
Organizado por: School of Advanced Education, Research and Accreditation

Certificado por: Universidad Isabel I

Máster en Optometría Clínica y Terapia Visual



Trabajo de Iniciación a la Investigación en Optometría

**IMPLEMENTACIÓN DE UN NOMOGRAMA PARA LA
OPTIMIZACIÓN DE RESULTADOS EN LA CIRUGÍA
REFRACTIVA LASIK PARA LA MIOPIA**

Presentado por:

Cristina Candelas Palomares

Graduada en Óptica y Optometría por la Universidad Complutense de Madrid

Dirigido por:

Jose Antonio Calvache Anaya

Doctor en Optometría y Ciencias de la Visión por la Universidad de Valencia

Madrid, 1 de octubre de 2020

“Llegará un momento en que creas que todo ha terminado. Ese será el principio”

Epicuro de Samos.

Agradecimientos

En primer lugar, quisiera agradecer la dirección de este trabajo final de máster a mi tutor Jose Antonio Calvache Anaya, por hacerme comprender la finalidad y el uso de la estadística como una herramienta de investigación en nuestro campo, la Optometría. Agradecerle su implicación en este proyecto, ya que sin él no hubiera sido posible.

A mi madre, Ana, por ser mi pilar y la luz de mi vida. Gracias por apoyarme en cada decisión, por tu valentía y tu coraje. Por ser el motor de la familia, por toda tu dedicación y tu amor incondicional. El haber llegado hasta aquí es gracias a ti, mamá.

A mi padre, Juan, por darme lo más importante, la educación y los valores, que son los cimientos de todo lo que soy, nunca tendré palabras suficientes para darte las gracias.

A mis hermanas, Carmen y Anaïs y a mi abuela Lola, por entender todo el tiempo que no les he podido dedicar durante toda mi etapa académica. Agradecerles su apoyo en cada momento de mi vida, y por hacer de mis logros los suyos propios.

A Víctor, por inspirarme cada día, por contagiarme su ímpetu, por su comprensión y por su paciencia. Gracias por escucharme, por animarme cuando más falta me ha hecho, por ayudarme a desconectar y ser casa.

1. INDICE	
2. ABSTRACT.....	9
3. RESUMEN.....	10
4. INTRODUCCIÓN	11
4.1. Cirugía refractiva.....	11
4.1.1. Reseña histórica	11
4.1.2. Fundamento óptico de la cirugía refractiva corneal.....	12
4.2. LASIK	13
4.2.1. Procedimiento.....	13
4.2.2. Complicaciones.....	18
4.2.3. Re-LASIK	20
4.3. Nomogramas.....	22
4.3.1. Definición	22
4.3.2. Variables en un nomograma para LASIK.....	22
4.3.3. Papel del optometrista en el equipo quirúrgico	24
5. OBJETIVO.....	26
5.1. Objetivo principal	26
5.2. Objetivo secundario	26
6. PACIENTES Y MÉTODOS	27
6.1. Pacientes.....	27
6.1.1. Método de selección	27
6.1.2. Recogida de datos.....	27
6.1.2.1. Datos preoperatorios	27
6.1.2.2. Datos postoperatorios	27
6.2. Descripción del método para la obtención del nomograma	28
6.2.1. Obtención de la esfera y cilindro idóneos	28
6.2.2. Análisis de regresión lineal.....	28
6.2.3. Análisis de regresión logística	28

6.2.4.	Software	28
6.3.	Análisis estadístico	29
7.	RESULTADOS	30
7.1.1.	Datos poblacionales.....	30
7.1.2.	Datos preoperatorios	32
7.1.3.	Datos postoperatorios	32
7.2.	Porcentaje de reoperaciones	33
7.3.	Cálculo de la refracción idónea para esfera y cilindro.....	34
7.4.	Resultados del análisis de regresión lineal.....	35
7.4.1.	Análisis 1	35
7.4.1.1.	Variable dependiente: Esfera idónea	35
	Variable independiente: Esfera operada	35
7.4.1.2.	Variable dependiente: Cilindro idóneo.....	36
	Variable independiente: Cilindro operado.....	36
7.4.2.	Análisis 2.....	37
7.4.2.1.	Variable dependiente: Esfera idónea	37
	Variables independientes: Esfera operada y edad.....	37
7.4.2.2.	Variable dependiente: Cilindro idóneo Variables independientes: Cilindro operado y edad	37
7.5.	Resultados del análisis de regresión logística	38
7.5.1.	Análisis 3.....	38
7.5.1.1.	Variable dependiente dicotómica: Probabilidad de RELASIK.....	38
	Variable independiente: Esfera operada	38
7.5.2.	Análisis 4.....	39
7.5.2.1.	Variable dependiente dicotómica: Probabilidad de RELASIK.....	39
	Variable independiente: Cilindro operado.....	39
7.5.3.	Análisis 5.....	40
7.5.3.1.	Variable dependiente dicotómica: Probabilidad de RELASIK.....	40
	Variable independiente: Edad	40
8.	DISCUSIÓN	41
9.	CONCLUSIONES.....	46
10.	BIBLIOGRAFÍA.....	47

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Pasos de la cirugía refractiva LASIK. Fuente: Dr. Rajesh Khanna, MD. (Blog Khanna Vision Institute: Lasik Surgery Explained).	14
Figura 2. Ojo miope. Fuente: Principios básicos sobre las ametropías.	15
Figura 3. Ablación central en córnea. Fuente: Cambios corneales producidos por la cirugía refractiva con láser Excimer: revisión de tema.	15
Figura 4. Ojo hipermetrope. Fuente: Principios básicos sobre las ametropías.	16
Figura 5. Ablación periférica en córnea. Fuente: Galvis V et al. Fuente: Cambios corneales producidos por la cirugía refractiva con láser Excimer: revisión de tema.	16
Figura 6. Ojo astigmata Fuente: Principios básicos sobre las ametropías.	17
Figura 7. Morfología de córnea esférica y astigmática. Fuente: National Eye Institute (Información Sobre El Astigmatismo).	17
Figura 8. Número de ojos operados por grupos de edad.	31
Figura 9. Porcentaje de mujeres y hombres sometidos a LASIK.	31
Figura 10. Gráfica de dispersión para la Esfera idónea frente a la Operada. Variable dependiente: Cilindro idóneo.	35
Figura 11. Gráfica de dispersión para el Cilindro idóneo frente al Operado.	36
Figura 12. Análisis de Regresión Logística de la Probabilidad de Reoperación en Función de la Esfera Preoperatoria.	38

Figura 13. Análisis de Regresión Logística de la Probabilidad de Reoperación en Función del Cilindro Preoperatorio.	39
Figura 14. Análisis de Regresión Logística de la Probabilidad de Reoperación en Función de Edad.	40

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Complicaciones Derivadas de la Cirugía LASIK.....	19
Tabla 2. Lista Parcial de Variables que Afectan a los Resultados Quirúrgicos.....	22
Tabla 3. Datos Poblacionales.	30
Tabla 4. Datos Preoperatorios.	32
Tabla 5. Parámetros Corneales Preoperatorios.	32
Tabla 6. Datos Postoperatorios.....	33
Tabla 7. Parámetros Corneales.	33
Tabla 8. Refracción Pacientes Sometidos a RELASIK	34
Tabla 9. Refracción Pacientes No Sometidos a RELASIK	34

2. ABSTRACT

In the following retrospective analysis, based on 50 eyes of 25 patients who underwent LASIK refractive surgery for simple myopia and compound myopic astigmatism, the outcomes of the surgery resulted on a study for creation of a nomogram to optimize the results of the surgery. Through linear and logistic regression analysis, the number of significant variables present in the regression model and the probability of reoperation based on the variables involved are determined. The level of statistical significance is established at $p < 0.05$. The outcomes obtained in the linear regression analysis for the sphere result in two models, one in which the independent variable is the operated sphere, and another in which the independent variables are the operated sphere and the patient's age. In cylinder's outcomes, a model is proposed in which the independent variable is the operated cylinder. The logistic regression analysis results in the cylinder value and age being factors that influence the probability of reoperation. Therefore, it is concluded that, as age increase and cylinder values are closer to zero, the greater the probability of RELASIK. It is observed in the studied sample that it would be possible to reduce the percentage of RELASIK by modifying the sphere and the cylinder using the proposed nomograms, although the confirmation would have to be done by applying these to a different sample in a second phase of the study.

Keywords: LASIK, cornea, nomogram, nearsightedness.

3. RESUMEN

En el siguiente análisis retrospectivo realizado en base a 50 ojos de 25 pacientes intervenidos de cirugía refractiva LASIK para la miopía simple y el astigmatismo miópico compuesto, se estudian los resultados de la cirugía y genera un nomograma para la optimización de los resultados de la misma. Mediante análisis de regresión lineal y logístico, se determina el número de variables significativas presentes en el modelo de regresión y la probabilidad de reoperar en función de las variables involucradas. Se establece el nivel de significación estadística en $p < 0,05$. Los resultados obtenidos en el análisis de regresión lineal para la esfera resultan en dos modelos, uno en el que la variable independiente es la esfera operada, y otro en el que las variables independientes son la esfera operada y la edad del paciente. En los resultados del cilindro, se propone un modelo en el que la variable independiente es el cilindro operado. El análisis de regresión logística, resulta en que el valor del cilindro y la edad son factores que influyen en la probabilidad de reoperación. Por lo que se concluye que, a mayor edad, y cuanto más cercano a cero el valor del cilindro, mayor probabilidad de RELASIK. Se observa en la muestra estudiada que sería posible reducir el porcentaje de RELASIK modificando la esfera y el cilindro mediante los nomogramas propuestos, aunque la confirmación tendría que realizarse aplicando éstos a una muestra distinta en una segunda fase del estudio.

Palabras clave: LASIK, córnea, nomograma, miopía.

4. INTRODUCCIÓN

4.1. Cirugía refractiva

4.1.1. Reseña histórica

Históricamente, la cirugía refractiva nace a finales del siglo XIX con la queratotomía radial. En 1939 el cirujano japonés Sato efectuó las primeras incisiones penetrantes corneales para corregir la miopía (Wilson & Keeney, 1990). Llegado el año 1948, el Doctor y José Ignacio Barraquer Moner, concibió y desarrolló la primera técnica de corrección refractiva por medio del método de escultura corneal llamada *Keratomileusis in Situ*. El primer procedimiento de Barraquer, consistió en reseccionar las capas anteriores de la córnea con ayuda de un microqueratomo, para posteriormente congelar el lentículo sustraído y moldearlo gracias a un torno (resultando un lentículo negativo). Ulteriormente, dicho lentículo era reposicionado sobre la estructura ocular con suturas. Esta técnica no resultó óptima en la práctica, ya que se requería de mucha precisión en el proceso del moldeamiento del lentículo corneal y un correcto manejo de instrumentos y aparatos con los cuales, el oftalmólogo no estaba familiarizado (Barraquer, 1964). El procedimiento continuó desarrollándose, dejando atrás la técnica de congelación, y considerando realizar una segunda pasada del microqueratomo para reseccionar parte del lecho del estroma, corrigiéndose así el defecto refractivo, y posteriormente, suturar el primer lentículo extraído. Llegado el año 1989, la queratoplastia lamelar automatizada revolucionó la práctica utilizada hasta la fecha, gracias a un microqueratomo automatizado, que al realizar el corte del lentículo, se detenía antes del final dando pase a la creación de un colgajo abisagrado, o también mencionado en la literatura como *flap*, ajeno a suturas. Paralelamente, en el año 1976 se desarrolla la tecnología del láser Excimer para uso clínico en el Laboratorio T.J. Watson de IBM., lo que finalmente condujo al

descubrimiento de que los pulsos de láser Excimer ultravioleta de 193 nm podrían fotoablacionar el tejido corneal sin ocasionar daño térmico. Los estudios ultraestructurales y de curación de heridas confirmaron que se podía realizar una ablación de área grande en la córnea central. Esto se describió en 1986 como queratectomía fotorrefractiva, conocida como PRK, del inglés photorefractive keratectomy. Los primeros ojos videntes se trataron en 1988. La incorporación de un microqueratomo en 1990 finalmente condujo a la queratomileusis in situ con láser (LASIK) tal como la conocemos hoy. (Reinstein, Archer, & Gobbe, 2012)

4.1.2. Fundamento óptico de la cirugía refractiva corneal.

Según el Doctor y Profesor José Ignacio Barraquer, autor de la técnica de cirugía refractiva mediante el moldeamiento de la superficie corneal, describe que en patología, son frecuentes las afecciones corneales que terminan modificando permanentemente la refracción ocular por alteración de su curvatura. Esta reflexión le llevó a pensar sobre la posibilidad de modificar la refracción actuando sobre la córnea (Barraquer, 1964). El órgano de la visión tiene un poder refractivo total de unas 60D, estas son albergadas por las dos lentes del sistema óptico ocular: córnea y cristalino. La córnea posee un poder refractivo de unas 40-45D, y el cristalino, 20D de potencia. Siendo la córnea el elemento óptico ocular de mayor potencia del ojo y al mismo tiempo el más accesible, si se desea modificar la refracción del globo ocular es congruente que haya que actuar sobre ella.

En la cirugía refractiva corneal láser se aboga por corregir el defecto refractivo de forma permanente a través de la ablación del tejido corneal producido por el láser Excimer. Como resultante a la ablación, se obtienen córneas con mayor potencia o poder convergencia, y córneas con reducción de potencia o menor poder de convergencia, de tal manera que por cada dioptría

corneal modificada se modifica una dioptría refractiva, trasladada a vértice corneal. (Aramberri, 2003).

En la actualidad, la técnica LASIK es la más aplicada, por lo que se describirá en mayor detalle.

4.2. LASIK

4.2.1. Procedimiento

Según NCBI “LASIK”, acrónimo del inglés “Laser In Situ Keratomileusis”, es un procedimiento quirúrgico para corregir la miopía, hipermetropía y astigmatismo mediante ablación del estroma corneal.

La técnica LASIK es realizada en dos partes: la creación del colgajo corneal y, seguido, la fotoablación con láser Excimer sobre el estroma corneal, reduciendo su espesor y modificando su curvatura (Sánchez-Di Martino , 2012). La cirugía se inicia con un corte lamelar en córnea. Dicho corte, puede realizarse desde 100 hasta 160 micras de espesor, dependiendo del sistema de corte que se utilice (Holladay, 2003) y su diámetro oscila entre 8 y 9,5mm. El flap está constituido por epitelio, membrana de Bowman y estroma corneal anterior (Ramirez & Hernández, 2019) y su corte abisagrado se realiza de tal forma que quede una porción corneal unida a modo de bisagra en posición nasal o superior, que permitirá que la córnea vuelva a su posición de origen sin necesidad de suturas tras la intervención (Figura 1) (Sánchez-Di Martino , 2012). Este método se sigue utilizando a día de hoy dadas sus ventajas frente al procedimiento del PRK, entre otras, la disminución de la prevalencia de opacidades corneales (*haze*) (Hoyos Campillo, 1999).

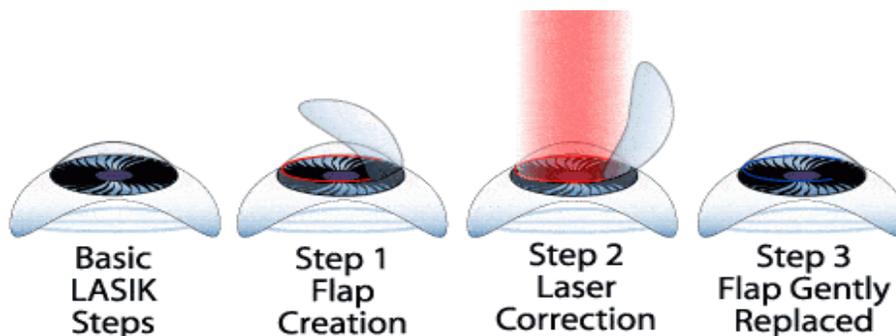


Figura 1. Pasos de la cirugía refractiva LASIK. Fuente: Dr. Rajesh Khanna, MD. (Blog Khanna Vision Institute: Lasik Surgery Explained).

Dependiendo de la refracción a intervenir, la ablación presentará distintos perfiles tal y como se describen a continuación.

La miopía es la condición refractiva en la que el sistema óptico del ojo, con la acomodación relajada, converge en un foco delante de la retina los rayos paralelos provenientes del infinito.

Las condiciones que definen a un ojo miope son la longitud axial, la curvatura y el índice. La miopía axial es la más común, particularmente en las miopías altas. Es debida a un incremento del eje antero-posterior del ojo, acompañada de una curvatura corneal normal o elevada. La miopía de curvatura puede deberse a un aumento de la curvatura de la córnea y/o del cristalino. En la miopía de índice, se encuentra alterado la refracción del cristalino, provocando el desarrollo de miopía (Lavilla Garcia, 2013) (Figura 2).

En cualquier caso, para disminuirla mediante cirugía láser es necesario reducir la curvatura corneal mediante el aplanamiento central de la superficie corneal (Figura 3).

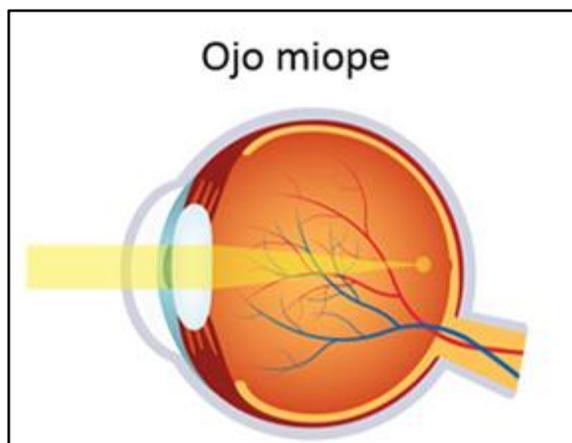


Figura 2. Ojo miope. Fuente: Kazakov, A. Ilustración "Common vision disorders. Astigmatism, Myopia and Hyperopia". Recuperado de <https://www.123rf.com>

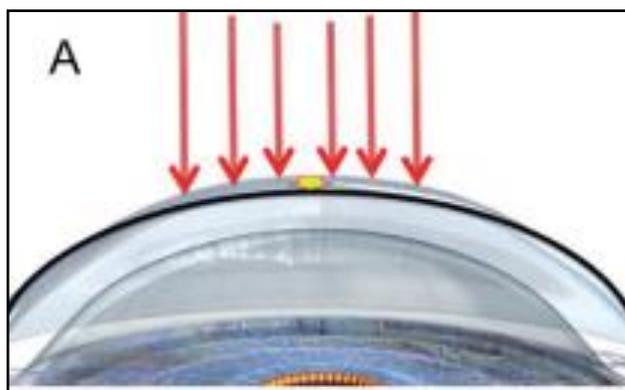


Figura 3. Ablación central en córnea. Fuente: (Galvis, y otros, 2017). Cambios corneales producidos por la cirugía refractiva con láser Excimer: revisión de tema.

La hipermetropía es la condición refractiva en la que el sistema óptico del ojo enfoca los rayos luminosos que llegan del infinito, con la acomodación relajada, por detrás de la retina. Las condiciones que definen a un ojo hipermetrope son una longitud axial menor (debido a un eje antero-posterior corto) o igual a un ojo emétrepe. La hipermetropía de curvatura puede deberse a una disminución de la curvatura de la córnea o el cristalino. La hipermetropía de índice se origina por cambios en el índice del cristalino (Lavilla Garcia, 2013)(Figura 4).

Al presentar un déficit de poder refractivo en comparación con un ojo emétrope, y por lo tanto una convergencia menor, es necesario aumentar la curvatura corneal en el centro, lo que se logra ablacionando el tejido en la periferia, en forma de anillo (Figura 5) (Sánchez-Di Martino , 2012).

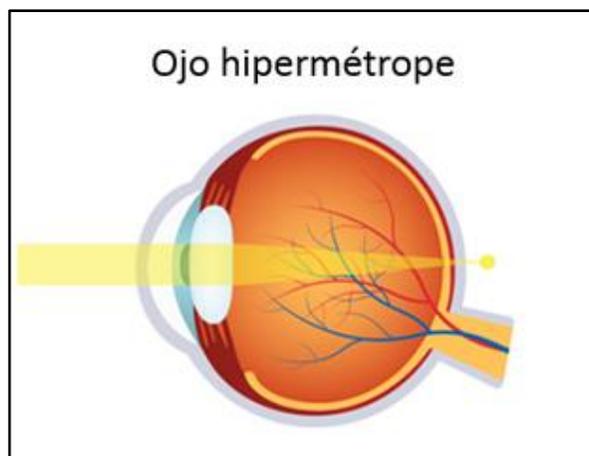


Figura 4. Ojo hipermetrope. Fuente: Kazakov, A. Ilustración "Common vision disorders. Astigmatism, Myopia and Hyperopia". Recuperado de <https://www.123rf.com>

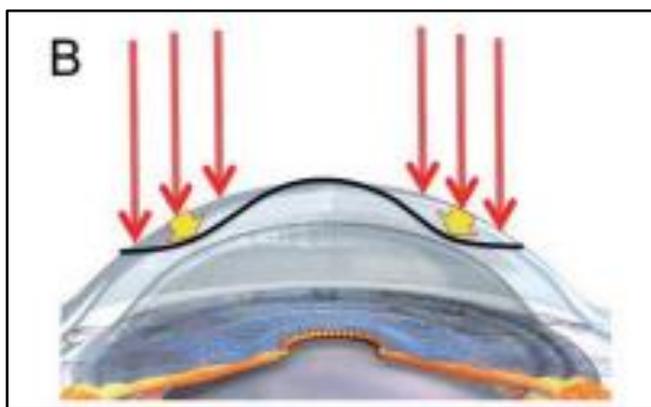


Figura 5. Ablación periférica en córnea. Fuente: (Galvis , y otros, 2017). Cambios corneales producidos por la cirugía refractiva con láser Excimer: revisión de tema.

El astigmatismo es la condición refractiva en la que el sistema óptico del ojo forma dos líneas focales separadas por un intervalo en lugar de un único punto. Este intervalo es conocido como conoide de Sturm, el cual contiene un lugar en el que la difusión de la imagen es mínima, conocido

como círculo de menor confusión (Figura 6). Este fenómeno es resultado de una morfología corneal en balón de rugby, es decir, un eje corneal más curvo y otro más plano que le hace perder la morfología corneal esférica que tiene un ojo amétrope esférico (Sánchez-Di Martino , 2012). Dada su morfología de balón de rugby, las ablaciones se concentran en su meridiano más curvo y el encorvamiento en el meridiano más plano, con el fin de darle a la córnea un valor más esférico (Figura 7).

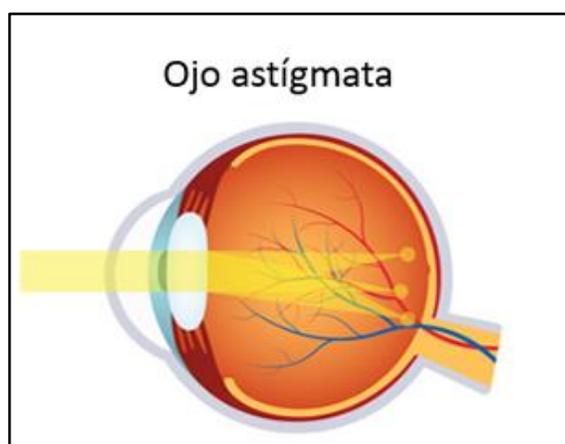


Figura 6. Ojo astigmata. Fuente: Kazakov, A. Ilustración “Common vision disorders. Astigmatism, Myopia and Hyperopia”. Recuperado de <https://www.123rf.com>

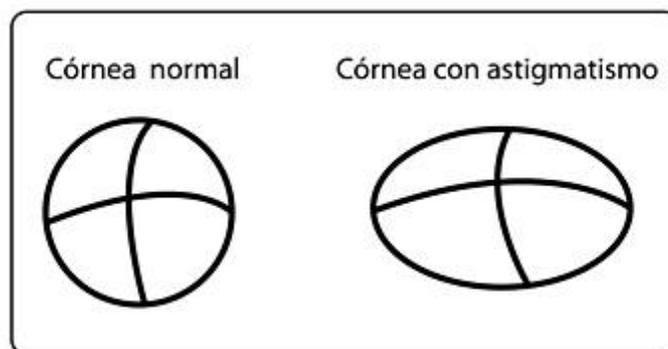


Figura 7. Morfología de córnea esférica y astigmática. Fuente: National Eye Institute (Información Sobre El Astigmatismo).

4.2.2. Complicaciones

A pesar de las emergentes técnicas de cirugía, el procedimiento llevado a cabo por medio del láser Excimer sigue siendo la más ejecutada en el mundo. La corrección de la visión mediante láser Excimer presenta una baja incidencia de acontecimientos adversos, y cuenta con el respaldo de una amplia bibliografía publicada en la última década (Schallhorn, y otros, 2020). Pese a su buena fama, la cirugía refractiva LASIK no está exenta de complicaciones y riesgos, aun que estos se den en muy bajos números. Las posibles complicaciones de la cirugía LASIK se representan en la tabla 1.

Tabla 1. Complicaciones Derivadas de la Cirugía LASIK.

	Complicación	Consecuencias	Tratamiento
INTRAOPERATORIAS	<i>FLAP [Rasgado – Incompleto–Libre – Buttonholes – Dislocados por traumatismo – Pérdida de succión o gas con láser de femtosegundo...]</i>	<ul style="list-style-type: none"> - Mala adherencia - Estrías en el flap - Aberraciones ópticas - Visión distorsionada - Astigmatismo irregular - Crecimiento epitelial 	<ul style="list-style-type: none"> - Corrección quirúrgica - Lente terapéutica
	<i>Ablación descentrada</i>	<ul style="list-style-type: none"> - Aberraciones ópticas 	<ul style="list-style-type: none"> - Lágrima artificial - Retratamiento con LASIK
	<i>Residuos en la interfase</i>	<ul style="list-style-type: none"> - Inertes - Sin deterioro visual aparente a menos que se presenten en grandes cantidades. (Melki & Azar, 2001) 	<ul style="list-style-type: none"> - Levantamiento flap y limpieza de la interfase
	<i>Hiper – Hipo Correcciones</i>	<ul style="list-style-type: none"> - Visión borrosa - Visión por debajo de óptima causando insatisfacción al paciente. 	<ul style="list-style-type: none"> - Re-tratamiento (Re-LASIK) - Gafas o lentes de contacto - Lágrima artificial
POSQUIRÚRGICAS	<i>Sequedad ocular</i>	<ul style="list-style-type: none"> - Pérdida visión agravada en la población de más avanzada edad - Ojos irritados o escozor - Hiperemia bulbar - Sensación cuerpo extraño - Dolor 	<ul style="list-style-type: none"> - Lágrima Artificial y/o pomada nocturna - Suero autólogo - Tapones lagrimales
	<i>Pliegues en el flap</i>	<ul style="list-style-type: none"> - Astigmatismo irregular - Aberraciones ópticas - Disminución AVSC especialmente si afectan al eje visual (Hernández Fernández, 2013) 	<ul style="list-style-type: none"> - Dissección del flap e hiperhidratación seguida por compresión para deshidratar y estirar el flap (Ibarz Barberá, García González, & Teus Guezala, 2012)
	<i>Crecimiento epitelial en la interfaz</i>	<ul style="list-style-type: none"> - Disminución AVSC - Aberraciones ópticas - Astigmatismo irregular - Melting o incluso necrosis del flap y cicatrización (García-Montesinos Gutiérrez, 2019) 	<ul style="list-style-type: none"> - Conservar situación - Raspado de las células epiteliales del flap + aplicación de alcohol al 20% o mitomicina C (García-Montesinos Gutiérrez, 2019)
	<i>Defecto epitelial</i>	<ul style="list-style-type: none"> - Aumenta riesgo de contraer queratitis lamelar - Pacientes con antecedentes de erosiones recurrentes o distrofia basal epitelial tienen un alto riesgo de desarrollar abrasiones epiteliales con LASIK (Hernández Fernández, 2013) 	<ul style="list-style-type: none"> - Tratamiento tópico de agentes farmacéuticos - Lentes de contacto blandas terapéuticas - Membranas amnióticas
	<i>Ectasia</i>	<ul style="list-style-type: none"> - Astigmatismo irregular 	<ul style="list-style-type: none"> - Lentes de contacto rígidas o esclerales

	- Refracción fluctuante - Aberraciones ópticas	- Tratamientos para ectasias
<i>Queratitis lamelar difusa</i>	- Aberraciones ópticas - Disminución AV - Dolor	- Lágrimas artificiales - Tratamiento tópico corticoesteroides
<i>Infección</i>	- Hiperemia - Secreción purulenta - Dolor (Boxer Wachler, 2018)	- Lágrimas artificiales - Medicación oral

AVSC: Agudeza Visual Sin Compensación

Fuente: *Elaboración propia.*

4.2.3. Re-LASIK

Aunque la predictabilidad de LASIK es alta e incluso mayor que otros procedimientos quirúrgico-refractivos, la naturaleza de la cirugía sobre el tejido vivo es impredecible. Afortunadamente, con los actuales algoritmos en el láser Excimer, la sobrecorrección ocurre raramente tras la aplicación de LASIK. Sin embargo, hipocorrecciones o regresiones en dichos pacientes resultan a veces inevitables.

Los factores que causan regresión tras LASIK y que requieren usualmente de retratamiento, no están definidos. Estudios previos postulan que dicha regresión puede ser causada por memoria molecular en las fibras de colágeno corneales, remodelamiento corneal, la influencia de la presión intraocular (PIO) en la zona con menor espesor corneal y por hiperplasia del epitelio en respuesta a una excesiva curvatura plana corneal.

Otros factores contribuyentes a restos refractivos pueden ser resultado de diferentes variables que influyen durante la cirugía, factores como el tipo de láser, la humedad y la temperatura entre muchos otros. Un ejemplo de ello, es la energía aplicada para aplanar una córnea curva de 3D, que es menor que la requerida para aplanar una córnea 3D menos curva, (Chynn, 1999) sin embargo, los láseres actualmente tratan estas dos situaciones de la misma manera, por lo que estaríamos ante

dos córneas que recibirán los mismos niveles de energía para diferentes índices de curvatura, y que por consecuencia, una quedará mas curva que la otra para una misma refracción dada.

Por otro lado, también se considera que la hipocorrección de un residuo miópico, es más verosímil a medida que aumenta la potencia refractiva total del ojo. Es necesario y útil en muchos casos, realizar una mejora para refinar los resultados obtenidos tras la cirugía original. Las indicaciones para la mejora es presentar miopía residual, astigmatismo mayor a 0,75D o hipermetropía, todo ello con evidencia de estabilidad refractiva. Tal y como se realiza en la técnica LASIK, reLASIK actúa sobre el estroma corneal, separando previamente el epitelio y la membrana de Bowman, es decir, el flap original, o bien realizando un nuevo flap. Tras la separación se realiza una segunda ablación (Bragheeth, Fares, & Dua, 2008).

Según la literatura, la incidencia de casos que son sometidos a retratamientos con cirugía LASIK se encuentra entre un 5% - 30%. Entre los diversos estudios publicados, se evidencian tres en este trabajo. El primero, redactado por Pravato y otros (2009), se obtuvo una incidencia que varió entre el 5,5% al 28% en el grupo refractivo estudiado. El segundo, según los autores Hersh, Fry y Bishop (2003), se concluyó en su análisis sobre incidencia y retratamientos post LASIK, que cuanto mayor es la refracción inicial y astigmatismo para corregir, y mayor es la edad, más se incrementan los factores de riesgo asociados a un retratamiento. La incidencia cuantificada al año de la cirugía en dicho artículo se ubica en un 10,5%. Por último, Maskaleris y otros (1999) estudiaron la necesidad de un retratamiento en 53 ojos (5,5% de la muestra) de 962 intervenidos con LASIK, resultando esta sin complicaciones.

La frecuencia de retratamientos en LASIK sigue representando un porcentaje de casos de pacientes insatisfechos, que deben ser sometidos a una nueva cirugía asumiendo un nuevo riesgo,

aunque sea pequeño. Para optimizar los resultados de la cirugía se implementan nomogramas. A continuación, se describen en detalle.

4.3. Nomogramas

4.3.1. Definición

Los nomogramas empleados en cirugía refractiva corneal son algoritmos con un objetivo concreto: modificar la refracción introducida en el láser para mejorar los resultados finales. Estos algoritmos son, generalmente, ecuaciones matemáticas procedentes de un análisis de regresión lineal. De esta manera, se llega a optimizar el resultado final para que se aproxime en su máxima medida a cero.

4.3.2. Variables en un nomograma para LASIK.

Para que sean útiles, los nomogramas clínicos deben adaptarse a la técnica quirúrgica específica de cada cirujano para cada láser. Deben utilizar métodos estadísticos válidos y utilizar algoritmos de regresión que se hayan modelado a partir de datos clínicos reales. Según Kezirian, G.M (2000), para poder comprender, medir y controlar todos los posibles factores que pueden afectar el desarrollo de un tratamiento con láser, es necesario subdividirlos en tres categorías: el cirujano, las variables ambientales de la sala y equipo láser, y el paciente (Tabla 2).

Tabla 2. Lista Parcial de Variables que Afectan a los Resultados Quirúrgicos		
Variables de los Pacientes	Variabes del Cirujano y de las Técnicas	Variabes del Láser y Sala Láser
Error refractivo/ Cambio error refractivo planeado	Técnica quirúrgica	Laser específico

Lectura Queratométrica	Empleo del fluido	Calibración
Edad	Velocidad de la cirugía	Software
Ratio de tratamiento de esfera a cilindro	Experiencia del cirujano	Condición de la óptica
Presión intraocular		Carga del gas
Tamaño pupilar		Temperatura
Diámetro corneal		Humedad
Paquimetría		Presión barométrica
Movimientos durante la cirugía		Flujo de aire
Humedad local		

Fuente: "Optimized Nomogram Development for LASIK and PRK", de Kezirian, M.G., 2000, *Seminars in Ophthalmology*, 15(3),140-147

Cada uno de los grupos mencionados se desglosan en una serie de numerables factores que pueden ser de interés en la creación del nomograma ya que tienen influencia sobre el resultado final de la cirugía. Un mejor control de estas variables conducirá a mejores nomogramas y resultados quirúrgicos más predecibles.

La desventaja que presenta es la imposibilidad de poder incluir todos esos factores como variables, ya que solo se utilizan las variables que manifiestan tener un efecto significativo en los resultados. Las variables incluidas dependerán del modelo de regresión aplicado, introduciendo nuevas variables y comprobando si su introducción mejora el modelo de regresión. Cuanto más consistentes sean los métodos clínicos y quirúrgicos utilizados, mejor será el nomograma.

Es aconsejable para cada cirujano dado, la adaptación de un nomograma propio. Por otro lado, se definirían en un segundo plano otras variables como la versión de software láser, tasa de hercios, diámetro de la zona de tratamiento exterior, microquerátomo utilizado, espesor del lentículo corneal y otros.

La temperatura y la humedad de la sala del láser influyen también en la resultante de la cirugía si no se encuentran bajo control, y a la inversa, cuando están bajo control, estos factores no tienen ningún efecto y no influyen en los resultados.

Por último, los factores del paciente enumerados en la primera columna son los menos controlables de los enumerados, convirtiéndolos en el foco de las regresiones utilizadas para desarrollar nomogramas optimizados. (Kezirian, 2000)

Es imperativo reducir los factores que influyen en el curso de la cirugía. Algunas son imposibles de controlar, pero existen otras variables no aleatorias que se pueden ver reducidas gracias a la colaboración del equipo. La meticulosidad y la formación de un Optometrista confiere garantía y seguridad a la cirugía, y en muchas ocasiones es el responsable de implementar el nomograma en el centro quirúrgico.

4.3.3. Papel del optometrista en el equipo quirúrgico

Las funciones específicas desempeñadas por un titulado en Óptica y Optometría en el marco del equipo quirúrgico se describen a continuación:

- Realización las pruebas oculares aplicadas en protocolos de examen pre y postoperatorio a la cirugía.
- Cálculo de parámetros necesarios en la cirugía

- Calibración del sistema láser
- Coordinación del sistema láser durante la cirugía
- Seguimiento postquirúrgico mediante pruebas específicas

Y, por último, la que concierne a este estudio: la implementación de nomogramas para la optimización de resultados refractivos y la reducción del número de retratamientos.

5. OBJETIVO

5.1. Objetivo principal

Obtener ecuaciones de regresión para las diferentes variables involucradas en los parámetros fisiológicos del paciente. Realizar un estudio de la significancia tras el análisis estadístico adecuado para cada una de ellas. Comprender su implicación para la mejora de los resultados de la cirugía LASIK para la miopía y astigmatismo miópico, reduciendo el porcentaje de retratamientos.

5.2. Objetivo secundario

Analizar la correlación entre las variables involucradas y la probabilidad de realizar retratamientos. Comprobar si, gracias a la implementación de dicho algoritmo, se obtienen resultados cercanos a la condición emélope tras la cirugía LASIK.

6. PACIENTES Y MÉTODOS

Se realizó un análisis retrospectivo de las historias clínicas de pacientes intervenidos de cirugía refractiva corneal láser en la Clínica CR (no se aporta el nombre comercial).

6.1. Pacientes

6.1.1. Método de selección

Se analizaron las historias clínicas de pacientes sometidos a cirugía refractiva LASIK para la miopía simple y el astigmatismo miópico compuesto, utilizando el láser SCHWIND AMARIS 1050RS no tuvieron complicaciones intra ni postoperatorias.

6.1.2. Recogida de datos

6.1.2.1. Datos preoperatorios

Para cada paciente se incluyó en la recogida de datos la edad, sexo, valores paquimétricos, queratometría media, valor de asfericidad Q, agudezas visuales sin y con compensación, la refracción intervenida y se calcularon los equivalentes esféricos.

6.1.2.2. Datos postoperatorios

Se recogió la refracción resultante de la muestra a los 3 meses de la operación, y se computó la cantidad de pacientes reoperados y no reoperados. Para cada paciente se incluyó en la recogida de datos la edad, sexo, queratometría media, agudezas visuales sin y con compensación, la refracción intervenida, equivalentes esféricos y si fue sometido a reoperación o no.

6.2. Descripción del método para la obtención del nomograma

6.2.1. Obtención de la esfera y cilindro idóneos

A partir de la esfera operada y la esfera residual, se obtiene la esfera idónea mediante:

$$\textit{Esfera idónea} = \textit{Esfera operada} + \textit{Esfera residual}$$

A partir del cilindro operado y el residual, se obtiene el cilindro idóneo mediante:

$$\textit{Cilindro idóneo} = \textit{Cilindro operado} + \textit{Cilindro residual}$$

6.2.2. Análisis de regresión lineal

Se emplea el análisis de regresión lineal de manera independiente para la esfera y el cilindro, en el que la variable dependiente será la esfera o cilindro idóneos y las independientes las diferentes variables involucradas. El análisis de regresión múltiple determinará el número de variables significativas en el modelo de regresión. Se establece el nivel de significación estadística en $p < 0,05$.

6.2.3. Análisis de regresión logística

Se empleará la regresión logística para determinar la probabilidad de reoperar en función de las variables involucradas. Se establece el nivel de significación estadística en $p < 0,05$.

6.2.4. Software

Los datos pre y postquirúrgicos fueron recolectados y transferidos a hojas de cálculo en Excel para su subsecuente análisis (Microsoft, Inc., Seattle, WA). El análisis estadístico del estudio se realizó mediante el programa de análisis estadístico de libre distribución JASP, v 0.9.2 (University of Amsterdam).

6.3. Análisis estadístico

Por medio de la estadística descriptiva se evaluó la distribución de los datos, reportándose los valores medios de la muestra, desviación estándar y rangos. Se determinó a los valores $p < 0.05$ como estadísticamente significativos.

El análisis estadístico incluye el porcentaje de reoperaciones, el análisis de regresión lineal de una o más variables y el análisis de regresión logística para determinar si existe relación entre la probabilidad de reoperación y las variables (edad, el esférico y el cilindro operados).

En los análisis de regresión lineal de una o más variables, se presentarán como resultados los valores p para la regresión y los coeficientes.

En el análisis de regresión logística, se presentará el valor p para la regresión y la gráfica de la probabilidad de reoperación en función de la variable analizada.

En los primeros análisis del estudio se establece la relación entre la esfera/cilindro idóneo frente a la esfera/cilindro operado respectivamente mediante un análisis de regresión lineal. Posteriormente, se amplía dicha relación añadiendo el factor de la edad, obteniéndose en cada caso una ecuación de regresión lineal simple o múltiple, dependiendo de las variables que resulten significativas.

Ulteriormente se establecen análisis de regresión logística para hallar la probabilidad de RELASIK respecto a las variables: esfera y cilindro operados y edad.

7. RESULTADOS

7.1.1. Datos poblacionales

Se incluyeron 50 ojos de 25 pacientes sometidos de manera consecutiva a LASIK miópico simple y astigmatismo miópico compuesto, que no tuvieron complicaciones intra ni postoperatorias. Un total de 13 pacientes fueron mujeres y 12 fueron hombres en un rango de 23 a 60 años. Todos ellos fueron intervenidos utilizando el láser Excímer Amaris 1050 RS (Schwind Eye-Tech-Solutions). En la tabla 3 se muestran los datos poblacionales.

Tabla 3. Datos Poblacionales.		
	Edad (Años)	Sexo (%)
Media ± DE	34,16 ± 10,62 (Rango de 23 a 60 años)	Mujeres: 52 ± 0,505 Hombres: 48 ± 0,495
DE: desviación estándar		

A continuación, en la figura 8, se presenta el histograma de edades de la muestra analizada y en la figura 9, se presenta un diagrama sectorial del porcentaje de mujeres y hombres que componen la muestra analizada.

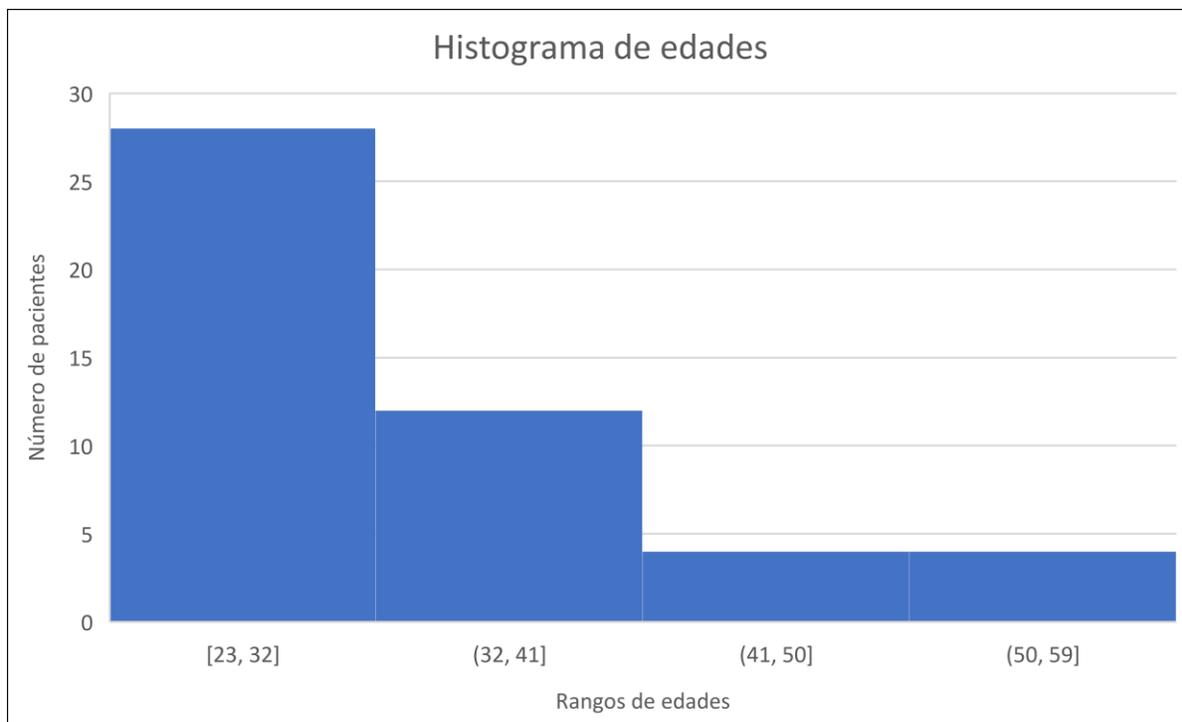


Figura 8. Número de ojos operados por grupos de edad. Fuente: Elaboración propia.

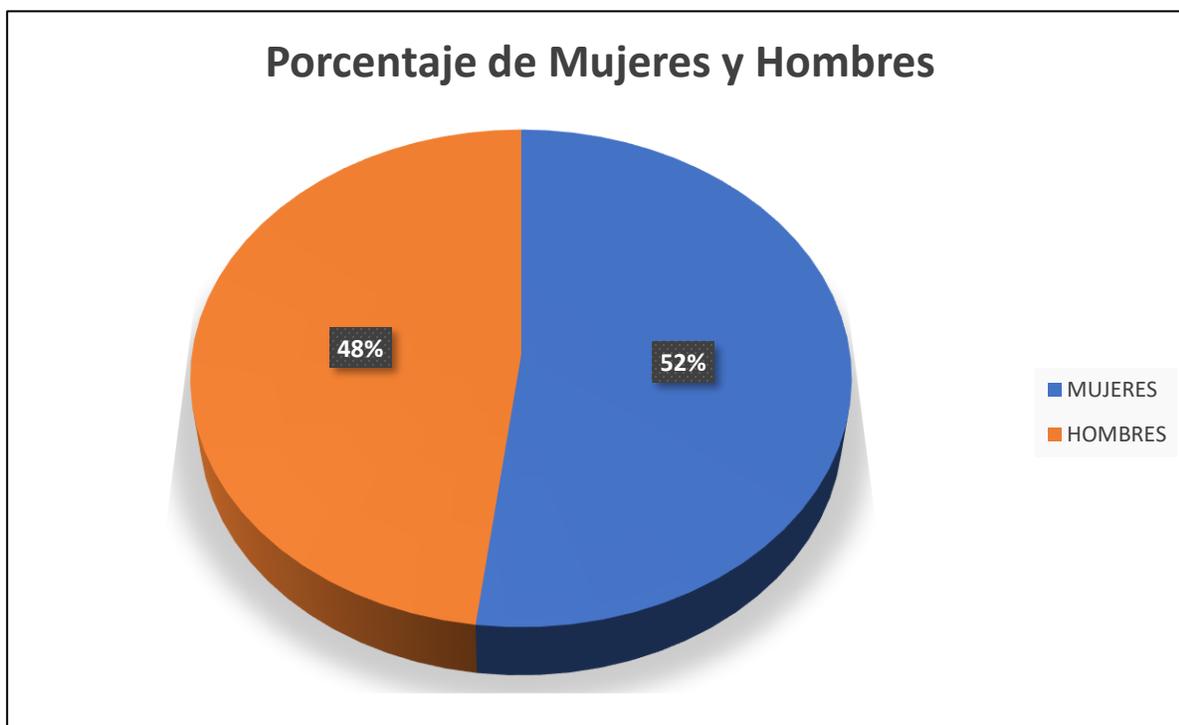


Figura 9. Porcentaje de mujeres y hombres sometidos a LASIK. Fuente: Elaboración propia.

7.1.2. Datos preoperatorios

La esfera y cilindro medios preoperatorios fueron $-2,975 \pm 1,754$ D (rango de 0 a $-7,00$ D) y $-0,755 \pm 0,611$ D (rango de 0 a $-2,00$ D) respectivamente.

En las tablas 4 y 5 se resumen los datos refractivos preoperatorios de la muestra.

	AVSC	AVCC	ESFERA(D)	CILINDRO(D)	EJE (°)	EE(D)
Media \pm DE	$0,202 \pm 0.194$	$0,991 \pm 0.026$	$-2,975 \pm 1,754$	$-0,755 \pm 0.611$	$93,10 \pm 70.399$	$-3,353 \pm 1,823$
Rango mín	0,001	0,90	-7,00	-2,00	0	-7,875
Rango máx	0,70	1,00	0	0	180	-0,75

AVSC: Agudeza Visual Sin Compensación (Escala decimal)
 AVCC: Agudeza Visual Con Compensación (Escala decimal)
 EE: Equivalente Esférico (D)
 DE: Desviación estándar

Fuente: Elaboración propia.

	KM (D)	AST (D)	EJE (°)	PAQUIMETRÍA (μ m)	ASF Q
Media \pm DE	$44,335 \pm 1,285$	$-1,025 \pm 0,592$	$111,78 \pm 71,947$	$544,100 \pm 28,283$	$-0,273 \pm 0,131$
Rango mín	42,00	-2,250	0	494	-0,470
Rango máx	46,75	0	180	599	0,130

KM: Queratometría Media (D)
 AST: Astigmatismo Corneal (D)
 ASF Q: Coeficiente de Asfericidad
 DE: Desviación estándar

Fuente: Elaboración propia.

7.1.3. Datos postoperatorios

La esfera y cilindro medios postoperatorios fueron $-0,2345 \pm 0,439$ D (rango de $-1,75$ a $0,25$ D) y $-0,099 \pm 0,198$ D (rango de $-0,75$ a 0 D) respectivamente.

A continuación, en las tablas 6 y 7 se resumen los datos refractivos postoperatorios de la muestra.

Tabla 6. Datos Postoperatorios.

	AVSC	AVCC	ESFERA (D)	CILINDRO(D)	EJE (°)	EE (D)
Media ± DE	0,873 ± 0.261	0,994 ± 0.022	-0,234 ± 0,433	-0,100 ± 0,196	27,200 ± 58,267	-0,285 ± 0,408
Rango mín	0	0,9	-1,75	-0,75	0	-1,75
Rango máx	1,0	1,0	0,25	0	180	0

AVSC: Agudeza Visual Sin Compensación (Escala decimal)
 AVCC: Agudeza Visual Con Compensación (Escala decimal)
 EE: Equivalente Esférico (D)
 DE: Desviación estándar

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 7. Parámetros Corneales.

	KM	AST	EJE (°)
Media ± DE	41,825 ± 1,406	-0,705 ± 0,434	99,440 ± 75,753
Rango mín	38,50	-2,000	0
Rango máx	44,50	0	180

KM: Queratometría Media (D)
 AST: Astigmatismo Corneal (D)
 DE: Desviación estándar

Fuente: Elaboración propia.

7.2. Porcentaje de reoperaciones

De los 50 ojos sometidos a LASIK, un total de 8 ojos fueron sometidos a reLASIK, lo que supone un 16,67% del total.

De los ojos reintervenidos, 4 se correspondieron a hombres y 4 a mujeres. Mientras que, de los no reintervenidos, 22 corresponden a mujeres y 20 a hombres.

A continuación, en la tabla 8, se exponen las refracciones medias resultantes a la primera cirugía LASIK de los 8 ojos que fueron sometidos posteriormente a ReLASIK. En la tabla 9, se

muestran las refracciones medias postoperatorias de los 52 ojos que no necesitaron retoque refractivo tras la primera intervención. Entre el colectivo RELASIK, 4 ojos se correspondieron a mujeres y 4 a hombres, mientras que en el colectivo no RELASIK, 22 ojos se correspondieron a mujeres y 20 a hombres.

Tabla 8. Refracción Pacientes Sometidos a RELASIK			
	ESFERA (D)	CILINDRO(D)	EE (D)
Media \pm DE	-0,781 \pm 0,432	0 \pm 0	-0,781 \pm 0,432
Rango mín	-1,75	0	-1,75
Rango máx	-0,50	0	-0,50
EE: Equivalente Esférico (D) DE: Desviación estándar			

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 9. Refracción Pacientes No Sometidos a RELASIK			
	ESFERA (D)	CILINDRO(D)	EE (D)
Media \pm DE	-0,131 \pm 0,350	-0,119 \pm 0,208	-0,190 \pm 0,332
Rango mín	-1,75	-0,75	-1,75
Rango máx	+ 0,25	0	0
EE: Equivalente Esférico (D) DE: Desviación estándar			

Fuente: Elaboración propia.

7.3. Cálculo de la refracción idónea para esfera y cilindro

En el cálculo para de la refracción idónea para la esfera se obtuvo como resultado medio $-3,21 \pm 1,87$ D (rango de 0 a $-7,50$ D), y para el cálculo del cilindro idóneo se obtuvo como resultado medio $-0,85 \pm 0,72$ D (rango de 0 a $-2,50$ D).

7.4. Resultados del análisis de regresión lineal

7.4.1. Análisis 1

7.4.1.1. Variable dependiente: Esfera idónea

Variable independiente: Esfera operada

Para el cálculo de la esfera idónea frente a la operada se empleó la ecuación de regresión lineal simple, obteniendo la siguiente ecuación:

$$\text{Esfera idónea} = 1,038 * \text{Esfera operada} - 0,123$$

El coeficiente de regresión fue de $R^2 = 0.948$, con $p < 0.001$. El p valor para el coeficiente de la esfera fue $p < 0.001$. La regresión fue significativa.

En la figura 10 se muestra el gráfico de dispersión para la esfera idónea y la esfera operada.

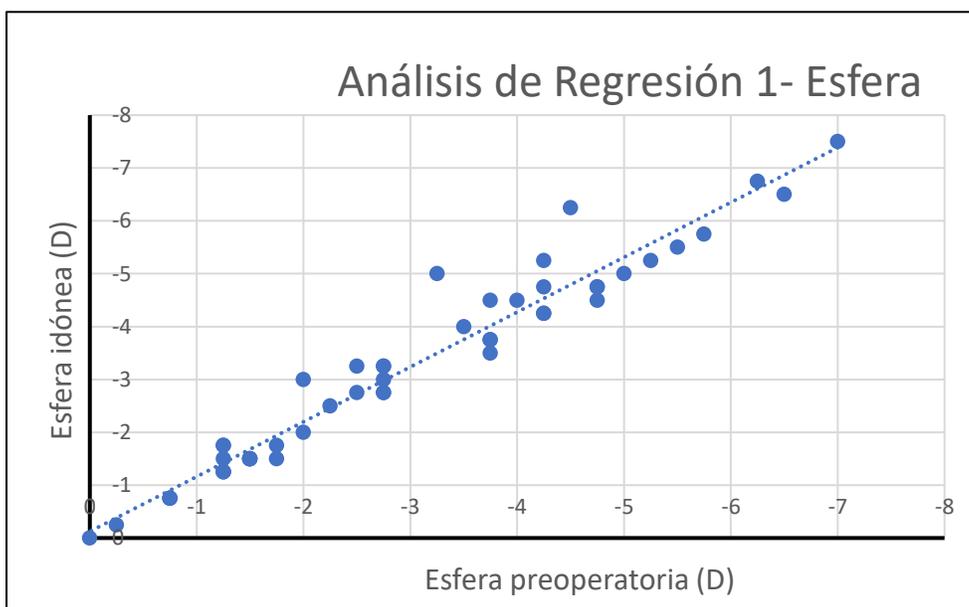


Figura 10. Gráfica de dispersión para la Esfera idónea frente a la Operada. Variable dependiente: Cilindro idóneo. Fuente: Elaboración propia.

7.4.1.2. Variable dependiente: Cilindro idóneo

Variable independiente: Cilindro operado

El análisis de regresión lineal simple resultó en la siguiente ecuación:

$$\text{Cilindro idóneo} = 1,149 * \text{Cilindro operado} + 0,012$$

Se halló el coeficiente de regresión para el cilindro, siendo este: $R^2 = 0.943$, con $p < 0.001$.

El p valor para el coeficiente del cilindro fue $p < 0.001$. La regresión fue significativa.

En la figura 11 se muestra el gráfico de dispersión para el cilindro idóneo y el cilindro operado.

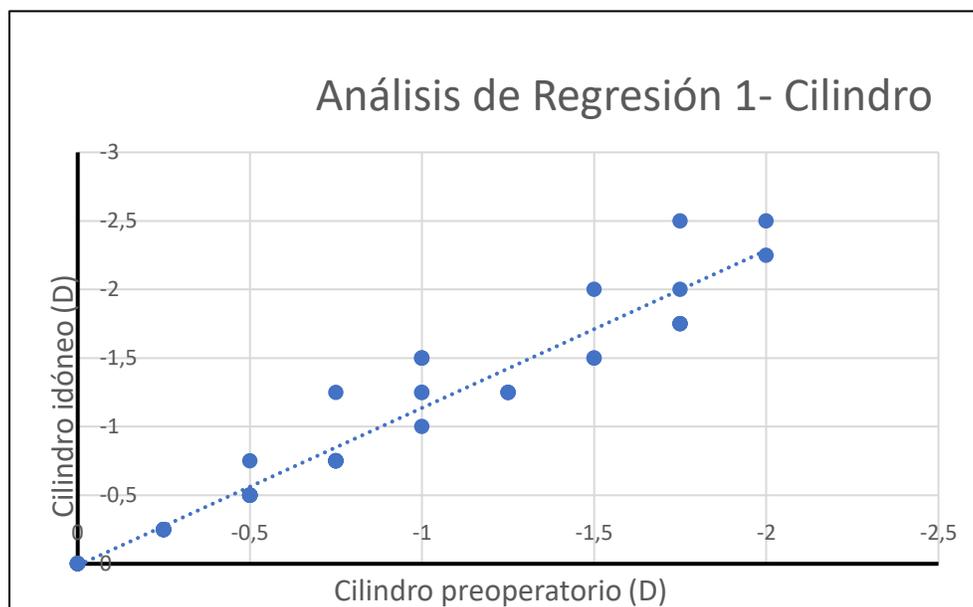


Figura 11. Gráfica de dispersión para el Cilindro idóneo frente al Operado. Fuente: Elaboración propia.

7.4.2. Análisis 2

7.4.2.1. Variable dependiente: Esfera idónea

Variables independientes: Esfera operada y edad

Para el cálculo de la esfera idónea frente a la esfera operada y la edad, se empleó el análisis de regresión múltiple. La ecuación de regresión resultante es:

$$\text{Esfera idónea} = 1,030 * \text{Esfera operada} - 0,022 * \text{Edad} + 0,613$$

El coeficiente de regresión fue de $R^2 = 0.964$, con $p < 0.001$. El p valor tanto para el coeficiente de la esfera operada como para la edad fue $p < 0.001$. La regresión fue significativa para ambas variables predictoras.

7.4.2.2. Variable dependiente: Cilindro idóneo

Variables independientes: Cilindro operado y edad

Para el cálculo del cilindro idóneo frente al cilindro operado y la edad, se empleó el análisis de regresión múltiple. La ecuación de regresión resultante es:

$$\text{Cilindro idóneo} = 1,145 * \text{Cilindro operado} + 0,002 * \text{Edad} - 0,051$$

El coeficiente de regresión fue de $R^2 = 0.943$, con $p < 0.001$. El p valor para el coeficiente del cilindro operado fue $p < 0.001$ y el de la edad fue $p = 0,463$. La regresión no fue significativa para la variable edad.

7.5. Resultados del análisis de regresión logística

7.5.1. Análisis 3

7.5.1.1. Variable dependiente dicotómica: Probabilidad de RELASIK

Variable independiente: Esfera operada

Para el cálculo de la probabilidad entre ser sometido a RELASIK se realiza un análisis de regresión logística. El resultado fue un valor $p = 0,448$, por lo que la regresión no fue significativa.

En la figura 12 se muestra el gráfico del análisis de regresión logística entre la probabilidad de reoperación en función de la esfera operada.

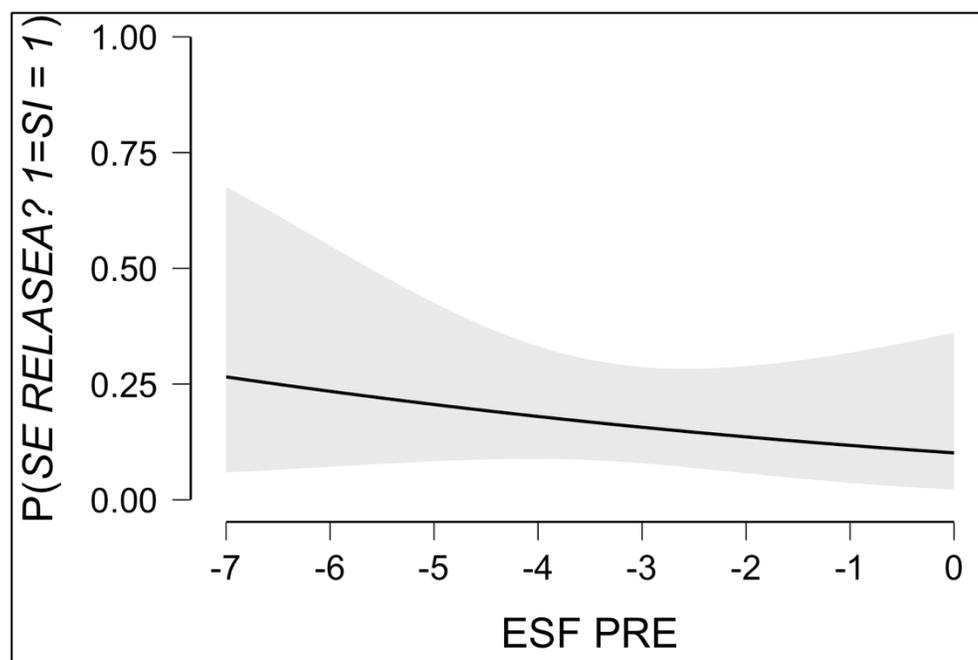


Figura 12. Análisis de Regresión Logística de la Probabilidad de Reoperación en Función de la Esfera Preoperatoria. Fuente: Elaboración propia.

7.5.2. Análisis 4

7.5.2.1. Variable dependiente dicotómica: Probabilidad de RELASIK

Variable independiente: Cilindro operado

El análisis de regresión logística para el cilindro operado resultó en un valor $p = 0,085$, cercano al de significación.

En la figura 13 se muestra el gráfico del análisis de regresión logística entre la probabilidad de reoperación en función del cilindro operado.

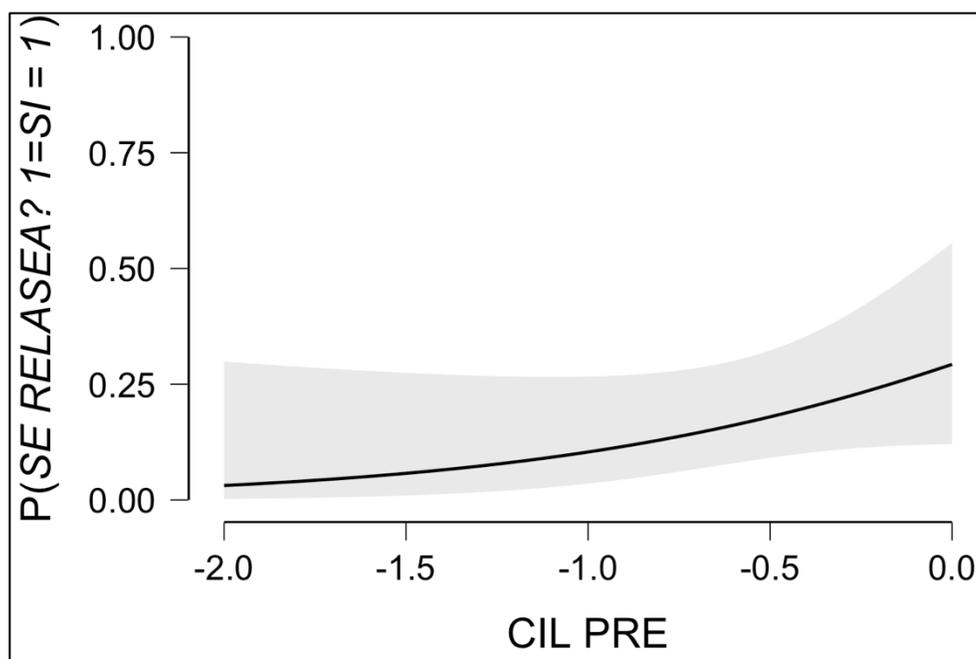


Figura 13. Análisis de Regresión Logística de la Probabilidad de Reoperación en Función del Cilindro Preoperatorio. Fuente: Elaboración propia.

7.5.3. Análisis 5

7.5.3.1. Variable dependiente dicotómica: Probabilidad de RELASIK

Variable independiente: Edad

El análisis de regresión logística para la edad resultó en $p = 0,019$, por lo que la regresión fue significativa.

En la figura 14 se muestra el gráfico del análisis de regresión logística entre la probabilidad de reoperación en función de la edad.

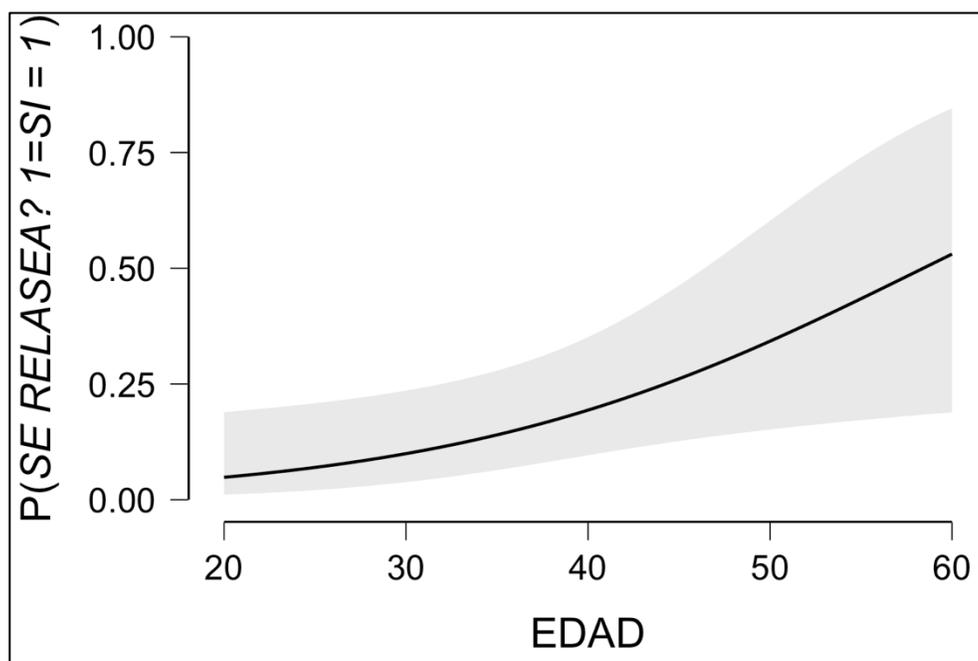


Figura 14. Análisis de Regresión Logística de la Probabilidad de Reoperación en Función de Edad.
Fuente: Elaboración propia.

8. DISCUSIÓN

La cirugía refractiva ha experimentado un progreso vertiginoso a largo de las últimas dos décadas. A día de hoy, contamos con una serie de recursos quirúrgicos con objetivo de neutralizar la refracción ocular, siendo LASIK el procedimiento que goza con mayor popularidad entre pacientes y cirujanos por su perfil de seguridad, comodidad, inocuidad, perdurabilidad y resultados. Su mecanismo está basado en la modificación de la curvatura corneal mediante una ablación programada en cuanto a localización y profundidad se refiere. Sin embargo, en ocasiones se necesita realizar retratamientos en hipocorrecciones o regresiones. Mediante el presente estudio se demuestra que la edad es un factor que aumenta la probabilidad del RELASIK, y que el factor astigmatismo está cercano al nivel de significación. Dichos factores sostienen que la intervención no esté exenta a un margen de error.

El objetivo del RELASIK es realizar una reablación sobre la córnea ya tratada mediante LASIK con el fin de neutralizar el resto refractivo no alcanzado en la primera intervención. Según los autores Kruh, Garrett, Huntington, Robinson & Melki (2016), los retratamientos de errores refractivos residuales post LASIK son procedimientos con una incidencia de entre el 5 al 28%. Se respalda este amplio rango en la técnica quirúrgica empleada, la población de pacientes, la plataforma láser utilizada y en los nomogramas cirujano-específicos. En la muestra estudiada en este trabajo, se obtuvo un porcentaje de reLASIK del 16,67%, con un valor medio ligeramente miópico, lo que supone que el tratamiento LASIK tiende a la hipocorrección miópica.

En el presente estudio se propone un nomograma para optimizar intervenciones LASIK. Identificándose aquellos factores que provocan la necesidad de un retratamiento tras la primera

cirugía. Para ello, se ha utilizado un análisis estadístico basado en los datos preoperatorios, postoperatorios, sexo y edad no observándose diferencias significativas entre géneros.

En primer lugar, en el análisis de regresión lineal se analiza en cada caso la esfera o cilindro como variable dependiente. En el primer análisis de regresión lineal simple entre esfera idónea y la esfera preoperatoria, se observa la nube de puntos poco dispersa, que se corrobora con un coeficiente de regresión alto. Lo que significa que no existen grandes variaciones entre lo que se operó respecto a lo que se tendría que haber operado. Por otro lado, existe una zona de mayor dispersión entre -3D y -5D. La regresión fue significativa.

En el segundo análisis de regresión lineal simple, se analizan el cilindro idóneo y el cilindro preoperatorio obteniéndose una nube de puntos próximos a la recta, corroborado por un coeficiente de regresión de 0,943. La regresión fue significativa.

En el tercer análisis de regresión lineal se obtiene un coeficiente de regresión de 0,943. Indicando una vez más, que las variables en juego se correlacionan y que ambas son significativas (esfera operada y edad con $p < 0.001$) para la obtención de la esfera idónea.

Por otro lado, en el análisis del cilindro se identifica el coeficiente como significativo ($p < 0.001$) y el de la edad como no significativo ($p = 0,463$), indicándonos, que la edad no es una variable predictiva en la hipocorrección cilíndrica.

En el análisis de regresión logística se analiza en cada caso la probabilidad de RELASIK como variable dependiente. Se establece en primer lugar, la esfera operada como variable independiente. En el análisis estadístico se obtiene un valor $p = 0,448$, por lo que la regresión no

fue significativa; sin embargo, la gráfica de probabilidad muestra una mayor probabilidad de RELASIK cuanto mayor la esfera miópica. Se concluye que el valor dióptrico de los pacientes no aumenta la probabilidad de ser reoperado posteriormente. Contradictoriamente, en otros estudios sí se establece una relación entre retratamiento y esfera. Siendo mayor la probabilidad de RELASIK a mayor cantidad de miopía y, además, se acentúa en miopías mayores a -3D. La significancia de p-valor se ve incrementada con el aumento de miopía preoperatoria ($p < 0.001$) (Kruh, Garrett, Huntington, Robinson, & Melki, 2016). Esta diferencia puede ser achacada a la limitación de la muestra que presenta el presente estudio. Un total de cincuenta ojos analizados con un 22% de pacientes con esfera preoperatoria $> -4,50D$ es una población limitada para extrapolar los resultados a una población general.

En el segundo análisis de regresión logística, se establece el cilindro operado como variable independiente. El valor del coeficiente de regresión $p = 0,085$, es cercano al de significación. Se observan que, para valores cilíndricos más cercanos a cero, mayor probabilidad de RELASIK. Según otros autores, esta relación demuestra que las correcciones plano-cilíndricas están asociadas a una mayor probabilidad de sobrecorrección. Probablemente debida al hecho de que la aplanación intencionada del meridiano más curvo está acompañada por un inintencionado aplanamiento del meridiano más plano.

En tercer lugar, se establece como variable independiente la edad, con una media situada en $34,16 \pm 10,62$. Un total de 40 ojos se corresponden a pacientes de edad ≤ 41 años y 10 a pacientes > 41 años. La incidencia de retratamiento fue del 50% tanto en menores como mayores de 41 años. A pesar de ser un porcentaje muy igualado, hay que tener en cuenta que hay 4 veces más ojos de

pacientes menores a 41 años que mayores, quedando la muestra desigualada para poder establecer un fundamento teórico válido sobre dicha relación.

Para edades superiores a los 45 años, la probabilidad de RELASIK es mayor al 25% mientras que en grupos de edad 18-30 la probabilidad desciende exponencialmente tal y como se muestra en la figura 7. El valor de coeficiente de regresión $p = 0,019$, por lo que se corrobora la significancia de la regresión. Se pueden respaldar estos resultados a la teoría de que entran en juego factores fisiológicos conforme avanza la edad. Por otro lado, las propiedades biomecánicas corneales se ven alteradas por la edad, ya que debido a ella, aumenta en el grado de crosslinking del colágeno corneal llevando a un aumento de la rigidez corneal (Elsheikh, Wang, Brown, Rama, & Campanelli, 2007), lo que compromete la efectividad del láser para un nivel de energía dado en este colectivo de pacientes.

Tras comparar el resultado real obtenido en la muestra con el que se hubiera obtenido si se hubiera aplicado el nomograma, se tiene que la esfera idónea fue $-3,21 \pm 1,87$ D (rango de 0 a -7,50 D) a partir de los datos de la muestra. La que se hubiera obtenido al aplicar el nomograma hubiera sido $-3,203 \pm 1,835$ D (rango de -7,455 a -0,245 D). Se demuestra, que el resultado refractivo medio hubiera sido muy cercano a cero si se hubiera empleado el nomograma para la muestra de estudio.

Para el cilindro, obtuvimos cilindro idóneo de $-0,85 \pm 0,72$ D (rango de 0 a -2,50 D) a partir de los datos de la muestra. La que se hubiera obtenido al aplicar el nomograma hubiera sido $-0,855 \pm 0,702$ D (rango de -2,286 a 0,012 D). Obteniéndose nuevamente, una diferencia prácticamente nula.

Sin embargo, hay que apuntar que la aplicación de un análisis de regresión a la misma muestra de la que se extrajo, no es adecuado para obtener conclusiones firmes. Para ello, sería necesario aplicar las ecuaciones de regresión a una muestra distinta.

9. CONCLUSIONES

Se han obtenido ecuaciones de regresión lineal que deberían mejorar los resultados de la cirugía LASIK para el astigmatismo miópico. Para optimizar la esfera, la ecuación está compuesta por la esfera operada y la edad, y el cilindro, únicamente por el cilindro operado.

En cuanto a los factores que influyen en la probabilidad de reoperación, el valor del coeficiente de regresión resulta no ser significativo para la regresión logística de la esfera operada. El valor del coeficiente de regresión es cercano al de significación para la regresión logística del cilindro operado. El valor del coeficiente de regresión resulta significativo para la regresión logística de la edad.

Se deduce la edad como variable capital capaz de influenciar el resultado final en la cirugía. Mientras que para la esfera operada, su impacto se encuentra más al límite en nuestro estudio. Se debería de ampliar la muestra para poder extrapolar nuestros resultados a la población general.

En conclusión, astigmatismo y edad avanzada son factores de riesgo para retratamientos de LASIK.

La aplicación del nomograma resulta teóricamente exitosa para nuestro estudio. Pese a ello, no se puede demostrar que funcione para otra muestra aleatoria diferente a la empleada. Será necesario para poder concluir su efectividad, poder aplicarla en otros pacientes y observar su trascendencia.

10. BIBLIOGRAFÍA

- Elsheikh , A., Wang , D., Brown , M., Rama , P., & Campanelli , M. (2007). Assessment of Corneal Biomechanical Properties and Their Variation With Age. *Current Eye Research*(32), 11-19.
- Ambrosio, J., & Wilson, S. (2001). Complications of Laser In Situ Keratomileusis: Etiology, Prevention, and Treatment. *Journal of Refractive Surgery*, 17(3), 350-79.
- Aramberri, J. (2003). Intraocular Lens Power Calculation After Corneal Refractive Surgery: Double-K Method. *Journal of Cataract & Refractive Surgery*, 29(11), 2063-2068.
- Barraquer, J. (1964). Queratomileusis Para La Corrección de la Miopía. *Archivos de la Sociedad Americana de Oftalmología*, 5(27).
- Boxer Wachler, B. (2018). *All About Vision*. Obtenido de LASIK Risks And Complications: https://www.allaboutvision.com/visionsurgery/lasik_complication_1.htm
- Bragheeth, M., Fares, U., & Dua, H. (2008). Re-Treatment After Laser In Situ Keratomileusis for Correction of Myopia and Myopic Astigmatism. *The British Journal of Ophthalmology*, 92(11), 1506-1510.
- Chang, Y., & Lee, Y. (2020). Traumatic Laser In Situ Keratomileusis Flap Dislocation With Epithelial Ingrowth, Propionibacterium Acnes Infection, and Diffuse Lamellar Keratitis: A Case Report. *Medicine*, 99(10), 19257.
- Chynn, E. (1999). Multifactorial Nomograms Help Optimize LASIK Results. *Ophthalmology Times*, 24(20), 21.
- Galvis , V., Tello, A., Jaramillo, L., Castillo, A., Pareja, L., & Camacho, P. (2017). Cambios Corneales Producidos Por la Cirugía Refractiva Con Excimer Láser: Revisión de Tema. *MÉDICAS UIS.*, 30(1), 99-105.

-
- García-Montesinos Gutiérrez, J. (2019). *Faco Elche*. Obtenido de Manejo del Crecimiento Epitelial en LASIK: <https://www.facoelche.com/manejo-crecimiento-epitelial-lasik/>
- Hernández Fernández, B. (2013). *Actuación Optométrica Pre y Post- LASIK*. Zaragoza: Universidad de Zaragoza.
- Hersh , P., Fry, K., & Bishop, D. (2003). Incidence and Associations of Retreatment After LASIK. *Ophthalmology*, 110(4), 748–754.
- Holladay, J. (2003). Optical Quality And Refractive Surgery. *International Ophthalmology Clinics*, 43(2), 119-36.
- Hoyos Campillo, J. (1999). *Queratomileusis «In Situ» en la Alta Miopía*. Obtenido de <http://www.cervantesvirtual.com/obra/queratomileusis-in-situ-en-la-alta-miopia--0/>
- Ibarz Barberá, M., García González, M., & Teus Guezala, M. (2012). Tratamiento a Largo Plazo de Macroestrías Post-Laser In Situ Keratomileusis Mediante Querectomía Fototerapéutica Transepitelial: Caso Clínico. *Archivos de la Sociedad Española de Oftalmología*, 87(12), 407-410.
- Kazakov, A. (s.f.). *123RF*. Obtenido de Common Vision Disorders. Astigmatism, Myopia and Hyperopia.: https://www.123rf.com/photo_66855919_stock-vector-common-vision-disorders-astigmatism-myopia-and-hyperopia.html
- Kezirian, G. (2000). Optimized Nomogram Development for LASIK and PRK. 5(3), 140-147.
- Kruh, J., Garrett, K., Huntington, B., Robinson , S., & Melki, S. (2016). Risk Factors for Retreatment Following Myopic LASIK with Femtosecond Laser and Custom Ablation for the Treatment of Myopia. *Seminars in Ophthalmology*, 32(3), 316–320.
- Lavilla Garcia, L. (2013). Biomecánica Corneal en Cirugía LASIK. *Tesis Doctoral*.
- Maskaleris, G., Garcia, V., Shah, S., Zadok, D., Montes, M., & Chayet, A. (1999). Outcomes of Retreatment After Laser In Situ Keratomileusis. *Ophthalmology*, 106(12), 2391–2394.

-
- Melki, S., & Azar, D. (2001). LASIK Complications: Etiology, Management, and Prevention. *Survey of Ophthalmology*, 46(2), 95-116.
- Mimouni, M., Flores, V., Sela, T., Munzer, G., & Kaiserman, I. (2018). Risk Factors for Re-treatment Following Hyperopic LASIK. *Journal of Refractive Surgery*, 34(5), 316-320.
- Nave, R. (s.f.). *HyperPhysics Concepts*. Obtenido de The Cornu Spiral: <http://hyperphysics.phy-astr.gsu.edu/hbase/phyopt/cornu.html#c1>
- NCBI. (2000). Obtenido de <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/mesh/?term=LASIK>
- Oftalmológica, N. C. (2019). Historia de la cirugía refractiva .
- Piñero, D. (2020). *Atención Optométrica de Pacientes en Cirugía Refractiva*.
- Pravato, M., Andreoli, M., Federico, V., Cremonini, P., Chialvo, A., & Canepa, A. (2009). Incidencia de Retratamiento en LASIK. *Oftalmología Clínica y Experimental*, 3(2), 58-62.
- Ramirez, M., & Hernández, E. (2019). *Cirugía Refractiva*. México: Servicio de Córnea y Cirugía Refractiva, Hospital de la Asociación para Evitar la Ceguera en México.
- Reinstein, D., Archer, T., & Gobbe, M. (2012). History of LASIK. *Journal of Refractive Surgery*, 28(4), 291-298.
- Rivarola, F. (2012). *Microgestión*. Obtenido de Nomogramas: <http://www.microgestion.com.ar/index.php/mg-developers/articulos/5-nomograma>
- Sánchez-Di Martino , D. (2012). Cirugía Refractiva. *Tendencias en Medicina*.(7), 87-94.
- Saiz, J., Ortiz, D., Gonzalez, F., Velarde, J., Fernandez Del Coter, J., & Moreno, F. (2003). Optimización de una Intervención de Cirugía LASIK Individualizada. Modelo Óptico de Trazado de Rayos. *Archivos de la Sociedad Española de Oftalmología*, 78(8), 443-449.

- Schallhorn, J., Schallhorn, S., Teenan, D., Hannan, S., Pelouskova, M., & Venter, J. (2020). Incidence of Intraoperative and Early Postoperative Adverse Events in a Large Cohort of Consecutive Laser Vision Correction Treatments. *American Journal of Ophthalmology*, 210, 97–106.
- Wilson, D., & Keeney, A. (1990). Corrective Measures for Myopia. *Survey of Ophthalmology*, 34(4), 294-304.