

### 3.3.3. Láser de femtosegundo Ziemer LDV® Z8

Ramón Ruiz Mesa, Roberto Fernández Buenaga, María Ruiz Santos, Raquel García Gil, Francisco Pastor Pascual, Miguel J. Maldonado López

#### INTRODUCCIÓN Y EVOLUCIÓN

La plataforma Ziemer femtosegundo nace en su origen en la compañía Ziemer fundada por Frank Ziemer en 1998. Desde su primera unidad creada en 2008, la plataforma LDV® trabaja con una trama de **pulsos de alta frecuencia y baja potencia** con un *software* altamente fiable y con la posibilidad de realizar queratoplastias lamelares.

Desde dicha fecha hasta el 2014, dicha plataforma va evolucionando en 3 productos diferentes: Femto LDV® Z2, Femto LDV® Z4 y Femto LDV® Z6 (fig. 1 y tabla 1), ofreciendo un dispositivos que gradualmente, y bajo la misma premisa de su predecesor de mantener la baja potencia en sus impactos a la vez que la alta frecuencia de los mismos, nos permite realizar túneles e incisiones para anillos intracorneales, queratoplastias lamelares y penetrantes así como el perfeccionamiento del proceso para realizar el flap corneal previo a la ablación refractiva con láser excímer en la cirugía LASIK (*Laser in situ keratomileusis*).

Es en 2014 cuando aparece su versión renovada Femto LDV® Z8 la cual nos ofrece un sistema de guiado con tomografía de coherencia óptica (OCT) muy mejorada, la posibilidad de realizar queratoplastias sin aplanamiento, e introduce la novedad de

poder participar en la cirugía de la catarata, como después se desarrollará en este capítulo, permitiendo realizar incisiones corneales, incisiones arcuatas, la capsulorrexis y la fragmentación del núcleo del cristalino.

Recientemente, en 2021 ha aparecido la opción renovada del último femto, actualmente conocido como **Femto LDV® Z8 Neo**, que además de incluir todas las prestaciones de su antecesor, nos permite la realización del procedimiento CLEAR (*Corneal Lenticule Extraction for Advance Refractive Correction*).

**Tabla 1. Evolución y prestaciones de los diferentes modelos LDV®**

MODELO	Z2	Z4	Z6	Z8
Z LASIK	X	X	X	X
Z LASIK Z		X	X	X
Anillos intracorneales (ICR)			X	X
Bolsillo intraestromal (ISP)			X	X
Queratoplastia lamelar (LKP)				X
Queratoplastia penetrante (PKP)				X
Incisiones en córnea clara e incisiones arcuatas (CCI/ARC)				X
Cataratas				X



**Figura 1. Evolución de las plataformas láser de femtosegundo LDV® ZIEMER.**



**Figura 2.** Imagen del equipo Femto LDV Z8 de Ziemer que muestra su base portátil, la pantalla táctil y el brazo articulado en el cual se acopla la pieza de mano. El Z8 es el primer modelo LDV® Z que permite la realización de procedimientos corneales y cristalinos.

### PLATAFORMA LDV® Z8

El Femto LDV® Z8 (Ziemer Ophthalmic Systems AG) es el primer láser de femtosegundo (LFS) realmente móvil para cirugía refractiva y de catarata (fig. 2). Una plataforma LFS innovadora y versátil diseñada para integrarse perfectamente en el quirófano de catarata junto al microscopio, y en cirugía refractiva junto al láser excímer, sin necesidad de desplazar al paciente y utilizando la misma camilla para todo el procedimiento. Esto redundará en la comodidad para todos los integrantes de la cirugía y la menor pérdida de tiempo en la realización de la misma (1).

Basados en la experiencia clínica de más de 2 millones de exitosas cirugías en córnea con los «Z Models,» el FEMTO LDV® Z8 amplía las posibilidades al cristalino, permitiendo realizar las incisiones (en



**Figura 3.** Interfaz líquido por inmersión para cataratas (izquierda) e interfaz de aplanación para córnea (derecha) del FEMTO LDV® Z8.

córnea clara para catarata y arcuatas para astigmatismo), la capsulotomía y la fragmentación del núcleo.

### Características y datos técnicos

La energía de pulso del láser y la frecuencia de repetición se pueden adaptar dependiendo del tipo de resección y del grado de catarata, de esta manera obtenemos:

- Ser más respetuosos con los tejidos oculares (2).
- Alta precisión y repetitividad.
- Bajo ratio de complicaciones.
- Rápida recuperación visual.
- Fragmentación eficiente en todos los grados de catarata (con una prácticamente nula energía de facoemulsificación necesaria).

Los datos técnicos (3) del FEMTO LDV® Z8 son los siguientes:

- Longitud de onda central del láser: 1020-1060 nm
- Rango energía por pulso: 25 nJ-2,5 µJ.
- Rango frecuencia pulso: 0,1 MHz-10 MHz.
- Corta duración del pulso: 200-500 femtosegundos.
- Tamaño del spot: <2 micras.

El FEMTO LDV Z8 está compuesto por una estación base móvil que tiene unas dimensiones de: 102 cm (largo) x 56 cm (ancho) x 77 cm (alto), un monitor con pantalla táctil que se encuentra ubicado



**Figura 4.** Interfaz del paciente y colocación en la pieza de mano de la plataforma FEMTO LDV® Z8.

sobre la base y un brazo articulado que parte de la base y en cuyo extremo se adapta la pieza de mano (fig. 2). Le caracteriza ser un equipo portátil gracias a sus dimensiones, a que dispone de cuatro ruedas y a que su peso es inferior a los 250 kg, por lo que es fácil de mover entre quirófanos y entre clínicas.

Su ergonomía permite, además, que su brazo articulado se aloje debajo de los aparatos de láser excímer o al lado de la camilla de modo que, sin moverla, elevando el microscopio quirúrgico, pode-

mos llevar a cabo los procedimientos sin tener que desplazar al paciente. Todo ello supone importantes ventajas en la circulación y flujo de pacientes y personal en quirófano.

Otra característica a resaltar es la posibilidad de **control remoto por parte del servicio técnico** ante cualquier eventualidad.

Asimismo, según la cirugía a realizar, corneal o cristalínica, consta de dos tipos diferentes de interfaces (figs. 3 y 4).

### 3.3.3.1. Procedimiento para cirugía de cataratas asistido por el Femto LDV<sup>®</sup> Z8

*Ramón Ruiz Mesa, María Ruiz Santos, Francisco Pastor Pascual*

En este capítulo vamos a explicar los diferentes dispositivos que tendremos que usar y manejar para la realización del procedimiento FLACS (del inglés *Femtosecond Laser-Assisted Cataract Surgery*) con el FEMTO LDV<sup>®</sup> Z8.

#### INTERFAZ DE PACIENTE POR INMERSIÓN

El FEMTO LDV<sup>®</sup> Z8 utiliza una nueva **interfaz de paciente por inmersión patentada** para las cirugías de cataratas con el fin de obtener unos excelentes resultados clínicos (fig. 1) (4), ya que aporta las siguientes ventajas:

- Mínimo aumento de la presión intraocular durante la cirugía (5).
- Evita la inducción de pliegues corneales en el endotelio, lo que garantiza una óptima transmisión del haz de láser.

Además, trabajaremos con un anillo de succión especialmente diseñado para realizar un proceso

respetuoso con la fisiología ocular, con un menor enrojecimiento del ojo (1) y sin la inducción de una hemorragia conjuntival.

Así, este nuevo sistema permite un tratamiento personalizado, de tal manera que el proceso «vacío (creado por el anillo de succión) + llenado de BSS + docking» se hace bajo una visualización máxima y resultando en un *docking* más sencillo.

#### OCT INTRAOPERATORIA

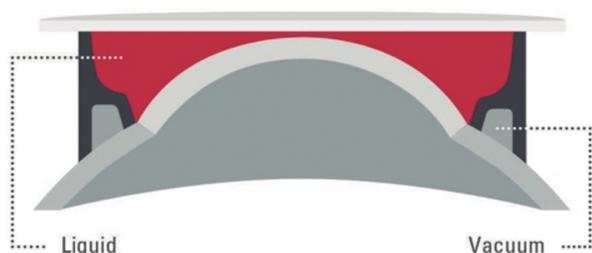
El procedimiento FLACS se apoya en una OCT de alta definición intraoperatoria que nos permite identificar la ubicación precisa de las superficies oculares:

- Detección automática de las estructuras oculares.
- Posicionamiento exacto de las trayectorias planificadas.
- Posible personalización por el cirujano.

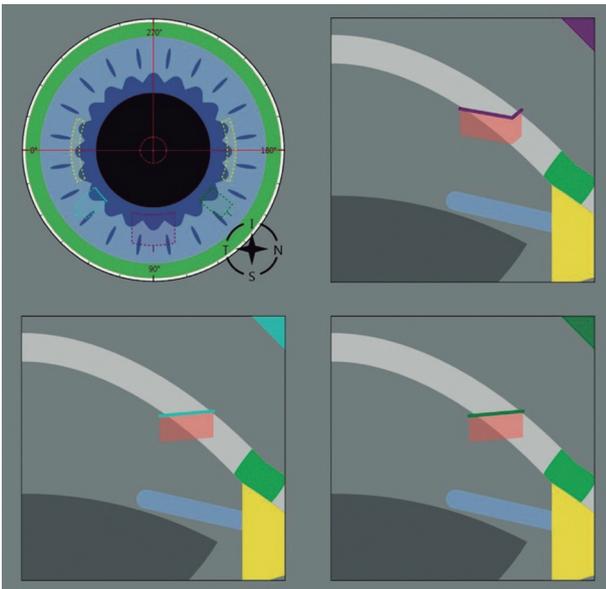
Este sistema de imágenes OCT patentado (dominio espectral 3D) proporciona una alta precisión y seguridad a la cirugía.

#### PARÁMETROS GUÍA EN FLACS

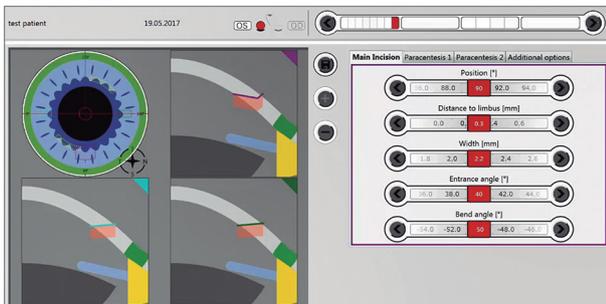
A continuación, iremos desgranando paso a paso el procedimiento FLACS con los parámetros recomendados por el fabricante para cada uno de ellos.



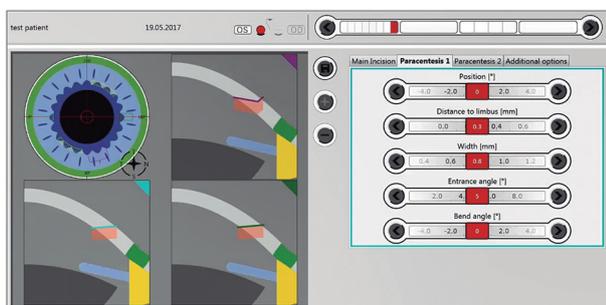
**Figura 1.** Interfaz líquido por inmersión exclusiva para FLACS (patentado por Zeimer).



**Figura 2.** Diagrama de las incisiones en córnea transparente, tal y como se mostrará en el *software*.



**Figura 3.** Parámetros para realizar la incisión principal en FLACS con el FEMTO LDV® Z8.



**Figura 4.** Parámetros para realizar la incisión accesoria paracentesis en FLACS con el FEMTO LDV® Z8.

### Incisiones en córnea clara

En el caso de las incisiones en córnea transparente, el haz de láser permite realizar **hasta tres incisiones de plano único y de planos múltiples** en la córnea (fig. 2).

El número mínimo de incisiones principales es 1. El número mínimo para la paracentesis es 0 y el

máximo es 2. La posición es por preferencia del cirujano. La distancia al limbo es la distancia desde el corte anterior (entrada) hasta el limbo detectado. El ancho depende de la preferencia del cirujano y de los instrumentos quirúrgicos utilizados. El ángulo de entrada es el ángulo con el que la incisión entra en la córnea anterior y es relativo al plano horizontal (por ejemplo, iris). El ángulo de curvatura es el ángulo de la incisión en la cara posterior y está relacionado con el ángulo de entrada (figs. 3 y 4).

La distancia de seguridad posterior es la distancia desde la parte posterior de la incisión hasta el iris detectado. El *offset* corneal anterior es la extensión de la incisión vertical. La profundidad de la córnea del punto de flexión es la ubicación donde las porciones anterior y posterior de la incisión confluyen. Con la nueva versión del *software* la potencia utilizada en la parte anterior de la incisión es un 20% mayor, en busca de lograr una incisión completa en el caso que el tejido corneal sea más opaco.

### Incisiones arcuadas

El ángulo del arco es el ancho de la incisión del arco en grados, así como la posición del arco es la posición del arco en grados. Estos parámetros provienen del nomograma que use el cirujano.

El ángulo de corte lateral es el ángulo de la incisión en relación con la superficie de la córnea. 90° significa que el corte es tangencial a la superficie de la córnea.

La profundidad de la incisión anterior es la profundidad del corte arqueado anterior en porcentaje de la córnea. Cuando es 0, el corte se extiende más allá de la superficie anterior hasta la misma cantidad programada en el valor de compensación de la córnea anterior en la pestaña «opciones adicionales». Cuando es un número positivo, el *software* ignora la compensación corneal anterior y el corte permanecerá dentro de la córnea.

La profundidad de la incisión posterior es la profundidad del corte arqueado posterior en porcentaje de la córnea. Esto proviene del nomograma que use el cirujano, pero no se recomienda que sea mayor al 80% del grosor de la córnea (fig. 5).

La distancia de seguridad posterior es la distancia desde la parte posterior de la incisión hasta el iris detectado. La distancia corneal posterior es una

distancia de seguridad que el sistema utiliza para disminuir la posibilidad de perforación corneal. Después de realizar la exploración OCT, el *software* calculará el grosor de la córnea. El *software* también calcula el grosor corneal restante a partir de la configuración de profundidad de incisión posterior (%). Se comparan el ajuste de la distancia de la córnea posterior y el valor calculado de la profundidad de la incisión posterior y, si la profundidad de la incisión posterior es mayor que la distancia de la córnea posterior, se permitirá el corte. De lo contrario, el corte no será permitido por el sistema.

## Capsulotomía

En el caso de la capsulotomía, el foco de láser se dirige a lo largo de una superficie cilíndrica dentro de la cámara anterior y del cristalino, colocada para cruzarse con la cápsula anterior (fig. 6).

El método de centrado de la capsulotomía, dependiendo de las preferencias del cirujano, puede ser **en limbo** o **en pupila**.

El diámetro de la capsulotomía debe ser **de 4,9 a 5,5 mm**, según los estudios que muestran que la cápsula es más gruesa en este rango, lo que implica una cápsula más fuerte. El diámetro normalmente debería ser aproximadamente **1,0 mm más pequeño que el tamaño de la óptica de la lente** que se va a implantar, aunque esto también depende de la preferencia del cirujano. La potencia del láser del 95% es la ideal, pero se puede ajustar si se desea (6).

No es necesario ajustar la velocidad de 50 mm/seg. La altura de trisección para la versión de *software* 5288 e inferiores es de 0,8 mm. Para versiones superiores a 5350 la altura por defecto es de 0,6 mm. La distancia de seguridad lateral es la distancia entre el corte y el límite pupilar detectado.

## Facofragmentación

El método de centrado es típicamente respecto a la pupila y no es necesario cambiarlo. El diámetro de fragmentación debe ajustarse en la pantalla OCT (configuración) para que sea tan grande como lo permita la pupila. La potencia del láser y los segmentos se pueden ajustar de acuerdo con el documento de referencia (fig. 7). No es necesario cambiar la velocidad.

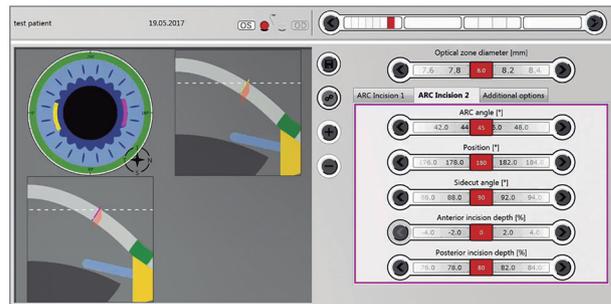


Figura 5. Parámetros recomendados del FEMTO LDV® Z8 para realizar incisiones arcuatas.

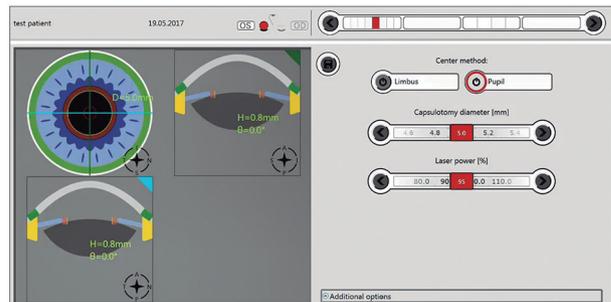


Figura 6. Parámetros recomendados del FEMTO LDV® Z8 para realizar la capsulotomía.

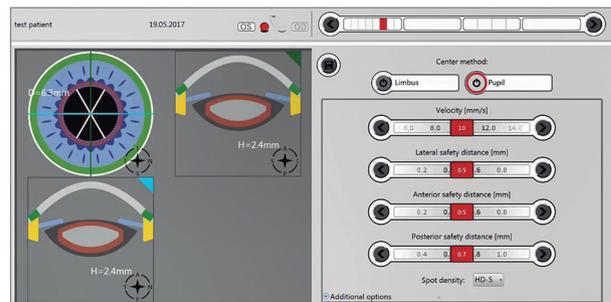


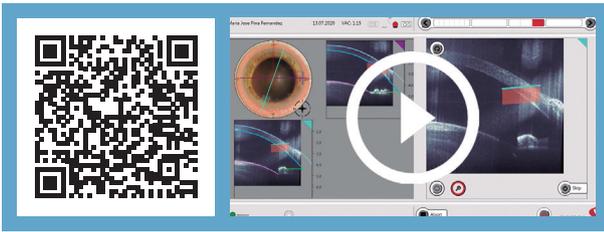
Figura 7. Parámetros recomendados del FEMTO LDV® Z8 para realizar la fragmentación del núcleo.

La distancia de seguridad lateral es la distancia entre el corte y el límite pupilar detectado.

La distancia de seguridad anterior es la distancia entre la porción anterior del corte y la cápsula anterior. Esto es para evitar que entren burbujas en la cámara anterior, lo que interferiría con los pulsos de láser posteriores.

La distancia de seguridad posterior es la distancia entre el corte y la cápsula posterior detectada. No debe cambiarse para evitar desgarros posteriores.

Disponemos de dos tipos diferentes de fragmentación, bien con **anillos concéntricos** (1 o 2) para cataratas más blandas o cristalinos transparentes o bien con **segmentos radiales** (4, 6, 8 o 16) en el caso de cataratas más maduras.



**Vídeo 1. Cirugía de catarata asistida por el LFS FEMTO LDV® Z8.**

En el vídeo 1 se muestra un caso de cirugía de catarata asistida por el LFS FEMTO LDV® Z8.

## BIBLIOGRAFÍA

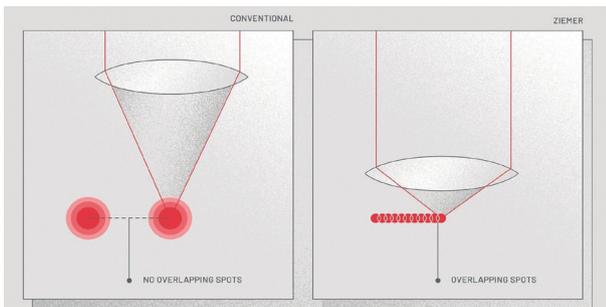
- Pajic B, Vastardis I, Gatziofias Z, Pajic-Eggspuehler B. First experience with the new high-frequency femtosecond laser system (LDV Z8) for cataract surgery. Clin Ophthalmol 2014; 8: 2485-2489.
- McRae SM. A Breakthrough in Femtosecond Laser Technology. Supplement to Cataract & Refractive Surgery Today 2012; 10-11.
- Lubatschowski, H. Laser Technology of the FEMTO LDV Z Models. Supplement to Cataract & Refractive Surgery Today 2012; 8-9.
- Mariacher S, Ebner M, Seuthe AM, et al. Femtosecond laser-assisted cataract surgery: First clinical results with special regard to central corneal thickness, endothelial cell count, and aqueous flare levels. J Cataract Refract Surg 2016; 42: 1151-1156.
- Williams GP, Ang HP, George BL, et al. Comparison of intra-ocular pressure changes with liquid or flat applanation interfaces in a femtosecond laser platform. Sci Rep 2015; 5: 14742.
- Williams GP, George BL, Wong YR, et al. The effects of a low-energy, high frequency liquid optic interface femtosecond laser system on lens capsulotomy. Sci Rep 2016; 6: 24352.

### 3.3.3.2. El láser de femtosegundo LDV® Z8 en la cirugía corneal

*Roberto Fernández Buenaga, Raquel García Gil, Miguel J. Maldonado López*

Para los tratamientos corneales, el láser de femtosegundo (LFS) FEMTO LDV® Z8 trabaja con una frecuencia de repetición de 10.000 kHz, una duración del pulso de 250 femtosegundos, con un diámetro del spot inferior a 2 micras y con una energía baja, inferior a 100 nJ.

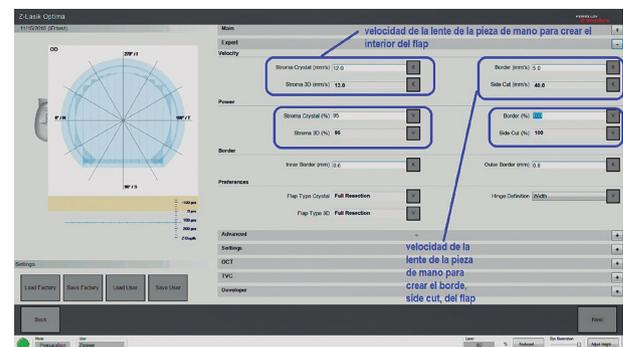
El *overlapping* o solapamiento es una característica técnica importante de este equipo. Al contrario que otros láseres de femtosegundo, **el Z8 crea unas burbujas de cavitación solapadas**, es decir, no existe espacio entre las burbujas de gas (fig. 1). Este aspecto técnico facilita la posterior disección del tejido y el empleo de una menor energía.



**Figura 1. Esquema que muestra cómo, en contraposición con otros láseres de femtosegundo, en el Z8 las burbujas de cavitación están solapadas.**

Este láser Z8 permite modificar la velocidad de la lente de la pieza de mano (fig. 2). Ajustando la velocidad y la potencia se puede variar la calidad del lecho y la facilidad con la que se disecciona el tejido en los tratamientos corneales.

El sistema de vacío emplea un microprocesador que se encarga de mantener la succión predeterminada durante todo el procedimiento. Dicha succión suele establecerse en 650-700 mbar aunque existe una opción denominada «full» con la que el equipo aplicaría el vacío máximo.



**Figura 2. Captura del interfaz del equipo que muestra la posibilidad de variar tanto la velocidad como la potencia. En el caso de LASIK, esto es posible tanto con la disección estromal como con el side-cut.**

		Keratometry Readings										
		38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48
White to White:	11.5 mm and smaller:	Suction Ring = 9.5 mm					Suction Ring ≤ 9.0 mm					Suction Ring = 8.5 mm
	larger than 11.5 mm:	Suction Ring ≥ 9.5 mm								Suction Ring ≤ 9.0 mm		
Hinge Width:		≥ 0.6 mm					≥ 0.5 mm					0.5 mm

This nomogram is a recommendation which should not replace careful consideration of all patient-specific factors that may influence the outcome of the treatment. If required, e.g. if a bigger or a smaller flap is needed or wished, then other suction ring sizes can also be used.

**Additional special considerations:**

- Hypotonic eyes require stronger suction (≥ 700 mbar) and / or a reduced laser beam scan velocity.
- In case of significant astigmatism (> 5D), using stronger suction may be advisable (> 700 mbar).

**Figura 3.** Nomograma de selección del anillo de succión para LASIK propuesto por Ziemer Ophthalmic Systems AG basado en el blanco-blanco y en la queratometría media del paciente.

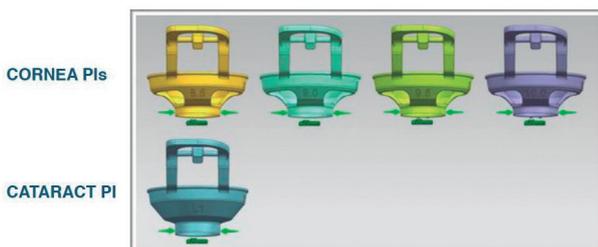
Este equipo permite realizar tratamientos tanto en córnea como en cristalino. Como ya se describió anteriormente, los tratamientos corneales se realizan mediante aplanación mientras que los tratamientos cristalinianos se realizan a través una interfase líquida.

## TRATAMIENTOS CORNEALES CON EL FEMTO LDV® Z8

En los tratamientos corneales se debe elegir el tamaño del anillo de succión en base a la distancia blanco-blanco (W-W) del paciente y a la queratometría media. Para ello, Ziemer proporciona un nomograma de selección (fig. 3). Sin embargo, en los tratamientos del cristalino, el anillo de succión es de tamaño único (fig. 4).

El módulo de córnea del FEMTO LDV® Z8 permite realizar los siguientes tratamientos:

- LASIK.
- Cavidades o bolsillos intraestromales (ISP).



**Figura 4.** Esquema que muestra los distintos tamaños de anillo de succión para tratamientos corneales y el tamaño único existente para la cirugía del cristalino.

- Anillos intracorneales (ICR).
- Queratoplastia lamelar (LKP).
- Queratoplastia lamelar anterior profunda (DALK).
- Queratoplastia penetrante (PKP).
- Incisiones corneales (CI).
- Extracción lenticular corneal para corrección refractiva avanzada (CLEAR).

## LASIK

El **módulo Z-LASIK Optima** permite realizar flaps de LASIK (1). Estos flaps pueden ser **circulares o elipsoidales**. Un flap elipsoidal puede ofrecer una ventaja cuando se va a tratar un astigmatismo miópico alto si se orienta la elipse de acuerdo con el meridiano de tratamiento para así ofrecer una mejor exposición del lecho estromal a tratar.

El equipo permite realizar **flaps completos, sólo side-cut (borde) o sólo disección estromal**.

El diámetro del flap varía de 8,5 a 10 mm en función del anillo de succión seleccionado (2). El modo 3D (ver más abajo) permite modificar el diámetro desde 5 mm hasta un máximo que es el del diámetro del anillo de succión seleccionado.

Con respecto al grosor del flap, este equipo permite hacer flaps de 80 hasta 250 micras en pasos de 0,1 mm. **El grosor recomendado por defecto es de 110 micras.**

Respecto a la bisagra del flap, se pueden seleccionar y personalizar los siguientes parámetros:

- Posición: Permite posicionar la bisagra en donde se desee de 0° a 359° en pasos de 1°. Por defecto la bisagra está ubicada a 90°.

- Ancho de la bisagra: El ancho puede ser de 0,3 a 0,8 mm en pasos de 0,1 mm. El fabricante no recomienda bisagras menores de 0,5 mm.

- Ángulo de la bisagra: de 0° a 67°, en pasos de 1°.

- Longitud de la bisagra: de 0 a 5,5 mm en pasos de 0,1 mm.

Finalmente, el ángulo del *side-cut* puede ser modificado sólo en el modo 3D (ver abajo). Por defecto, el ángulo es de 70°. Sin embargo, puede modificarse en un rango que abarca de 30° a 150°.

El módulo de LASIK se denomina Z-LASIK Optima y en él se ofrecen 3 métodos distintos de tratamiento:

a) **Z-LASIK Crystal:** Se trata de un modo bidimensional. El flap se crea a la profundidad deseada en un modo planar (planos X-Y), es decir, no existe un corte vertical. Sería un flap con una arquitectura muy similar a la que realiza un microqueratomo. El ángulo del *side-cut* (borde del flap) no es modificable y es de 30°. En este modo, el valor de la queratometría tiene muy poco impacto en el diámetro final del flap por lo que se puede seleccionar el anillo de succión basándonos fundamentalmente en el W-W. Una ventaja de este modo es su rapidez y que no se forma OBL (*opaque bubble layer*). Esto es debido a que se crea primero el *side-cut* y posteriormente la disección lamelar, permitiendo así la salida del exceso de gas por el *side-cut*.

b) **Z-LASIK 3D:** En este modo la creación del flap se realiza tridimensionalmente a la profundidad deseada. Al ser 3D, permite seleccionar el diámetro del flap pero también la angulación del *side-cut*. En función del ángulo del *side-cut*, la superficie anterior y posterior de resección pueden ser distintas. Si se selecciona un ángulo menor de 90°, la superficie de resección anterior tendrá un mayor diámetro que la posterior mientras que si el ángulo es mayor de 90°, ocurre el efecto opuesto. Con este modo, dado que el corte horizontal del estroma se realiza antes que el *side-cut*, puede formarse OBL. Por ello, es necesario programar la realización de canales de ventilación para evitarlo.

c) **Z-LASIK Optima:** Es el método más recomendado como tratamiento estándar. El tratamiento se inicia en el modo Crystal pero si se necesita ajustar el flap, permite incluso con la succión ya aplicada, cambiar al modo 3D para así poder variar tanto la posición como el diámetro del flap.

El equipo Z8 permite modificar tanto la velocidad como la potencia del láser (fig. 2), tanto a nivel del *side-cut* como de la disección lamelar. En el modo Crystal, la velocidad del tratamiento estromal es por defecto de 14 mm/s pero puede seleccionarse de 3 a 20 mm/s. En el *side-cut*, la velocidad es de 5,5 mm/s pero puede seleccionarse también de 3 a 20 mm/s. En el modo 3D, la velocidad del tratamiento estromal es también por defecto de 14 mm/s pudiendo variar de 3 a 20 mm/s. Sin embargo, en el *side-cut*, la velocidad por defecto es de 45 mm/s pudiendo modificarse en un rango que va de 20 a 50 mm/s.

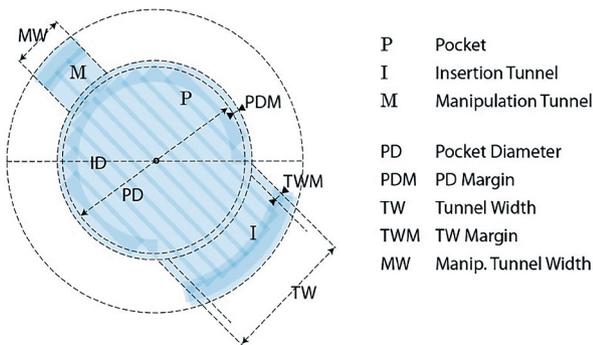
La velocidad y la potencia se relacionan con la calidad de la superficie del lecho estromal y con la facilidad para abrir el *side-cut* y levantar el flap. Si la calidad de la superficie no es suficientemente buena, se aumentará la velocidad del estroma. Si la calidad de la superficie es buena pero los flaps son difíciles de levantar, se disminuirá la velocidad del estroma. Lo mismo aplica para el *side-cut*. Si es difícil de abrir, se debe disminuir la velocidad del borde. El efecto de aumentar la potencia es esencialmente el mismo que el de disminuir las velocidades de las trayectorias: se suministra efectivamente más potencia láser a la misma área.

Los canales de ventilación se crean en el modo 3D para prevenir la aparición de OBL. Este equipo permite distintas configuraciones de los canales de ventilación. Ofrece la configuración *straight*, *multi-straight* y radial. El tipo de canal de ventilación más recomendado es el *multi-straight*. Las configuraciones recomendadas para *straight* y radial son 1,9 mm más grandes que el tamaño del anillo de succión seleccionado, y para *multi-straight*, el delta recomendado es de 1,25 mm.

Al finalizar un tratamiento, se puede solicitar que se haga un análisis de OCT sobre el tejido que se ha tratado quedando después guardado dicho análisis en el disco duro del equipo.

## CAVIDADES O BOLSILLOS INTRAESTROMALES

La tecnología empleada por el láser Z8 permite crear bolsillos intraestromales para la inserción de implantes intracorneales para la corrección de la presbicia. Junto con el bolsillo, se crea un túnel de entrada a través del cual se inserta el dispositivo in-



**Figura 5.** Esquema que representa las posibilidades que ofrece el equipo a la hora de crear un «pocket» o bolsillo intraestromal.

traestromal que se vaya a implantar. Ofrece además la opción de crear un túnel adicional que serviría para ayudar a la manipulación del implante y facilitar su posición final (fig. 5).

El túnel de inserción se puede ubicar en cualquier localización de 0° a 359°, su localización por defecto es temporal y su anchura 5 mm. El *side-cut* puede tener una angulación de 30° a 90°. El túnel de manipulación debe ubicarse obligatoriamente enfrente al túnel de inserción y el fabricante recomienda que tenga una anchura de 2,5-3 mm.

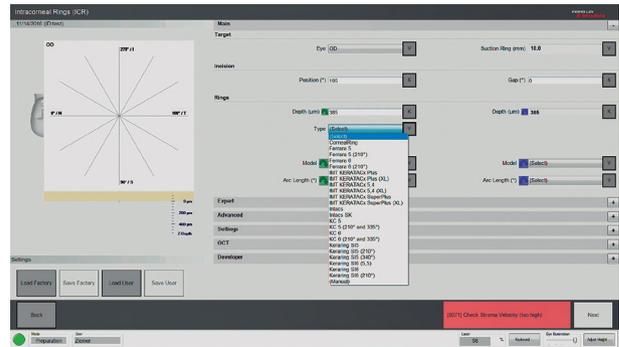
El *pocket* o bolsillo en sí debe configurarse en función del dispositivo que se vaya a implantar y existen ya ajustes predeterminados para distintos implantes. Lo más habitual es que se cree a una **profundidad de 200 micras y con un diámetro de 6,5 mm**. Sin embargo, esta tecnología permitiría crear un *pocket* a una profundidad entre 70 y 850 micras y con un diámetro que puede oscilar entre 3 y 9,9 mm.

**ANILLOS INTRACORNEALES**

El LFS Z8 está preparado para poder hacer túneles circulares o semicirculares. Dispone de una base interna en la cual están prefijados los parámetros óptimos para cada tipo de segmento intracorneal comercializado (fig. 6).

El *software* del Z8 permite crear 2 túneles con distintas dimensiones para los casos en los que se vayan a implantar 2 segmentos intracorneales si el usuario así lo desea.

Para facilitar la inserción de los segmentos, el fabricante recomienda realizar un *side-cut* más ancho que la anchura de los túneles y que a su vez, la an-



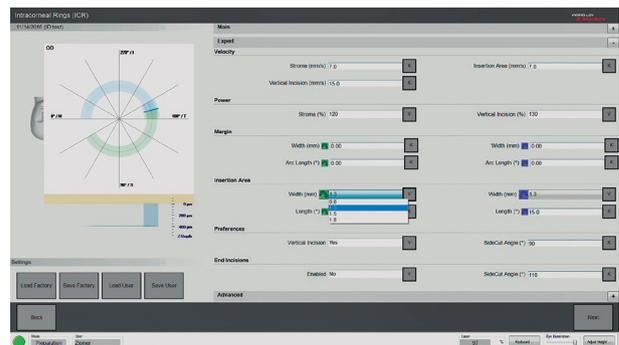
**Figura 6.** Captura del interfaz del usuario que muestra una base interna en la cual están prefijados los parámetros óptimos para cada tipo de segmento intracorneal comercializado.

chura del túnel y la longitud de arco del mismo sean mayores que las del segmento a implantar.

Permite también realizar una única incisión a través de la cual se inserten los 2 segmentos o realizar 2 incisiones separadas por hasta 90° para acceder con cada una de ellas a cada túnel.

Aunque como se ha descrito anteriormente, lo más seguro es usar los parámetros que ya estén establecidos para cada tipo de segmento, existe también la posibilidad de variar los parámetros manualmente (fig. 7) tal y como se muestra en la tabla 1.

Por último, este equipo ofrece también la posibilidad de crear lo que denominan «*end incisions*» lo cual corresponde a una incisión próxima a la zona



**Figura 7.** Captura del interfaz del usuario que muestra la posibilidad de variar manualmente los distintos parámetros para crear un túnel intraestromal.

**Tabla 1. Parámetros y rangos disponibles para crear una geometría de túnel**

	Rango	Pasos
Diámetro interno	4 – 7,8 mm	0,1 mm
Diámetro externo	4,8 – 8,6 mm	0,1 mm
Longitud de arco	10° – 360°	1°

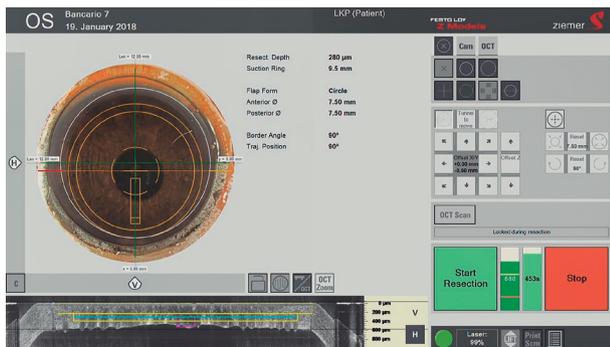
en la que se estima que va a estar el extremo final del anillo implantado para así facilitar su colocación.

### QUERATOPLASTIA LAMELAR

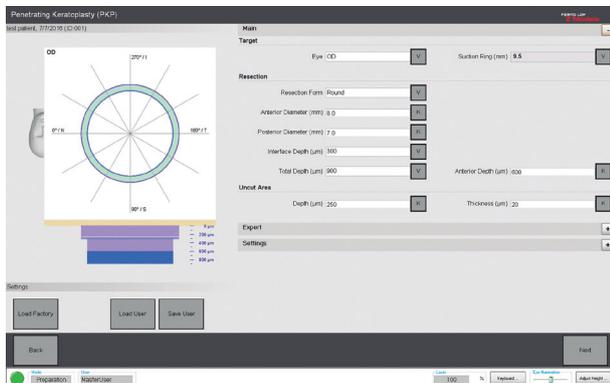
El modo queratoplastia lamelar se puede emplear con distintos fines, entre ellos para la realización de DSAEK aplicando el láser tanto en el receptor como en el tejido donante con una cámara anterior artificial.

### QUERATOPLASTIA LAMELAR ANTERIOR PROFUNDA (DALK)

Para la preparación de la córnea donante se requiere como es habitual una cámara anterior artificial. Por cuestiones de seguridad, el láser únicamente realizará el *side-cut* dejando así intacto el endotelio. El endotelio será eliminado manualmente una vez se haya conseguido exponer completamente la membrana de Descemet del receptor sin perforar



**Figura 8.** Imagen de un tratamiento tipo DALK. Se aprecia la configuración tipo «mushroom» y la realización guiada por OCT de un túnel que facilita el acceso al estroma profundo para realizar la técnica «big bubble».



**Figura 9.** Ejemplo de programación de una queratoplastia penetrante con perfil tipo «Mushroom».

la misma. El fabricante recomienda que **el diámetro del injerto sea 0,2 mm mayor que el diámetro del receptor**.

Para la resección del receptor se programa que el láser actúe a una **profundidad del 60-80%** del espesor en el punto más fino de la córnea. El equipo permite programar también la realización con la guía de la OCT de un túnel que facilita el acceso al estroma profundo para realizar la técnica *big bubble* (3) (fig. 8).

Para diseñar el procedimiento hay una serie de parámetros que se deben ajustar, los cuales ofrecen un amplio rango de actuación. Los parámetros más importantes son el anillo de succión (que se recomienda de 10 mm), la profundidad del corte lamelar, la profundidad de cambio de diámetro, el diámetro anterior, el diámetro posterior, la forma (circular o elíptica), y la extensión del *side-cut*.

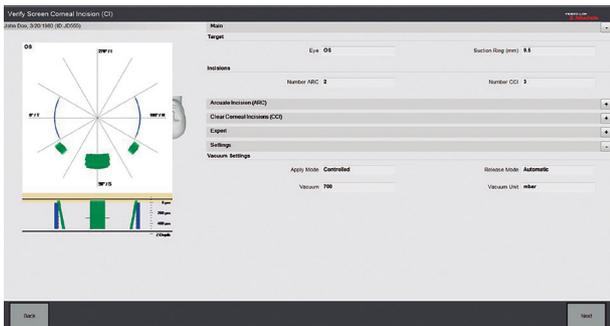
### QUERATOPLASTIA PENETRANTE

En este caso, tanto en el donante como en el receptor el equipo realizará un corte de espesor completo. Esto requiere un mayor tiempo de actuación del láser y una mayor energía. El corte puede ser circular o elíptico. En el corte se puede programar un diámetro anterior y un diámetro posterior diferentes dando lugar a distintos perfiles. Si el diámetro anterior es más pequeño que el posterior, se realizará una resección tipo «*Top Hat*» mientras que si el diámetro anterior es mayor que el posterior, será una resección tipo «*Mushroom*». Estas configuraciones también pueden realizarse en DALK.

Por cuestiones de seguridad y para evitar una expulsión abrupta del tejido resecaado, el Z8 permite dejar una pequeña área sin cortar. Generalmente se programa que esa área se sitúe a **unas 150-200 micras de la superficie** y que **el espesor de tejido sin cortar sea de 20 a 50 micras**. Al igual que en la DALK, **se recomienda que el tejido donante tenga 0,2 mm mayor diámetro que el receptor**. En la figura 9, se ilustra un ejemplo de programación de una queratoplastia penetrante con perfil tipo *Mushroom*.

### INCISIONES CORNEALES

El FEMTO LDV® Z8 es capaz de realizar dos tipos distintos de incisiones corneales:



**Figura 10.** Ejemplo de programación en el cual se han planificado 3 incisiones en córnea clara y 2 incisiones arcuatas.

- Incisiones en córnea clara para acceder a la cámara anterior.
- Incisiones corneales arcuatas.

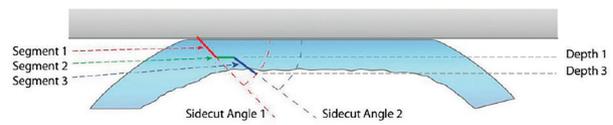
Puede crear 3 incisiones penetrantes en córnea clara (1 incisión principal y 2 paracentesis) y de 1 a 3 incisiones arcuatas (fig. 10). Las incisiones arcuatas pueden ser creadas al mismo tiempo que las incisiones penetrantes o se pueden hacer en distintos momentos.

El láser permite diseñar la arquitectura de la incisión principal de modo que ésta tenga distintos segmentos con una determinada angulación entre ellos para conseguir así el efecto de incisión valvulada (fig. 11).

Cuando se seleccionan incisiones arcuatas, inicialmente dos de ellas van a estar enfrentadas mientras que se puede añadir una tercera en la ubicación que se desee siempre que no se solape con las dos primeras. Estas incisiones arcuatas pueden ser puramente intraestromales (4).

### EXTRACCIÓN LENTICULAR CORNEAL

El LFS Z8 puede realizar extracciones lenticulares corneales para realizar correcciones refractivas



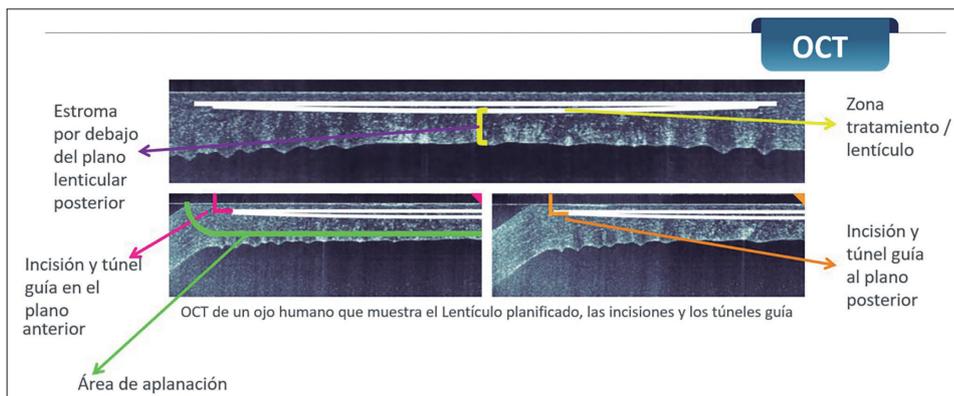
**Figura 11.** Diseño de una incisión principal compuesta por 3 planos angulados entre sí para conseguir un efecto «incisión valvulada».



**Figura 12.** Se muestran las opciones de centrado existentes en el tratamiento CLEAR una vez se ha realizado ya el docking o aplanamiento.

avanzadas mediante una opción en su *software* denominada CLEAR (5-7). Esta opción permite corregir la miopía y el astigmatismo en el siguiente rango: esfera  $-0,5$  a  $-10$  dioptrías (D), cilindro 0 a  $-5$  D, y para ello puede crear una zona óptica de 4,1 a 8 mm.

Durante el procedimiento CLEAR, se permite actuar sobre el centrado del tratamiento después del *docking*, compensar la ciclotorsión, crear varias incisiones, ajustar el tamaño de la incisión para una manipulación mínima sobre el lecho estromal, orientar las incisiones para una posición de trabajo cómoda y visualizar mediante OCT intraoperatoria la verificación de la zona de tratamiento (figs. 12 y 13).



**Figura 13.** Verificación intraoperatoria con tecnología OCT del tratamiento CLEAR planificado previa a la ejecución del mismo.

## BIBLIOGRAFÍA

1. Bages-Rousselon Y, Pinkus D, Rivas M, et al. Eighty-micron flap femtosecond-assisted LASIK for the correction of myopia and astigmatism. *J Cataract Refract Surg* 2021; 47: 445-449.
2. Mariacher S, Mariacher M, Seuthe AM, et al. Impact of Patient Interface Diameter and Vacuum Level on Suction Stability Using a Flat Applanating Interface for Femtosecond Laser-Assisted LASIK. *Curr Eye Res* 2020; 45: 789-796.
3. Singh B, Sharma S, Bharti N, et al. A novel method of tunnel creation using intraoperative optical coherence tomography-guided deep anterior lamellar keratoplasty. *Indian J Ophthalmol* 2021; 69: 3743-3744.
4. Schwarzenbacher L, Schartmüller D, Röggl V, et al. One-Year Results of Arcuate Keratotomy in Patients With Low to Moderate Corneal Astigmatism Using a Low-Pulse-Energy Femtosecond Laser. *Am J Ophthalmol* 2021; 224: 53-65.
5. Izquierdo Jr L, Sossa D, Ben-Shaul O, Henriquez MA. Corneal lenticule extraction assisted by a low-energy femtosecond laser. *J Cataract Refract Surg* 2020; 46: 1217-1221.
6. Wang M, Zhang F, Copruz CC, Han L. First Experience in Small Incision Lenticule Extraction with the Femto LDV Z8 and Lenticule Evaluation Using Scanning Electron Microscopy. *J Ophthalmol* 2020; 2020: 6751826.
7. Nanavaty MA, Naveed H, Ashena Z, Mukhija R. Ex-vivo study on the surface quality of corneal lenticule and stroma after low energy femtosecond laser lenticule extraction. *Sci Rep* 2022; 12: 10034.

## AGRADECIMIENTOS

Los autores queremos mostrar nuestro agradecimiento a Diego Pacheco, aplicador especialista de producto de Bloss, por su excelente disposición y por habernos facilitado información que nos ha ayudado en la elaboración de este capítulo.