



BUAP



Centro de Investigaciones en Óptica A.C.



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN



IBERO
PUEBLA



X CONGRESO
NACIONAL
DE TECNOLOGÍA
APLICADA A CIENCIAS
DE LA SALUD

13 - 15
JUNIO, 2019

GENERACIÓN DE NUEVAS TÉCNICAS
DE DIAGNÓSTICO Y TRATAMIENTO

Universidad Iberoamericana Puebla, Pue.

https://www-optica.inaoep.mx/~tecnologia_salud/

Técnicas ópticas en la reconstrucción 3D para el cuidado de la salud

Amalia Martínez García

Centro de Investigaciones en Óptica

León, Gto.



**CENTRO DE INVESTIGACIONES
EN OPTICA, A.C.**



Organización de la plática

- Objetivos
- Conceptos básicos
- Luz estructurada
- Técnica de proyección de franjas y correlación digital de imágenes
- Corrimiento de fase
- Antecedentes
- Resultados experimentales
- Conclusiones

Objetivos

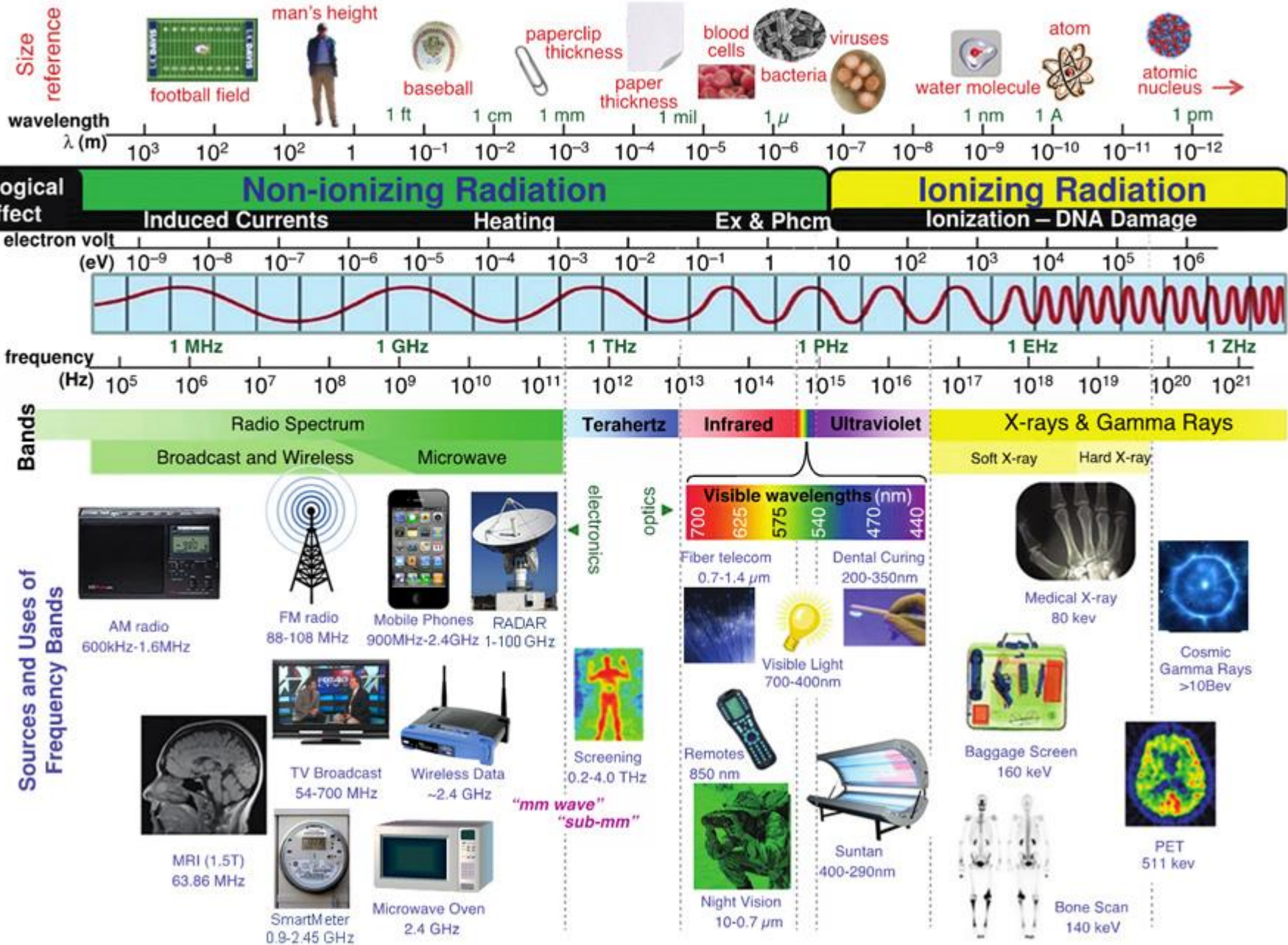
- Presentar algunas técnicas ópticas que pueden ser de utilidad en la medicina.
- Presentar resultados experimentales obtenidos de estudios realizados con miras hacia las aplicaciones médicas.
- Colaboración interdisciplinaria.



¿Qué es la Óptica?

- La **Óptica** es la rama de la física que estudia el comportamiento de la luz, sus características y sus manifestaciones. Abarca el estudio de la reflexión, la refracción, la interferencia, la difracción y la formación de imágenes y la interacción de la luz con la materia.
- Los científicos e ingenieros ópticos trabajan en la parte del espectro que va de los rays-x al infrarrojo lejano (radiación $1 \text{ nm} = 10^{-9} \text{ m}$ a $1 \text{ mm} = 10^{-3} \text{ m}$).

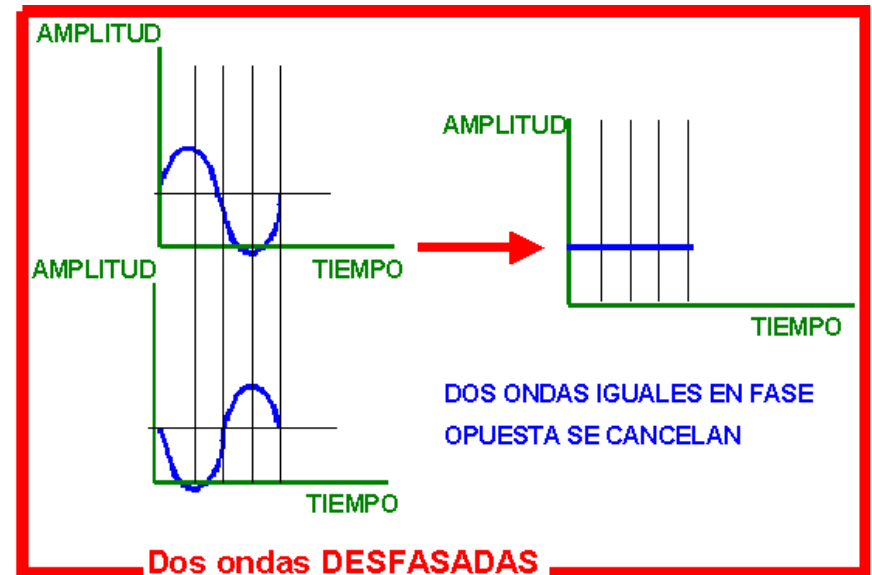
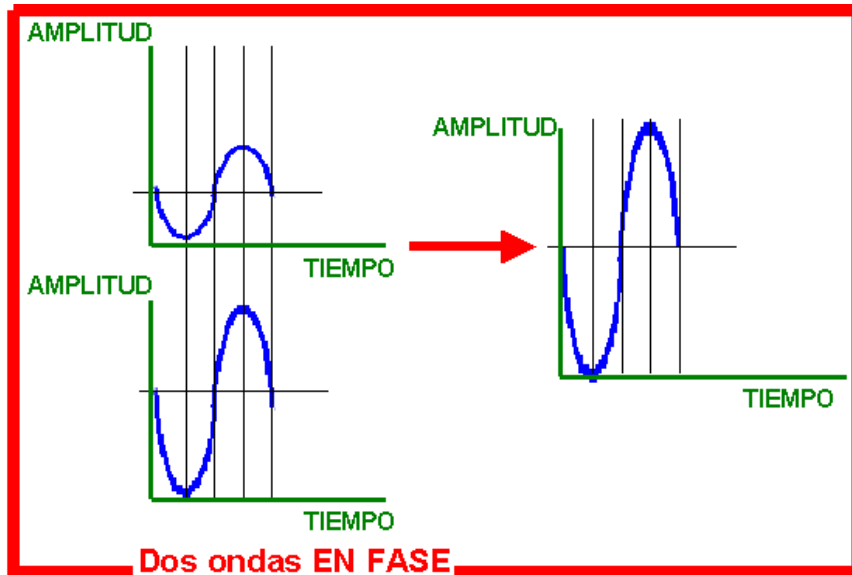
ELECTROMAGNETIC RADIATION SPECTRUM

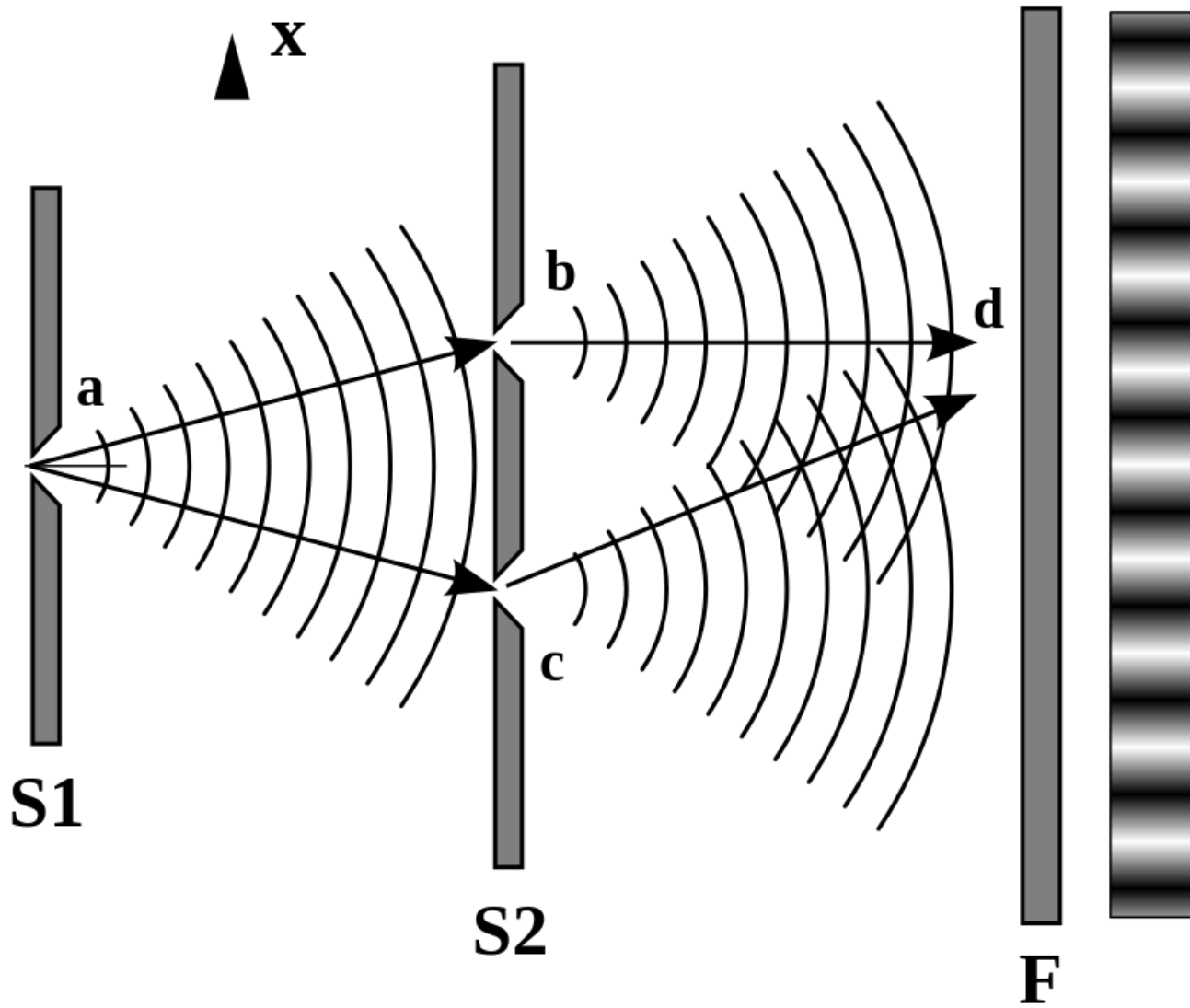


Objetivo de la metrología óptica

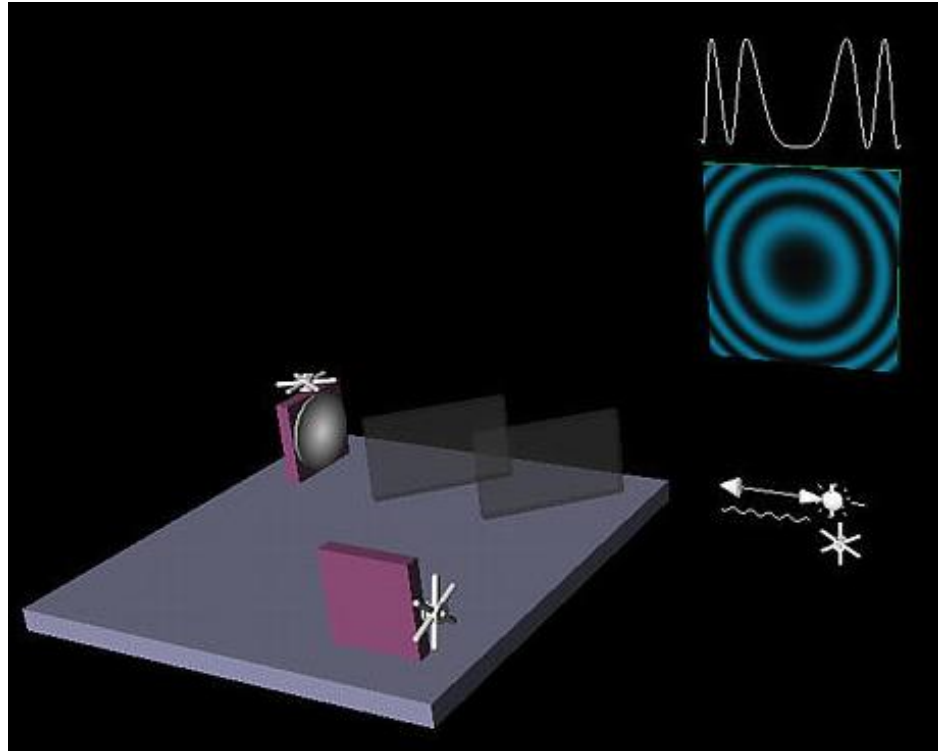
- Medir a través de un patrón de franjas cantidades físicas de los objetos, como ejemplo:
 - módulo de Young del material
 - obtención de topografía
 - determinación de esfuerzos mecánicos
 - medición de temperatura
 - medición de índice de refracción
 - distribución en 3D del desplazamiento o deformación
 - detección de fracturas mecánicas
 - obtención de los modos de vibración
 - otros

Interferencia constructiva y destructiva





Experimento de Young.

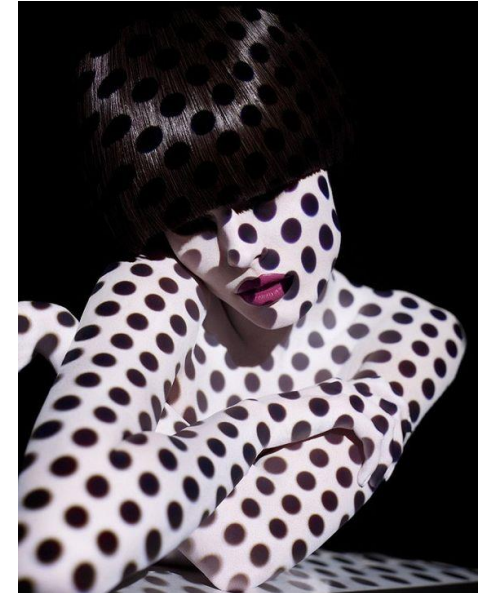


Interferómetro de Michelson.

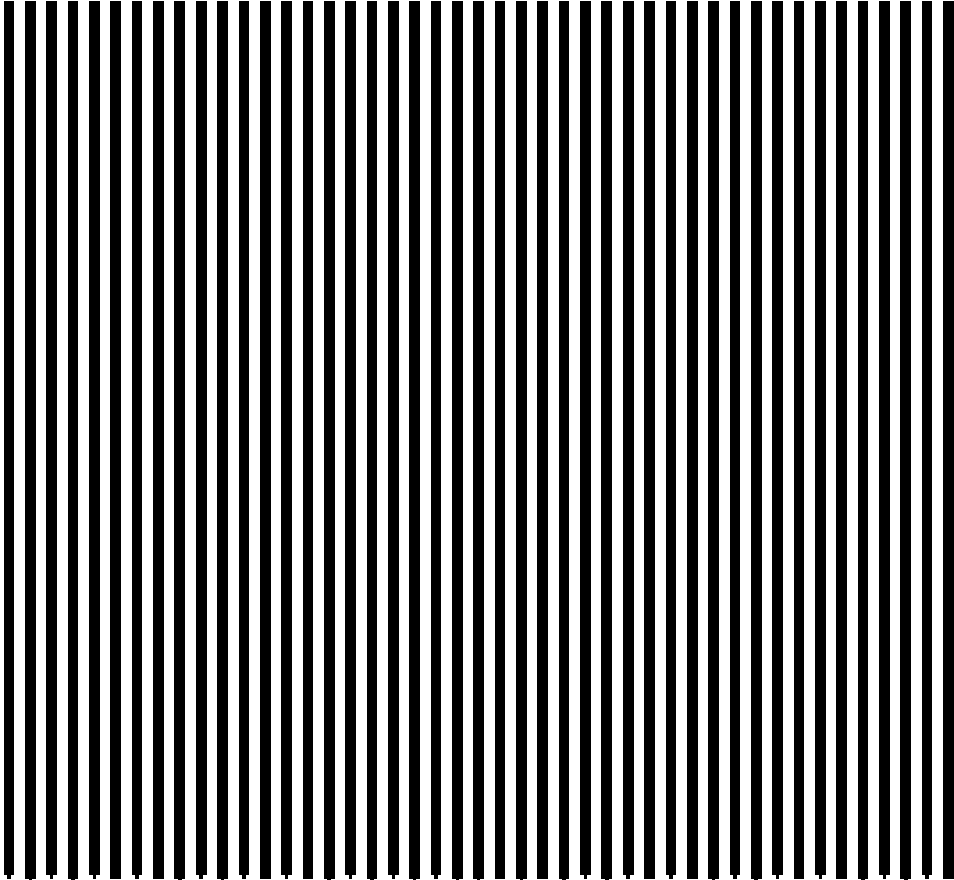
Proyección de patrones geométricos simples

La proyección de patrones de luz hacia una escena es llamada luz estructurada.

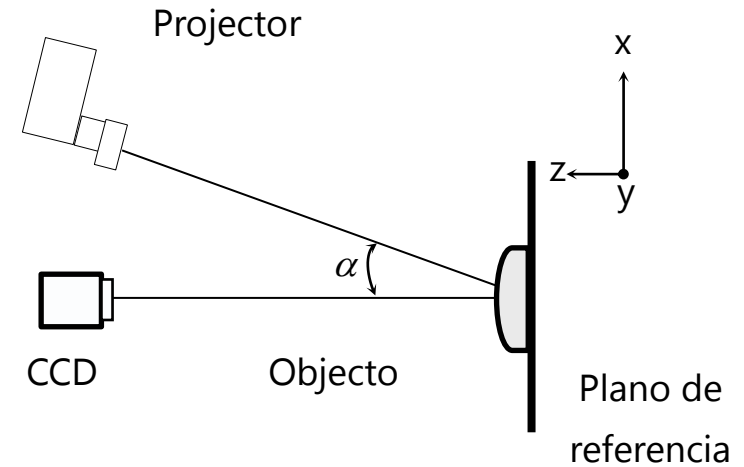
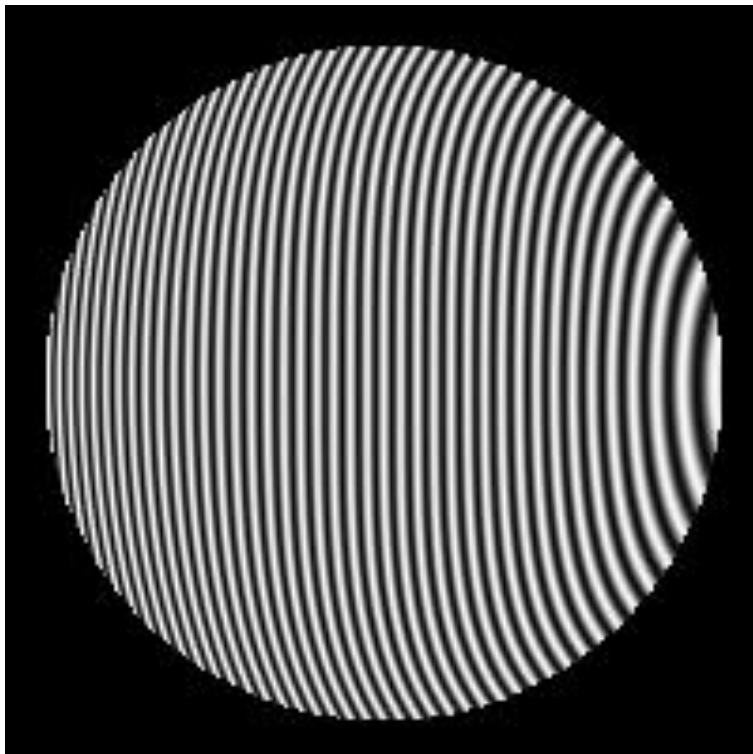
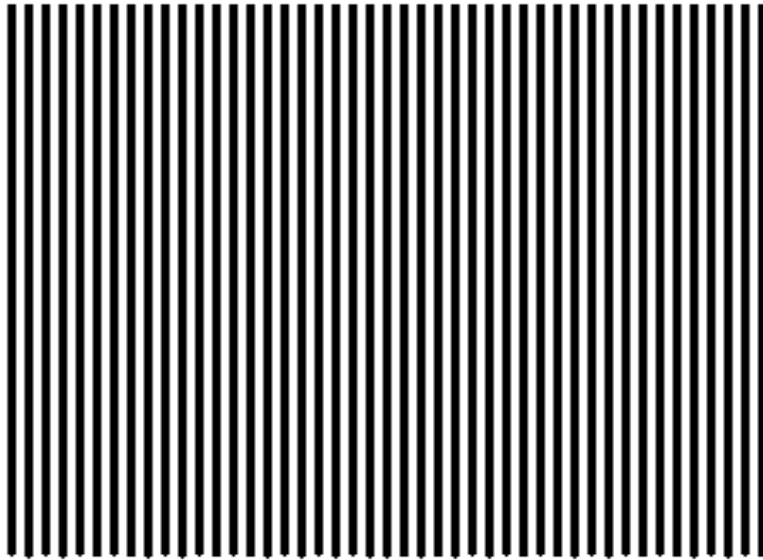
Proyección de una mota de luz
Proyección de una línea
Proyección de franjas



Técnicas de reconstrucción tridimensional y obtención de deformación



Técnica de franjas proyectadas



Esquema básico de un sistema de proyección de franjas.

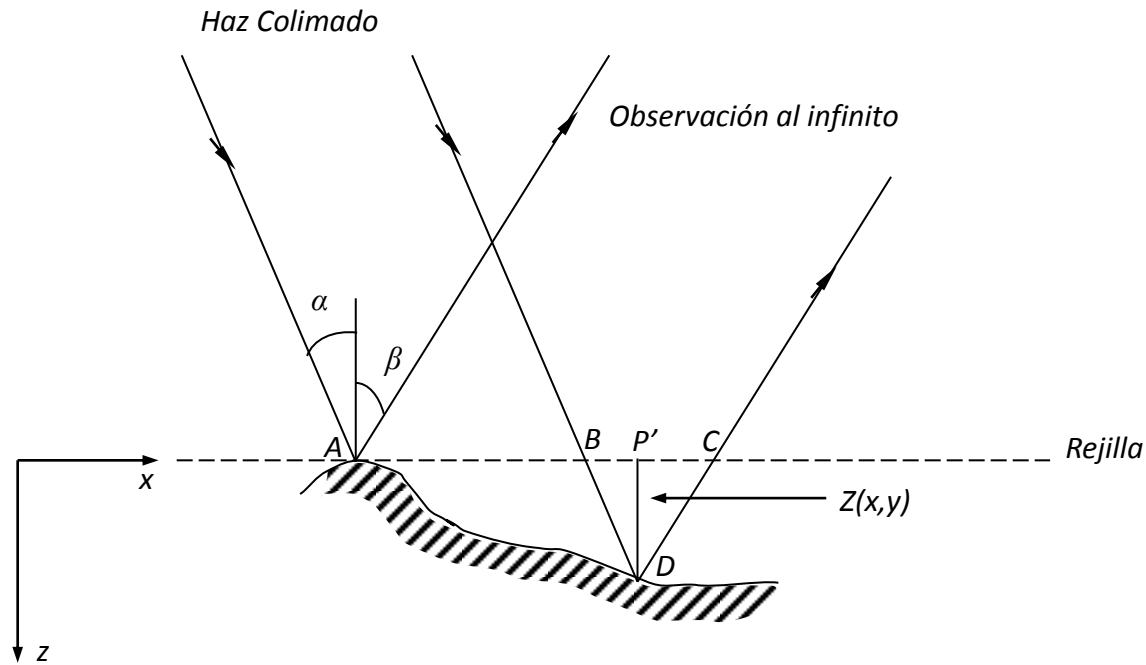


Fig. 6 Esquema para moiré por sombreado.

Sea p el número de elementos en AB
 q el número de elementos en AC

Entonces $AB=pa$ y $AC=qa$

$BC=AC-AB=(q-p)a=Na$ donde $N=0, \pm 1, \pm 2...$

$$BC = BP' + P'C$$

$$\tan \alpha = \frac{BP'}{z} \quad \tan \beta = \frac{P'C}{z}$$

$$BC = z(\tan \alpha + \tan \beta)$$

$$z = \frac{Na}{\tan \alpha + \tan \beta}$$

$$z(x, y) = \frac{\phi}{2\pi} \frac{a}{\tan \alpha + \tan \beta}$$

Corrimiento de fase

$$I_K = I_A + I_B + 2\sqrt{I_A I_B} \cos(\phi + \Delta\phi_k)$$

$$\Delta\phi_K(m, n) = (K - 1)\alpha(m, n)$$

$$k = 1, 2, 3, \dots$$

$$\alpha = \frac{\pi}{2}$$

$$I_1 = I_A + I_B + 2\sqrt{I_A I_B} \cos\phi$$

$$I_2 = I_A + I_B + 2\sqrt{I_A I_B} \cos\left(\phi + \frac{\pi}{2}\right)$$

$$\cos\left(\phi + \frac{\pi}{2}\right) = \cos\phi \cos\frac{\pi}{2} - \text{sen}\phi \text{sen}\frac{\pi}{2} = -\text{sen}\phi$$

$$I_3 = I_A + I_B + 2\sqrt{I_A I_B} \cos(\phi + \pi)$$

$$\cos(\phi + \pi) = \cos\phi \cos\pi - \text{sen}\phi \text{sen}\pi = -\cos\phi$$

$$I_4 = I_A + I_B + 2\sqrt{I_A I_B} \cos\left(\phi + \frac{3\pi}{2}\right)$$

$$\cos\left(\phi + \frac{3\pi}{2}\right) = \cos\phi \cos\frac{3\pi}{2} - \text{sen}\phi \text{sen}\frac{3\pi}{2} = \text{sen}\phi$$

$$I_1 = I_A + I_B + 2\sqrt{I_A I_B} \cos\phi$$

$$I_2 = I_A + I_B + 2\sqrt{I_A I_B} (-\sin\phi)$$

$$I_3 = I_A + I_B + 2\sqrt{I_A I_B} (-\cos\phi)$$

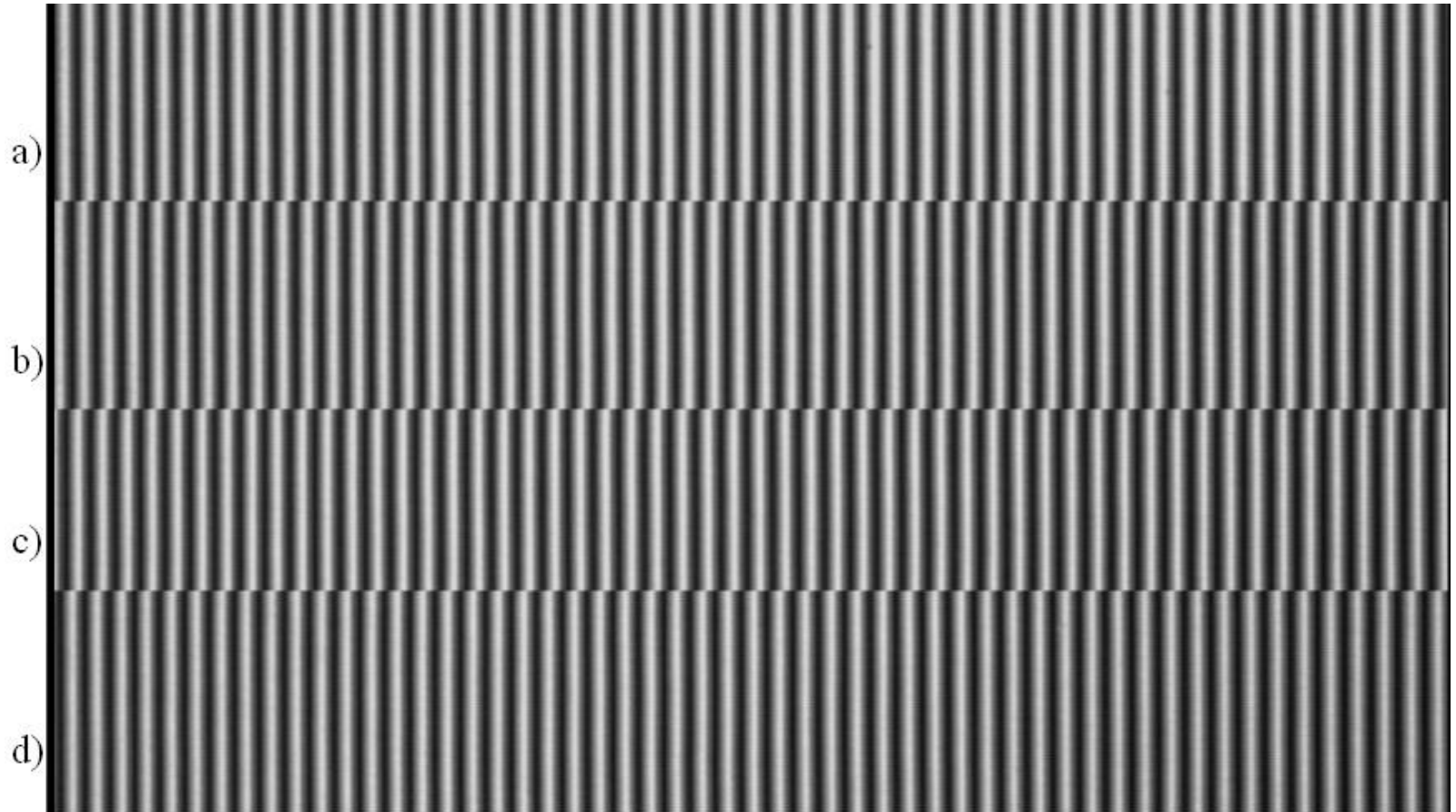
$$I_4 = I_A + I_B + 2\sqrt{I_A I_B} \sin\phi$$

$$I_2 - I_4 = -4\sqrt{I_A I_B} \sin\phi$$

$$I_1 - I_3 = 4\sqrt{I_A I_B} \cos\phi$$

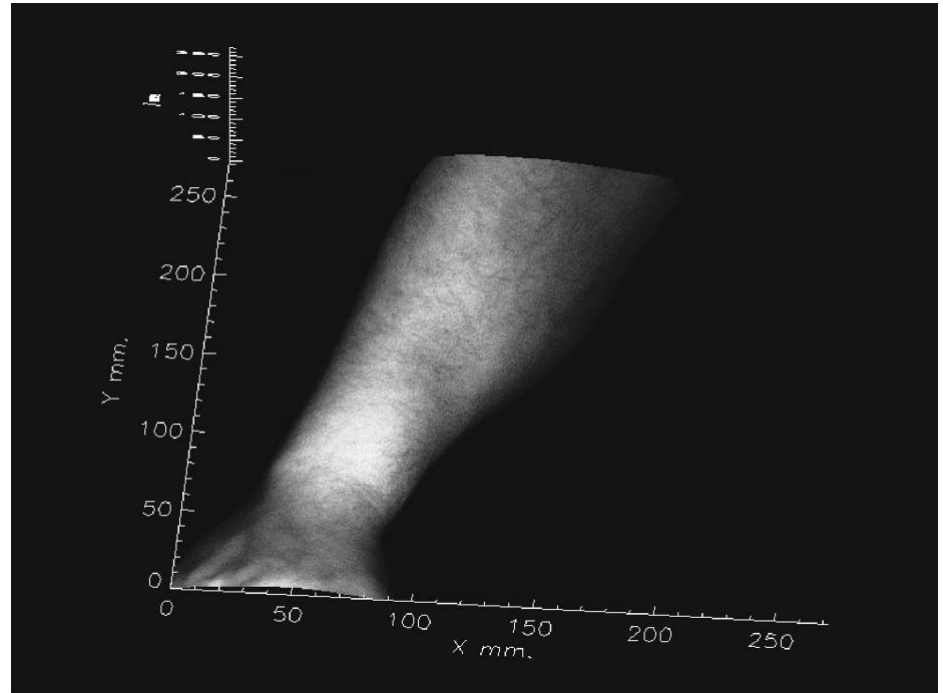
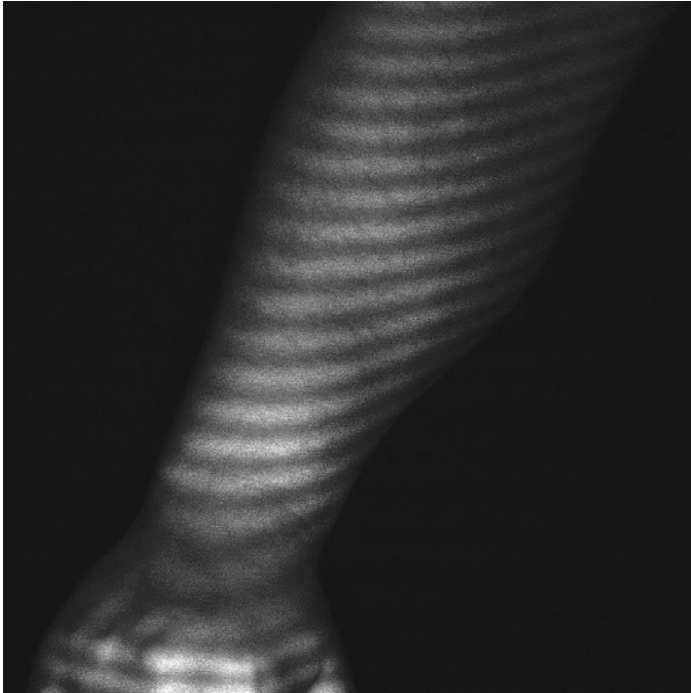
$$-(I_2 - I_4) = 4\sqrt{I_B I_A} \sin\phi$$

$$\phi(m, n) = \operatorname{tg}^{-1} \frac{-(I_2 - I_4)}{(I_1 - I_3)}$$



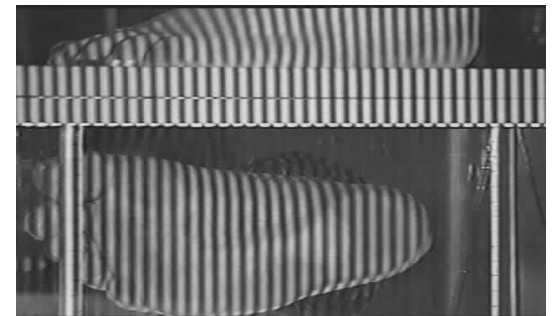
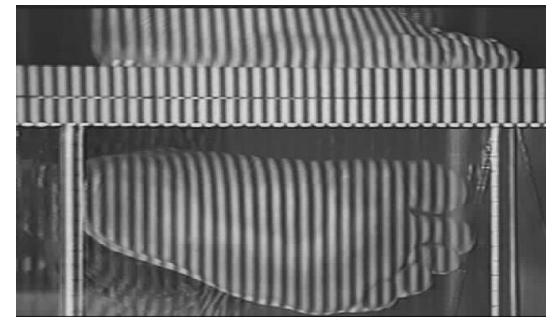
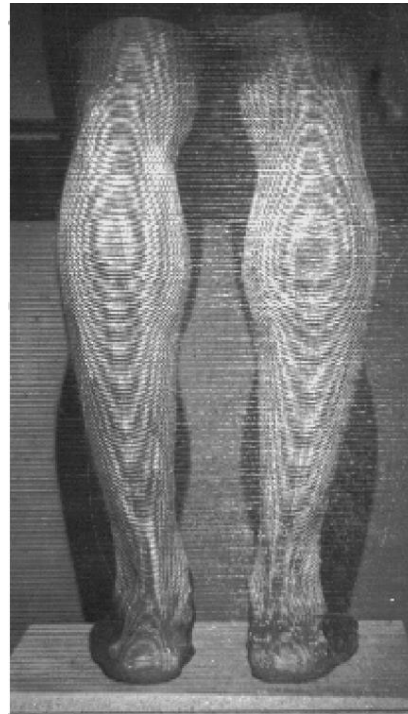
Patrón de franjas con un corrimiento de fase en cuatro pasos:
a) 0, b) $\pi/2$, c) π y d) $3\pi/2$.

Robust fringe analysis system for human body shape measurement



Francis Lilley, Michael J. Lalor, David R. Burton, Opt. Eng. 39(1) 187–195 (January 2000)

Moiré topography: alternative technique in health care



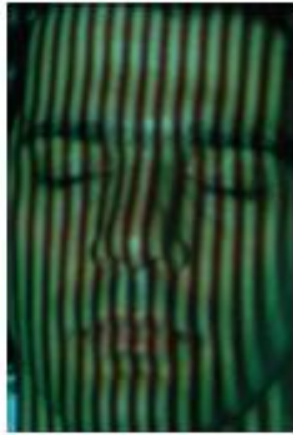
A. Moreno Years, R. González Peña, R. Junco, *Optics and Lasers in Engineering*, 40, 105–116, (2003)

Miniaturized 3D surface profilometer using digital fringe projection



Liang-Chia Chen and Chung-Chih Huang, Meas. Sci. Technol. 16 (2005) 1061–1068

Fringe Projection Techniques: Whither we are?



(a)



(b)



(c)



(d)

Sai Siva Gorthi and Pramod Rastogi,, Optics and Lasers in Engineering, 48(2):133-140, 2010.

Whole 3D shape reconstruction of vascular segments under pressure via fringe projection techniques

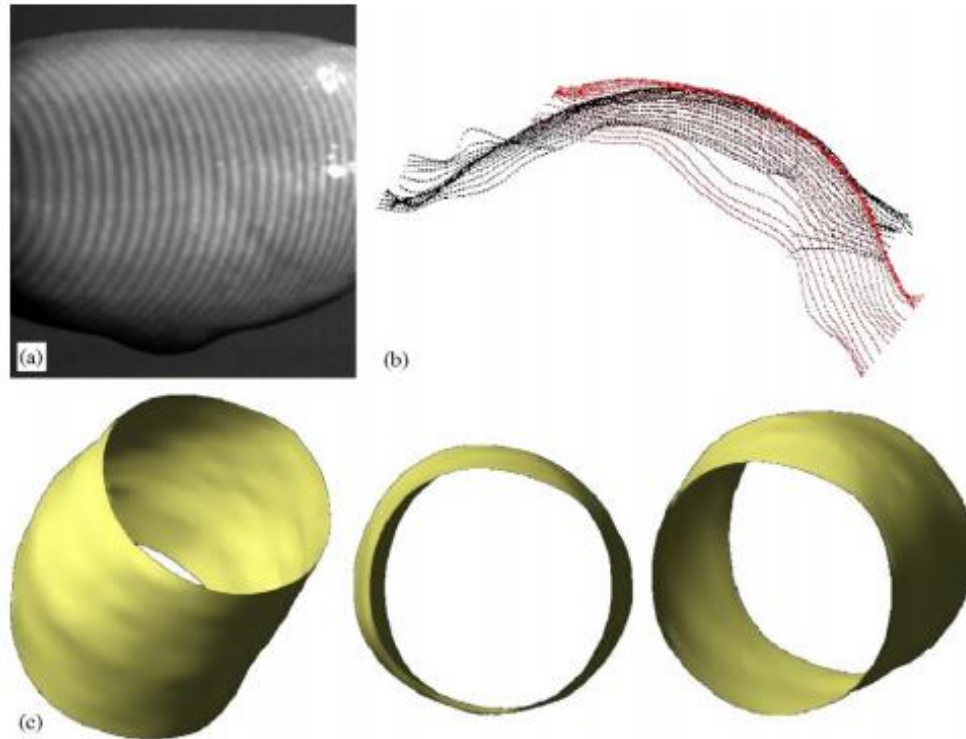


Fig. 7. Porcine vascular segment during inflation (a), overlapped contour curves from two different viewing angles showing edges effects in x and y directions (b) and final reconstructed 3D shape of the central portion of the vascular segment (c).

Three-dimensional surface imaging system for assessing human obesity

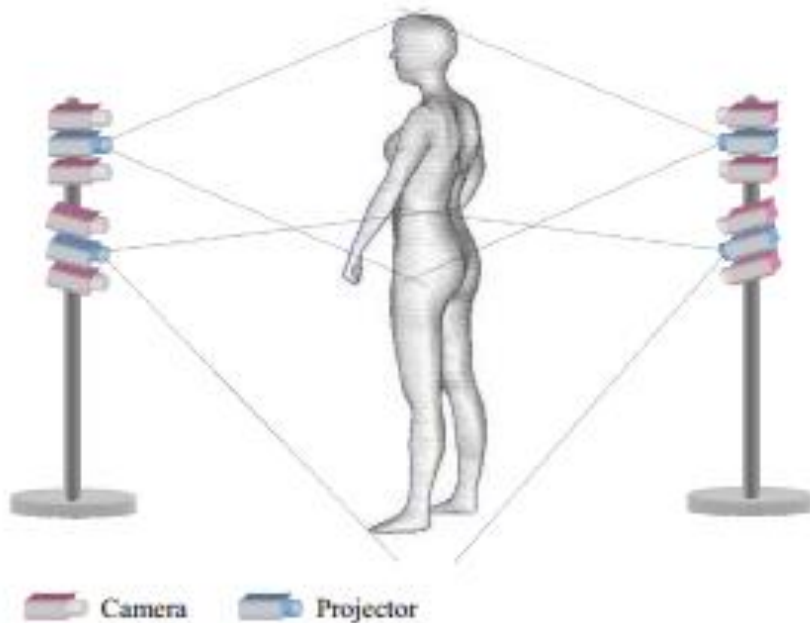


Fig. 1 Schematic of the system setup.

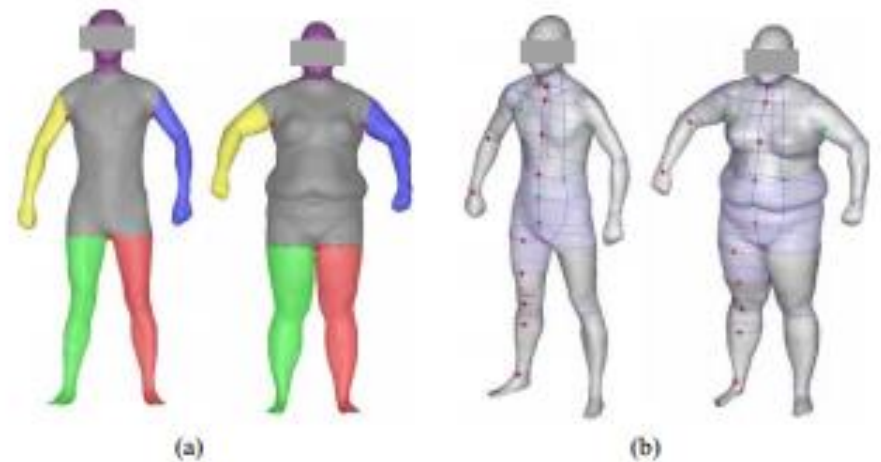


Fig. 7 Examples of body measurement on two human subjects: (a) body segmentation and (b) body measurement.

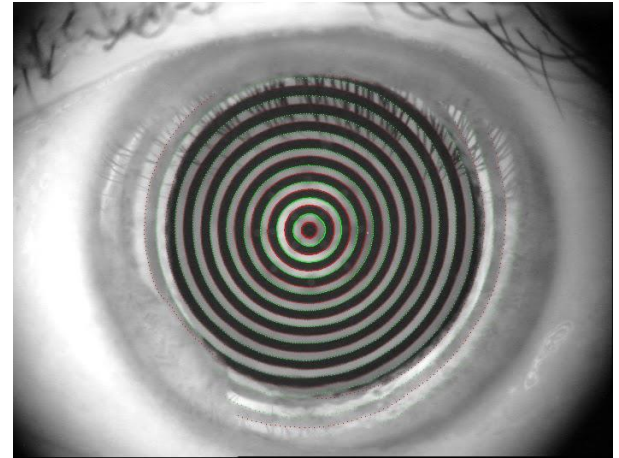
Bugao Xu, Wurong Yu, Ming Yao, M. Reese Pepper, Jeanne H. Freeland-Graves, *Optical Engineering*, 48(10): 107204, 2009.

Review and classification of corneal topographers

DISCO DE PLÁCIDO

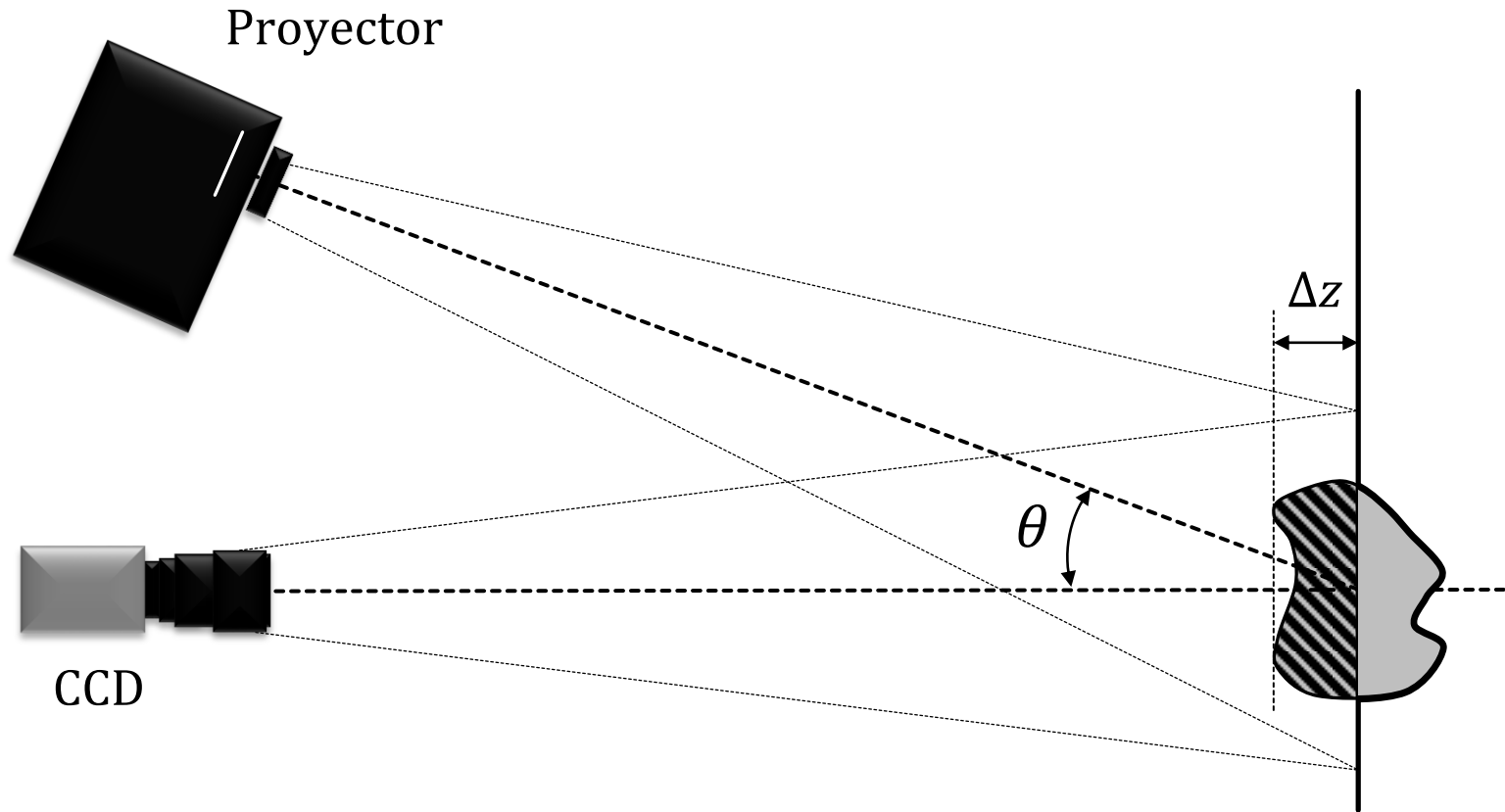


El Disco de Placido es un aparato que consta de un disco con un dibujo de círculos alternados blancos y negros que permiten examinar la curvatura de la córnea. Fue inventado por el médico portugués Antonio Placido da Costa (1848-1915); de ahí que sea conocido con ese nombre.



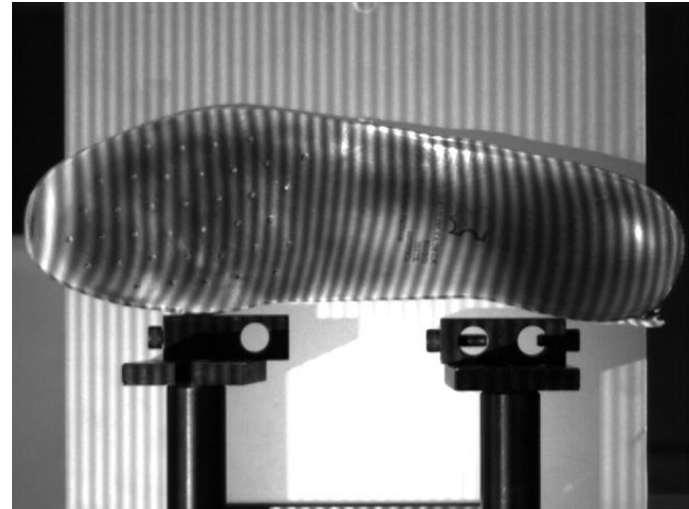
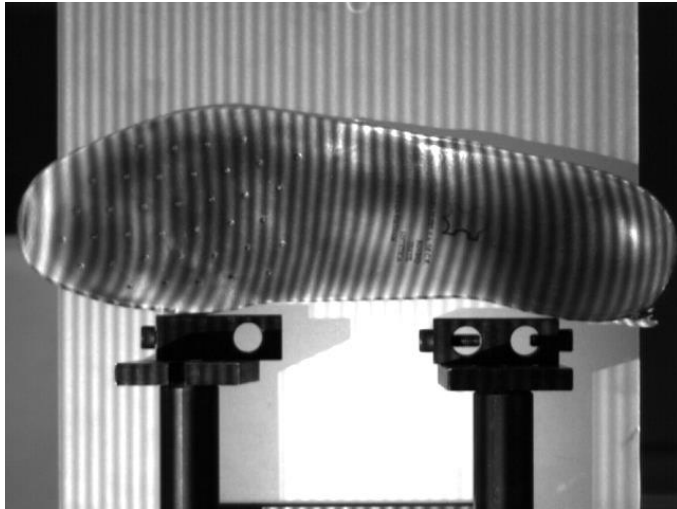
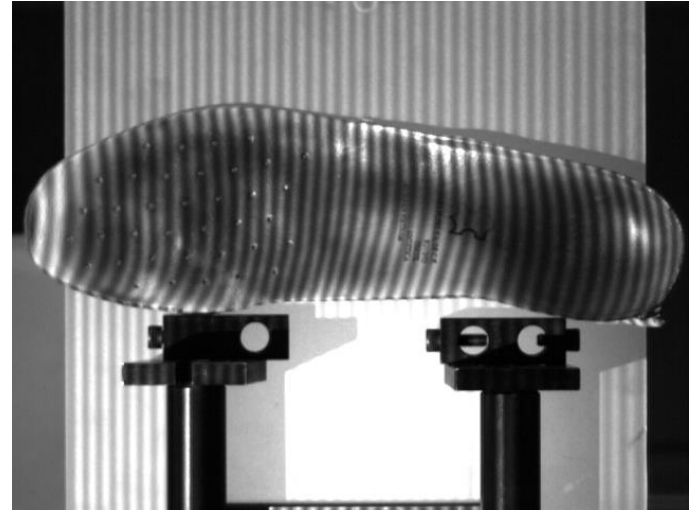
F. H. M. Jongsma, J. De Brabander and F. Hendrikse, *Lasers Med Sci*, 14: 2-19, 1999.

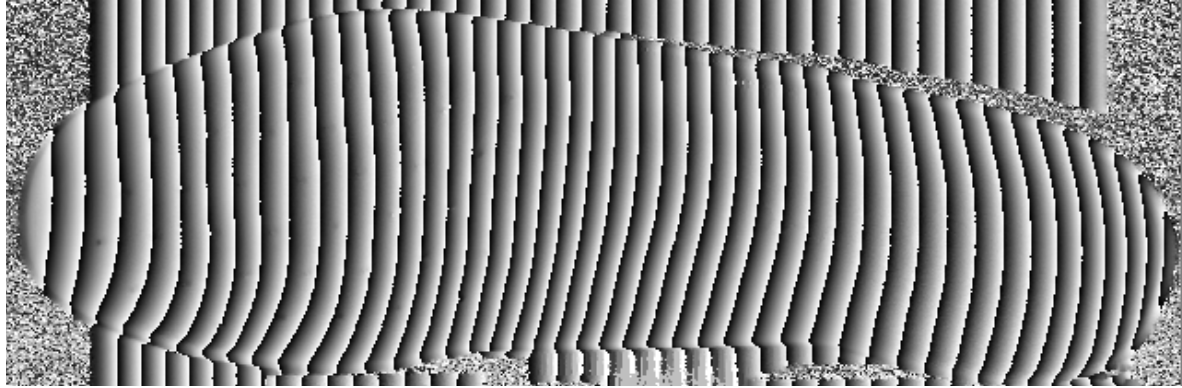
Laboratorio de pruebas ópticas y mecánicas: resultados



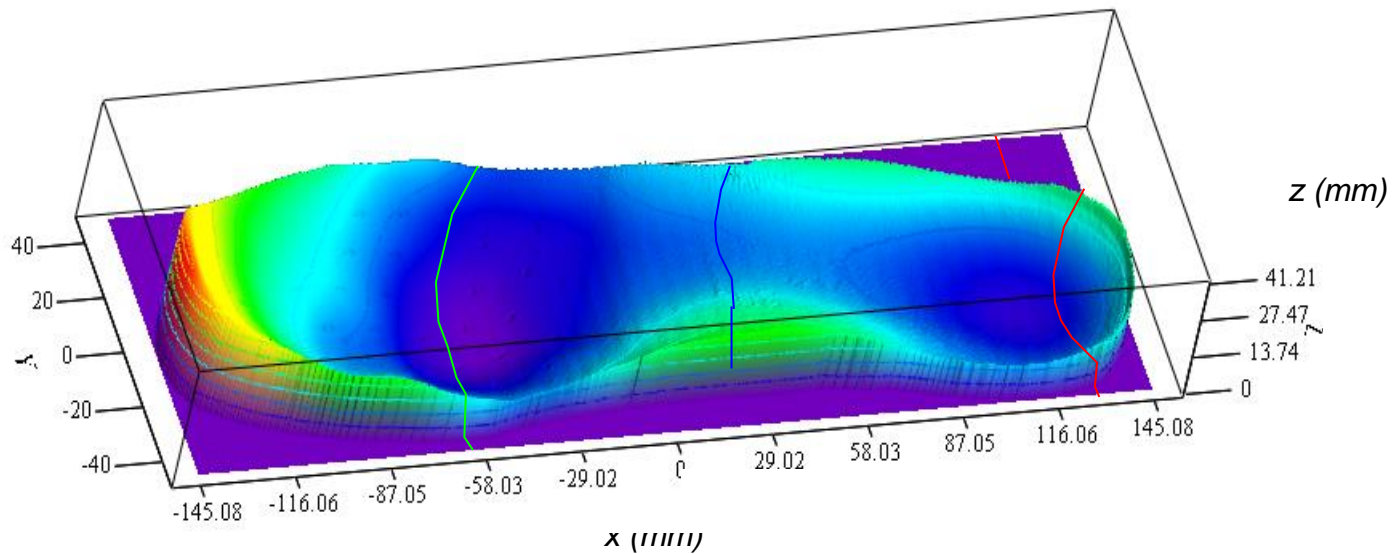
Esquema experimental clásico de proyección de franjas.

CORRIMIENTO DE FASE 4 PASOS

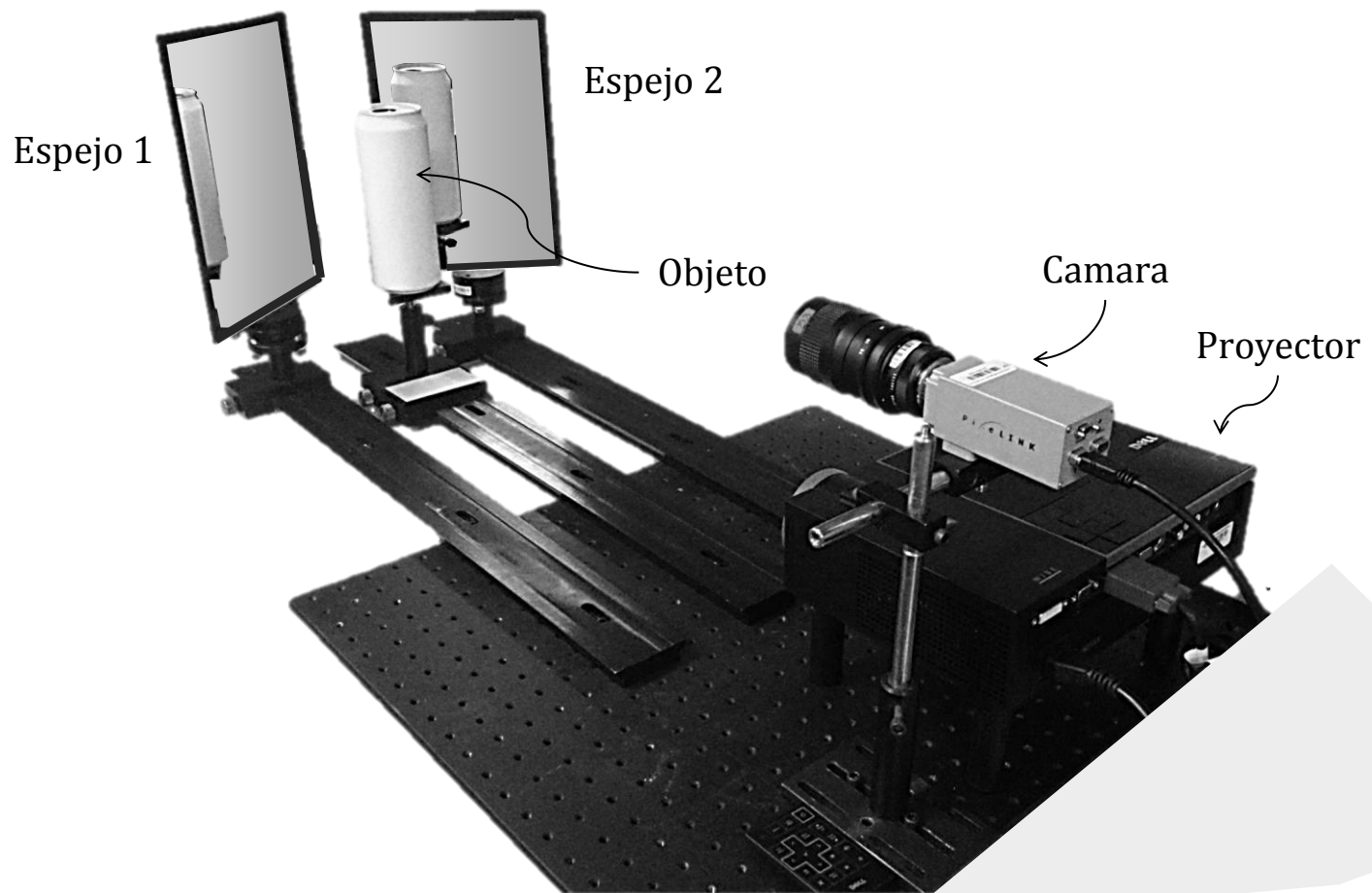




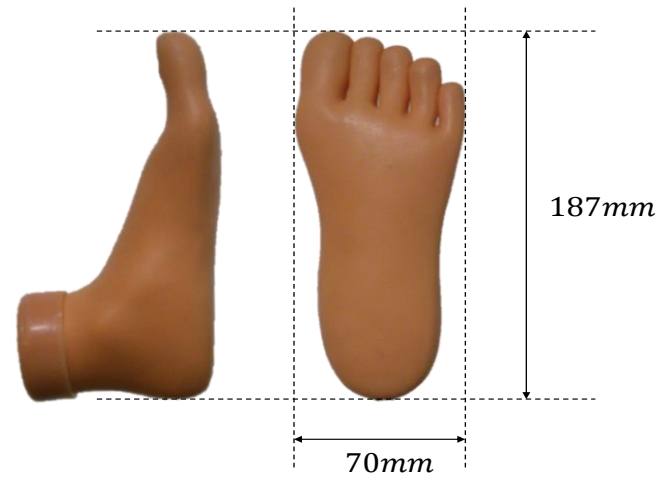
Fase envuelta y desenvuelta.



Samir Salvador Reyes Saab, tesis de licenciatura: “Evaluación de deformaciones en plantillas para calzado por medio de metrología óptica”, Universidad DeLaSalle, Bajío, León, Gto. México, Septiembre 2007.

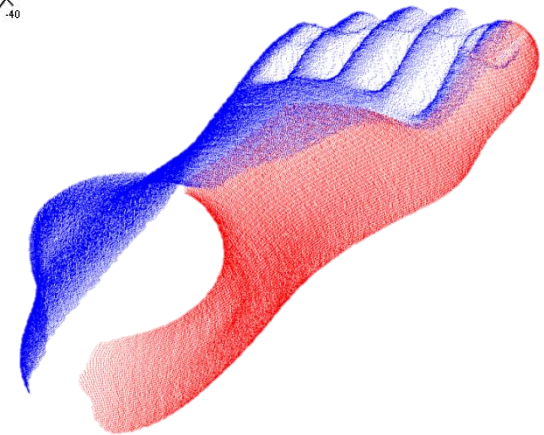
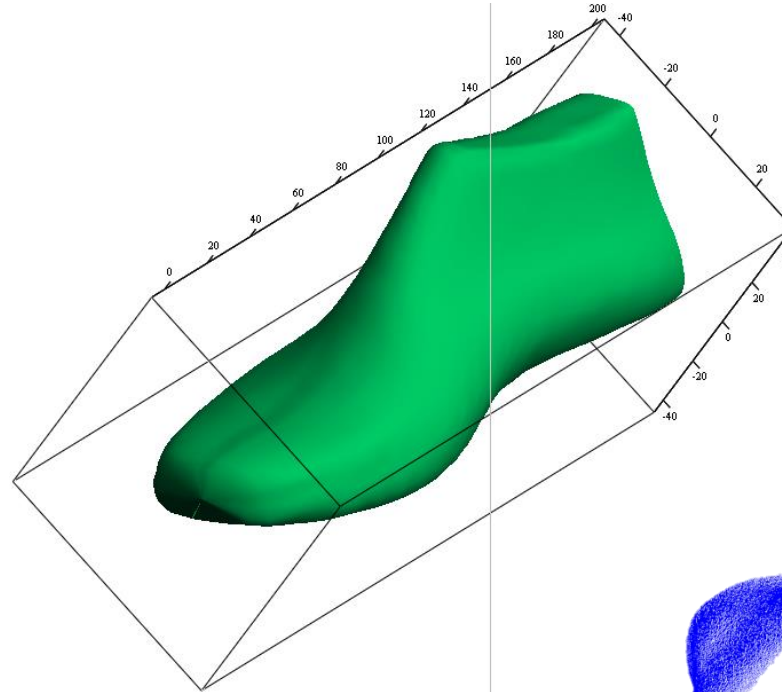
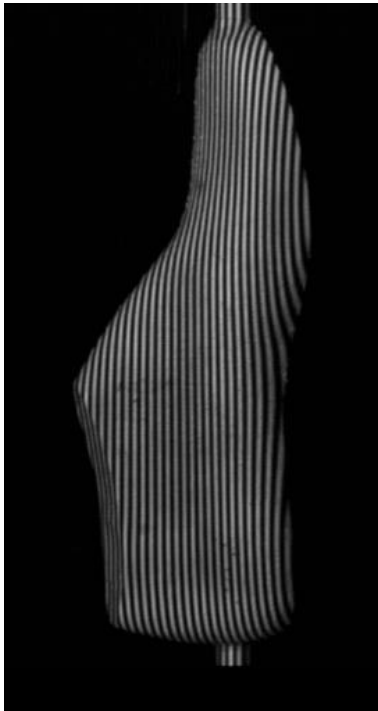


Arreglo experimental del sistema de proyección de franjas para la reconstrucción de un objeto de forma cilíndrica en un campo de visión de 360° utilizando un arreglo de espejos.



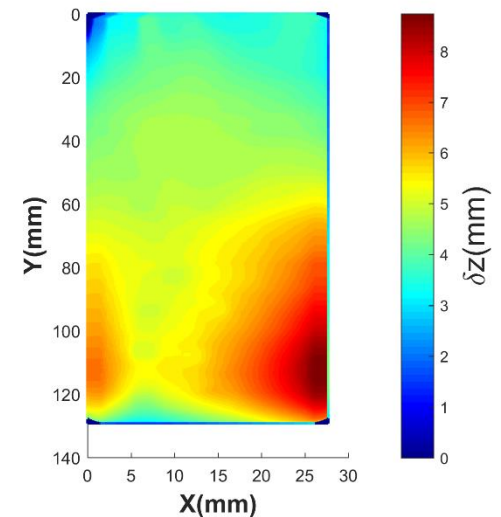
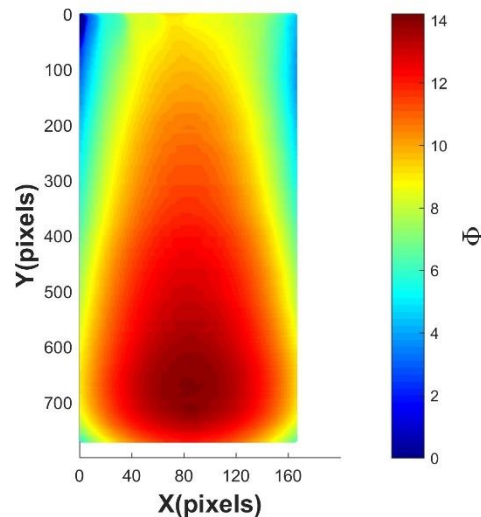
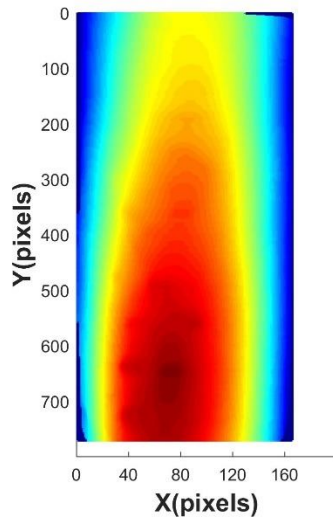
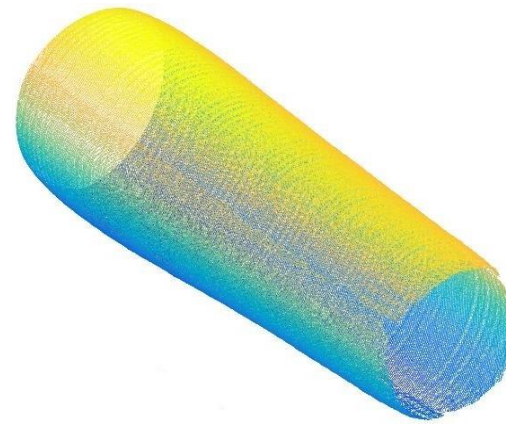
Maniquí del pie humano colocado dentro del sistema experimental de proyección.

Diseño de calzado para pie diabético



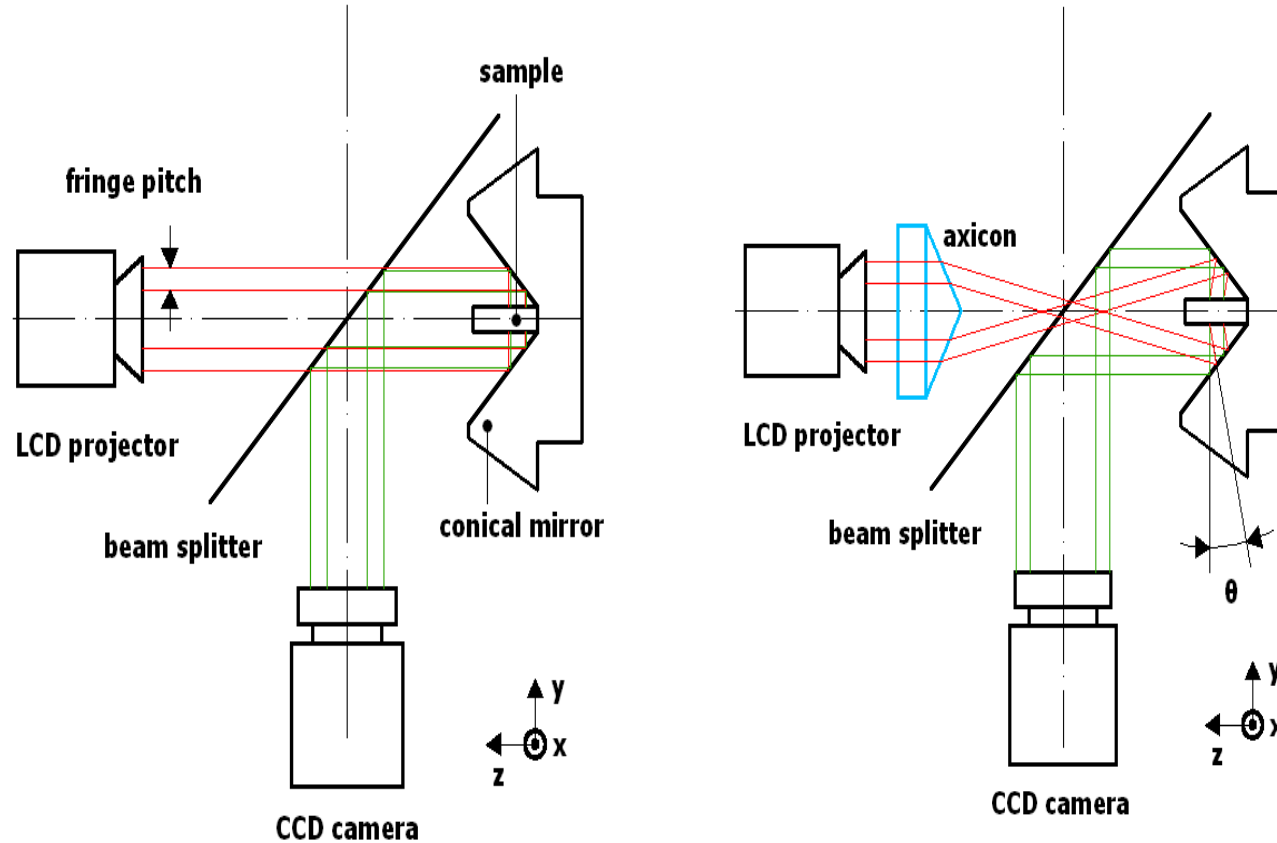
a)

Alexis de Jesús Flores García, Tesis de maestría en Optomecatrónica: “Escaneo 3d en un campo de visión de 360° utilizando la técnica de proyección de franjas y un arreglo de espejos”, Centro de Investigaciones en Óptica, 22 de marzo de 2013.

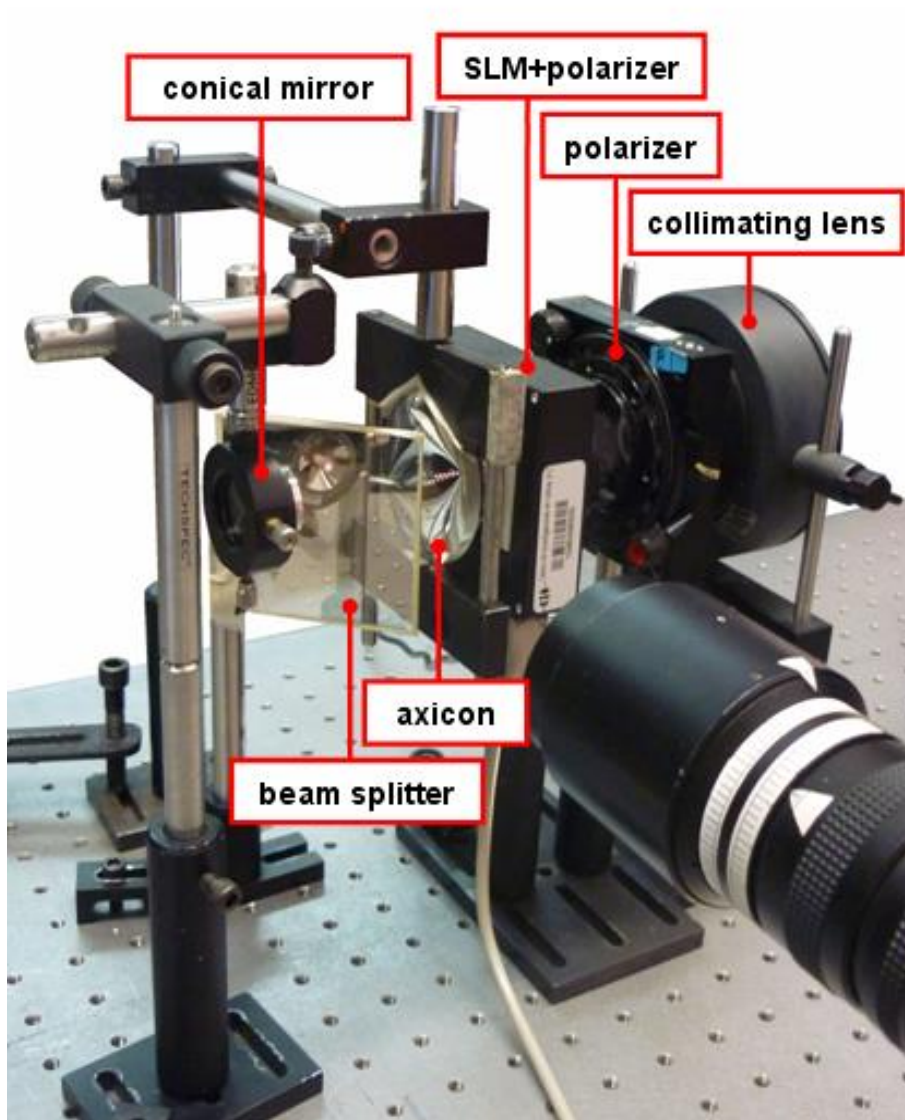


Antonio de Jesús Ortiz González, Digitalización y medición de deformación de objetos tubulares mediante técnicas de visión tridimensional a 360 grados, tesis de licenciatura, Instituto Tecnológico de los Mochis, enero de 2017.

Sistema de proyección de franjas panorámico



Víctor H. Flores, Luciana Casaletto, Katia Genovese, Amalia Martínez, Juan A. Rayas, "Panoramic fringe projection using a conical mirror", Optics and Lasers in Engineering, Vol. 58, p.80-84, 2014.



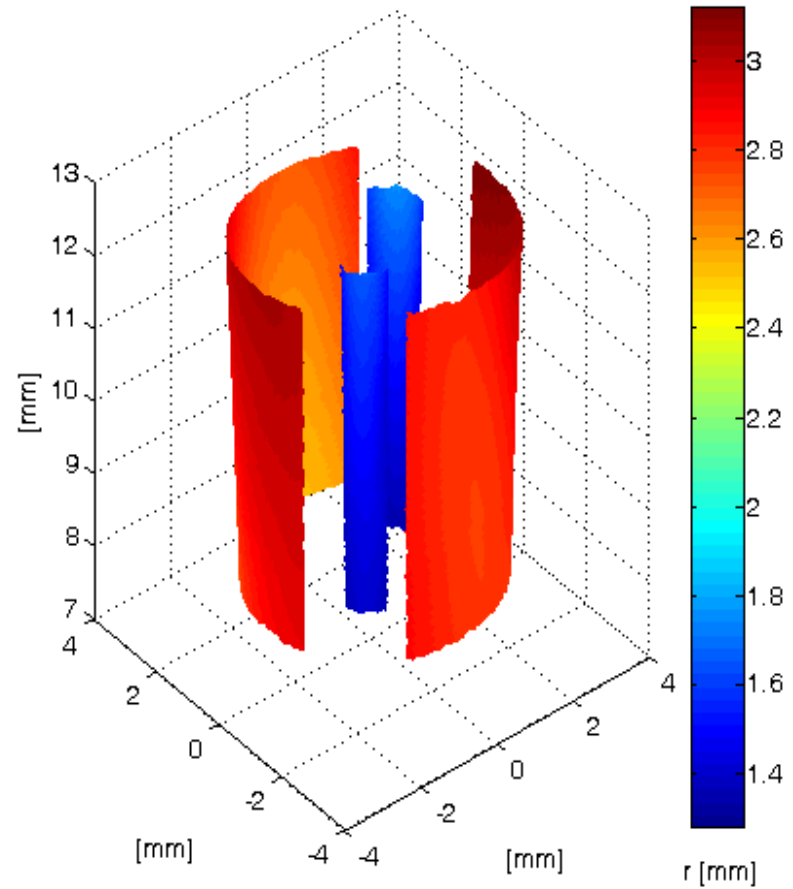
Spatial Light Modulator (SLM):
800x600 pixel
resolution ($32 \mu\text{m}^2$ pixel size)

Axicon: 50 mm de diametro

1280x1024 pixel² 8-bit
B/W CCD camera
equipped with a 7000
macro NAVITAR
telecentric zoom
objective (18-108 mm
focal length).

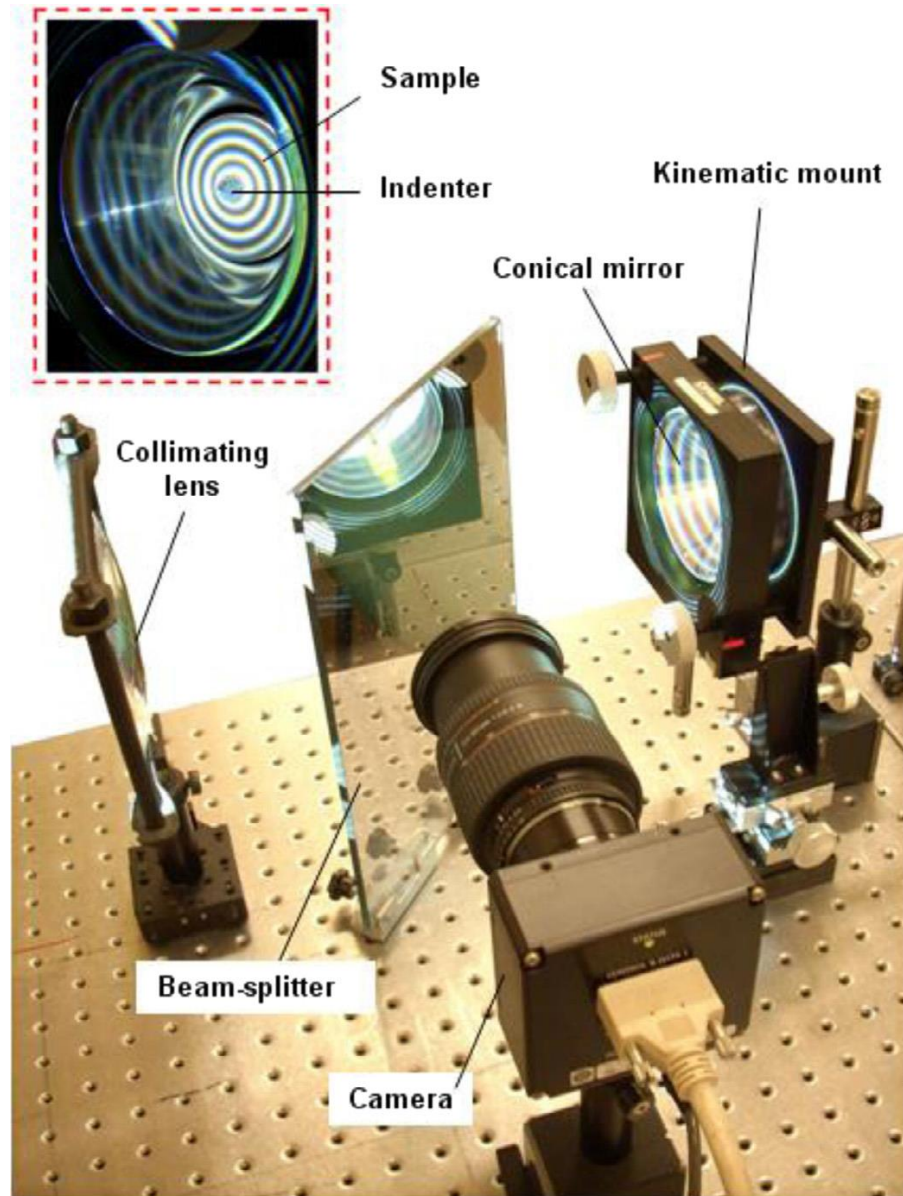


a)



b)

a) Objeto de prueba, b) gráfica de la topografía con error de 5%.



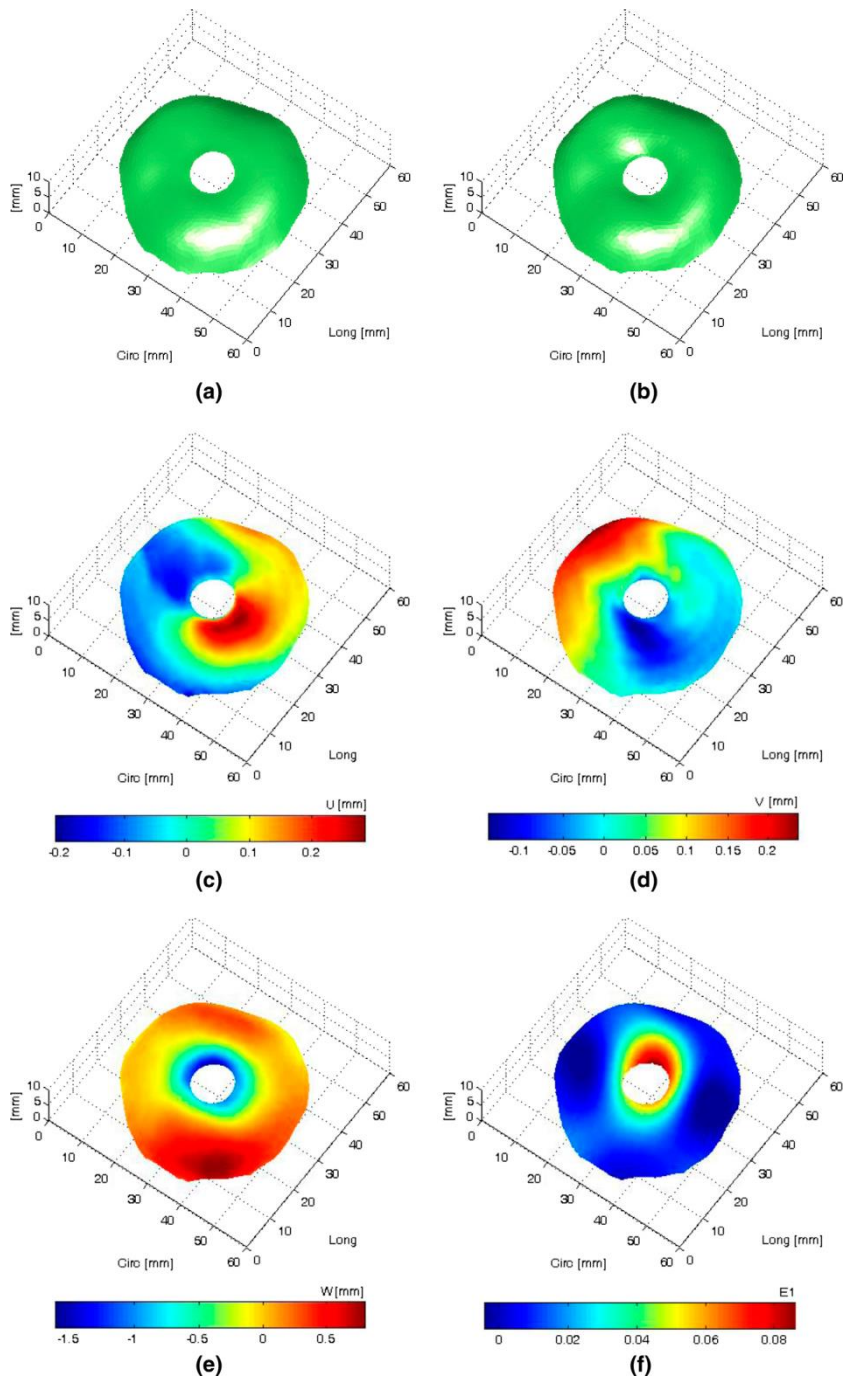
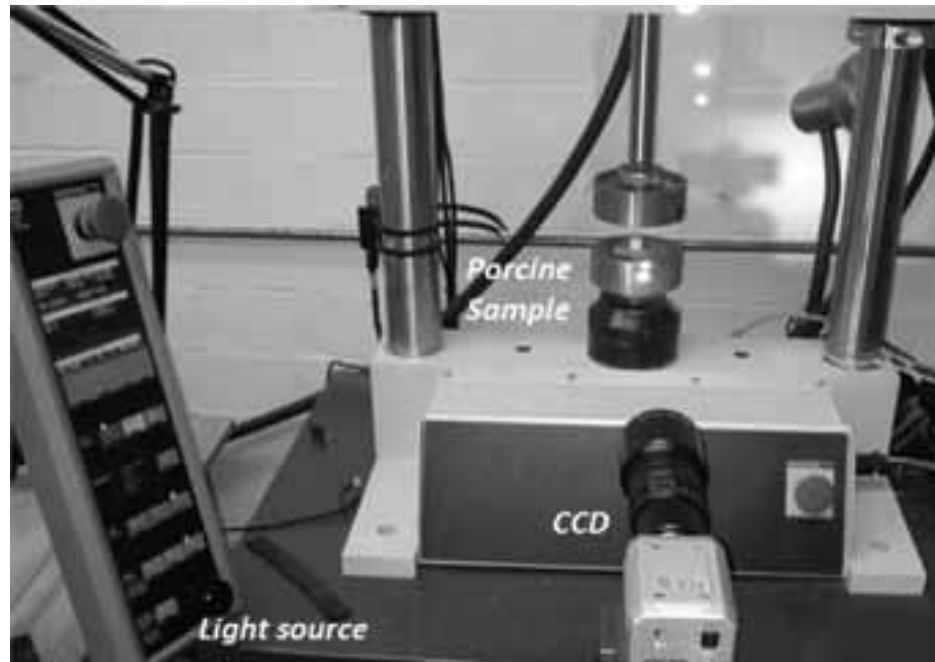


Fig.7. Full surface experimental data for the myocardium sample at $F=2.97$ N showing asymmetric distributions. Undeformed shape (a), deformed shape (b), U displacement map (c), V displacement map (d), W displacement map (e), first principal surface strain map (f). U , V , W are the displacement components along the circumferential, longitudinal and z-axis directions, respectively.

Katia Genovese, Areli Montes, Amalia Martínez, Sam. L. Evans, “Full-surface deformation measurement of anisotropic tissues under indentation”, *Medical Engineering and Physics*, Vol. 37, p. 484-493, 2015.

Correlación digital de imágenes



Juan Pablo Campos-López, Ariel Fuerte-Hernández, Luis Héctor Hernández Gómez, Amalia Martínez García, Juan Alfonso Beltrán Fernández, Guillermo Urriolagoitia Calderón, “Determination of the mechanical properties of lumbar porcine vertebrae with 2D digital image correlation”, *Journal of Applied Biomaterials & Functional Materials*, 2015, 13(3): e195-e200,

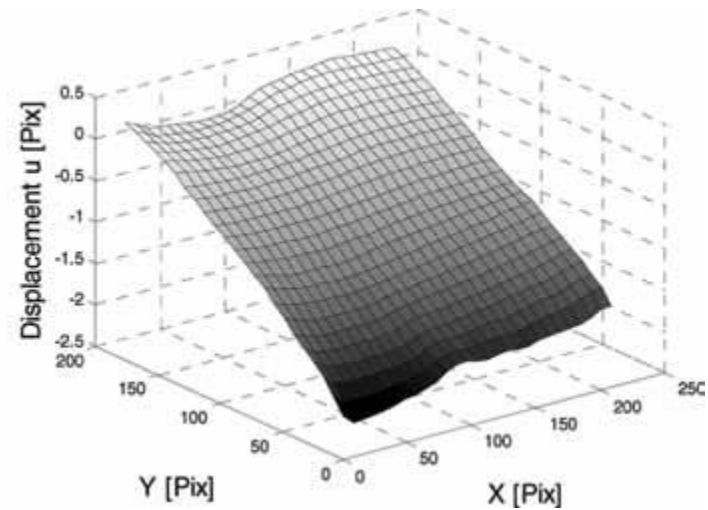
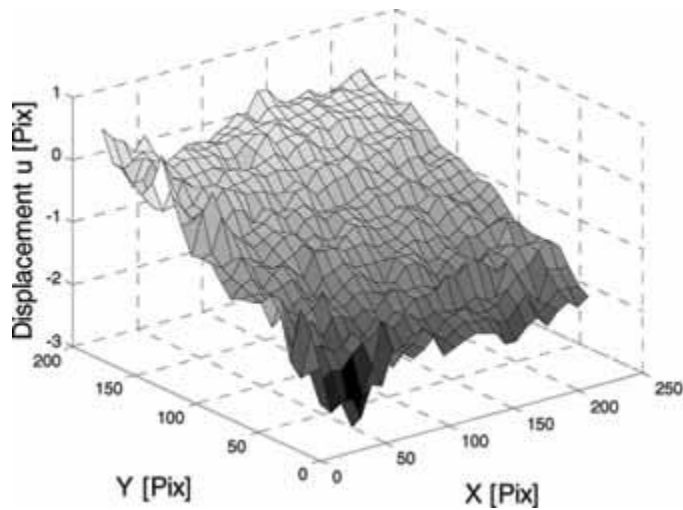
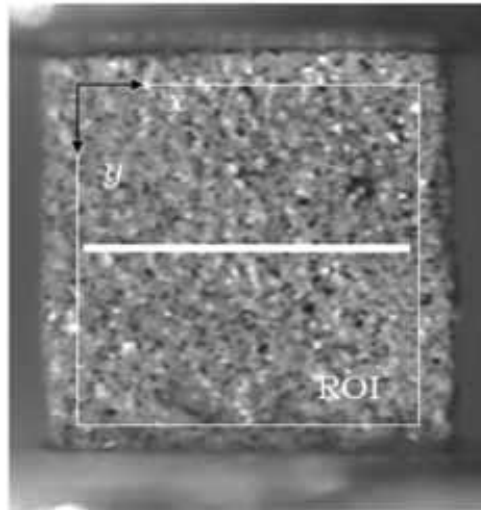
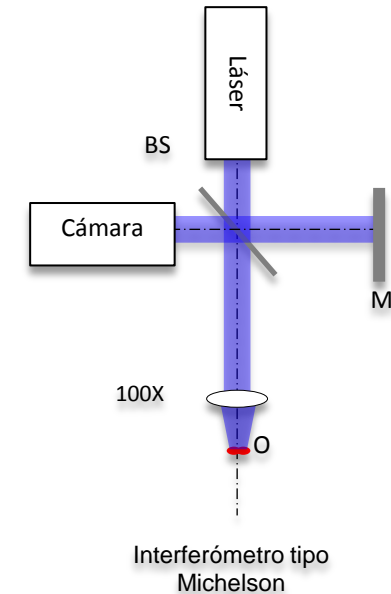
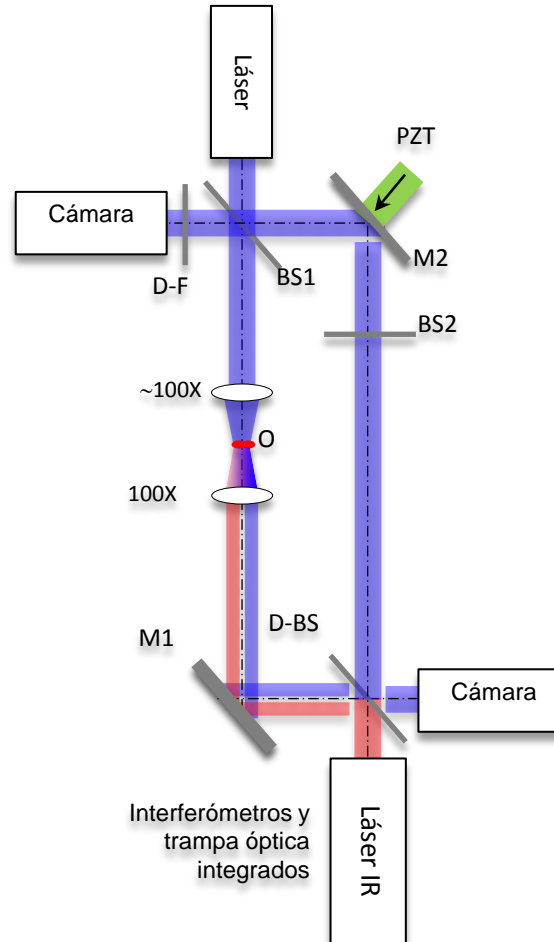
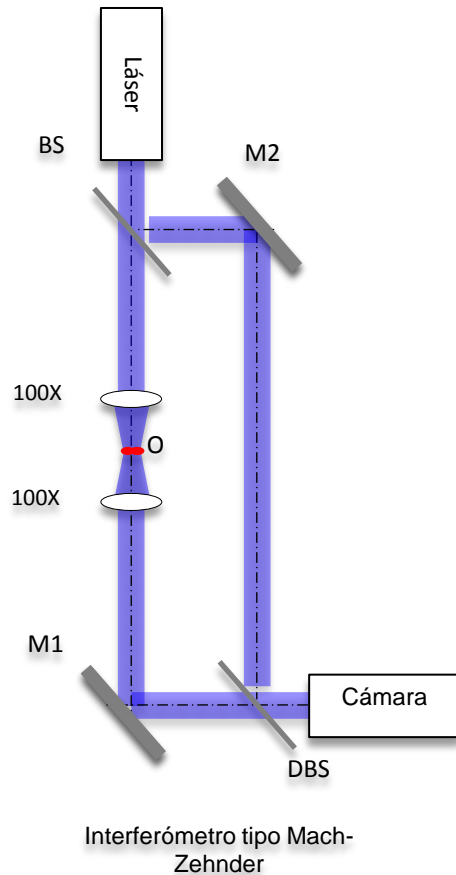


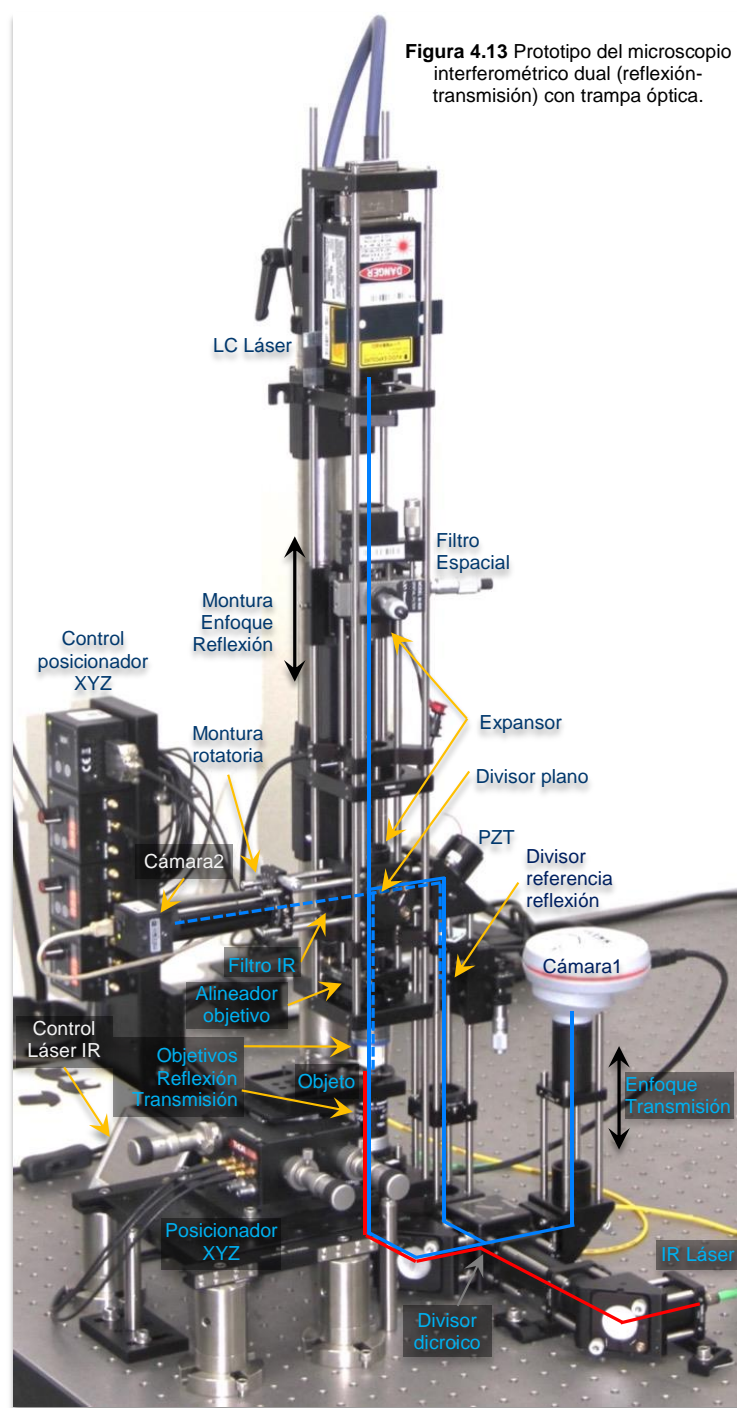
Fig. 4 - Displacement u in a lumbar specimen. (A) Raw displacement; (B) smooth displacement.

Pinzas ópticas+Mach Zehnder+Michelson



Juan Antonio Rayas Álvarez, “Desarrollo e implementación de un microscopio interferencial dual con trampa óptica para análisis morfológicos tridimensionales”, Octubre 6 de 2017, Universidad de Santiago de Chile

Figura 4.13 Prototipo del microscopio interferométrico dual (reflexión-transmisión) con trampa óptica.



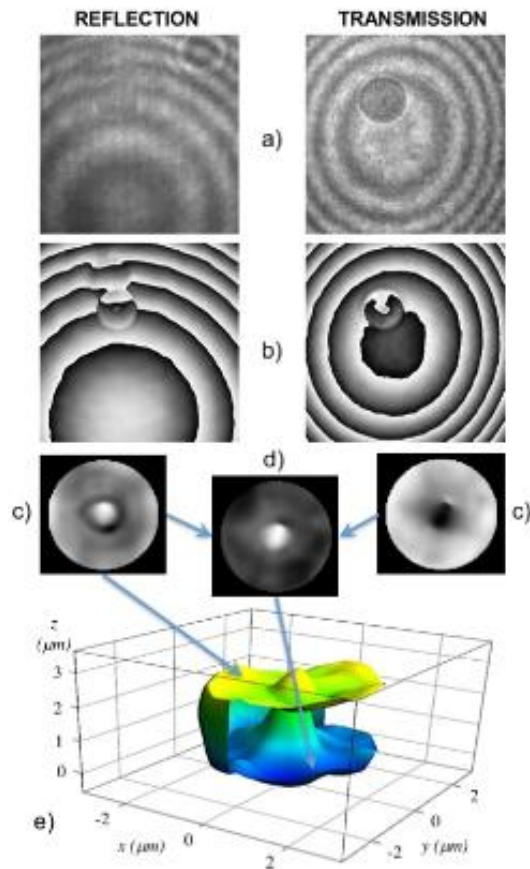


Fig. 4 Red blood cell distorted by optical trap a) Interferograms for reflection and transmission interferometers, b) Wrapped-phase by phase-shifting technique, c) Unwrapped phase without carrier, d) Bottom side, (differences from upper side and thickness) and e) topographic reconstruction.

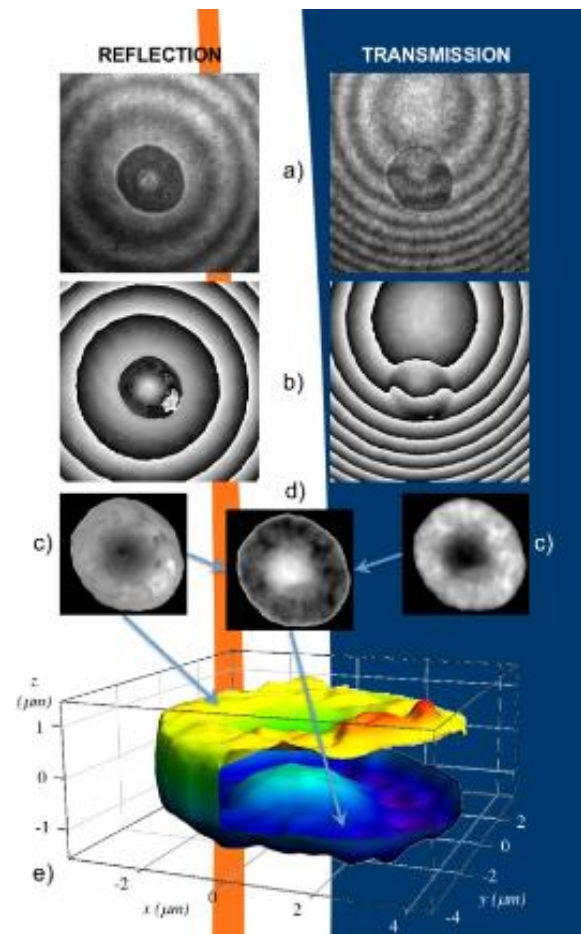


Fig. 5 Red blood cell trapped by the optical tweezer a) Interferograms for reflection and transmission interferometers, b) Wrapped-phase by phase-shifting technique, c) Unwrapped phase without carrier, d) Bottom side (differences from upper side and thickness), and e) topographic reconstruction.

J. A. Rayas, R. R. Cordero, M. León-Rodríguez, Amalia Martínez, “Instrumentation for cells identification with dual-interferometry and optical trap”, IX Iberoamerican Optics Meeting/XII Latinoamerican on Optics, Lasers and Applications (RIAO/OPTILAS 2016, 21-25 november 2016), p.327. Pucón, Chile. (Poster presentation: PS3_37, 2016 OSA STUDENT PRIZE)



Conclusiones

- Obtención de la topografía del cuerpo humano para el estudio de la obesidad (índice de masa corporal).
- Campos de deformación en objetos tubulares (venas).
- Medición de la topografía del pie para el diseño de hormas especiales.
- Evaluación de la topografía de glóbulos rojos.
- Campos de desplazamiento en una muestra de miocardio y de una vertebra lumbar correspondiente a un porcino.



Conclusiones

- Medición de topografía de objetos del orden de 6-8 micras.
- Medición de objetos de grandes dimensiones.

Agradecimientos

- Katia Genovese, Universidad de la Basilicata
- Raúl Cordero, Universidad de Santiago de Chile
- Juan Antonio Rayas Álvarez, Centro de Investigaciones en Óptica
- Areli Montes, Benemérita Universidad Autónoma de Puebla



Gracias.
amalia@cio.

