

## CAPÍTULO

## 3.3

## MODELOS DE LÁSER DE FEMTOSEGUNDO DUALES

## 3.3.1. Características técnicas y funcionalidades del Láser de Femtosegundo LenSx®

*Cristina Peris Martínez, Rafael Araújo Miranda*

## INTRODUCCIÓN

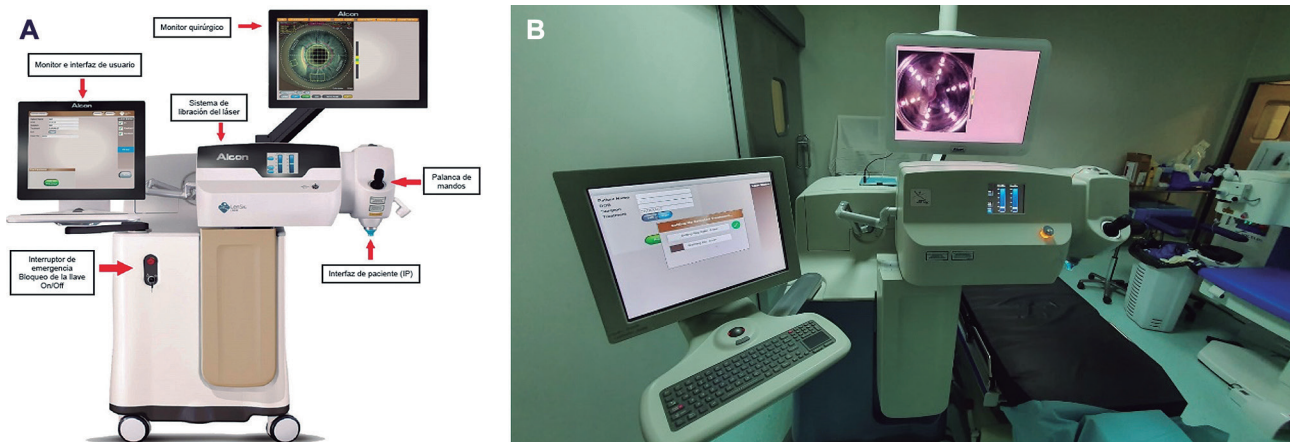
La primera referencia al uso del láser de pulsos ultracortos como fuente de energía al servicio de la cirugía de cataratas se remonta al año 1992, obteniendo la patente US5.246.435 en septiembre de 1993. En el mismo año, la *Food and Drug Administration* (FDA) aprueba un ensayo clínico para evaluar su efectividad y seguridad, que se lleva a cabo en la Universidad de Saint Louis (1). Esta tecnología proponía aumentar la precisión, reproducibilidad y seguridad de la cirugía de cataratas a la par que disminuir la cantidad de energía necesaria para la fragmentación y aspiración del cristalino, reduciendo con ello el daño colateral derivado del procedimiento (principalmente el edema corneal y la pérdida de células endoteliales).

Poco después de la caducidad de la patente, las empresas emprendieron el desarrollo y la comercialización de dispositivos dedicados a la cirugía de catarata asistida por láser (FLACS, acrónimo del inglés *Femtosecond Laser-Assisted Cataract Surgery*), siendo el LenSx® (Alcon Inc.) el primer dispositivo en salir al mercado en el año 2008. En el mismo año se llevó a cabo el primer estudio clínico acerca de la efectividad y seguridad de este nuevo medio instrumental por el grupo húngaro de Zoltan y colaboradores, donde evaluaron positivamente la capsulorrexia y la cantidad de energía necesaria para la facofragmentación del cristalino, usando como referencia el método convencional (2). En el año 2009,

LenSx® recibe la aprobación por la FDA para la realización de las incisiones corneales y la capsulorrexia, y tras su aprobación para la facofragmentación en 2010 (3), el uso de esta plataforma se ha extendido ampliamente, alcanzando cifras que superan los 200.000 casos realizados en la actualidad (4). En este capítulo se detallarán las características técnicas y los procedimientos que se pueden realizar específicamente con el láser de femtosegundo (LFS) LenSx® en la cirugía del segmento anterior.

## CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS

La palabra femtosegundo (fs) es una unidad del sistema internacional correspondiente a  $10^{-15}$  segundos. Los láseres capaces de emitir pulsos con dicho rango de duración fundamentan su aplicabilidad en que la energía emitida en un determinado punto es proporcional al tiempo de entrega; así, guiando el foco de una forma muy precisa, el láser es capaz de ablacionar el tejido diana con la mínima cantidad de daño colateral en el tejido circundante, debido a la baja cantidad de energía dispersada. De esta forma, el umbral de energía empleada en un rango de pulsos de entre 20 fs y 100 picosegundos (ps) varía entre 0,38 y 4,3 J/cm (2-5). La forma de interacción de esta energía con el tejido se llama fotodisrupción, en la que una zona muy puntual del tejido sufre una sublimación que, asociada a la formación de burbujas de cavitación, genera un plano de corte en el tejido sobre el que incide.



**Figura 1.** A) Imagen esquemática del láser de femtosegundo LenSx® con sus principales componentes. Tomada del manual de usuario del aparato cedida por Alcon Inc. B) Imagen del láser de femtosegundo LenSx® en un quirófano real.

El LFS LenSx® es un láser de estado sólido (Yb:KYW), que emite luz a una longitud de onda de 1.030 nm, con una duración de pulso entre 600 y 800 fs, una potencia máxima por pulso de 15 micro, y una frecuencia de repetición que varía entre 50 y 150 KHz (6). Estas características le posicionan en el grupo de láseres de pulsos de alta energía (acoplado a bajas frecuencias) y de clase 4. Debido a ello, el aparato está diseñado de forma que tanto el haz del láser como cualquier radiación colateral estén contenidos dentro del aparato y de la zona de tratamiento en todo momento durante su utilización, cumpliendo con ello las normas internacionales de seguridad electromagnética (IEC 60601-1-2).

El LFS LenSx® está formado por los siguientes componentes (figs. 1A y 1B):

- Fuente de LFS;
- Controles para ubicar el punto específico, objeto de tratamiento, coordinados con imagen intraoperatoria de tomografía de coherencia óptica (OCT) de campo amplio del segmento anterior (fig. 1B);

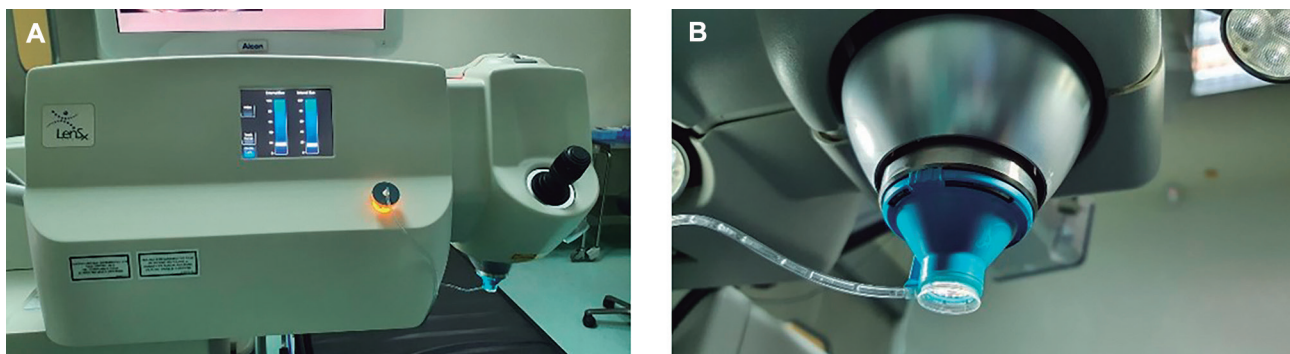
- Sistema de liberación, que emite el láser de forma precisa en el lugar específico de tratamiento (fig. 2A);

- Controladores informáticos, para gestionar los procedimientos, sus configuraciones y sus fases;

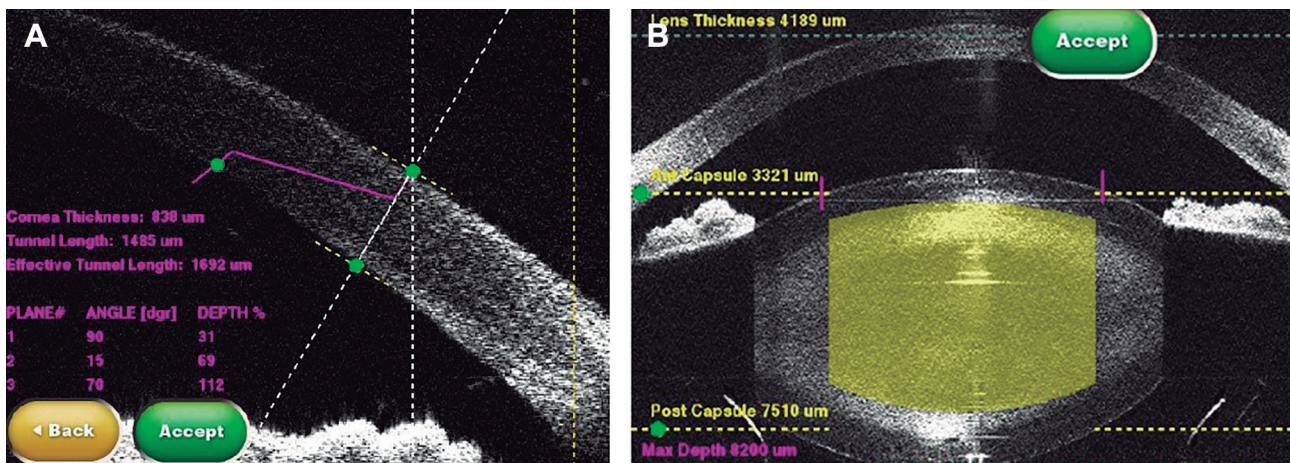
- **Interfaz curva de acoplamiento óptico** con el paciente, estéril y desechable. Mantiene la curvatura corneal natural del ojo al ser una interfaz curva y no plana. Su función es la de inmovilizar y posicionar el ojo durante el procedimiento. Al tener una forma curva, se adapta mejor a la curvatura corneal sin inducir pliegues corneales que puedan interferir durante el procedimiento FLACS, y por tanto, es más segura para el paciente (fig. 2B);

- Pedal.

Asociados a los controles de posicionamiento del procedimiento (guiados fundamentalmente por la cámara del microscopio quirúrgico), se encuentra una OCT de dominio espectral que se realiza de forma intraoperatoria para permitir la ubicación y configuración precisas de las zonas de tratamiento. La OCT de 360° garantiza un *docking* más preciso que nos



**Figura 2.** A) Pantalla del sistema de liberación del láser, palanca de mandos para dirigir el correcto contacto del cono de succión con el globo ocular, e interfaz con el paciente. B) Detalle del cono de succión, interfaz del paciente.



permite identificar una posible inclinación (*tilt*) del globo ocular y el adecuado contacto de la córnea con el cono de succión (figs. 2A y 2B).

Las imágenes generadas con la OCT intraoperatoria pueden ofrecer una exploración lineal de campo amplio del segmento anterior de hasta 8,5 mm de profundidad, cortes seccionales de la córnea y exploraciones circulares o lineales del cristalino y su cápsula (figs. 3A y 3B). Esta tecnología OCT no está disponible en los protocolos de creación de flaps en los procedimientos de *laser in situ keratomileusis* (LASIK).

Como ya se ha mencionado, el láser hace uso de una interfaz de acoplamiento estéril y desechable para posicionar e inmovilizar el ojo del paciente ante la fuente de emisión del láser. Esta pieza está formada por un anillo de succión acoplado a un sistema de vacío, y una lente de aplanación. En este caso, se trata de **dos interfaces de contacto directo: la interfaz de la córnea del paciente y el dispositivo LenSx<sup>®</sup>, utilizada para procedimientos corneales** como la creación de colgajos, túneles y bolsillos corneales, con una superficie rígida de contacto; y la **LenSx<sup>®</sup> SoffFit<sup>®</sup>, utilizada para procedimientos de catarata**, en la que una lente de contacto blanda patentada denominada *SoffFit<sup>®</sup> Patient* se coloca en el cono de succión para que éste se adapte mejor al contorno corneal sin deformarlo (figs. 4A y 4B).

Para cirugía FLACS, LenSx<sup>®</sup> dispone de 3 tamaños de lente SoffFit<sup>®</sup> para acoplarse a diferentes rangos de curvatura corneal: la nominal, utilizada para curvaturas de base central de 7,6 mm; la de <41 dioptrías (D), utilizada para curvaturas de base

central de 8,1 mm; y la de >46 D, usada para curvaturas de base central de 7,2 mm. Es criterio y responsabilidad del cirujano certificarse de la elección en cada caso de la lente adecuada para cada paciente.

Los sistemas de acoplamiento directo (o de contacto) como LenSx<sup>®</sup> contrastan con sus homónimos de interfaz líquida (o de no contacto) como Catalys<sup>®</sup>, LensAR<sup>®</sup> y el Femto LDV<sup>®</sup> Z8. Si bien los primeros se han asociado a una mayor frecuencia de incisiones corneales o capsulotomías incompletas (causadas por las sombras generadas por los pliegues corneales secundarios a la aplanación), así

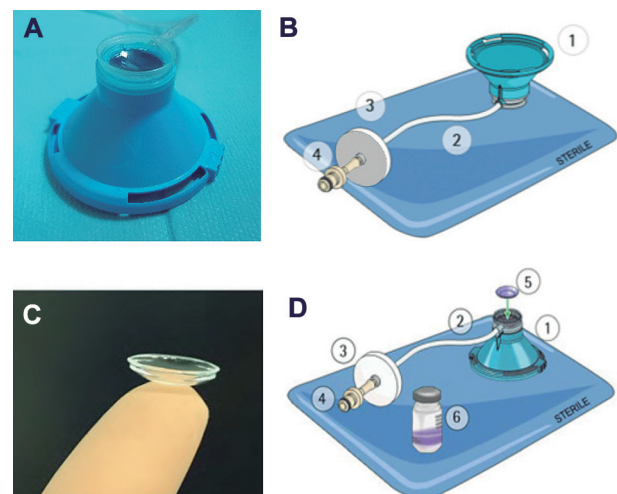
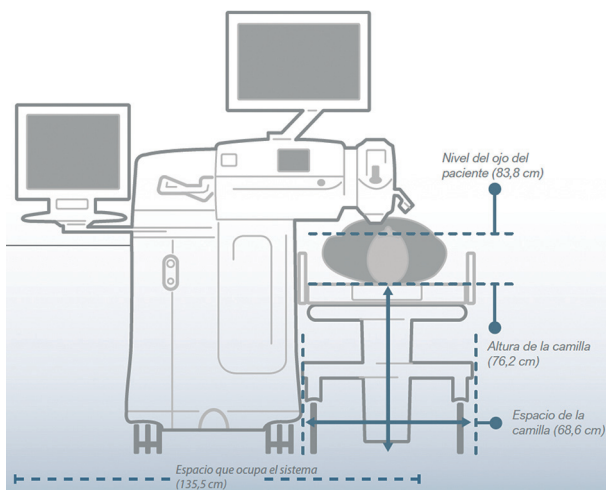


Figura 4. Sistemas de acoplamiento del LenSx<sup>®</sup>. A) Detalle de la interfaz cóncava del paciente. B) Se muestra el sistema rígido de contacto utilizado en procedimientos corneales. C) Lente de contacto SoffFit<sup>®</sup> Patient. D) Se muestra el sistema LenSx<sup>®</sup> SoffFit utilizado en cirugías de catarata.



**Tabla 1. Resumen de los parámetros estructurales y operacionales del láser de femtosegundo LenSx® (Alcon Inc.)**

Parámetro	Especificaciones
Dimensiones de la consola	Base: 61 x 77 cm Producto de liberación del haz: 20,3 x 51 cm
Altura del producto de liberación del haz (desde el suelo hasta la lente de acoplamiento)	Mínimo 71 cm Máximo 106 cm
Peso de la consola	490 kg
Temperatura ambiente de funcionamiento	30°C



**Figura 5.** Dibujo esquemático de los requerimientos espaciales del aparato y posicionamiento del paciente. (Tomado del manual LenSx® Alcon).

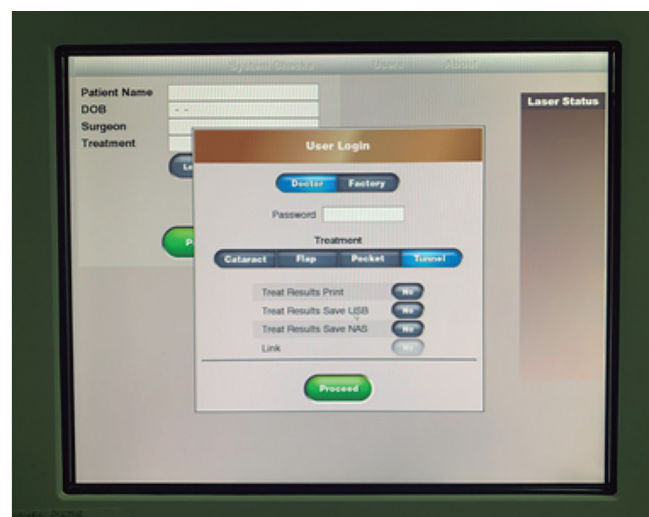
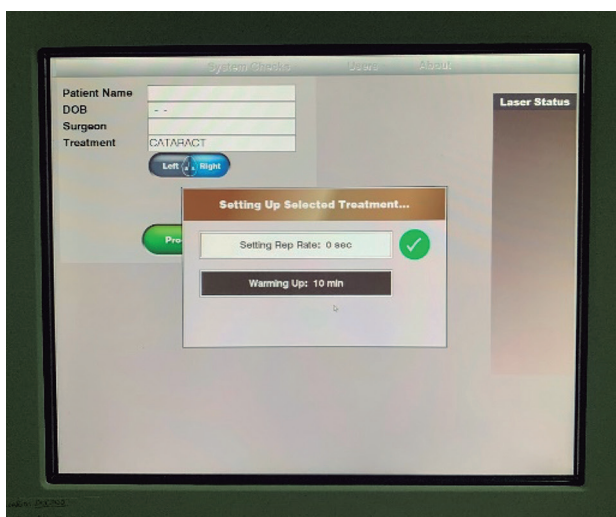
como un mayor aumento intraoperatorio de la presión intraocular (7), con la llegada de la tecnología *SoftFit* estas diferencias prácticamente se igualaron en comparación a los sistemas de interfaz líquida,

siendo en la actualidad, dos tecnologías igualmente seguras y eficientes (8).

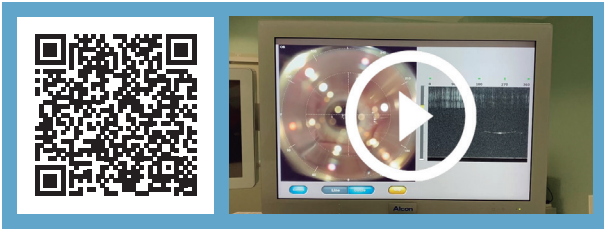
La consola es completamente independiente, sin necesidad de acoplamiento a fuentes externas de vacío u otras tomas auxiliares. En la figura 5 y en la tabla 1 se resumen los aspectos estructurales y dimensionales del aparato en cuanto a sus requerimientos espaciales y operacionales.

### CARACTERÍSTICAS DE LAS DIFERENTES TÉCNICAS QUIRÚRGICAS QUE SE PUEDEN REALIZAR CON LA PLATAFORMA LÁSER DE FEMTOSEGUNDO LENSX®

Mediante la plataforma actual de LenSx® se pueden realizar los siguientes procedimientos quirúrgicos: **incisiones corneales** (tanto penetrantes, dentro del contexto de FLACS, o la creación de bolsillos y túneles corneales para el implante de anillos intracorneales) (fig. 6), **capsulotomía** y **faco-fragmentación** del cristalino (vídeo 1), y la crea-



**Figura 6.** A) Pantalla del monitor de la interfaz de usuario durante el calentamiento, minutos después de encender el dispositivo. B) Pantalla con las posibilidades de tratamiento a elegir: catarata, flap, bolsillo y túnel.



**Vídeo 1.** Cirugía de catarata asistida por el láser de femtosegundo LenSx® (Cortesía del Dr. Jorge L. García Pérez).

**ción de flaps corneales** en los procedimientos Femto-LASIK (vídeo 2).

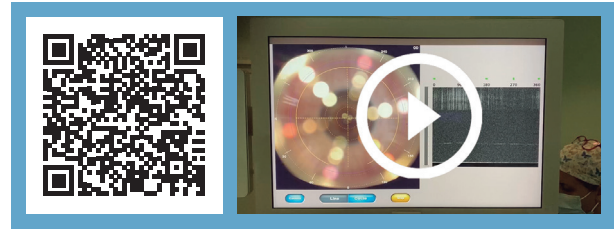
Para conseguir un grado adecuado de precisión en cada una de las estructuras mencionadas en sus distintas profundidades, el aparato cuenta con un perfil variable del haz del láser, de forma que para tratamiento corneales el perfil es más ancho y se va estrechando a medida que profundiza en la cámara anterior.

### Incisiones corneales

En el contexto de la cirugía de catarata, esta herramienta se usa para realizar tanto la incisión corneal principal de acceso instrumental como la paracentesis. Para ello se han de seleccionar «tratamientos combinados» donde el láser empezará un tratamiento (incisiones corneales) y al terminar, automáticamente empezará el siguiente (capsulorrexis y facofragmentación). La combinación NO es posible en otros protocolos de corte corneal (bolsillos, flaps o túneles) y la cirugía de catarata.

En la interfaz de usuario se permite la **personalización de las incisiones en cuanto a su orientación, configuración multiplanar, tamaño y ubicación en la córnea** (fig. 7). Diferentes estudios han descrito la reproducibilidad y precisión de las incisiones corneales asistidas por láser en la cirugía de catarata, aportando además una mayor estabilidad, menor engrosamiento corneal peri-incisional al mes y a los 4 meses, sin diferencias en cuanto a la respuesta inflamatoria, astigmatismo inducido o aumento de aberraciones de alto orden comparado con el método convencional (9-12).

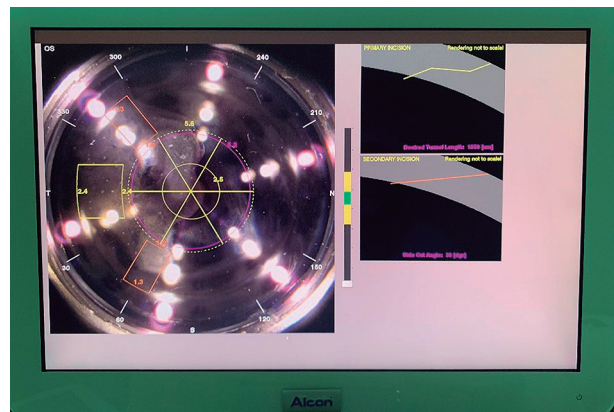
Para la realización de los flaps corneales en cirugías refractivas tipo LASIK, el LenSx® permite la **configuración personalizada del diámetro, profundidad, posición angular de la bisagra** (zona no tratada del flap que sirve a modo de bisagra para asegurar el segmento libre) y la **extensión del corte lateral** del



**Vídeo 2.** Creación de un flap de LASIK con el láser de femtosegundo LenSx® (Cortesía del Dr. Jorge L. García Pérez).

flap deseado. Una vez seleccionados los parámetros y comprobados por el programa del dispositivo, el tratamiento tiene lugar en 2 etapas consecutivas: **en la primera se crea la segmentación horizontal del flap, y en la segunda se realiza el corte cilíndrico («side-cut») que delimita el diámetro del flap desde la profundidad del corte del plano horizontal hasta la superficie**, dejando indemne la zona seleccionada como bisagra.

La realización de este paso quirúrgico permite mecanizar el proceso de tal manera que podemos conseguir una precisión y reproducibilidad muy elevadas, disminuyendo la curva de aprendizaje del cirujano. Este método ha demostrado ser comparable en cuanto a agudeza visual corregida a largo plazo (a partir de los 3 meses) con la ablación de superficie, siendo además mejor tolerado por el paciente que esta última (13). Por otro lado, la satisfacción subjetiva, predictibilidad, control de aberraciones ópticas, agudeza visual y control intraoperatorio de la presión intraocular parecen ser superiores con la técnica FemtoLASIK en comparación con el procedimiento LASIK realizado mediante microqueratomo manual (14,15).

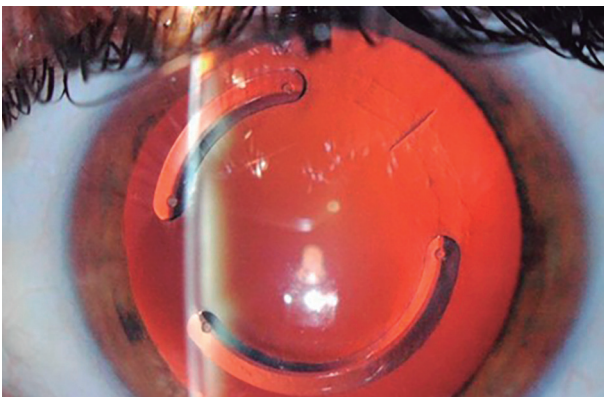


**Figura 7.** Pantalla de la interfaz de usuario, en el contexto de la cirugía de catarata, que permite la personalización de las incisiones corneales en cuanto a su orientación, configuración multiplanar, tamaño y ubicación en la córnea.



**Figura 8.** Pantalla de programación del tratamiento para la realización de túneles corneales para la implantación de anillos corneales. Los parámetros programables son el diámetro interno del túnel, el diámetro externo, la profundidad de implante del anillo, la posición y longitud de la incisión de implante.

La creación de bolsillos corneales se hace de manera similar, **programando su diámetro y profundidad, y en este caso, el tamaño y posición angular de la incisión de manipulación del bolsillo**. Similar a lo que ocurre con la elaboración del flap de LASIK, una vez establecidos y comprobados los parámetros por el aparato, el tratamiento se realiza en dos etapas consecutivas: **en la primera etapa tiene lugar la sección horizontal del bolsillo y en la segunda se realiza una resección cilíndrica parcial hasta el plano superficial para formar la incisión de manipulación del bolsillo**.



**Figura 9.** Imagen mediante lámpara de hendidura, con la pupila dilatada y en retroiluminación, donde pueden observarse 2 anillos intracorneales implantados de sección triangular, el diámetro del túnel único realizado y la incisión por donde se han implantado los anillos; todo ello asistido por el láser de femtosegundo LenSx®.

Finalmente, para la realización de túneles corneales, **los parámetros programables son el diámetro interno del túnel, el diámetro externo, la profundidad de implantación del anillo, así como la posición y longitud de la incisión de manipulación** (fig. 8). En este caso el aparato **inicia el tratamiento con el corte horizontal, como en los demás protocolos, finalizando con la realización de la incisión de manipulación**. El resultado de este protocolo es un túnel en forma de anillo completo dentro del estroma corneal donde se insertarán los segmentos de anillos corneales según la planificación previa (fig. 9).

En un estudio prospectivo multicéntrico reciente, que incluyó 110 ojos, comparando la tunelización asistida por LFS en comparación con la tunelización manual, el grupo de Monteiro et al. no fue capaz de demostrar diferencias significativas en cuanto a la agudeza visual, disminución del astigmatismo, equivalente esférico o reducción de la aberración tipo coma entre ambos métodos. Sin embargo, la incidencia de complicaciones era significativamente más frecuente en el grupo de tunelización manual con respecto al asistido por LFS (13,09% versus 0%, respectivamente) (16). De igual modo, en un estudio llevado a cabo por el grupo de Peris-Martínez et al., se concluyó que la variabilidad de la profundidad de la implantación de segmentos de anillo intracorneal cuando se utiliza la tecnología LFS es mínima, aunque esto no conlleva ningún efecto clínicamente significativo sobre los resultados clínicos (17). Ello unido a la mayor reproducibilidad y predictibilidad del procedimiento asistido por LFS (18) podría ayudar a inclinar la balanza a favor de esta tecnología, teniendo en cuenta las limitaciones de disponibilidad y coste que conlleva.

### Capsulorrexix

El principal parámetro a determinar en el programa del láser es el diámetro de la capsulorrexix. De forma secundaria, es posible elegir la separación de los spots, la potencia y el rango de la profundidad de tratamiento. Para la realización de la capsulorrexix, el aparato trata un área cilíndrica ubicada como mínimo **entre 100 micras por encima y 100 micras por debajo de la cápsula anterior del cristalino** (fig. 10). Esta distancia de seguridad puede ser aumentada a criterio del cirujano.

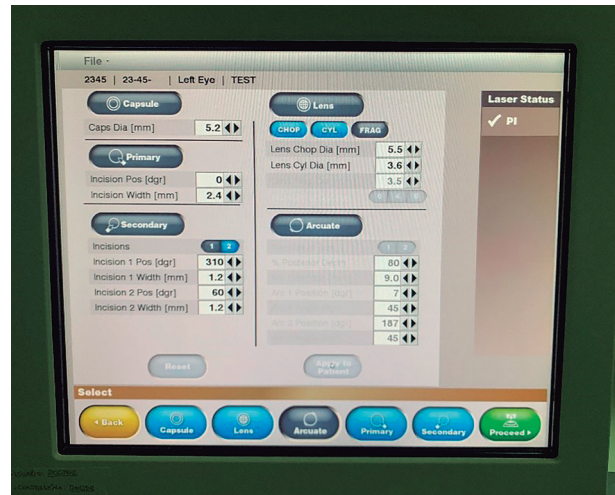
Si bien estudios iniciales bajo microscopía electrónica han demostrado una mayor conservación



de la anatomía laminar de la cápsula anterior del cristalino en las capsulorrexis manuales respecto a las realizadas mediante láser (19), dicha diferencia no parece relacionarse con una variabilidad significativa en los resultados clínicos (20,21). En un estudio de Gravis et al. se pudo demostrar la seguridad y efectividad de la capsulotomía láser incluso en pacientes con cataratas blancas. En dicha publicación, los autores plantean como ventajas respecto a la capsulorrexis manual la ausencia de necesidad del uso de tinciones capsulares, el uso de menor cantidad de viscoelástico, y la necesidad de una menor destreza técnica por parte del cirujano (22). La realización de una capsulorrexis circular, regular y centrada es de fundamental importancia para la adecuada predictibilidad de la posición efectiva de la lente y para permitir una cobertura de los 360° de su óptica, disminuyendo y retrasando la aparición de opacidad capsular posterior, y es ahí donde el láser puede aportar un valor añadido respecto a la técnica habitual (23), tal y como se desarrollará más adelante en esta ponencia. En contrapartida, dentro de las complicaciones intrínsecas a la capsulorrexis láser que se pueden esperar, destaca la separación incompleta de la cápsula anterior, que en caso de pasar desapercibida, puede dar lugar a roturas capsulares anteriores. Esta separación incompleta tiene lugar cuando se producen pliegues corneales secundarios al acoplamiento del paciente a la interfaz de fijación. Estos pliegues producen sombras o artefactos que disminuyen o incluso anulan la efectividad del tratamiento en la zona afectada. Debido a ello, en algunas de las series mencionadas, la incidencia de roturas capsulares anteriores fue mayor en el grupo sometido a tratamiento láser frente a la capsulotomía manual (20).

## Facofragmentación

La configuración de la facofragmentación en el dispositivo LenSx® se hace desde el patrón «Lens» de la pantalla, donde se puede optar por un tratamiento tipo corte (*Chop*), cilíndrico (*Cylinder*) o «FRAG» (fig. 10). En el primero se crean planos verticales de disposición radial centrados en el centro del cristalino, en el segundo se generan una serie de cilindros concéntricos, y en el último, se crea un patrón en rejilla tridimensional obteniendo fragmentos cuboi-

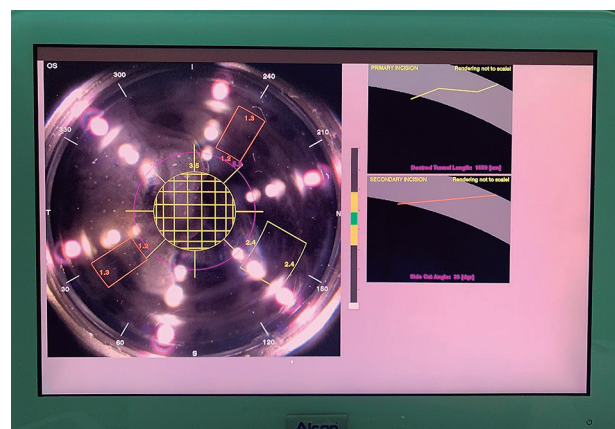


**Figura 10.** Pantalla de interfaz de usuario para la realización de la capsulorrexis en el contexto de la cirugía de cataratas. La configuración de la facofragmentación se hace desde el patrón «Lens» de la pantalla, donde se puede optar por un tratamiento tipo corte (*Chop*), cilíndrico (*Cylinder*) o «FRAG».

des, también denominado patrón en «patata frita» (fig. 11). Además, el patrón de corte y el cilíndrico pueden combinarse entre sí.

Cada protocolo consta de parámetros personalizables tanto en cuanto al láser propiamente dicho (energía y separación de *spots*) como en relación con el patrón de tratamiento (diámetro de tratamiento y tamaño de los fragmentos) (fig. 12).

Independientemente del patrón de corte elegido para la facofragmentación, ésta se realiza **inmediatamente después de completarse la capsulorrexis**, y el patrón de corte del láser progresará desde la par-



**Figura 11.** Pantalla de interfaz de usuario para la configuración de la facofragmentación seleccionado el patrón «Lens». En la imagen se muestra un tipo de corte «FRAG» (en fragmentos), donde se crea un patrón en rejilla tridimensional obteniendo fragmentos en «patata frita».



**Figura 12.** Pantalla del patrón «Lens» donde se presentan todos los parámetros configurables de cada uno de los protocolos disponibles para la facofragmentación.

te posterior del cristalino hacia anterior. Además el fabricante recomienda dejar sin cortar la zona más anterior y la más posterior del cristalino para no dañar de forma inadvertida las cápsulas anterior y posterior del cristalino. Por defecto, se recomienda una **distancia de seguridad de 500 micras a la cápsula anterior y de 800 micras a la cápsula posterior**, aunque estos márgenes de seguridad son personalizables y el cirujano puede modificarlas manualmente si así lo desea, antes de aplicar el tratamiento láser en un paciente concreto.

La principal ventaja encontrada en la facofragmentación asistida por láser en las publicaciones a lo largo de la historia de su utilización es la disminución del tiempo de energía efectiva usada por la pieza de facoemulsificación, con un rango de disminución respecto a la técnica manual que varía entre un 29% y un 96% (2,24,25). De esta característica surgen los demás beneficios como el potencial de generar una menor pérdida postoperatoria de células endoteliales (26), la menor incidencia y/o gravedad del edema corneal (27), y el menor grado de inflamación en la cámara anterior (28). Como se desarrollará en el capítulo correspondiente, estos beneficios de FLACS pueden desempeñar un especial protagonismo en casos más complejos como la presencia de una zonulopatía o en cámaras anteriores anormalmente estrechas, donde se ha observado una disminución tanto de la tasa de implantación de anillos de tensión capsulares como de la pérdida de

células endoteliales (29). Los efectos de esta reducción del uso de energía sobre la parte posterior del ojo están aún en vías de definirse. En este sentido los resultados publicados son discrepantes, mientras algunas publicaciones apuntan hacia espesores maculares inferiores en el procedimiento láser respecto al manual (30), otros no son capaces de encontrar diferencias entre ambos procedimientos (31) o incluso apuntan a una incidencia mayor en el procedimiento FLACS (32).

A modo de resumen de las características operacionales del LenSx<sup>®</sup>, en la tabla 2 se especifican los parámetros quirúrgicos configurables por cada procedimiento quirúrgico con sus respectivos rangos.

**Tabla 2. Parámetros quirúrgicos configurables para cada procedimiento con sus respectivos rangos, con el dispositivo de láser de femtosegundo LenSx<sup>®</sup>**

CATARATA	Valores	Mínimo	Máximo
<b>Cortes en el cristalino</b>			
Chop	Diameter	3,00	6,00
	Lens anterior offset	500,00	2000,00
	Lens posterior offset	800,00	2000,00
	Num cuts	1,00	3,00
	Energy	1,00	15,00
	Spot separation	3,00	14,00
	Layer separation	2,00	14,00
Cilindro	PI angle	0,00	360,00
	Diameter	1,00	6,00
	Lens anterior offset	500,00	2000,00
	Lens posterior offset	5000,00	2000,00
	Number cylinder	1,00	8,00
	Energy	1,00	15,00
	Spot separation	3,00	14,00
Frag	Layer separation	2,00	14,00
	Layer skip	0,00	10,00
	Diameter	3,00	6,00
	Lens anterior offset	500,00	2000,00
	Lens posterior offset	800,00	2000,00
	Spot separation	3,00	20,00
	Layer separation	10,00	50,00
	Spoke length	0,50	1,50
	Frag size	200,00	500,00



Arcuatas			
	Diameter	6,00	12,00
	Posterior depth	30,00	90,00
	Side cut angle	80,00	100,00
	Arc 1 pos	0,00	180,00
	Arc 1 angle	15,00	120,00
	Energy	1,00	15,00
	Spot separation	3,00	8,00
	Layer separation	2,00	8,00
	Anterior overlap	0,00	200,00
Capsulotomía			
	Diameter	3,00	8,00
	Delta up	100,00	1000,00
	Delta down	100,00	1000,00
	Energy	1,00	15,00
	Tang spot separation	3,00	10,00
	Layer separation	2,00	10,00
Incisión principal			
Main	Arc diameter	12,50	30,00
	Incision position	0,00	359,00
	Incision width	1,00	4,00
	Des. Tunnel length	1000,00	3000,00
	Trapezoid offset	0,00	0,50
	Energy	1,00	15,00
	Spot separation	3,00	8,00
	Layer separation	2,00	8,00
Plano 1	% post depth	1,00	150,00
	Side cut angle	15,00	90,00
Plano 2	% post depth	20,00	150,00
	Side cut angle	0,00	90,00
	Chord length	0,10	3,00
Plano 3	% post depth	20,00	150,00
	Side cut angle	15,00	90,00
Incisión Secundaria			
	Arc diameter	12,50	30,00
	% posterior cut	20,00	150,00
	Side cut angle	30,00	150,00
	Trapezoid offset	0,00	0,50
	Inc pos	0,00	359,00
	Inc width	0,80	3,00
	Energy	1,00	15,00
	Spot separation	3,00	8,00
	Layer separation	2,00	8,00

Flap o colgajo corneal			
Flap parameters	Diameter	8,50	9,50
	Thickness	110,00	190,00
	Energy	0,50	2,60
	Tang spot sep.	5,00	7,00
	Radial spot sep	5,00	8,00
	Z radius	11,60	12,40
	Horizontal overlap 2	10,00	1000,00
	Limbal marker	200,00	800,00
	Slow down diameter	1,50	2,00
Side cut par.	Hinge pos.	0,00	359,00
	Hinge angle	30,00	90,00
	Side cut angle	60,00	110,00
	Energy	0,50	2,60
	Spot sep.	3,00	6,00
	Layer sep.	2,00	5,00
	Vertical overlap	1,00	30,00
	Anterior overlap	0,00	100,00

## BIBLIOGRAFÍA

1. Bille JF, Schanzlin D. Method for removing cataractous material. US Patent 1993; 5, 246, 435.
2. Nagy Z, Takacs A, Filkorn T, Sarayba M. Initial clinical evaluation of an intraocular femtosecond laser in cataract surgery. *J Refract Surg* 2009; 25: 1053-1060.
3. Bali SJ, Hodge C, Lawless M, et al. Early experience with the femtosecond laser for cataract surgery. *Ophthalmology* 2012; 119: 891-899.
4. Nagy Z, Mastropasqua L, Knorz MC. The use of femtosecond lasers in cataract surgery: review of the published results with the LenSx system. *J Refract Surg* 2014; 30: 730-740.
5. Loesel FH, Tien A-C, Backus SJ, et al. Effect of reduction of laser pulse width from 100 ps to 20 fs on the plasma-mediated ablation of hard and soft tissue. In: *Thermal therapy, laser welding, and tissue interaction*; 1999.
6. Lin HY, Chuang YJ, Lin PJ. Surgical outcomes with high and low pulse energy femtosecond laser systems for cataract surgery. *Sci Rep* 2021; 11: 9525.
7. Talamo JH, Gooding P, Angeley D, et al. Optical patient interface in femtosecond laser-assisted cataract surgery: contact corneal appplanation versus liquid immersion. *J Cataract Refract Surg* 2013; 39: 501-510.
8. Mayer WJ, Klaproth OK, Ostovic M, et al. Femtosecond laser-assisted lens surgery depending on interface design and laser pulse energy: results of the first 200 cases. *Ophthalmology* 2014; 111: 1172-1177.
9. Masket S, Sarayba M, Ignacio T, Fram N. Femtosecond laser-assisted cataract incisions: architectural stability and reproducibility. *J Cataract Refract Surg* 2010; 36: 1048-1049.

10. Mastropasqua L, Toto L, Mastropasqua A, et al. Femtosecond laser versus manual clear corneal incision in cataract surgery. *J Refract Surg* 2014; 30: 27-33.
11. Mayer WJ, Klaproth OK, Hengerer FH, et al. In vitro immunohistochemical and morphological observations of penetrating corneal incisions created by a femtosecond laser used for assisted intraocular lens surgery. *J Cataract Refract Surg* 2014; 40: 632-638.
12. Nagy ZZ, Dunai A, Krantz K, et al. Evaluation of femtosecond laser-assisted and manual clear corneal incisions and their effect on surgically induced astigmatism and higher-order aberrations. *J Refract Surg* 2014; 30: 522-525.
13. Pahlitzsch T, Pahlitzsch ML, Sumarni U, Pahlitzsch M. LenSx<sup>®</sup> femto-LASIK, FEMTO LDV Z4<sup>®</sup> femto-LASIK, and PRK: Comparison of refractive results and an analysis of complications. *Ophthalmology* 2018; 115: 928-940.
14. Bashir ZS, Ali MH, Anwar A, et al. Femto-lasik: The recent innovation in laser assisted refractive surgery. *J Pak Med Assoc* 2017; 67: 609-615.
15. Hashmani S, Hashmani N, Rajani H, et al. Comparison of visual acuity, refractive outcomes, and satisfaction between LASIK performed with a microkeratome and a femto laser. *Clin Ophthalmol* 2017; 11: 1009-1014.
16. Monteiro T, Alfonso JF, Franqueira N, et al. Comparison of clinical outcomes between manual and femtosecond laser techniques for intrastromal corneal ring segment implantation. *Eur J Ophthalmol* 2020; 30: 1246-1255.
17. Peris-Martínez C, Dualde-Beltrán C, Fernández-López E, et al. Effect of variability on the depth of implantation of intracorneal ring segments using femtosecond laser technology in corneal ectasia. *Eur J Ophthalmol* 2020; 30: 668-675.
18. Monteiro T, Alfonso JF, Franqueira N, et al. Predictability of Tunnel Depth for Intrastromal Corneal Ring Segments Implantation Between Manual and Femtosecond Laser Techniques. *J Refract Surg* 2018; 34: 188-194.
19. Bala C, Xia Y, Meades K. Electron microscopy of laser capsulotomy edge: Interplatform comparison. *J Cataract Refract Surg* 2014; 40: 1382-1389.
20. Gavras MM, Belicioiu R, Olteanu I, Horge I. The advantages of femtosecond laser-assisted cataract surgery. *Rom J Ophthalmol* 2015; 59: 38-42.
21. Kanellopoulos AJ, Asimellis G. Standard manual capsulorhexis/Ultrasound phacoemulsification compared to femtosecond laser-assisted capsulorhexis and lens fragmentation in clear cornea small incision cataract surgery. *Eye Vis (Lond)* 2016; 3: 20.
22. Gavriş M, Mateescu R, Belicioiu R, Olteanu I. Is Laser Assisted Capsulotomy better than standard CCC? *Rom J Ophthalmol* 2017; 61: 18-22.
23. Roberts TV, Lawless M, Sutton G, Hodge C. Update and clinical utility of the LenSx femtosecond laser in cataract surgery. *Clin Ophthalmol* 2016; 10: 2021-2029.
24. Conrad-Hengerer I, Hengerer FH, Schultz T, Dick HB. Effect of femtosecond laser fragmentation on effective phacoemulsification time in cataract surgery. *J Refract Surg* 2012; 28: 879-883.
25. Abell RG, Kerr NM, Vote BJ. Toward zero effective phacoemulsification time using femtosecond laser pretreatment. *Ophthalmology* 2013; 120: 942-948.
26. Conrad-Hengerer I, Al Juburi M, Schultz T, et al. Corneal endothelial cell loss and corneal thickness in conventional compared with femtosecond laser-assisted cataract surgery: three-month follow-up. *J Cataract Refract Surg* 2013; 39: 1307-1313.
27. Takacs AI, Kovacs I, Mihaltz K, et al. Central corneal volume and endothelial cell count following femtosecond laser-assisted refractive cataract surgery compared to conventional phacoemulsification. *J Refract Surg* 2012; 28: 387-391.
28. Pahlitzsch M, Torun N, Pahlitzsch ML, et al. Impact of the femtosecond laser in line with the femtosecond laser-assisted cataract surgery (FLACS) on the anterior chamber characteristics in comparison to the manual phacoemulsification. *Semin Ophthalmol* 2017; 32: 456-461.
29. Vasavada VA, Vasavada S, Vasavada AR, et al. Comparative evaluation of femtosecond laser-assisted cataract surgery and conventional phacoemulsification in eyes with a shallow anterior chamber. *J Cataract Refract Surg* 2019; 45: 547-552.
30. Nagy ZZ, Ecsedy M, Kovacs I, et al. Macular morphology assessed by optical coherence tomography image segmentation after femtosecond laser-assisted and standard cataract surgery. *J Cataract Refract Surg* 2012; 38: 941-946.
31. Levitz L, Reich J, Roberts TV, Lawless M. Incidence of cystoid macular edema: femtosecond laser-assisted cataract surgery versus manual cataract surgery. *J Cataract Refract Surg* 2015; 41: 683-686.
32. Oakley C, Ewe SY, Vote BJ. Incidence of cystoid macular edema in femtosecond laser-assisted cataract surgery compared with manual cataract surgery. *J Cataract Refract Surg* 2015; 41: 1332.