

January 1996

Estudio y Diseño Teórico de Sistemas Intraoculares Una Invitación al Futuro

Luis Augusto Sánchez

Universidad de La Salle, Bogotá, revista_uls@lasalle.edu.co

Diego Alexander Giraldo

Universidad de La Salle, Bogotá, revista_uls@lasalle.edu.co

Dr. Héctor Cáceres

Universidad de La Salle, Bogotá, revista_uls@lasalle.edu.co

Follow this and additional works at: <https://ciencia.lasalle.edu.co/ruls>

Citación recomendada

Sánchez, L. A., D.A. Giraldo, y D.Cáceres (1996). Estudio y Diseño Teórico de Sistemas Intraoculares Una Invitación al Futuro. Revista de la Universidad de La Salle, (23), 61-72.

This Artículo de Revista is brought to you for free and open access by the Revistas de divulgación at Ciencia Unisalle. It has been accepted for inclusion in Revista de la Universidad de La Salle by an authorized editor of Ciencia Unisalle. For more information, please contact ciencia@lasalle.edu.co.

Estudio y Diseño Teórico de Sistemas Intraoculares "Una Invitación al Futuro"

*Luis Augusto Sánchez, O.D.
Universidad De La Salle*

*Diego Alexander Giraldo, O.D.
Universidad De La Salle*

*Director Científico: Dr. Héctor Cáceres, O.D.
Profesor Facultad de Optometría
Coordinador Área Óptica Fisiológica
Universidad De La Salle*

Abstract

El restituir la acomodación perdida tras la extracción de cataratas, ha sido la meta de algunos investigadores a nivel mundial. Durante los últimos años ha sido nuestro deseo el llegar a la concepción y diseño de sistemas de posicionamiento intraocular que permitieran la acomodación en áfacos, aprovechando el acelerado avance de la tecnología en cibernética, imágenes diagnósticas, informática y miniaturización.

Creemos que es nuestro deber el manifestar las ideas que planteamos en este trabajo investigativo, en el cual, invertimos nuestras perspectivas de poder dotar a un ojo áfaco de acomodación por medio de sistemas artificiales.

El problema

El logro de una acomodación activa, luego de una faquectomía o cirugía de extracción de catarata, ha sido meta de muchos investigadores en bioingeniería, para lo cual se han realizado diversos trabajos sobre la biocompatibilidad de las lentes intraoculares las que siendo la única opción utilizada hasta el momento como aditamento que reemplace al cristalino casi o en su posición anatómica y fisiológica, permitiendo al paciente una relativa buena visión, con el inconveniente de limitar esta a un solo foco: " El ojo pasa de ser un sistema acomodativamente dinámico a ser un sistema estático, privando al paciente de visión nítida a diferentes distancias." Por lo tanto, este proyecto el cual denominaremos "PROYECTO S.A.I.", pretenderá dar posibles soluciones, siendo el objetivo principal de nuestra investigación el plantear soluciones a través de sistemas y procedimientos que permitan dotar a un paciente de la facultad para acomodar perdida.

Antecedentes

La ciencia médica siempre mostró gran interés en reemplazar el cristalino

cataratoso por un sistema artificial o lente transparente los cuales fueron inicialmente construidos en PMMA (polimetil-metacrilato). Los primeros lentes intraoculares (LIO), fueron los lentes de cámara anterior (LIO CA), los cuales evolucionaron de diseños rígidos a diseños más flexibles, conceptualizándose a su vez diseños de soporte iridocápsulares e iridocápsulares los que tuvieron complicaciones en el ámbito intraocular. Investigaciones posteriores al desarrollo de estos primeros diseños, llevaron a crear lentes que pudieran ser implantadas en cámara posterior (LIO CP), ubicándose dentro de una posición fisiológicamente más parecida a la que ocupaba el cristalino. Actualmente

"Los primeros lentes intraoculares (LIO), fueron los lentes de cámara anterior (LIO/CA), los cuales evolucionaron de diseños rígidos a diseños más flexibles"

más de trescientos mil lentes intraoculares de silicona del tipo LIO CP, han sido implantados en los EE UU., siendo seguros y efectivos ópticamente como LIO; teniendo la propiedad especial de poder ser doblados e insertados a través de pequeñas incisiones.

Se han realizado a su vez experimentos en la Universidad de Lubeck (Alemania) sobre relleno y polimerización endocapsular de un LIO inyectable, encontrándose que el material monomérico líquido empleado no es el ideal, y se deberá seguir investigando hasta la consecución de el material apropiado para el relleno.

Proyecto S.A.I.

Desde julio de 1995 se esta llevando a cabo el **Estudio y diseño teórico de sistemas artificiales intraoculares que permiten la acomodación en áfacos** **Una Invitación al Futuro**" Bajo la dirección científica del Dr. Héctor Cáceres O.D., llegándose a la concepción del diseño de sistemas complejos de pequeña dimensión (similar al tamaño de LIO CP tradicional), aprovechando la anatomofisiología del Globo ocular para el diseño de los S.A.I. (Sistemas Artificiales Intraoculares) los que se basan en un sistema de desplazamiento axial dado por tecnología de avanzada y de alta precisión; valiéndonos de investigaciones en varias áreas de la física informática y cibernética para aplicarlas en el cálculo e implante de estos diseños.

"Para el diseño de los Sistemas Artificiales Intraoculares, se basan en un sistema de desplazamiento axial dado por tecnología de avanzada y alta precisión".

Cálculo de un S.A.I.

Para la elección de un S.A.I., no solo son necesarios los datos queratométricos y biométricos, sino que deberán adjuntarse nuevos datos respecto a las dimensiones del anillo ciliar, formado por el músculo ciliar activado y relajado, esto nos indicará el rango en milímetros de activación

de un S.A.I. Cómo lo lograremos?: Con ecografía 3-D ya que esta técnica rompe los esquemas de los modos anteriores, permitiendo una visualización tridimensional del órgano examinado más la utilización de programas de análisis biométricos y desarrollando uno que nos permita medir el diámetro ciliar, podremos obtener los parámetros a aplicar en un S.A.I. para su funcionamiento.

Para el implante de un S.A.I. se debe tener en cuenta que las estructuras intraoculares estén sanas. En un ojo con catarata es casi imposible detectar procesos patológicos que más tarde causen complicaciones. Por lo anterior creemos que utilizar escanografía volumétrica amplificada

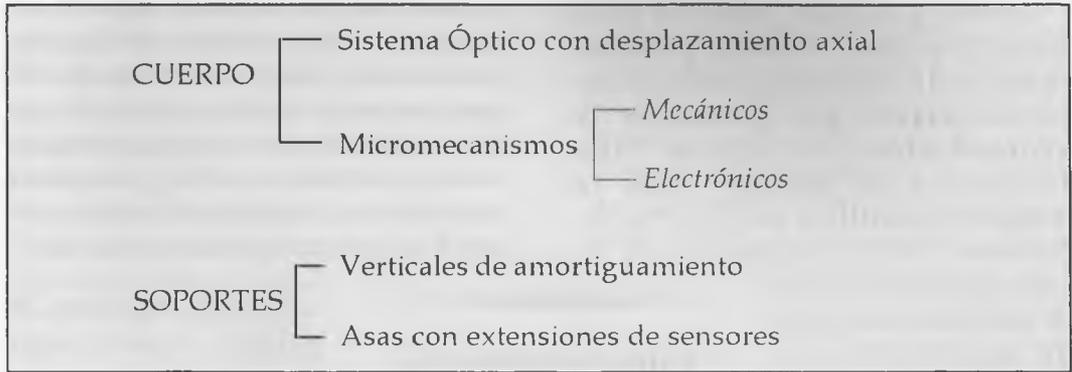
podría solucionar la visualización de procesos intraoculares así como asegurar una perfecta implantación, combinándola con sistemas de Realidad virtual y de cirugía asistida por robótica.

Diseño S.A.I.

Los diseños realizados son sistemas de funcionamiento por desplazamiento axial de su porción óptica. Los cuales aumentan en grado de sofisticación partiendo desde el sistema mecánico más sencillo hasta el sistema integrado electrónico más complejo.

Los S.A.I. Constan de dos partes principales.

1. Cuerpo
2. Soportes



Principio óptico básico de los S.A.I.

El rango de la focalización del sistema se logra mediante el desplazamiento axial posteroanterior o viceversa de la porción óptica, obteniendo mediante este desplazamiento la ganancia o pérdida dióptrica de acuerdo a las vergencias provenientes del objeto de fijación.

- Ganancia dióptrica positiva “acomodación” dada por el desplazamiento posteroanterior de la lente.
- Ganancia dióptrica negativa “relajación” dada por el desplazamiento anteroposterior de la lente.

SOPORTES

■ TIPO I

Este tipo de soporte es diseñado y calculado, de acuerdo a la morfología

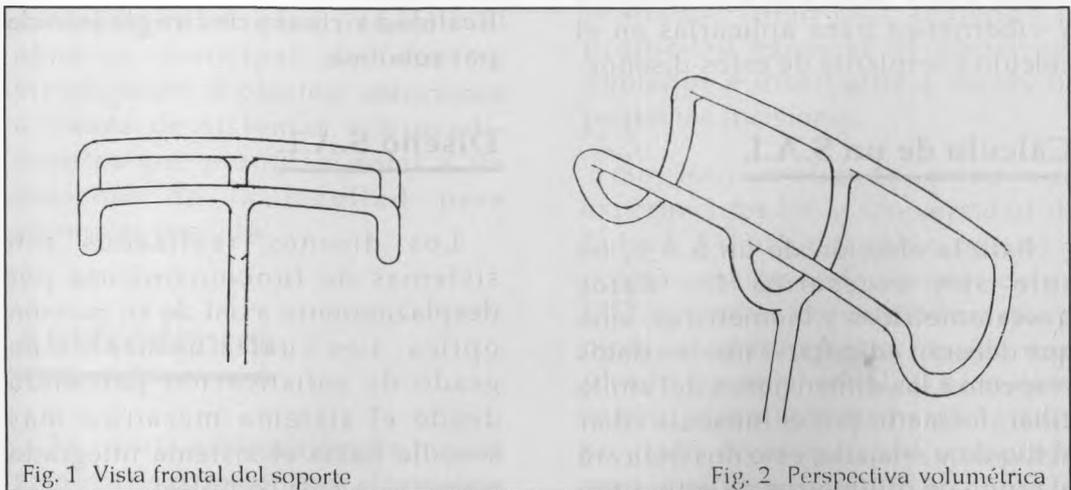


Fig. 1 Vista frontal del soporte

Fig. 2 Perspectiva volumétrica

del músculo ciliar presentada a través de imágenes diagnósticas amplificadas. Se utiliza para diseños mecánicos, estos soportes constan de tres partes principales: una porción de apoyo en el área ciliar, con una sección longitudinal y otra circular. Y una porción de soporte vertical, que une la parte óptico-mecánica con el área de apoyo.

■ TIPO II

Soporte similar al diseño de asas en "C", que lleva en sus contornos de contacto, extensiones conductoras impresas a los sensores terminales. (Fig. No. 3)

Diseños S.A.I.

S.A.I. I

Figuras 4-a y 4-b (Ver pág. 66)

Definición y funcionamiento

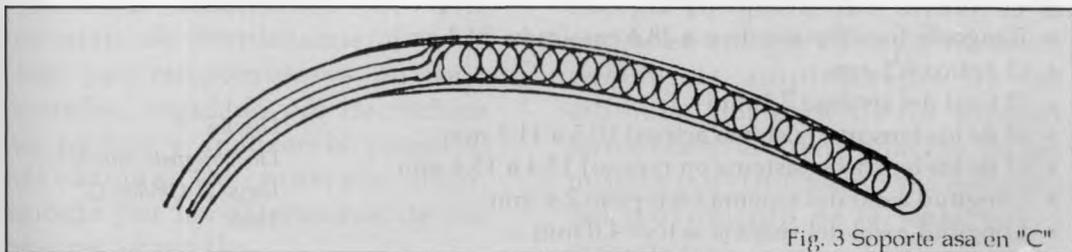
Sistema mecánico axial de alta precisión, que funciona con base en microengranajes axionados directamente por la porción muscular circular sobre los soportes de tipo 1 apoyados en el surco ciliar y entre los valles de los procesos ciliares.

Características del sistema

· RANGO DE FOCALIZACION	INFINITO A 20.4 cm
· DIAMETRO OPTICO	6.4 mm
· DIAMETRO TOTAL DEL CUERPO	6.8 mm
· DIAMETRO DE LOS TENSORES ACTIVADOS	10.5 a 11.3 mm
· DIAMETRO DE LOS TENSORES EN REPOSO	12.4 a 13.4 mm
· LONGITUD AXIAL DEL SISTEMA EN REPOSO	2.2 mm
· LONGITUD AXIAL DEL SISTEMA ACTIVO	3.8 mm

Dimensiones al implantarlo

Largo	: 10.5 mm (Comprimible a 8 mm)
Ancho	: 6.8 mm
Espesor	: 1.7 mm





S.A.I. I

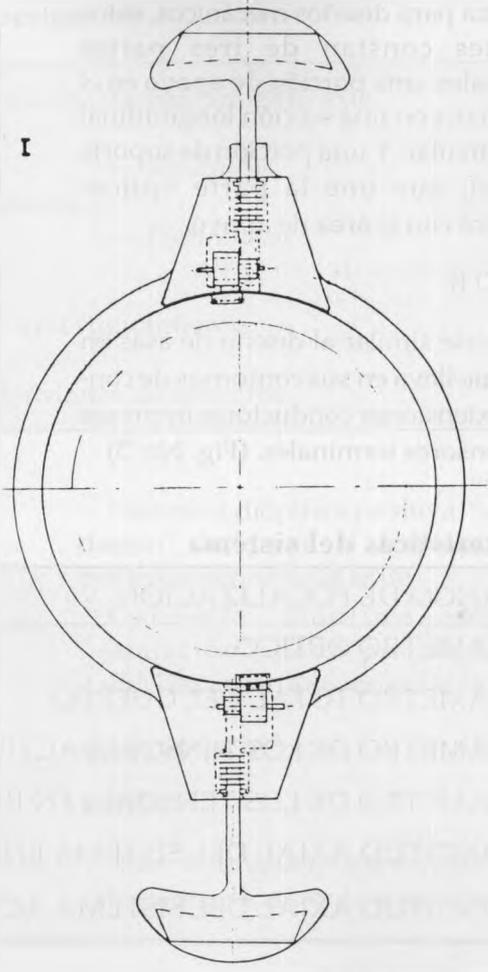


Fig. 4-a Vista en perfil del sistema

Fig. 4-b Vista frontal del sistema

- Sistema mecánico axial de alta precisión
- Funciona con microengranajes
- Rango de focalización de α a 28.6 cm. (máx. 24.3 cm)
- \varnothing óptico 6.5 mm
- \varnothing total del sistema 7.1 mm
- \varnothing de los tensores (sistema activo) 10.5 a 11.3 mm
- \varnothing de los tensores (sistema en reposo) 12.4 a 13.4 mm
- Longitud axial del sistema en reposo 2.4 mm
- Longitud axial del sistema activo 4.0 mm

Diseño
Luis Augusto Sánchez C.
Diego A Giraldo G.
1996

S.A.I. II

Figuras 5-a y 5-b

(Ver pág. 68)

Definición y funcionamiento

Sistema mecánico axial de alta precisión, que funciona con microlevas axionadas directamente por la porción muscular circular sobre los soportes de tipo 1 apoyados en el surco ciliar y entre los valles de los procesos ciliares.

Características del sistema

· RANGO DE FOCALIZACION	INFINITO A 20.4 cm
· DIAMETRO OPTICO	6.4 mm
· DIAMETRO TOTAL DEL CUERPO	6.8 mm
· DIAMETRO DE LOS TENSORES ACTIVADOS	10.4a 11.2 mm
· DIAMETRO DE LOS TENSORES EN REPOSO	12.5 a 13.5 mm
· LONGITUD AXIAL DEL SISTEMA EN REPOSO	2.2 mm
· LONGITUD AXIAL DEL SISTEMA ACTIVO	3.8 mm

Dimensiones al implantarlo

Largo : 10.4 mm (Comprimible a 8 mm)	Ancho : 6.8 mm Espesor : 1.8 mm
---	------------------------------------

S.A.I. III

Figuras 6-a y 6-b (Ver pág. 69)

Definición

Sistema electrónico de alta precisión, de desplazamiento axial dado por micromotores de flujo reversible, regulado por microchips que reciben y analizan el potencial inervacional del músculo ciliar, recibido por las extensiones de sus sensores terminales.

Funcionamiento descriptivo de sus partes

Microceldas solares: Sistema de micropáneles que ubicados 360° alrededor de la lente, transformarán la energía lumínica que atraviesa la pupila en energía eléctrica, haciendo posible la amplificación de los estímulos por parte de los sensores terminales, la interpretación de los mismos por el microchip y la ejecución del movimiento de la lente por el micromotor.

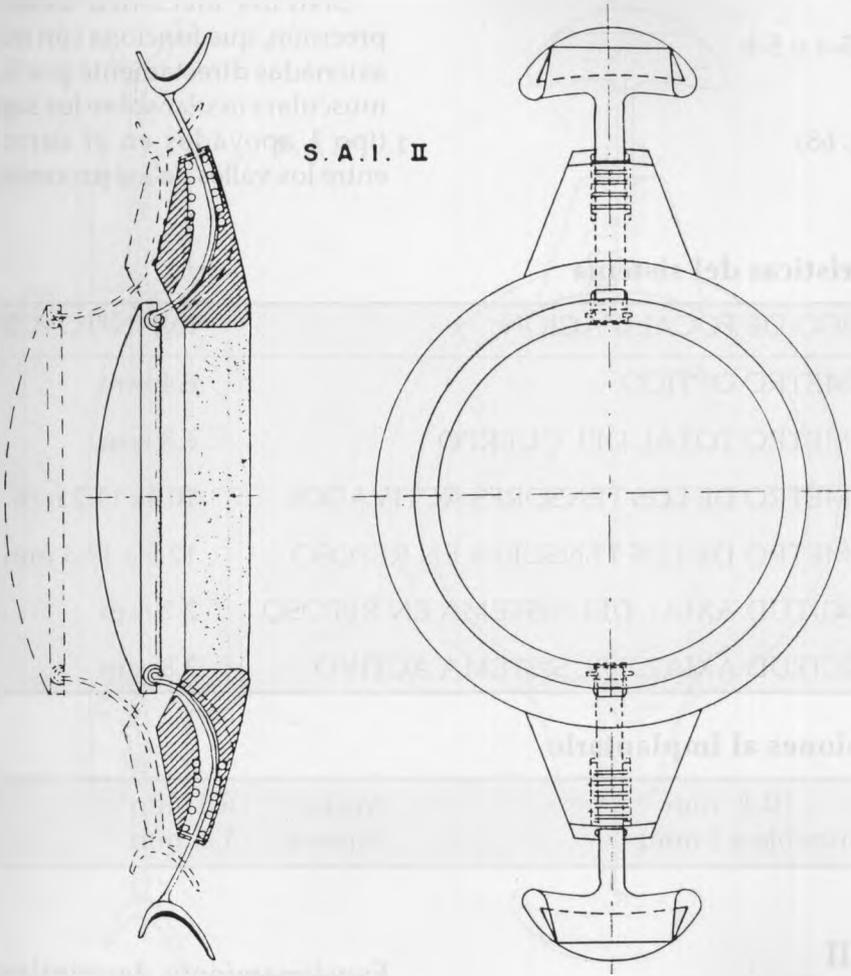


Fig. 5-a

Fig. 5-b

- Sistema mecánico axial de alta precisión
- Funciona con microlevas
- Curva de leva calculada para doble desplazamiento axial
- Rango de focalización de α a 28.6 cm. (máx. 24.3 cm)
- \varnothing óptico 6.5 mm
- \varnothing total del sistema 7.3 mm
- \varnothing de los tensores (sistema activo) 10.4 a 11.2 mm
- \varnothing de los tensores (sistema en reposo) 12.5 a 13.5 mm
- Longitud axial del sistema en reposo 2.3 mm
- Longitud axial del sistema activo 3.9 mm

Diseño
Luis Augusto Sánchez C.
Diego A Giraldo G.
1996

S. A. I. III

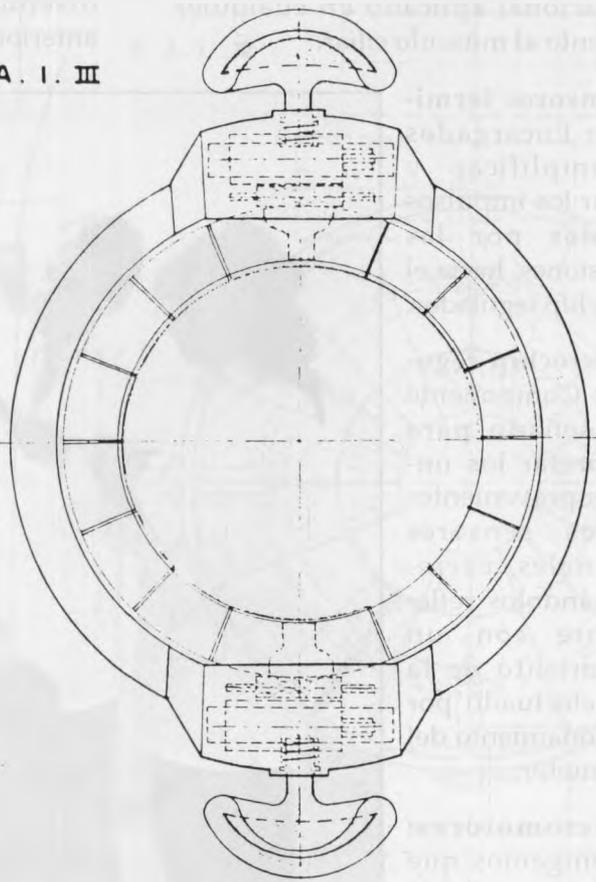


Fig. 6-a

Fig. 6-b

- Sistema eléctrico con micromotor y bandas de desplazamiento axial doble, regulado por chips que reciben la actividad del músculo Ciliar, por medio de sensores terminales.
- Funciona con energía solar
- Rango de focalización de α a 28.6 cm. (máx. 24.3 cm)
- \varnothing óptico 5.8 mm
- \varnothing total del sistema 8.2 mm
- \varnothing de los sensores entre 11.1 a 13.1 mm
- Longitud axial del sistema en reposo 3.0 mm
- Longitud axial del sistema activo 3.4 mm

Diseñó
Luis Augusto Sánchez C.
Diego A Giraldo G.
1996

Extensión de los sensores terminales: Colectan el potencial eléctrico dado por el estímulo inervacional aplicado en cualquier momento al músculo ciliar.

Sensores terminales: Encargados de amplificar y relevar los impulsos llevados por las extensiones, hacia el microchip regulador.

Microchip regulador: Componente prediseñado para interpretar los impulsos provenientes de los sensores terminales, correlacionándolos reflejamente con un movimiento de la lente efectuado por el accionamiento del micromotor.

Micromotores: Microingenios que serán la planta motriz que desplazará la lente con la finalidad de dar variación a la focalización.

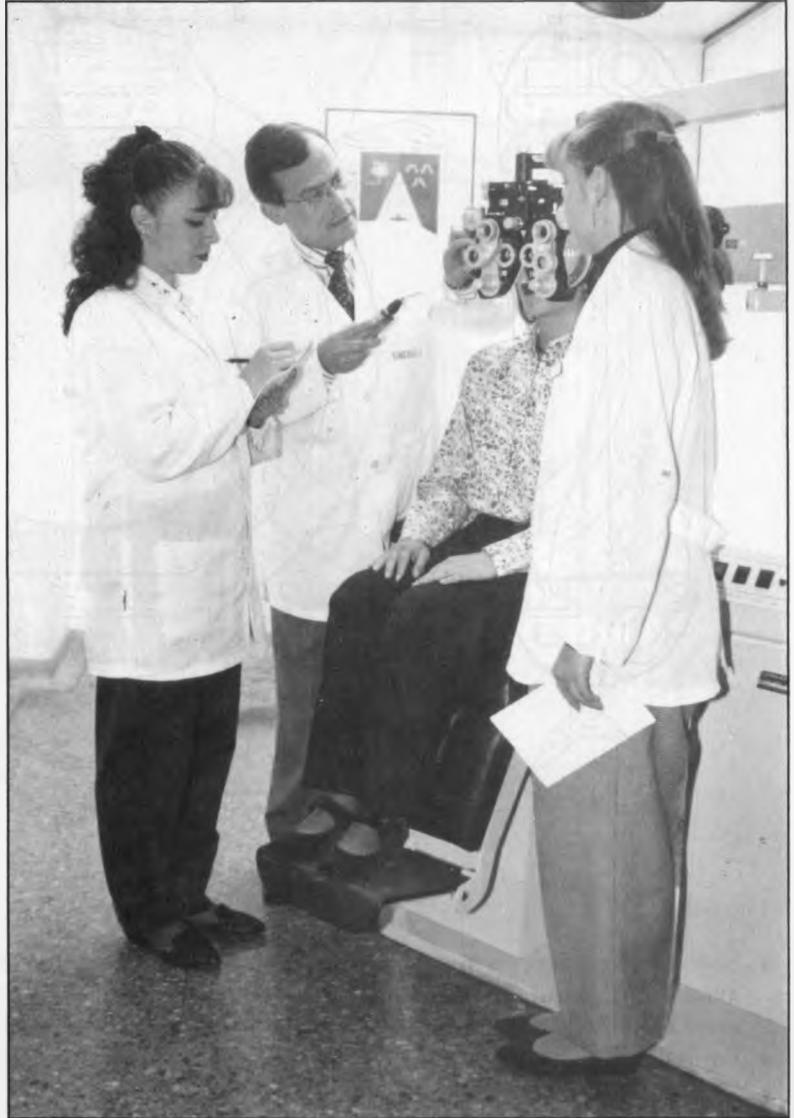
S.A.I. IV

Figuras 7-a y 7-b (Ver pág. 71)

Definición y funcionamiento

El advenimiento de sistemas

artificiales de visión, los cuales están siendo experimentados en los Estados Unidos, nos han llevado a desarrollar diseños teóricos de segmentos anteriores los cuales funcionarían con



tensores, poleas, bandas, engranajes, micromotores, condensadores de energía solar, celdas solares y microchips reguladores.

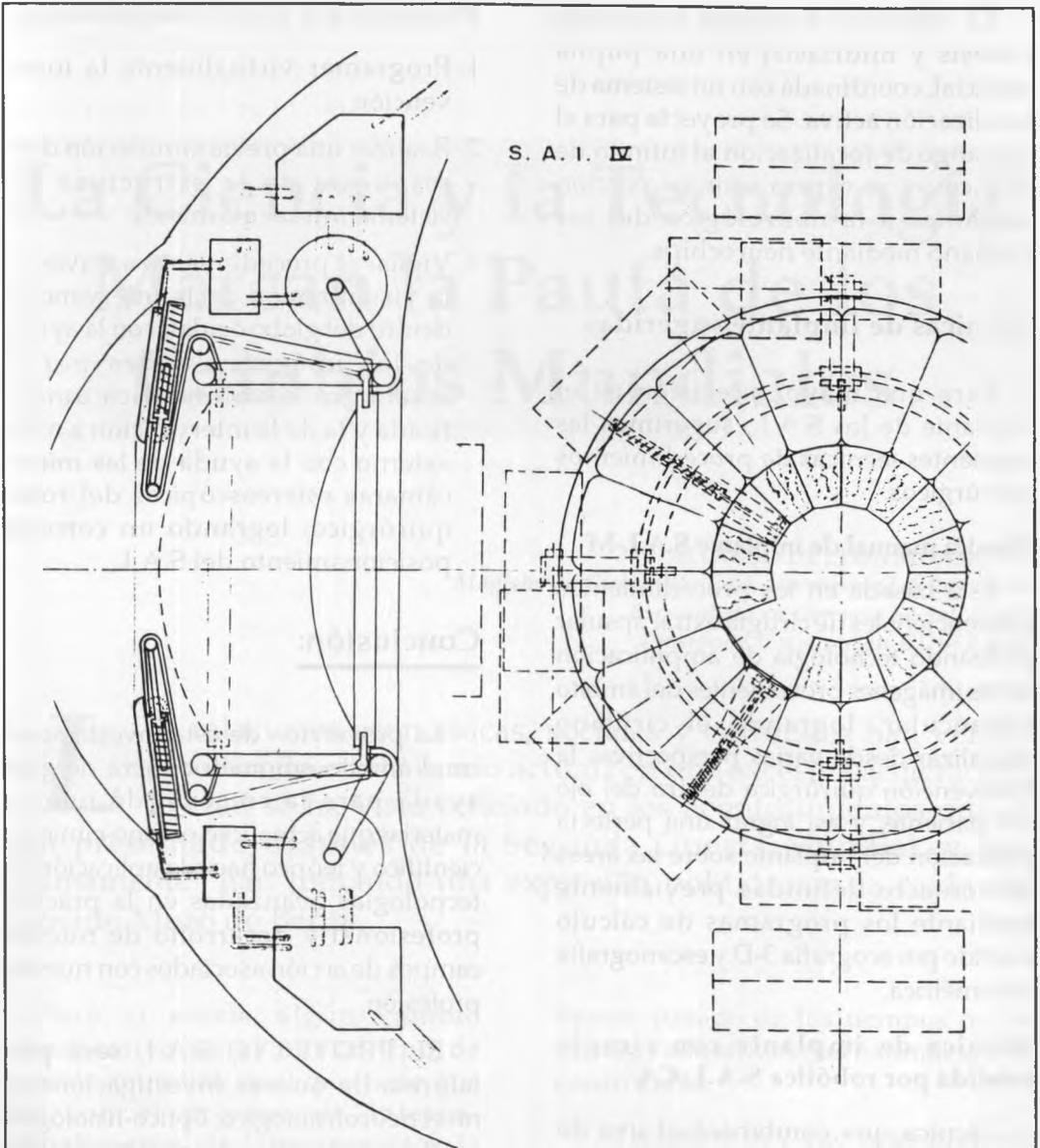


Fig. 7-a

Fig. 7-b

- Funciona con tensores (muelles), poleas, bandas, engranajes, micromotores, condensadores de energía solar, celdas solares, y chips reguladores.
- Presenta actividad (miosis y midriasis) en una pupila artificial, coordinada con el sistema de focalización activa.
- Rango de focalización de α a 18.9 cm.
- Sistema mecánico computarizado axial, de aplicación robótica.

Diseño
Luis Augusto
Sánchez C.
Diego A Giraldo G.
1996

El sistema presenta actividad (miosis y midriasis) en una pupila artificial, coordinada con un sistema de focalización activa. Se proyecta para el un rango de focalización al infinito de 18.9 cm, y se espera unir su porción mecánica a la neurológica del ser humano mediante neurochips.

Técnicas de implante sugeridas

Para una mayor precisión en el implante de los S.A.I., sugerimos las siguientes técnicas de procedimientos quirúrgicos.

Técnica manual de implante S.A.I.-M

Está basada en los procedimientos convencionales de cirugía extracapsular utilizando tecnología de amplificación de las imágenes provenientes del ámbito intraocular, logrando el cirujano visualizar desde varias perspectivas la intervención quirúrgica dentro del ojo del paciente, y así lograr una perfecta colocación del implante sobre las áreas de contacto definidas previamente mediante los programas de cálculo asistido por ecografía 3-D y escanografía volumétrica.

Técnica de implante con cirugía asistida por robótica S.A.I.-CA

Técnica que combinará el uso de sistemas de realidad virtual, con la exactitud de robots quirúrgicos, los cuales tienen una precisión de una cienmilésima de milímetro que nos permitirán diseñar nuevas técnicas quirúrgicas posibles complicaciones, analizar las respuestas simuladas de un S.A.I. intraocularmente y llegar así a un perfeccionamiento de los diseños.

El proceso S.A.I. -CA nos permitirá :

1. Programar virtualmente la intervención
2. Realizar una previa simulación de la respuesta de la estructura del sistema intraocularmente
3. Vigilar el procedimiento a través de la visualización de la intervención dentro del globo ocular, con la ayuda de las imágenes dadas por la escanografía volumétrica ampliificada y la de la intervención a nivel externo con la ayuda de las microcámaras estereoscópicas del robot quirúrgico, logrando un correcto posicionamiento del S.A.I

Conclusión:

La proyección de esta investigación en el ámbito optométrico será de gran ayuda para la creación de nuevas materias que actualicen el conocimiento científico y teórico hacia la aplicación de tecnologías avanzadas en la práctica profesional y desarrollo de nuevos campos de acción asociados con nuestra profesión.

EL PROYECTO S.A.I. será plataforma de nuevas investigaciones a nivel neurofisiológico, óptico-fisiológico y cibernético. En la realización de sistemas protésicos - oculares de desarrollo por bioingeniería. Requerirá de la participación multidisciplinaria para su desarrollo científico, proyectando la acción del profesional en OPTOMETRÍA hacia nuevas áreas del conocimiento ampliando su campo de acción profesional. ♦