LRT** **Conclusiones LRT**

- Multicanal, compacto, preciso y configurable
- Medidas en sujetos normales
- Y en pacientes con:
  - Lentes de contacto
  - Cataratas
  - Cirugía corneal
  - Patologías corneales
  - Ametropías severas

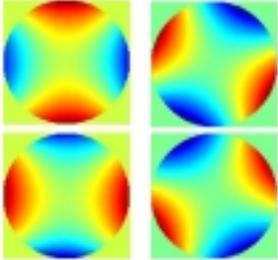
**H-S** **LRT** **Validación: lentes esféricas**

Medidas en un ojo artificial con lentes de prueba esféricas



**H-S** **LRT** **Validación: lentes cilíndricas**

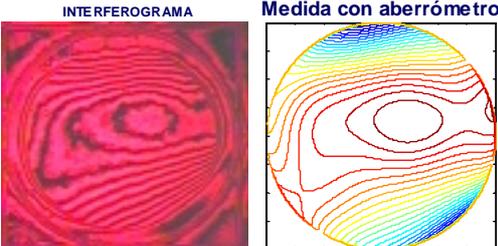
Medidas en un ojo artificial con lentes de prueba cilíndricas



+3 cil 90°      +2 cil 270°  
+3 cil 0°      +2 cil 30°

**H-S** **LRT** **Validación: láminas de fase**

- Láminas de fase de fotoresina con aberraciones de alto orden conocidas



Bara, Mancebo & Moreno-Barruso, Appl. Opt. 2000

**Comparación**

H-S      LRT

S1

S2

Moreno-Barriuso, Marcos, Navarro, and Burns Opt. Vis. Sci. 78, (2001)  
 Marcos, Díaz-Santana, Llorente, and Dainty, J. Opt. Soc. Am. A. 19, (2002)  
 Llorente, Díaz-Santana, Lara, and S. Marcos, Optom. Vis. Sci. 80, (2003)

**Comparación**

	H-S	LRT
Rapidez	100 ms	2s
Complejidad	baja	alta
Versatilidad	ninguna	alta
Rango dinámico	bajo	alto

**Aplicaciones**

- Cataratas
- Lentes intraoculares
- Campo visual
- Lentes de contacto
- Cirugía refractiva LASIK
- Miopía e hipermetropía
- Pruebas psicofísicas
- Imágenes de retina

**Cataratas**

**Lentes Intraoculares**

La incisión corneal y los descentramientos y la aberración esférica de la lente y afectan a la calidad de imagen

S. Barbero, S. Marcos & I. Jiménez-Alfaro, J. Opt. Soc. Am. A., In press

**Campo visual**

Las aberraciones son mínimas en el centro del campo visual

R. Navarro, E. Moreno and C. Dorronsoro, J. Opt. Soc. Am. A., 15, (1998)

**H-S** **LRT** **Lentes de contacto**

SIN lente  
CON lente

Las lentes semirígidas corrigen aberraciones

Dorrnsoro, Barbero, Llorente, and Marcos, Optom. Vis. Sci. 80, (2003)

**H-S** **LRT** **Cirugía refractiva LASIK**

Post

Aberraciones x 2

Marcos, Barbero, Llorente, and Merayo-Llives. IOVS, 2001

**H-S** **LRT** **Pruebas psicofísicas**

A E

Se ha correlacionado la calidad óptica y la calidad visual

D. A. Atchison, S. Marcos, and D. H. Scott, Vision Res. (2003)  
Marcos, Journal of Refractive Surgery 2001

**H-S** **LRT** **Miopía e hipermetropía**

Los altos miopes tienen más aberraciones

S. Marcos, S. Barbero, L. Llorente, IOVS, 2002

**H-S** **LRT** **Imágenes de retina**

La corrección de aberraciones mejora la observación de la retina

S. Burns, S. Marcos, A. Elsner, and S. Bará, Opt. Lett. 27(2002)

**H-S** **LRT** **Conclusiones**

- Se han desarrollado dos sistemas de medida de aberraciones oculares
- Orientados a distintas aplicaciones biomédicas
- Han permitido comprender procesos biológicos básicos y clínicos



[www.vision.io.csic.es](http://www.vision.io.csic.es)

## Agradecimientos



Madrid



CONOPTICA (B&L)