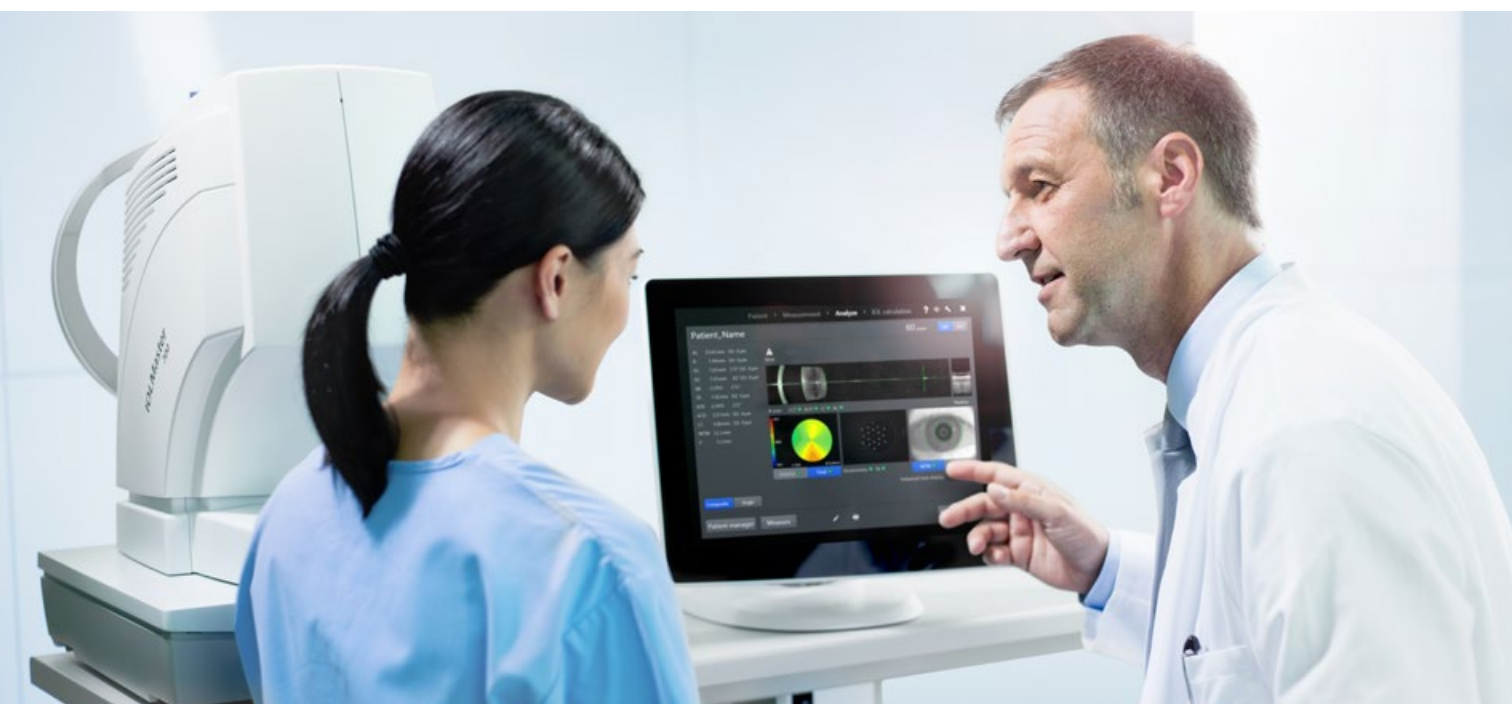


# ZEISS IOLMaster 700

## Total Keratometry



Seeing beyond

# Sustituya las estimaciones por mediciones

Total Keratometry combina la medición de la superficie corneal anterior y posterior, además de la paquimetría corneal, para evaluar las características corneales individuales de cada ojo. TK® se ha diseñado para ser equivalente a las lecturas de K a fin de permitir su uso en las fórmulas de graduación de LIO estándar con constantes existentes en ojos normales.

Además, Graham Barrett ha desarrollado tres nuevas fórmulas para el cálculo de la graduación de la LIO que utilizan mediciones de la superficie corneal posterior de ZEISS IOLMaster 700:

- Barrett TK Universal II para LIO no tóricas
- Barrett TK Toric para LIO tóricas
- Barrett True K con TK para ojos con cirugía refractiva previa

## ¿Cuándo se puede usar TK?

### LIO tóricas y no tóricas

Los estudios han demostrado una gran conformidad entre K convencional y TK para el cálculo de LIO tóricas y no tóricas con una tendencia hacia una mayor precisión de la predicción y mejores resultados refractivos con TK (Fabian E, Wehner W, 2019; Srivannaboon S, Chirapapaisan C, 2019).

### Ojos tras las cirugía refractiva

Al utilizar la fórmula Barrett True K TK, que ha sido diseñada específicamente para TK, se supera cualquier otra fórmula sin datos históricos en ojos con LASIK posmiopía (Lawless et al. 2020; Yeo et al. 2020).

Como TK proporciona valores de potencia corneal total mediante mediciones corneales directas, puede suponer un beneficio clínico significativo para los cirujanos que realizan cálculos de LIO refractivas tras intervenciones con láser.

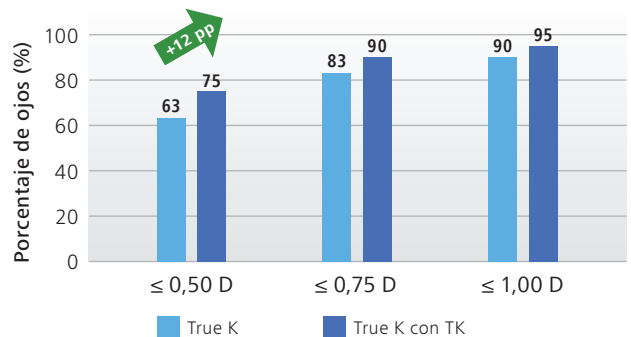


Figura 1: En los ojos con LASIK posmiopía, Barrett True K con TK mejoró la predicción de los resultados en comparación con Barrett True K con K clásica dentro de un rango de  $\pm 0,5$  D en  $>12\%$  ( $p = 0,04$ ) (Fuente: Lawless et al. 2020)



"La fórmula Barrett True K con TK eleva a otro nivel el cálculo de la potencia de una LIO tras la cirugía refractiva corneal".

Dr. Graham Barrett

# ¿Por qué crear una nueva medición de queratometría?

*"Total Keratometry tiene el potencial de reducir al mínimo las sorpresas refractivas".*

**Dr. Graham Barrett**

La queratometría clásica se basa en mediciones de la superficie corneal anterior. Una limitación conocida de la queratometría clásica es que la superficie posterior de la córnea solo se considera mediante un índice queratométrico. El famoso modelo ocular de Gullstrand, por ejemplo, utiliza un índice fijo de curvatura anteroposterior de la córnea (APR) de 0,883. La queratometría respeta este APR fijo modificando el índice refractivo corneal para el llamado índice queratométrico (por ejemplo 1,3315, Olsen 1986).

Sin embargo, en los últimos años varios estudios han confirmado que la magnitud del astigmatismo corneal posterior y la orientación del eje no se pueden predecir de forma adecuada mediante la medición de la curvatura anterior de la córnea únicamente (Tonn et al. 2014; Koch et al. 2012; LaHood et al. 2017).

En base a esta información, varios investigadores han creado nomogramas y modelos matemáticos para predecir el astigmatismo de la superficie posterior y optimizar el cálculo de la graduación de las LIO tóricas (Koch et al. 2013; Abulafia et al. 2016; Canovas et al. 2018). Uno de los ejemplos más destacados es la calculadora tórica de Barrett (Abulafia, A., et al., 2015). Aún así, estos métodos se basan en suposiciones teóricas del astigmatismo corneal posterior y, por tanto, generalmente no pueden explicar por completo los valores atípicos y las irregularidades.

La imprecisión de estas estimaciones previas llevó al desarrollo de tecnología capaz de medir, y no estimar, la curvatura posterior. Se trata de Total Keratometry (TK®).

## **La transformación de la queratometría**

La curvatura posterior de la córnea no se puede predecir de forma adecuada mediante la curvatura anterior de la córnea únicamente. Se necesita un método más efectivo para lograr mejores resultados y reducir los valores atípicos.

# ¿En qué se diferencia Total Keratometry?



Total Keratometry difiere de la mayoría de métodos establecidos para la evaluación de la graduación corneal total. Tiene en cuenta el grosor corneal y la curvatura posterior de la córnea, además de las mediciones de la curvatura anterior de la córnea. Combina la fiable queratometría telecéntrica en 3 zonas de eficacia probada de ZEISS IOLMaster 700 con su escaneo de córnea a retina SWEPT Source OCT patentado (Akman A., Asena L., Güngör SG. 2016; Srivannaboon S. et al. 2015; Kunert KS. et al. 2016). De este modo, se tiene en cuenta individualmente la curvatura posterior de cada ojo, en vez de basarse en conjeturas de modelos oculares generales. Gracias a ello se pueden minimizar los valores atípicos en el cálculo de la LIO.

Total Keratometry ha sido diseñado por ingenieros ópticos de ZEISS para adaptarse al índice de Gullstrand en ojos normales. No obstante, sigue siendo capaz de detectar el impacto del astigmatismo posterior en ojos individuales, como por ejemplo ojos con corrección visual corneal por láser previa. Así es como los valores de Total Keratometry difieren de muchos valores corneales totales proporcionados por otros instrumentos.

Otra ventaja significativa de Total Keratometry es que se puede incorporar directamente en fórmulas clásicas de cálculo de la potencia de la LIO y se pueden seguir usando las constantes de LIO optimizadas existentes, como las constantes de ULIB e IOLCon.org (Haigis W. et al. 2014).

**Savini et al.** (Savini et al. 2020) evaluaron la repetibilidad de Total Keratometry y las mediciones de queratometría estándar proporcionadas por ZEISS IOLMaster 700. Se inscribieron y analizaron de forma prospectiva 69 ojos que no se habían sometido previamente a intervenciones quirúrgicas y 51 ojos con cirugía refractiva previa por miopía con láser. Su conclusión es que las mediciones de TK ofrecen una elevada repetibilidad en ojos no operados y ojos con cirugía previa con láser de excímero.

## La diferencia de Total Keratometry

Total Keratometry combina la paquimetría corneal con la medición de la superficie corneal anterior y posterior para evaluar las características corneales individuales de cada ojo.

# ¿Qué beneficios me ofrece Total Keratometry?

Con Total Keratometry no hay necesidad de un segundo dispositivo (LaHood et al. 2018), software de terceros ni una calculadora en línea para utilizar la curvatura posterior de la córnea para el cálculo de la graduación de la LIO. Por tanto, las clínicas y los centros no tienen que cambiar sus flujos de trabajo para las mediciones o el cálculo. IOLMaster 700 medirá automáticamente Total Keratometry y lo incorporará en el cálculo de LIO actual, si se desea.

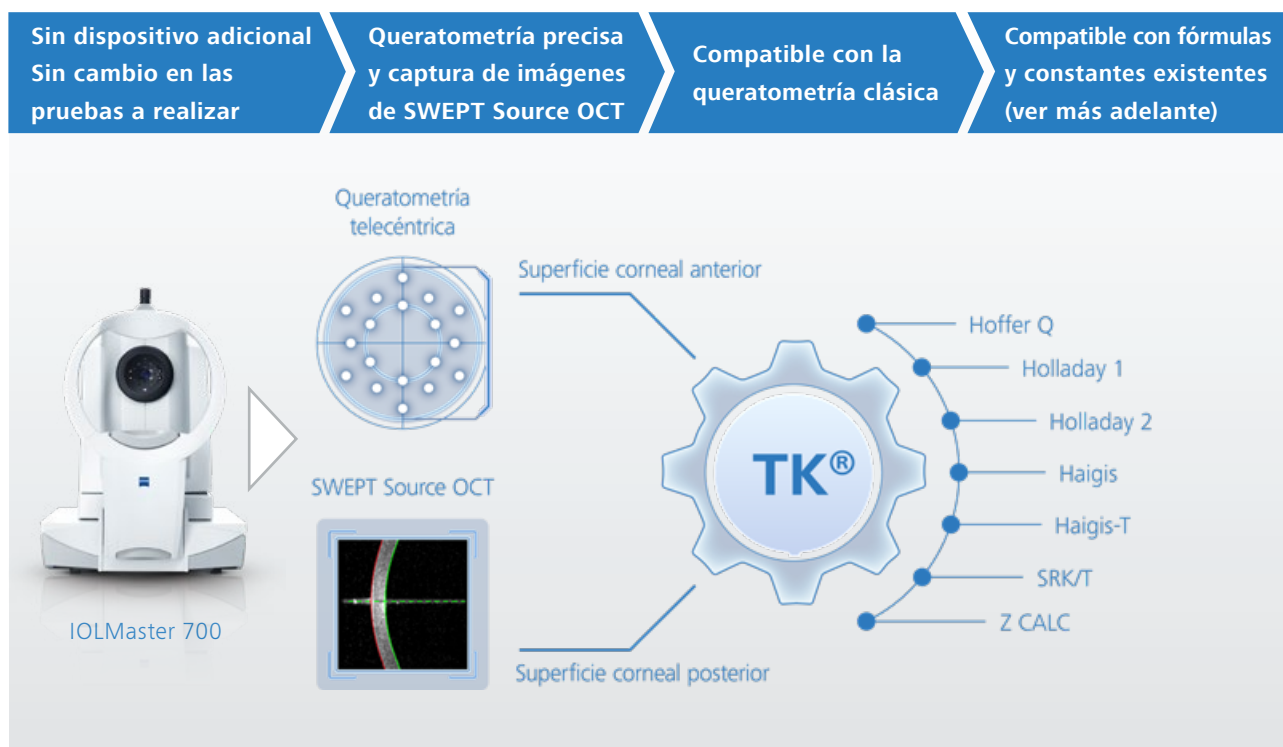


Figura 2: Vista general de Total Keratometry

## Máxima versatilidad

Total Keratometry ofrece una excelente flexibilidad clínica. Se puede usar con fórmulas clásicas para el cálculo de la graduación de la LIO y con constantes de LIO optimizadas existentes. Además, no hay necesidad de un segundo dispositivo, software de terceros ni una calculadora en línea.

# Fórmulas Barrett TK

La actual calculadora tórica de Barrett utiliza un modelo de ojo único para predecir la superficie corneal posterior. Por tanto, el uso de Total Keratometry con la calculadora tórica de Barrett daría como resultado una sobrecompensación del astigmatismo corneal posterior.

Debido a esto, Graham Barrett ha desarrollado tres nuevas fórmulas de cálculo de la graduación de la LIO: Barrett TK Universal II para LIO no tóricas, Barrett True K con TK para ojos con cirugía refractiva previa y Barrett TK Toric para LIO tóricas. Las tres nuevas fórmulas utilizan mediciones de la superficie corneal posterior de ZEISS IOLMaster 700 en lugar del modelo ocular usado por la calculadora tórica de Barrett.

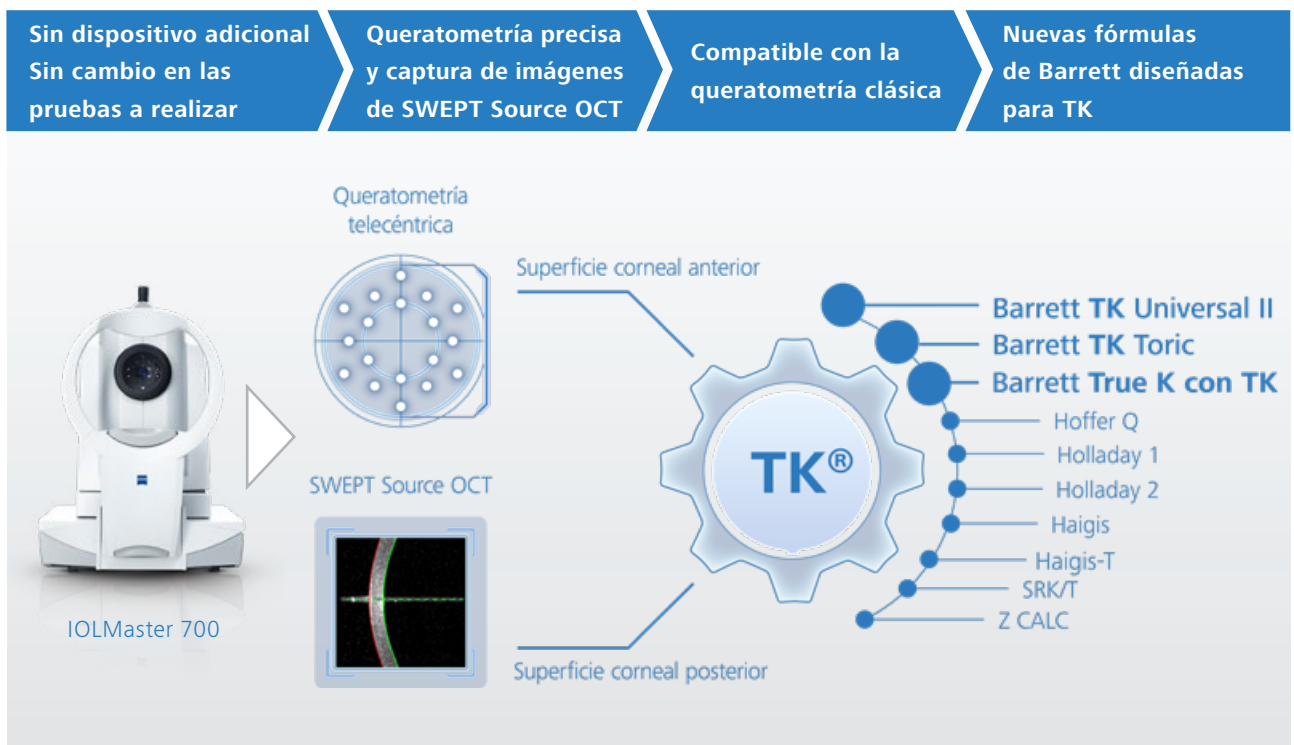


Figura 3: Resumen de fórmulas de Barrett TK

## Nuevas fórmulas de Barrett

A fin de seguir mejorando sus fórmulas clásicas, Graham Barrett ha desarrollado tres nuevas para su uso con Total Keratometry. Utilizan mediciones de la superficie corneal posterior de ZEISS IOLMaster 700 en lugar del modelo ocular empleado por las fórmulas anteriores.

# Resultados clínicos

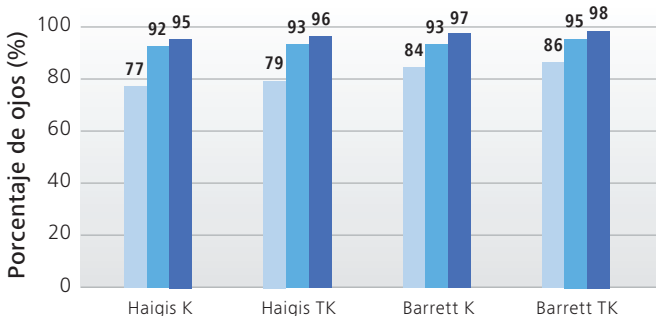
## Resultados en el cálculo de la potencia de una LIO tórica o no tórica

Como se ha mencionado anteriormente, TK se ha diseñado para ser equivalente a las lecturas clásicas de K cuando se comparan mediciones en grandes cohortes de pacientes normales. Se necesita esta equivalencia para que TK sea compatible con las fórmulas y constantes de LIO existentes. No obstante, aunque los valores de TK son equivalentes a los valores de K en los ojos normales, diferirán para los ojos con una proporción inusual de curvatura de la córnea anterior con respecto a la posterior o en pacientes con un astigmatismo posterior inusual. En dichos casos, los nomogramas clásicos de astigmatismo corneal posterior no pueden detectar estos valores atípicos, mientras que TK sí que puede.

Por tanto, se puede esperar que TK y K tengan un rendimiento general relativamente similar en términos de resultados refractivos medios tras una cirugía de cataratas en ojos normales. Sin embargo, TK podrá ayudar a los cirujanos a evitar los valores atípicos o las sorpresas refractivas en los casos inusuales mencionados anteriormente.

Los estudios publicados actualmente confirman este comportamiento con respecto a los errores de predicción del cilindro y el equivalente esférico.

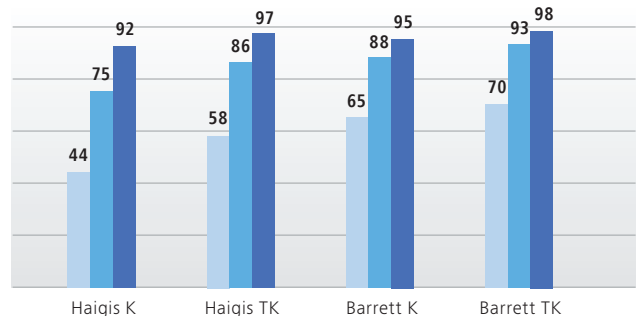
**Fabian y Wehner** (Fabian E, Wehner W, 2019) demostraron que, en comparación con la queratometría convencional, se observó una tendencia notable en la disminución de errores de predicción absolutos (media de errores absolutos y mediana de errores absolutos) al aplicar datos de Total Keratometry (TK) en las fórmulas de Haigis-T y Barrett Universal II/Toric TK. Su conclusión es la siguiente: *"En comparación con una K estándar, se puede esperar una mayor precisión de las predicciones al usar valores de TK junto con las dos fórmulas recién desarrolladas. Los valores de TK son compatibles con las fórmulas estándar de cálculo de la graduación de la LIO y con las constantes existentes de LIO optimizada"*. (traducido del inglés)



Error absoluto de predicción en SE (D)

■ en un rango de 0,50 ■ en un rango de 0,75 ■ en un rango de 1,00

Figura 4: Porcentaje acumulado de ojos dentro del rango especificado de error absoluto de predicción [EAP] en el equivalente esférico [SE] (dioptrías [D]) para las diferentes fórmulas. (Fuente: Fabian E, Wehner W, 2019)



Error absoluto de predicción en CIL (D)

■ en un rango de 0,50 ■ en un rango de 0,75 ■ en un rango de 1,00

Figura 5: Porcentaje acumulado de ojos dentro del rango especificado de error absoluto de predicción [EAP] en cilindro [CIL] (dioptrías [D]) para las diferentes fórmulas. (Fuente: Fabian E, Wehner W, 2019)

**Srivannaboon y Chirapapaisa** (Srivannaboon S, Chirapapaisan C, 2019) han hallado resultados similares. Su conclusión es la siguiente: *"Los métodos K convencional y TK para el cálculo de la LIO han demostrado una gran conformidad con una tendencia hacia mejores resultados refractivos usando TK. Se puede usar la misma constante de LIO tanto para K como para TK"*. (traducido del inglés)

## Rendimiento de TK en el cálculo de la potencia de la LIO con corrección visual por láser previa

Los ojos que se han sometido a una cirugía refractiva corneal por láser son el ejemplo más destacado de una proporción inusual de curvatura anterior y posterior de la córnea, ya que se ha alterado la superficie anterior. Es muy beneficioso para estos ojos, ya que no se basa en suposiciones de la superficie posterior, sino que se trata de una medición de la graduación corneal total, teniendo en cuenta las curvaturas posteriores reales de la córnea.

**Wang et al.** (Wang et al. 2019) han demostrado, por ejemplo, que TK se puede usar en fórmulas clásicas de cálculo de

la graduación de la LIO, como la fórmula de Haigis, lo cual da lugar a resultados generales similares como en las fórmulas diseñadas específicamente para casos de cirugía refractiva previa, como Barrett True K, sin tener en cuenta los datos históricos de refracción.

Su conclusión es la siguiente: *"El rendimiento de la combinación de Haigis y TK en la predicción refractiva fue comparable con Haigis-L y Barrett True K en ojos con cirugía refractiva corneal previa"*. (traducido del inglés) (Wang et al. 2019)

De esta manera han demostrado el principio de TK según se ha especificado anteriormente. La Tabla 6 muestra los resultados específicamente para LASIK posmiopía. Haigis TK y Barrett True K (con K) muestran resultados similares en media de errores absolutos en pacientes tratados para hipermetropía y miopía, además de para pacientes sometidos a QR.

Parámetros	Haigis	Haigis-L	Barrett True K	Haigis-TK
LASIK/PRK con miopía				
MEN (D) ± SD	+0,57 ± 0,68	-0,42 ± 0,61	-0,02 ± 0,73	+0,19 ± 0,59
Rango (D)	-0,81, +2,87	-1,66, +0,76	-1,48, +3,04	-0,83, +1,78
MEA (PromEA) (D)	0,72 (0,65)	0,61 (0,53)	0,54 (0,37)	0,50 (0,44)
± 0,5 D (%)	35,8	45,3	52,8	58,5
± 1,0 D (%)	73,6	81,1	92,5	90,6
± 2,0 D (%)	98,1	100,0	98,1	100,0

Tabla 6: Errores de predicción refractiva usando el grupo de usuarios para constantes de lente de biometría con interferencia láser y porcentaje de ojos dentro de ciertos rangos de errores de predicción. (Fuente: Wang et al. 2019)



**Lawless et al.** (Lawless et al. 2020) (incluyendo a **Graham Barrett**) han demostrado en su publicación que al usar la fórmula Barrett True K TK, que ha sido diseñada específicamente para TK, se supera cualquier otra fórmula sin datos históricos en los ojos con LASIK posmiopía que se evaluaron en este estudio. También confirman que Haigis con TK proporciona resultados similares a Barrett True K con K y sin datos históricos.

Su evaluación es la siguiente en base a las fórmulas evaluadas en el artículo: *"Barrett True-K (TK) proporcionó el menor error de predicción refractiva (RPE) y la menor varianza tanto para ojos previamente miopes como hipermétropes que se sometieron a cirugía de cataratas. Barrett True-K (TK) presentó los mayores porcentajes de ojos dentro de un rango de  $\pm 0,50$  D,  $\pm 0,75$  D y  $\pm 1,00$  D del RPE en comparación con otras fórmulas para pacientes con miopía previa".* (traducido del inglés)

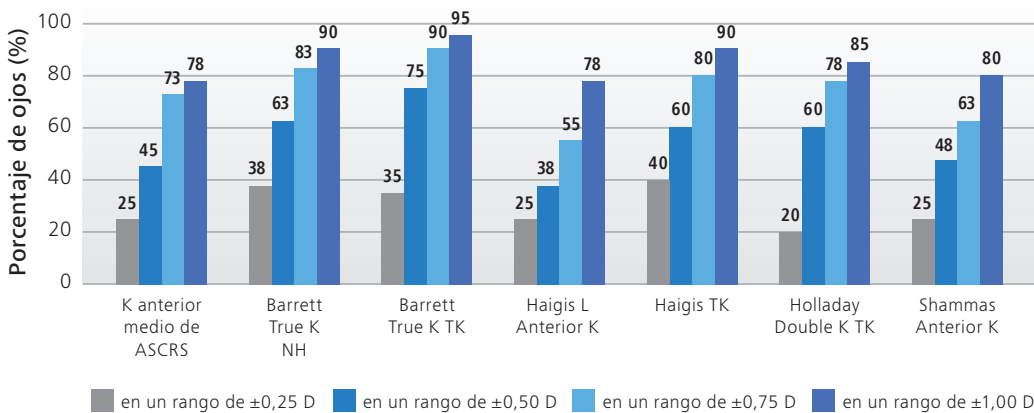


Figura 7: Porcentaje de ojos en un rango de  $\pm 0,25$  D,  $\pm 0,50$  D,  $\pm 0,75$  D y  $\pm 1,00$  D de error de predicción refractiva en ojos previamente miopes. (Fuente: Lawless et al. 2020)

Un problema común es que normalmente se desconocen los datos de refracción de los pacientes antes de la cirugía refractiva o estos son de calidad desconocida. Como TK proporciona valores de graduación corneal real mediante la medición corneal directa, puede suponer un beneficio clínico significativo para los cirujanos que realizan cálculos de LIO refractivas tras intervenciones con láser.

**Yeo et al.** (Yeo et al. 2020) analizaron en este artículo de acceso abierto 64 ojos previamente miopes sometidos a cirugía refractiva por láser mediante la comparación del error de predicción para las diferentes fórmulas. En su análisis, EVO TK, seguido de Barrett True-K TK y Haigis TK, lograron los porcentajes más altos de pacientes con un error de predicción absoluto en el rango de 0,50 y 1,00 D. Para las fórmulas que utilizan la posición efectiva de la lente, se aplicó con éxito el método "doble K inversa", permitiendo usar también las fórmulas convencionales para el cálculo de la LIO en ojos con cirugía refractiva previa.

Su conclusión es la siguiente: *"Las fórmulas combinadas con TK logran resultados similares o mejores en comparación con las fórmulas existentes para cirugía refractiva con láser posmiopía sin historial"*. (traducido del inglés)

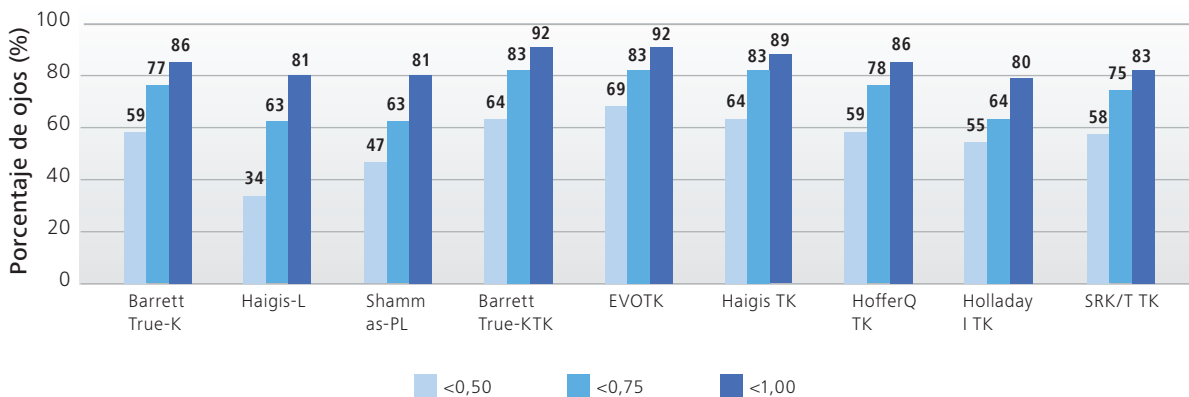


Figura 8: Porcentaje de ojos en un rango de 0,50 D, 0,75 D y 1,00 D de error de predicción absoluto, fórmulas sin historial seguidas por fórmulas que usan TK.

### Resumen de los resultados clínicos

- TK se ha diseñado para ser equivalente a las lecturas de K, a fin de permitir su uso en fórmulas estándar para la graduación de las LIO con constantes existentes en ojos normales. Por tanto, se espera que los resultados sean los mismos. Sin embargo, ayudará a minimizar las sorpresas refractivas mediante la medición directa de la graduación/curvatura de córneas posteriores inusuales, en lugar de recurrir a nomogramas.
- En los ojos con cirugía refractiva previa se puede usar TK con fórmulas clásicas como Haigis, las cuales no utilizan valores de K para la predicción de la posición efectiva de la lente, a fin de lograr resultados similares a las fórmulas diseñadas específicamente para casos de cirugía refractiva previa. Cuando se utiliza en la nueva fórmula Barrett True K TK (disponible en ZEISS IOLMaster 700 en 2020), puede superar a las demás fórmulas usadas habitualmente. Además, no se requiere el uso de datos históricos.

# Bibliografía

Abulafia A, Koch DD, Wang L, et al. New regression formula for toric intraocular lens calculations. *J Cataract Refract Surg* 2016;42(5):663–71. [PubMed link](#)

Abulafia A, Barrett GD, Kleinmann G, et al. Prediction of refractive outcomes with toric intraocular lens implantation. *J Cataract Refract Surg* 2015;41(5):936-44. [PubMed link](#)

Akman A, Asena L, Güngör SG. Evaluation and comparison of the new swept source OCT-based IOLMaster 700 with the IOLMaster 500. *Br J Ophthalmol* 2016;100(9):1201-5. [PubMed link](#)

Canovas C, Alarcon A, Rosén R, et al. New algorithm for toric intraocular lens power calculation considering the posterior corneal astigmatism. *J Cataract Refract Surg* 2018;44(2):168-174. [PubMed link](#)

Chang DH, Waring GO. The subject-fixated coaxially sighted corneal light reflex: a clinical marker for centration of refractive treatments and devices. *American J Ophthalmol* 2014;158(5):863–874. [PubMed link](#)

Fabian E, Wehner W. Prediction Accuracy of Total Keratometry Compared to Standard Keratometry Using Different Intraocular Lens Power Formulas. *J Refract Surg*. 2019;35(6):362-368. [PubMed link](#)

Haigis W, Sekundo W, Kunert K, Blum M. Total keratometric power (TKP) derived from corneal front and back surfaces using a full eye-length SS-OCT scan biometer prototype in comparison to automated keratometry. Free paper presented at XXXII Congress of the ESCRS, London, UK, Presentation Date/Time: Tuesday 16/09/2014, 16:36, Venue: Boulevard B

Koch DD, Jenkins RB, Weikert MP, et al. Correcting astigmatism with toric intraocular lenses: effect of posterior corneal astigmatism. *J Cataract Refract Surg* 2013;39(12):1803–1809. [PubMed link](#)

Kunert KS, Peter M, Blum M, et al. Repeatability and agreement in optical biometry of a new swept-source optical coherence tomography-based biometer versus partial coherence interferometry and optical low-coherence reflectometry. *J Cataract Refract Surg* 2016;42(1):76-83. [PubMed link](#)

LaHood BR, Goggin M. Measurement of Posterior Corneal Astigmatism by the IOLMaster 700. Submitted 2018 in *Journal of Refractive Surgery*. [PubMed link](#)

LaHood BR, Goggin M, Esterman A. Assessing the Likely Effect of Posterior Corneal Curvature on Toric IOL Calculation for IOLs of 2.50 D or Greater Cylinder Power. *J Refract Surg* 2017;33(11):730–734. [PubMed link](#)

Lawless M, Jiang JY, Hodge C, Sutton G, Roberts TV, Barrett G. Total keratometry in intraocular lens power calculations in eyes with previous laser refractive surgery [published online ahead of print, 2020 Apr 12]. *Clin Exp Ophthalmol*. 2020;10.1111/ceo.13760. [PubMed link](#)

Olsen T. On the calculation of power from curvature of the cornea. *Br J Ophthalmol* 1986;70(2):152–154. [PubMed link](#)

Savini G, Taroni L, Schiano-Lomoriello D, Hoffer KJ. Repeatability of Total Keratometry and standard Keratometry by the IOLMaster 700 and comparison to total corneal astigmatism by Scheimpflug imaging. *Eye* (2020). [Nature link](#)

Srivannaboon S, Chirapapaisan C. Comparison of refractive outcomes using conventional keratometry or total keratometry for IOL power calculation in cataract surgery. *Graefes Arch Clin Exp Ophthalmol*. 2019;257(12):2677-2682. [PubMed link](#)

Srivannaboon S, Chirapapaisan C, Chonpimai P, et al. Clinical comparison of a new swept-source optical coherence tomography-based optical biometer and a time-domain optical coherence tomography-based optical biometer. *J Cataract Refract Surg* 2015;41(10):2224-32. [PubMed link](#)

Tonn B, Klaproth OK, Kohnen T. Anterior surface-based keratometry compared with Scheimpflug tomography-based total corneal astigmatism. *Invest Ophthalmol Vis Sci* 2014;56(1):291–298. [PubMed link](#)

Wang L, Spektor T, de Souza RG, Koch DD. Evaluation of total keratometry and its accuracy for intraocular lens power calculation in eyes after corneal refractive surgery. *J Cataract Refract Surg*. 2019;45(10):1416-1421. [PubMed link](#)

Yeo TK, Heng WJ, Pek D, Wong J, Fam HB. Accuracy of intraocular lens formulas using total keratometry in eyes with previous myopic laser refractive surgery. *Eye* (2020). [PubMed link](#) [Open Access link](#)

CE 0297

IOLMaster  
Z CALC



**Carl Zeiss Meditec AG**  
Goeschwitzer Strasse 51–52  
07745 Jena  
Alemania  
[www.zeiss.com/iolmaster700](http://www.zeiss.com/iolmaster700)

**ES\_32\_010\_0061VI** Impreso en Alemania. CZ-III/2021 Edición internacional: en venta solo en países seleccionados.  
El contenido de este folleto puede diferir del estado actual de homologación del producto o del servicio en su país. Contacte con su representante regional para obtener más información.  
Reservado el derecho a realizar modificaciones en el diseño o el volumen de suministro por desarrollos técnicos.  
IOLMaster y Z CALC son marcas comerciales registradas de Carl Zeiss Meditec AG o de otras empresas del Grupo ZEISS de Alemania y/o de otros países.  
© Carl Zeiss Meditec AG, 2021. Reservados todos los derechos.