

3.1.2. Láser de femtosegundo WaveLight® FS200

Vanesa Blázquez Sánchez, Juan Gros Otero, Laureano Álvarez-Rementería

INTRODUCCIÓN

Desde sus inicios el láser de femtosegundo (LFS) se creó con la finalidad de realizar cortes en los tejidos oculares mediante un proceso denominado fotodisrupción. El primer LFS del que se tiene noticias se empleó en 1989 con el fin de realizar cortes corneales y no fue hasta 1999, cuando se publican registros del éxito de los cortes realizados mediante esta técnica. A finales del año del 2001 se introdujo comercialmente y se extendió su uso, inicialmente para la creación de flaps de LASIK (acrónimo de *Laser in situ keratomileusis*) (1-3) y posteriormente para otros tratamientos exclusivamente corneales.

Desde los primeros LFS a los actuales, se ha observado una importante evolución de estos. Aunque todos ellos emplean la misma tecnología y el mismo mecanismo de acción (la fotodisrupción), la actualización de las frecuencias y la energía empleada hace que se puedan establecer diferencias entre los

distintos equipos de LFS disponibles en el mercado. Así, los láseres que ofrecen trabajar a una frecuencia de repetición mayor logran emplear menor energía por pulso. A cada pulso de láser enfocado en un punto concreto se le denomina *spot*, y el grado de separación entre *spots* y entre las líneas de *spots*, determina el grado de uniformidad del lecho estromal resultante.

Otra de las características que varía entre equipos de LFS es la frecuencia del pulso, la cual se ha incrementado con los años, pasando de valores de 10-15 kHz en sus inicios hasta 200 kHz los actuales. Esta evolución ha logrado aumentar la tasa de disparo de micropulsos, y como consecuencia las burbujas producidas por la fotodisrupción tisular son más finas; todo ello conlleva una reducción del tiempo total de creación del flap de LASIK y una mejor calidad del mismo. El conjunto de estos parámetros permite crear flaps más finos y minimizar de esta manera las alteraciones en la biomecánica corneal (1,4-6).

En este capítulo se describirán las características técnicas y aplicaciones del LFS WaveLight®FS200 (Alcon Laboratories, Inc., Fort Worth, Texas) (fig. 1).

CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DEL WAVELIGHT® FS200

El LFS WaveLight® FS200 forma parte del WaveLight® Refractive Suite. Este equipo emite pulsos láser con una duración de 350 femtosegundos/pulso y a una longitud de onda de 1.030 nm (infrarrojo cercano); la frecuencia de velocidad de repetición de los pulsos es de 200 kHz. El tamaño del *spot* del láser es de 5 µm y sigue una distribución gaussiana en su emisión, con lo que se logra mantener el tamaño del *spot* estable en el plano de tratamiento (7) (tabla 1).

De todas las características técnicas del WaveLight® FS200, una de las principales ventajas que ofrece este equipo es su **gran velocidad de trabajo**. Esto lo logra jugando con la optimización de los siguientes factores:



Figura 1. Plataforma láser de femtosegundo WaveLight® FS200.

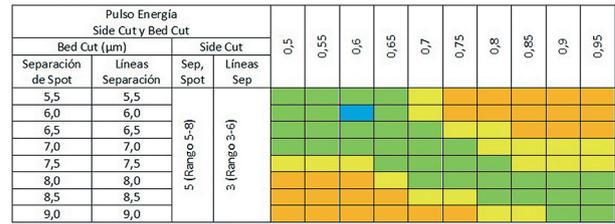
Tabla 1. Características técnicas del láser de femtosegundo WaveLight® FS200 (Alcon Laboratories, Inc., Fort Worth, Texas)

PARÁMETRO	
Repetición del pulso	200 kHz
Longitud de onda	1.030 ± 5 nm
Tamaño del spot	5 ± 0,5 µm (con perfil Gaussiano)
Energía del pulso Energía recomendada para el flap	Rango de 0,1 a 2,4 µJ ≤ 0,6 µJ
Duración del pulso	350 ± 50 femtosegundos
Tipo de escaneo	Sistema de escaneo en X/Y/Z
Temperatura	18 – 26°C (con una desviación de 1° durante la intervención)
Humedad	20% – 65% a 25°C

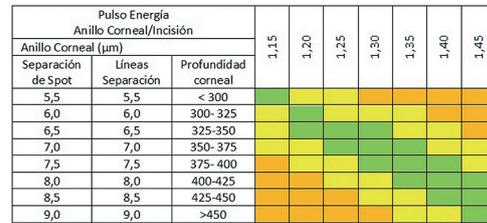
- Optimización de los pulsos.
- Perfeccionamiento de los criterios de ajuste de la separación entre los puntos, obteniendo así una minimización de los niveles de energía a los que se somete el tejido a tratar.
- Disminución del espaciado entre las líneas de fotodisrupción.

Gran parte de estas ventajas se logran tras la optimización del diseño de la interfaz del paciente de la que se hablará más adelante en este capítulo.

Volviendo a los 3 parámetros que se acaban de describir, empleados para la obtención de unos mejores resultados, la casa comercial propone los nomogramas adjuntos en los que se indica la relación recomendada entre ellos (fig. 2).



■ Configuración no recomendada Configuración Tolerable
 ■ Configuración recomendada Configuración optimizada



■ Configuración no recomendada Configuración Tolerable
 ■ Configuración recomendada

Figura 2. Nomograma de empleo de la energía del láser de femtosegundo WaveLight® FS200 (Cortesía de Alcon Laboratories).

El rango de energía aplicada por el equipo FS200 está entre 0,3 a 1,5 µJ, dependiendo del tratamiento a realizar. Estas bajas energías permiten disminuir el riesgo de complicaciones asociadas a la intervención como son la formación de una capa de burbujas opacas (OBL, por sus siglas en inglés *Opaque Bubble Layer*). Asimismo, en todos los tratamientos se emplea un sistema de escaneo tridimensional controlado por ordenador, que permite el control de los puntos de aplicación del láser y de su energía (fig. 3) (7).

El FS200 cuenta con diversos sistemas de control de calidad y fiabilidad de la fotodisrupción durante el procedimiento, tales como:

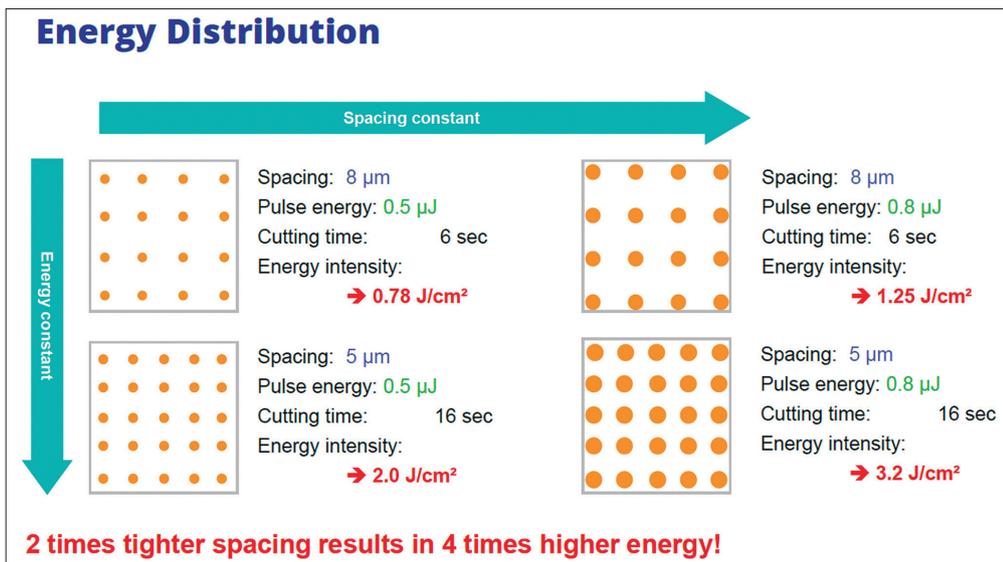


Figura 3. Distribución de la energía y espaciado de los spots del láser de femtosegundo WaveLight® FS200 (Cortesía de Alcon Laboratories).

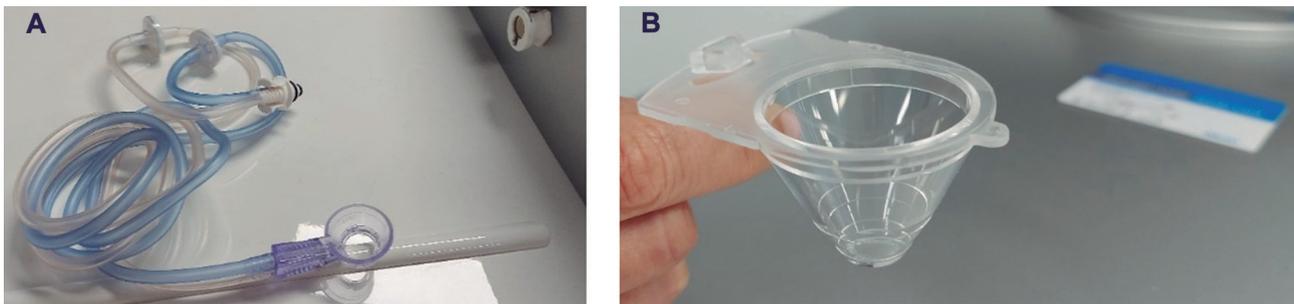


Figura 4. Interfaz del paciente del láser de femtosegundo WaveLight® FS200. A: Anillo de succión con tubo fijo y conector. B: Cono de aplanación transparente.

- Sistemas compensatorios de la dispersión para limitar el tamaño del punto focal y no incrementar el tiempo de tratamiento. Entre los dos sistemas empleados para ello destacan:

- Sensores y medidores ópticos localizados en el trayecto del haz láser que realizan un control de calidad del mismo, controlando la dispersión de la luz emitida producida por los sistemas ópticos que componen la óptica del láser.

- Sistemas compensatorios de la dispersión cromática y de la dispersión que se produce dentro de la córnea.

- Sistema de ventilación cuya finalidad es reducir el riesgo de acumulación de gas.

- Sistemas de creación de canales específicos para favorecer la evacuación del gas fuera del estroma corneal.

- Sistemas de control de posicionamiento informatizado de los impactos, antes comentado; gracias a ello se favorece que los impactos se den en zonas temporales facilitando la migración de las burbujas hacia los canales creados (8).

- El equipo dispone también de un sistema que permite hacer más cómoda la labor del oftalmólogo gracias a un microscopio que permite al cirujano una visión estereoscópica, y a una cámara que permite visualizar en una pantalla todo el procedimiento (7).

INTERFAZ DEL PACIENTE

Los LFS requieren una interfaz que establezca el contacto entre el equipo y la córnea del paciente. A través de él, se aplicará el tratamiento. Por ello, las interfaces tienen que cumplir una serie de condiciones como son un alto grado de rendimiento óptico, estabilidad mecánica, posibilidad de acoplar sistemas de succión para la fijación del globo ocular y

condiciones geométricas para minimizar el aumento de la presión intraocular (PIO) (9).

La interfaz del paciente del WaveLight® FS200 consta de dos elementos básicos, el anillo de fijación y el cono de aplanación, ambos estériles y de un solo uso (fig. 4).

El anillo de fijación contiene espaciadores periféricos que tienen como función minimizar la deformación de la esclera durante la succión, evitar que el ojo pueda girar durante el tratamiento y evitar subidas bruscas de la PIO.

Inicialmente el cono de aplanación estaba diseñado en material metálico pero los nuevos modelos son de plástico transparente moldeado de una sola pieza, lo cual ofrece un campo de visión intraoperatorio más amplio para el cirujano. El cono de aplanación del WaveLight® FS200 tiene una **forma plana**, lo que permite generar un aplanamiento homogéneo de la córnea durante el proceso denominado *docking*. Este cono tiene un diámetro interno de 13,4 mm, que es tan amplio que permite una mayor área de aplanación corneal y crear así flaps de LASIK de hasta 9,50 mm de diámetro, especialmente útiles en el caso de la corrección de la hipermetropía. Además, tiene un diámetro externo (18 mm) más corto que en otros modelos de LFS, lo que le permite una mayor adaptación en ojos anatómicamente complejos tales como las hendiduras palpebrales estrechas o los ojos hundidos (10). El cono de aplanación utiliza una superficie plana que ayuda a compensar las aberraciones ópticas y también a disminuir la pérdida de energía que, de otro modo, se produciría en la periferia de la zona de aplicación del tratamiento.

Antes de cada tratamiento, cada interfaz de paciente se calibra, realizando un ajuste de la distancia de la óptica del láser a cada nuevo cristal de aplanación del cono de la interfaz pudiendo compensar errores de hasta 300 μm de posicionamiento causado por tolerancias y variaciones en la temperatura ambiente (7) (fig. 5).

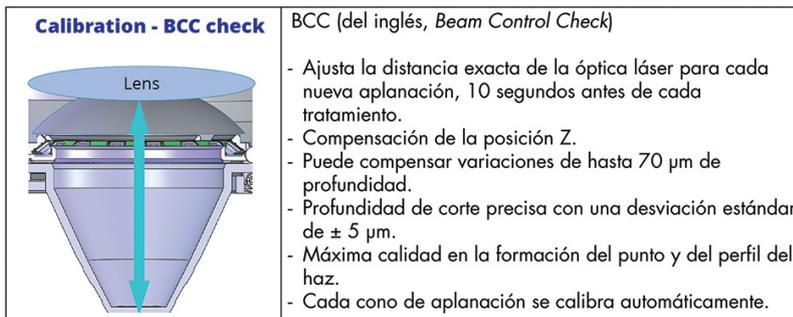


Figura 5. Calibración de la interfaz del paciente (Cortesía de Alcon Laboratories).

El mecanismo de sujeción del globo ocular, y el *docking* o acoplamiento entre la interfaz plana del Wavelight® FS200 y el anillo de succión se realiza gracias a una tecnología de succión avanzada (**Advanced Suction Technology** o AST) que trabaja en dos fases:

- La primera se produce cuando el cirujano coloca el anillo de succión sobre la esclera. Al pisar el pedal, comienza la primera fase de la succión y la PIO se eleva a 60 a 100 mmHg aproximadamente. Durante este proceso el paciente continúa viendo a pesar del incremento de la PIO (no se suele producir el conocido como *black-out* o pérdida transitoria de la visión).

- A continuación, se baja el cono de aplanación que está sujeto al láser y se acopla con el anillo de succión posicionado previamente. Al cerrar el anillo de succión de seguridad, encargado de mantener la interfaz en la posición adecuada durante el proceso, se produce el segundo vacío. En este momento de aplanación corneal se produce un incremento moderado de la PIO (7,11).

mismo, además como se vio en el apartado anterior al iniciar cada proceso se realizará una calibración de la interfaz del paciente que se empleará en cada tratamiento.

Las fases de la calibración son las siguientes:

1. Calibración del nivel del vacío.
2. Chequeo de la energía. En ella se comprueba que la energía necesaria programada coincide con la energía emitida.

3. Comprobación de la precisión de la ablación en los ejes X, Y y Z. En este proceso se talla un patrón prediseñado sobre una placa de PMMA. Se debe comprobar la correcta orientación del tratamiento y que dicho patrón esté completo sin sobrepasar los límites que indica el fabricante de tallado (fig. 6).

Superado este proceso se puede proceder a la aplicación del tratamiento.

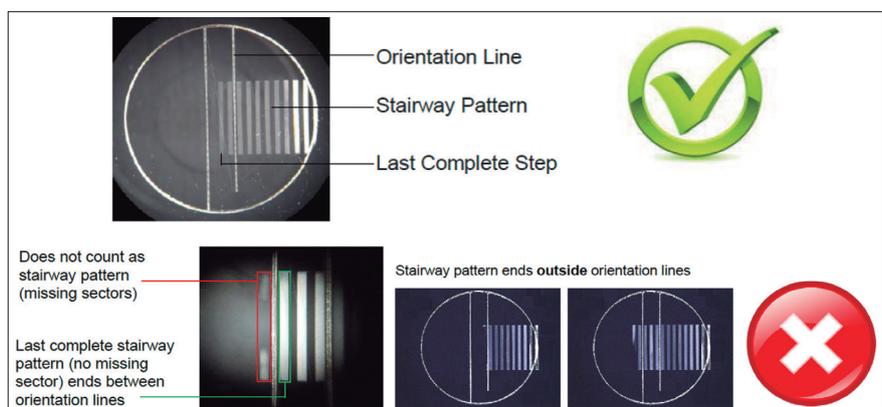
DESCRIPCIÓN DEL ACOPLAMIENTO DEL CONO (*DOCKING*)

CALIBRACIÓN

Antes de iniciar el procedimiento a realizar con el equipo es necesario una calibración completa del

El proceso se iniciará con la selección del tratamiento corneal que se quiere realizar de entre todos los disponibles en el equipo, y así como del ojo a intervenir (fig. 7). A continuación, se introducirán

Figura 6. Comprobación de la correcta calibración del equipo Wavelight® FS200.



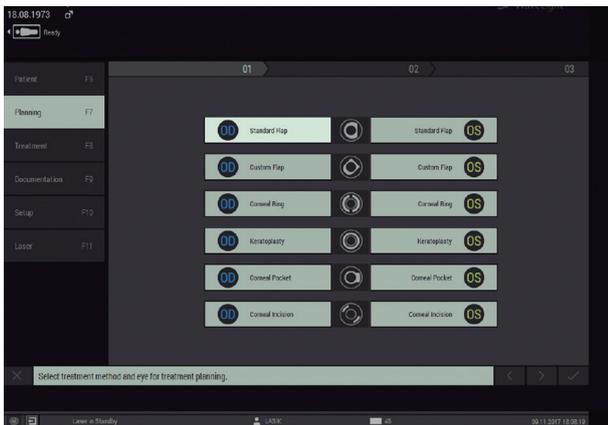


Figura 7. Pantalla de inicio del láser WaveLight® FS200.

los datos del paciente, que dependerán del proceso que se vaya a realizar y que se detallarán en cada apartado.

Finalizada la introducción de datos, se realiza la calibración del cono de la interfaz del paciente, y una vez se ha superado ésta, se puede iniciar la intervención.

En primer lugar, se conecta la sonda del anillo con el láser y se coloca el anillo de succión sobre la esclera; una vez posicionado se accionará el vacío pisando el pedal (fig. 8).



Figura 8. Colocación del anillo de succión sobre el globo ocular.

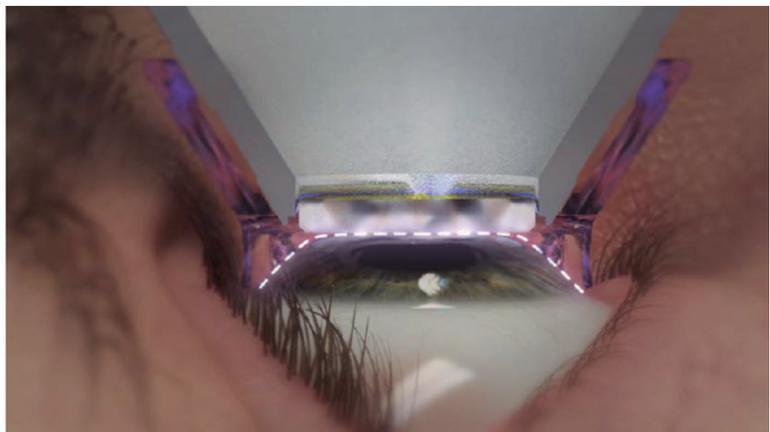
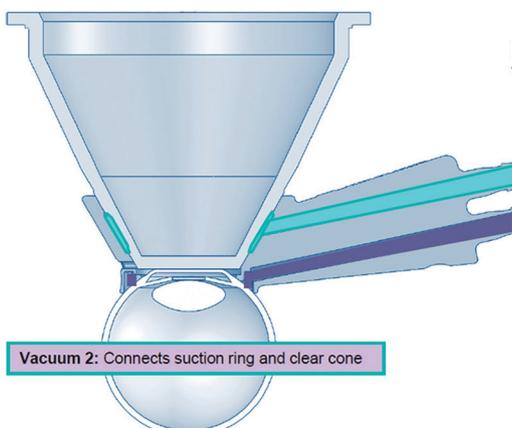
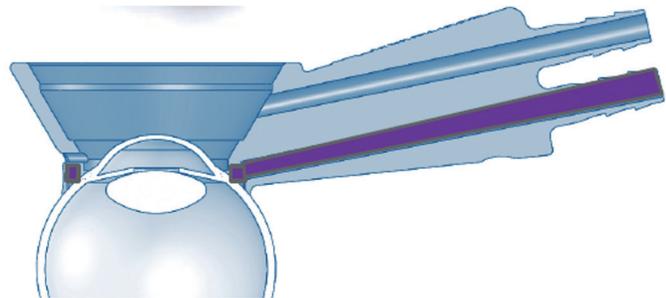


Figura 9. Succión tras el correcto acoplamiento de la interfaz del paciente al anillo de succión y al globo ocular del paciente.

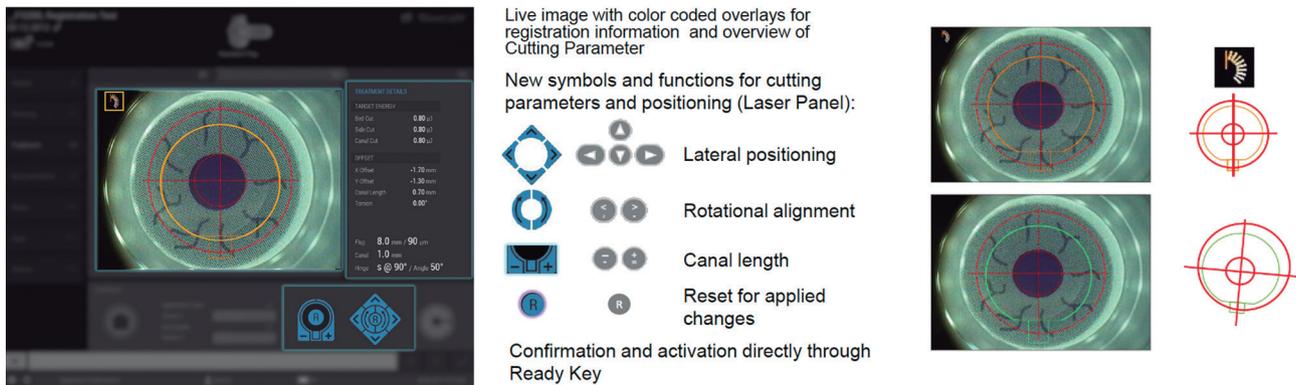


Figura 10. Centrado de un flap de LASIK creado con el láser de femtosegundo Wavelight® FS200.

PROCEDIMIENTOS CORNEALES REALIZABLES CON EL WAVELIGHT® FS200

El láser FS200 permite personalizar los cortes a realizar en la córnea. En este apartado se detallará tanto la información necesaria para hacer cada uno de los tratamientos corneales disponibles como los rangos de los parámetros permitidos.

Para todos los tratamientos, el equipo está programado de fábrica para considerar que la distancia mínima requerida entre la superficie posterior de la córnea y el corte del estroma, en base a la paquimetría más fina no sea de menor 125 μm . Si el equipo detecta que el valor residual del ojo que se interviene será menor, automáticamente aparecerá un mensaje de advertencia.

Flap de LASIK estándar

Para iniciar el tallado de un flap corneal de LASIK es necesaria la introducción de los siguientes datos (fig. 11):

- Filiación del paciente.
- Paquimetría.
- Parámetros personalizables del flap a tallar.

Con estos datos, el sistema crea una representación gráfica del diseño final del flap en función de los datos introducidos (9,12-14).

Los parámetros personalizables, así como el rango de datos que admiten se muestran en la tabla 2. Vale la pena comentar con respecto al canal, que éste comienza fuera de la zona de la superficie del flap y termina debajo de la bisagra a nivel del lecho de corte con el objetivo de disminuir el riesgo de OBL.

Respecto a la bisagra, los datos solicitados son el tamaño y la posición de la misma. El tamaño puede

introducirse indicando el ángulo entre el extremo de la bisagra y el centro del flap, indicando el ancho del segmento no incluido en el flap, o indicando la longitud de la línea de la bisagra. Aunque todos estos valores están relacionados entre sí, la modificación de uno de ellos no implica el cambio en los asociados. El tamaño ideal recomendado por el fabricante para el ángulo de la bisagra es de 50-60°, lo que corresponde con una longitud de la bisagra de 3,8 a 4,2 mm para un flap de diámetro de 9,0 mm (9,12-14).

Flap de LASIK personalizado

El láser FS200 permite personalizar el diseño del flap, pudiendo realizar **diseños elípticos**, especialmente indicados para la corrección de altos astigmatismos. Para ello será necesario, además de los datos que se introdujeron para la realización de un flap de LASIK estándar, los **datos de diámetro 1**

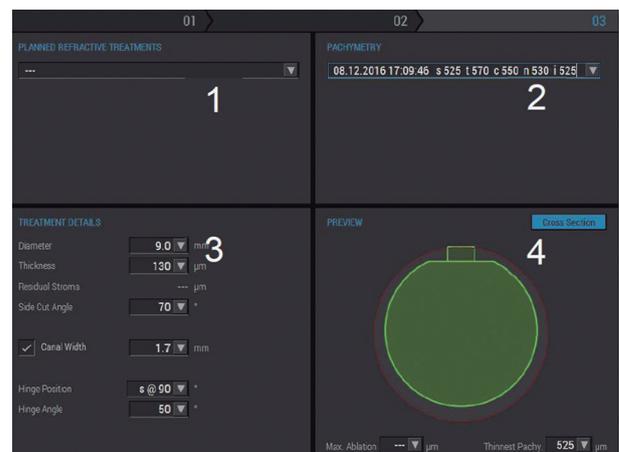


Figura 11. Pantalla de introducción de datos del tratamiento del flap estándar de LASIK.

Tabla 2. Ajustes técnicos de los parámetros del flap estandar de LASIK del láser de femtosegundo WaveLight® FS200

Ajuste	Parámetro (unidad)	Mín	Máx	Rango	Valores recomendados	
Ajustes del flap	Diámetro (mm)	3,0	10,0	0,1	9,00	
	Grosor (µm)	90	500	5	130	
	Ángulo de corte lateral (°)	30	150	1	70	
Ajuste del canal	Ancho (mm)	0,5	5,0	0,1	1,2 – 1,8	
	Activación					
Ajuste de la bisagra	Posición(°)	0	270	90	90	
	Posición Personalizada (°)	0	359	1		
	Tamaño: ángulo (°)	30	180	1	50	
	Ablación máxima (µm)	0	200	1		
	Paquimetría más delgada (µm)	200	1.200	1		
	Tamaño: ancho (mm)	0,2	2,5	0,1		
	Tamaño: largo (mm)	2,5	7,0	0,1		
Ajuste del láser	Pulso de energía (µJ)	Lecho de corte	0,1	1,7	0,05	0,8
		Corte lateral	0,1	1,7	0,05	0,8
		Canal	0,1	1,7	0,05	Energía lecho ± 0,1
	Separación del spot (µm)	Lecho de corte	2	12	0,5	8,0
		Corte lateral	2	12	0,5	5,0
		Canal	2	12	0,5	
	Línea de separación (µm)	Lecho de corte	2	12	0,5	8,0
		Corte lateral	2	8	0,5	3,0
		Canal	1	12	0,5	

y 2, siendo el primero el diámetro perpendicular a la bisagra y el segundo el diámetro paralelo a ella. Asimismo se deben indicar los ángulos tanto del diámetro 1 como el diámetro 2 (fig. 12) (12,13).

El rango de ajustes de los parámetros que admite este tratamiento se muestran en la tabla 3.

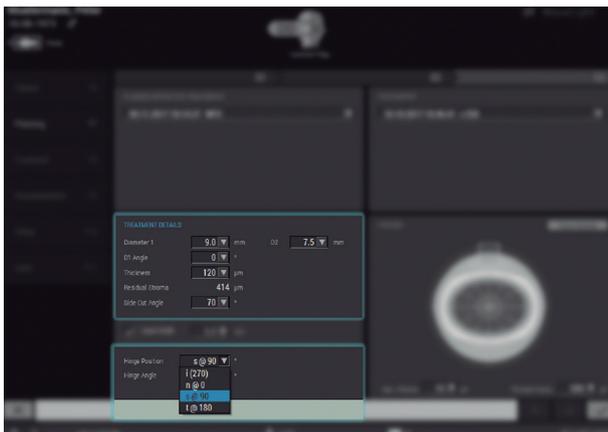


Figura 12. Pantalla de introducción de datos del tratamiento del flap de LASIK personalizado del LFS WaveLight® FS200.

Anillos corneales

La casa WaveLight no especifica ni recomienda parámetros de corte específicos para la creación de los túneles corneales para la implantación de los anillos intraestromales para el tratamiento del queratocono, indicando que se deben seguir las recomendaciones del fabricante de los anillos (13,15) (fig. 13).



Figura 13. Pantalla de introducción de datos del tratamiento de anillos intracorneales del LFS WaveLight® FS200.

Tabla 3. Ajustes técnicos del flap personalizado de LASIK del láser de femtosegundo Wavelight® FS200

Ajuste	Parámetro (unidad)	Mín	Máx	Rango	Valores recomendados	
Ajustes del flap	Diámetro 1 (mm)	3,0	10,0	0,1		
	Diámetro 2 (mm)	3,0	10,0	0,1		
	Grosor (µm)	90	500	5	130	
	Ángulo de corte lateral (°)	30	150	1	70	
Ajuste del canal	Ancho (mm)	0,5	5,0	0,1	1,2 – 1,8	
	Activación					
Ajuste de la bisagra	Posición (°)	0	270	90	90	
	Tamaño: ángulo (°)	30	180	1	50	
	Ablación máxima (µm)	0	200	1		
	Paquimetría más delgada (µm)	200	1.200	1		
	Tamaño: ancho (mm)	0,2	2,5	0,1		
	Tamaño: largo (mm)	2,5	7,0	0,1		
Ajuste del láser	Pulso de energía (µJ)	Lecho de corte	0,1	1,7	0,05	0,8
		Corte lateral	0,1	1,7	0,05	0,8
		Canal	0,1	1,7	0,05	Energía lecho ± 0,1
	Separación del spot (µm)	Lecho de corte	2	12	0,5	8
		Corte lateral	2	12	0,5	5
		Canal	2	12	0,5	
	Línea de separación (µm)	Lecho de corte	2	12	0,5	8
		Corte lateral	2	8	0,5	3
		Canal	1	12	0,5	

Para la realización del tratamiento es necesario introducir los siguientes parámetros (tabla 4) (13,15):

- Diámetro externo e interno: hace referencia a los diámetros del túnel del anillo.

- Profundidad: Muestra la profundidad en el corte horizontal del túnel. El corte de la incisión vertical se realiza llegando 30 µm más profundo que el ancho del anillo.

Tabla 4. Ajustes técnicos de los parámetros para la creación del túnel corneal con el láser de femtosegundo Wavelight® FS200 para la implantación de anillos intraestromales

Ajuste	Parámetro (unidad)	Mín	Máx	Rango	Valores recomendados	
Ajustes del anillo	Diámetro externo (mm)	4,0	10,0	0,1		
	Diámetro interno (mm)	3,0	10,0	0,1		
	Profundidad (µm)	150	500	5		
	Posición del anillo (°)	0	359	1		
	Ancho del anillo (mm)	0,5	5,0	0,1	1,3	
	Longitud del anillo (mm)	0,5	5,0	0,1	1,3	
Ajuste del láser	Pulso de energía (µJ)	Anillo	0,1	2,4	0,05	1,1 – 1,4
		Incisión	0,1	2,4	0,05	1,1 – 1,4
	Separación del spot (µm)	Anillo	4	12	0,5	6,5
		Incisión	4	12	0,5	6,5
	Línea de separación (µm)	Anillo	4	12	0,5	6,5
		Incisión	1	8	0,5	3,0

Tabla 5. Ajustes técnicos de los parámetros para la realización de una queratoplastia con el láser de femtosegundo WaveLight® FS200

Ajuste	Parámetro (unidad)		Mín	Máx	Rango	Valores recomendados	
						<250 µm	>250 µm
Ajustes de la queratoplastia	Diámetro superior (mm)		2,0	10,0	0,05		
	Diámetro inferior (mm)		2,0	10,0	0,05		
	Grosor (µm)		90	1.100	5		
	Altura superior (µm)		90	1.000	5		
	Altura inferior (µm)		90	1.000	5		
	Ángulo superior (°)		30	150	1	90	
	Ángulo inferior (°)		30	150	1	90	
	Offset superior (µm)		0	200	5		
	Offset inferior (µm)		-200	200	5		
Ajuste del láser	Pulso de energía (µJ)	Lecho	0,1	2,4	0,05	0,6 – 0,8	0,6 – 1,4
		Lateral	0,1	2,4	0,05	0,6 – 0,8	1,0 – 1,4
	Separación del spot (µm)	Lecho	4	12	0,5	4 – 8	4
		Lateral	4	12	0,5	5	4
	Línea de separación (µm)	Lecho	4	12	0,5	4 – 8	4
		Lateral	1	8	0,5	2	2

- Longitud y ancho del segmento.
- Posición de la incisión.

Queratoplastia

La morfología del tallado del botón corneal es personalizable en función de la modificación de los siguientes parámetros (13):

- Diámetros inferior y superior: hacen referencia al diámetro del botón corneal en las zonas indicadas.
- Grosor: muestra el espesor corneal mínimo sobre el que debe realizarse el corte.
- Altura superior e inferior: indica las diferentes alturas de la cara anterior y posterior del segmento.
- Ángulo superior e inferior: muestra el ángulo de corte lateral tanto de la parte superior como de la inferior del segmento.
- Offset superior e inferior: muestra cuanto del corte lateral se deja sin cortar en la parte superior e inferior del segmento.
- Corte lamelar: es necesario especificar el tipo de tratamiento a ejecutar, queratoplastia penetrante, corte lamelar anterior o corte lamelar posterior. En caso de no seleccionar ninguno, por defecto el tra-

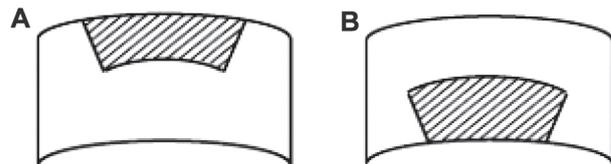


Figura 14. Tipos de queratoplastias lamelares que se pueden realizar con el LFS WaveLight® FS200. A: corte lamelar anterior (flap sin bisagra). B: corte lamelar posterior.

tamiento está configurado para una queratoplastia penetrante (fig. 14).

Los rangos posibles de modificación de estos parámetros están especificados en la tabla 5.

Pocket

La opción del *pocket* o bolsillo corneal está desactivada en algunos países, pero en los lugares en los que es posible su realización los datos requeridos serán: diámetro y profundidad del *pocket*, así como el ancho, posición y ángulo de inclinación de la incisión (fig. 15) (13).

El rango de ajuste de los parámetros que se pueden personalizar para la creación de un *pocket* intraestromal aparecen recogidos en la tabla 6.

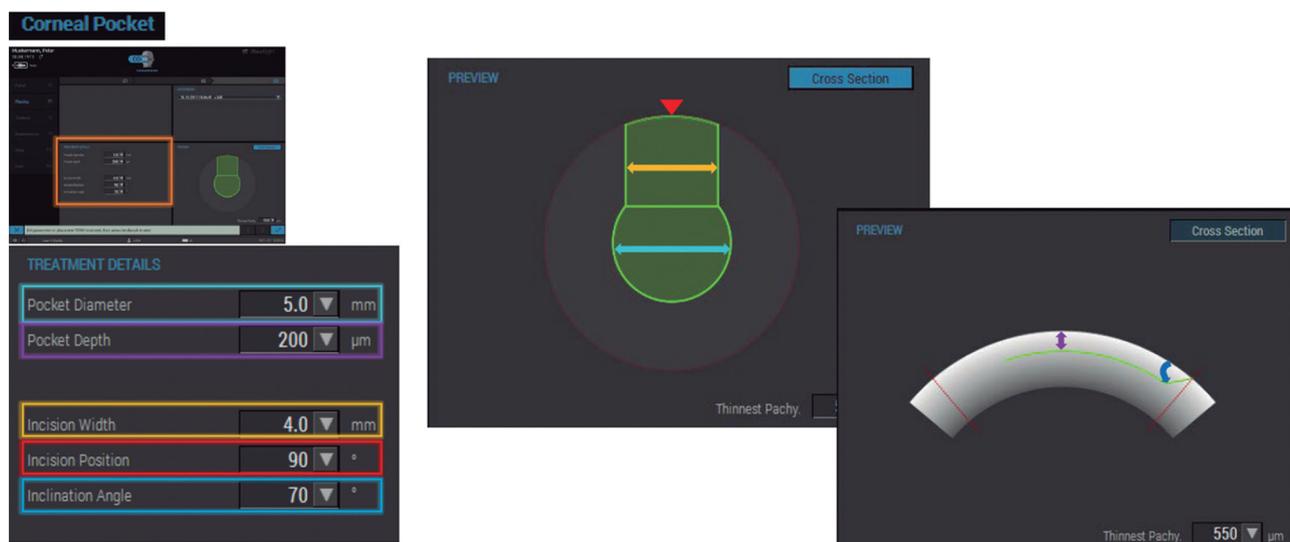


Figura 15. Pantalla de introducción de datos del *pocket* intraestromal creado con el LFS Wavelight® FS200.

Tabla 6. Ajustes técnicos del *pocket* intraestromal creado con el láser de femtosegundo Wavelight® FS200

Ajuste	Parámetro (unidad)	Mín	Máx	Rango	Valores recomendados		
					<270 µm	>270 µm	
Ajustes del <i>pocket</i>	Diámetro (mm)	3,0	9,0	0,1			
	Profundidad (µm)	90	500	5			
	Ancho de la incisión (mm)	2,0	5,0	0,1			
	Posición de la incisión (°)	0	359	1			
	Ángulo de la incisión (°)	15	70	1			
Ajuste del láser	Pulso de energía (µJ)	Lecho	0,1	1,70	0,05	0,5 – 0,8 (0,5)	0,6 – 1,4
		Conector	0,1	1,70	0,05	0,5 – 0,8 (0,5)	0,6 – 1,4
		Incisión	0,1	1,70	0,05	0,8	0,8 – 1,4
	Separación del <i>spot</i> (µm)	Lecho	2,0	10,0	0,5	3 – 8 (3)	3 – 4
		Conector	2,0	10,0	0,5	4 – 8 (6)	3 – 4
		Incisión	2,0	10,0	0,5	6	6
	Línea de separación (µm)	Lecho	2,0	10,0	0,5	3 – 8 (3)	3 – 4
		Conector	2,0	10,0	0,5	4 – 8 (4)	3 – 4
		Incisión	2,0	10,0	0,5	2,5	2,5

Incisiones corneales

La realización de incisiones corneales arcuatas se puede hacer bien mediante la importación automática de los datos topográficos del Topolyzer® o mediante la introducción manual de los datos paquimétricos (fig. 16). En este último caso, además de la paquimetría central es obligatorio introducir la paquimetría superior, inferior, nasal y temporal a 6 mm con respecto al centro corneal [que en los otros tratamientos es posible introducir pero no es de obligado cumplimiento (13)].

El tratamiento se puede personalizar para realizar una o dos incisiones arcuatas. En el caso de la introducción de los datos automáticos al realizar 2 incisiones, el equipo requerirá que se introduzca el valor queratómétrico $k1$ y la contrapuesta la localizará por defecto en el eje de $k1 + 90^\circ$, pero se pueden ajustar a criterio del cirujano (fig. 17).

Los datos necesarios para la realización de las incisiones corneales arcuatas son:

- Diámetro de la incisión corneal.
- Posición de la incisión.
- Longitud del arco de la misma.

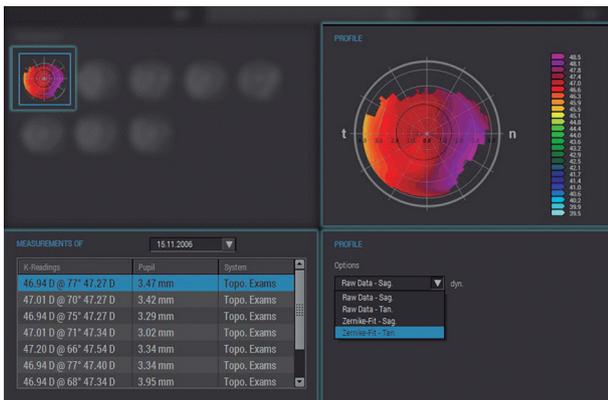


Figura 16. Pantalla de introducción de datos del tratamiento de las incisiones corneales.



Figura 17. Pantalla de introducción de datos para la realización de dos incisiones corneales arcuatas con el LFS WaveLight® FS200.

Tabla 7. Ajustes técnicos de las incisiones corneales arcuatas creadas con el láser de femtosegundo WaveLight® FS200

Ajuste	Parámetro (unidad)	Mín	Máx	Rango	Valores recomendados
Ajustes de la incisión corneal	Diámetro 1 (mm)	5,0	10,0	0,05	
	Posición 1 (°)	0	359	1	
	Longitud de arco 1 (°)	10	90	1	
	Profundidad 1 (µm)	90	700	5	
	Offset superior 1 (µm)	0	110	5	
	Diámetro 2 (mm)	5,0	10,0	0,05	
	Posición 2 (°)	0	359	1	
	Longitud de arco 2 (°)	10	90	1	
	Profundidad 2 (µm)	90	700	5	
	Offset superior 2 (µm)	0	110	5	
Ajuste del láser	Pulso de energía (µJ)	0,1	2,4	0,05	1,3
	Separación del spot (µm)	2,0	12	0,5	5 – 6,5 (5,5)
	Línea de separación (µm)	1,0	8,0	0,5	3

- Profundidad de la incisión.
- En el caso de que se introduzcan todos los datos paquimétricos, el software aportará información del porcentaje de paquimetría periférica residual más delgada.

En la tabla 7 se especifican los ajustes personalizables de los parámetros para el diseño y creación de incisiones corneales arcuatas con el LFS WaveLight® FS200.

corneales (flaps de LASIK, túneles para la implantación de anillos intracorneales, *pockets* intraestromales, queratoplastias e incisiones arcuatas). Sin embargo, es necesario un entrenamiento previo que permita conocer el equipo en detalle para poder obtener unos óptimos resultados.

La precisión y eficacia del equipo han sido demostrados en múltiples publicaciones como se verá más adelante a lo largo de esta ponencia.

CONCLUSIONES

El láser de femtosegundo WaveLight® FS200 es un equipo versátil que permite realizar una variedad amplia de tratamientos quirúrgicos exclusivamente

BIBLIOGRAFÍA

1. Winkler von Mohrenfels C, Khoramnia R, Salgado J, et al. First clinical results with a new 200 kHz femtosecond laser system. Br J Ophthalmol 2012; 96: 788-792.

2. Kymionis GD, Kontadakis GA, Naoumidi I, et al. Comparative study of stromal bed of LASIK flaps created with femtosecond lasers (IntraLase FS150, Wavelight FS200) and mechanical microkeratome. *Br J Ophthalmol* 2014; 98: 133-137.
3. Vestergaard AH. Past and present of corneal refractive surgery: a retrospective study of long-term results after photorefractive keratectomy and a prospective study of refractive lenticule extraction. *Acta Ophthalmol* 2014; 92 Thesis 2: 1-21.
4. Zhang Y, Chen Y-G. High incidence of rainbow glare after femtosecond laser assisted-LASIK using the upgraded FS200 femtosecond laser. *BMC Ophthalmol* 2018; 18: 71.
5. Kymionis GD, Kankariya VP, Plaka AD, Reinstein DZ. Femtosecond laser technology in corneal refractive surgery: a review. *J Refract Surg* 2012; 28: 912-920.
6. Kanellopoulos AJ, Asimellis G. Digital analysis of flap parameter accuracy and objective assessment of opaque bubble layer in femtosecond laser-assisted LASIK: a novel technique. *Clin Ophthalmol* 2013; 7: 343-351.
7. Mrochen M, Wüllner C, Krause J, et al. Technical aspects of the Wavelight FS200 femtosecond laser. *J Refract Surg* 2010; 26: S833-S840.
8. Cummings A, Cummings B, Kelly G. Predictability of corneal flap thickness in laser in situ keratomileusis using a 200 kHz femtosecond laser. *J Cataract Refract Surg* 2013; 39: 378-385.
9. Wavelight®. Wavelight® FS200. Láser femtosegundo. Manual de Usuario con control de cambios. N° de artículo: 6674 2001. Rev. 07 ed 2018.
10. Kanellopoulos AJ, Asimellis G. FS200 femtosecond laser LASIK flap digital analysis parameter evaluation: comparing two different types of patient interface applanation cones. *Clin Ophthalmol* 2013; 7: 1103-1108.
11. Lauzirika G, Garcia-Gonzalez M, Bolivar G, et al. Measurement of the intraocular pressure elevation during laser-assisted in situ keratomileusis flap creation using a femtosecond laser platform. *Transl Vis Sci Technol* 2021; 10: 1-7.
12. Wavelight®. Planificación flap (colgajo) con Wavelight® FS200. Guía rápida de usuario. N° de artículo: 6662 2019. Rev. 06 ed 2018.
13. Wavelight®. Wavelight® FS200 Láser femtosegundo: Manual de Procedimiento con control de cambios. Información solo para uso profesional. Rev.08 ed 2020. p. 39.
14. Wavelight®. Wavelight® FS200. Guía de inicio rápido. N° de artículo: 6662 2014. Rev. 07 ed 2018.
15. Wavelight®. Planificación de la implantación del anillo con Wavelight® FS200. Guía rápida de usuario. N° de artículo: 6662 2020. Rev. 06 ed 2018.