

UNIVERSIDAD PERUANA LOS ANDES

Facultad de Ciencias de la Salud

Escuela Profesional de Optometría



TESIS

Título : Características Tomográficas de Pacientes Diagnosticados con Queratocono en el Centro Médico de Apoyo Nueva Visión de Arequipa - 2021.

Para Optar : El Título Profesional de Optómetra

Autor : Bach. HUAYHUA QUISPE, Johnny Manuel

Asesor : MG. Lizbeth Giovanna Toribio Alejo

Línea de Investigación Institucional: Salud y Gestión de la Salud

Fecha de Inicio y Culminación de la Investigación: Abril 2021 – Junio 2021

HUANCAYO, PERÚ - 2021

DEDICATORIA

Mi tesis la dedico a mis queridos padres Beatriz y Pedro, quienes, con su fortaleza, consejos de superación, constancia y motivación han logrado que en la actualidad sea una persona íntegra llena de valores; a ellos le debo todos mis logros.

A mi amada esposa Lucero, por darme todo el apoyo emocional, por no dejarme vencer por la adversidad, por motivarme día a día a dar lo mejor de mí, por darme comprensión, cariño y amor.

A mi amado hijo Thiago, por ser la principal fuente de amor, motivación e inspiración para superarme día a día para tener un futuro mejor.

A mi mamá grande Elvira que está en el cielo, por cuidar de mi en todo momento. A mi papá Máximo que también está en cielo, por enseñarme el camino de la dedicación y perseverancia. A mi amada mamá Narcisa por haberme brindado cariño, amor y palabras de aliento para ser mejor persona.

AGRADECIMIENTO

Mi agradecimiento especial a Dios por permitirme tener y disfrutar a mi familia, y también por ayudarme a culminar mi tesis, uno de mis principales objetivos en mi vida.

A mi alma mater, la Universidad Peruana Los Andes, por brindarme los conocimientos y aptitudes necesarias para ser un buen profesional.

A mi asesora Mg. Giovanna Toribio, por su constante colaboración y orientación en el desarrollo de mi tesis.

Finalmente, agradecer al Centro Médico de Apoyo Nueva Visión por permitirme revisar la información contenida en el tomógrafo corneal.

Autor

Bach. Johnny Huayhua

INTRODUCCIÓN

La afectación de la calidad visual se puede deber a la relación existente entre el queratocono y las aberraciones corneales. Esto se ve favorecido por el cambio morfológico que induce el queratocono en la superficie anterior y posterior de la córnea, así como el adelgazamiento corneal y el descentramiento del ápice corneal en relación al área pupilar. Por esta razón el objetivo general de la presente tesis fue identificar las características tomográficas de pacientes diagnosticados con queratocono en el Centro Médico de Apoyo Nueva Visión de Arequipa – 2021.

La presente tesis de investigación se justificó en razón al análisis de las características tomográficas de la córnea con queratocono. Además, sirvió para observar como el nivel de aberración corneal se ve afectado producto de la modificación de las superficies anterior y posterior de la córnea.

La metodología de estudio de la tesis consideró el método científico con enfoque cuantitativo; tipo de investigación básica - retrospectiva; nivel descriptivo; diseño no experimental – descriptivo simple. La población estuvo compuesta por 101 pacientes diagnosticados con queratocono que fueron atendidos en el Centro Médico de Apoyo Nueva Visión de la ciudad de Arequipa; en este estudio se utilizó el tipo de muestreo no probabilístico por conveniencia y se trabajó con los 101 pacientes con queratocono que representan toda la población. En este estudio de investigación se utilizó como técnica la revisión documental y como instrumento una ficha de recolección de datos.

Para llevar a cabo el presente trabajo de investigación, la tesis se ha estructurado en 5 capítulos. En el capítulo 1, se describió el Planteamiento del Problema, la

realidad problemática, así como la delimitación del problema, formulación del problema, su justificación, y objetivos de la tesis. En el capítulo 2, se desarrolló el marco teórico, aquí se efectuó algunas precisiones teóricas – conceptuales tanto del queratocono como de las aberraciones corneales y la tomografía corneal. Así mismo en este capítulo se desarrolló los antecedentes nacionales e internacionales, y la relación entre el queratocono y las aberraciones corneales. El capítulo 3, contiene las hipótesis planteadas y las variables estudiadas. En el capítulo 4, se presentó toda la parte metodológica, esta sección contiene el método, enfoque, tipo, nivel y diseño de investigación, así como la población y muestra. En este mismo capítulo se desarrolló las técnicas e instrumentos de recolección, así mismo contiene las técnicas de procesamiento, análisis de datos y los aspectos éticos de la investigación. El capítulo 5, describe los resultados obtenidos, en base a los objetivos graficamos los resultados de la investigación. Finalmente, se señalan las referencias bibliográficas consultadas en este estudio de investigación y se anexan los documentos y fotografías correspondientes.

CONTENIDO

	Página.
CARÁTULA	i
DEDICATORIA	ii
AGRADECIMIENTO	iii
INTRODUCCIÓN	iv
CONTENIDO	vi
CONTENIDO DE TABLAS	ix
CONTENIDO DE FIGURAS	x
RESUMEN	xi
ABSTRACT	xii

CAPÍTULO I

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1. Descripción de la realidad problemática.....	1
1.2. Delimitación del problema.....	3
1.2.1. Delimitación espacial.....	3
1.2.2. Delimitación social.....	3
1.2.3. Delimitación temporal.....	3
1.2.4. Delimitación conceptual.....	4
1.3. Formulación del problema.....	4
1.3.1. Problema general.....	4
1.3.2. Problemas específicos.....	4
1.4. Justificación.....	4
1.4.1. Social.....	4
1.4.2. Teórica.....	4
1.4.3. Metodológica.....	5
1.5. Objetivos.....	5
1.5.1. Objetivo general.....	5

1.5.2. Objetivos específicos.....	5
-----------------------------------	---

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes.....	6
2.1.1. Estudios nacionales.....	6
2.1.2. Estudios internacionales.....	7
2.2. Bases teóricas o científicas.....	9
2.2.1. Córnea.....	9
2.2.2. Queratocono.....	10
2.2.2.1. Definición conceptual.....	10
2.2.2.2. Etiología del queratocono.....	11
2.2.2.3. Síntomas del queratocono.....	11
2.2.2.4. Diagnóstico del queratocono.....	11
2.2.2.5. Clasificación del queratocono.....	17
2.2.2.6. Diagnóstico diferencial.....	22
2.2.2.7. Manejo y tratamiento.....	25
2.2.3. Aberraciones corneales.....	30
2.2.3.1. Generalidades.....	30
2.2.3.2. Análisis de las Aberraciones corneales.....	32
2.2.3.3. Polinomios de Zernike y aberraciones corneales.....	32
2.2.3.4. Grupos de Zernike.....	34
2.2.4. Queratocono y aberraciones corneales.....	37
2.2.5. Tomografía corneal.....	38
2.3. Marco conceptual.....	39

CAPÍTULO III

HIPÓTESIS

3.1. Hipótesis general.....	46
3.2. Hipótesis específicas.....	46
3.3. Variables.....	46

CAPÍTULO IV

METODOLOGÍA

4.1. Método de investigación.....	47
4.2. Tipo de investigación.....	47
4.3. Nivel de investigación.....	47
4.4. Diseño de la investigación.....	48
4.5. Población y muestra.....	48
4.5.1. Población.....	48
4.5.2. Muestra.....	49
4.5.3. Criterios de selección.....	49
4.6. Técnicas e instrumentos de recolección de datos.....	49
4.6.1. Técnicas.....	49
4.6.2. Instrumentos.....	49
4.6.3. Recolección de datos.....	50
4.6.4. Confiabilidad y validación del instrumento.....	50
4.7. Técnicas de procesamiento y análisis de datos.....	50
4.8. Aspectos éticos de la investigación.....	51

CAPÍTULO V

RESULTADOS

5.1. Descripción de los resultados.....	54
5.2. Contrastación de hipótesis.....	66
ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS.....	66
CONCLUSIONES.....	70
RECOMENDACIONES.....	71
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	72

ANEXOS:

ANEXO 1: Matriz de consistencia	83
ANEXO 2: Matriz de operacionalización de variables	84
ANEXO 3: Matriz de operacionalización del instrumento	85
ANEXO 4: Instrumento de investigación y constancia de su aplicación	86
ANEXO 5: Confiabilidad válida del instrumento	92
ANEXO 6: Data de procesamiento de datos	95

ANEXO 7: Evidencia documentaria – Permiso institucional	99
ANEXO 8: Evidencia fotográficas del estudio de investigación	101
ANEXO 9: Declaración de confidencialidad	104

CONTENIDO DE TABLAS:

Tabla N° 1: Distribución de los hallazgos queratométricos encontrados con el mapa de curvatura en el ápice de la superficie corneal anterior en pacientes diagnosticados con queratocono en el Centro Médico de Apoyo Nueva Visión, Arequipa – 2021.....	Pág. 54
Tabla N° 2: Distribución de los hallazgos queratométricos encontrados con el mapa de curvatura en el ápice de la superficie corneal posterior en pacientes diagnosticados con queratocono en el Centro Médico de Apoyo Nueva Visión, Arequipa – 2021.....	Pág. 56
Tabla N° 3: Distribución de los hallazgos de los espesores corneales encontrados con el mapa paquimétrico en el punto más fino en pacientes diagnosticados con queratocono en el Centro Médico de Apoyo Nueva Visión, Arequipa – 2021.....	Pág. 58
Tabla N° 4: Distribución de los hallazgos de elevación corneal anterior encontrados con el mapa de elevación en pacientes diagnosticados con queratocono en el Centro Médico de Apoyo Nueva Visión, Arequipa – 2021.....	Pág. 60
Tabla N° 5: Distribución de los hallazgos de elevación corneal posterior encontrados con el mapa de elevación en pacientes diagnosticados con queratocono en el Centro Médico de Apoyo Nueva Visión, Arequipa – 2021.....	Pág. 62
Tabla N° 6: Distribución de los hallazgos de aberración corneal de alto orden encontrados con el mapa de análisis de Zernike en pacientes diagnosticados con queratocono	

en el Centro Médico de Apoyo Nueva Visión, Arequipa – 2021.....	Pág. 64
--	---------

CONTENIDO DE FIGURAS:

Figura N° 1: Frecuencia de los valores queratométricos encontrados con el mapa de curvatura en el ápice de la superficie corneal anterior en pacientes diagnosticados con queratocono en el Centro Médico de Apoyo Nueva Visión, Arequipa – 2021.....	Pág. 55
Figura N° 2: Frecuencia de los valores queratométricos encontrados con el mapa de curvatura en el ápice de la superficie corneal posterior en pacientes diagnosticados con queratocono en el Centro Médico de Apoyo Nueva Visión, Arequipa – 2021.....	Pág. 57
Figura N° 3: Frecuencia de los espesores corneales encontrados con el mapa paquimétrico en el punto más fino de la córnea en pacientes diagnosticados con queratocono en el Centro Médico de Apoyo Nueva Visión, Arequipa – 2021.....	Pág. 59
Figura N° 4: Frecuencia de la elevación corneal anterior encontrado con el mapa de elevación en pacientes diagnosticados con queratocono en el Centro Médico de Apoyo Nueva Visión, Arequipa – 2021.....	Pág. 61
Figura N° 5: Frecuencia de la elevación corneal posterior encontrado con el mapa de elevación en pacientes diagnosticados con queratocono en el Centro Médico de Apoyo Nueva Visión, Arequipa – 2021.....	Pág. 63
Figura N° 6: Frecuencia de las aberraciones corneales de alto orden encontrados con el mapa de análisis de Zernike en pacientes diagnosticados con queratocono en el Centro Médico de Apoyo Nueva Visión, Arequipa – 2021.....	Pág. 65

RESUMEN

El queratocono es una patología corneal que afecta a ambos ojos de forma asimétrica, donde la córnea se adelgaza progresivamente protruyéndose en forma de cono, dando como resultado visión borrosa. El objetivo fue identificar las características tomográficas de pacientes diagnosticados con queratocono en el Centro Médico de Apoyo Nueva Visión de Arequipa – 2021. En la parte metodológica se realizó un estudio descriptivo no experimental, observacional, retrospectivo de corte transversal. La muestra estuvo conformada por 101 tomografías corneales de pacientes con queratocono de acuerdo al muestreo no probabilístico por conveniencia. Este estudio uso como técnica la revisión documental, la información obtenida se ingresó a un sistema informático para su análisis. Los resultados indican que del 100% (101) de tomografías corneales de pacientes con queratocono, el 42.6% (43) presentaban una curvatura corneal anterior normal, el 38.6% (39) presentaban una curvatura posterior que evidenciaba queratocono leve, el 39.6% (40) presentaron un espesor corneal en etapa I, el 46.5% (47) presentaron una elevación anterior normal, el 59.4% (60) presentaron una elevación típica de ectasia corneal, el 36.6% (37) presentaron un nivel de aberración con posibilidad de queratocono. Se llegó a la conclusión que el hallazgo tomográfico más importante fue la alteración de los niveles de elevación posterior, del 100% (101) el 38.6% (39) de los pacientes con queratocono presentaron una elevación sospechosa, el 59.4% (60) presentó una elevación típica de ectasia corneal, no se presentó ningún caso de elevación posterior normal.

Palabras Clave: Córnea. Queratocono. Aberraciones corneales. Mapas tomográficos.

ABSTRACT

Keratoconus is a corneal pathology that affects both eyes in an asymmetric way, where the cornea progressively thins, protruding in a cone shape, resulting in blurred vision. The objective was to identify the tomographic characteristics of patients diagnosed with keratoconus at the Nueva Vision Medical Center of Arequipa - 2021. In the methodological part, a descriptive, non-experimental, observational, retrospective cross-sectional study was carried out. The sample consisted of 101 corneal tomographies of patients with keratoconus according to non-probability sampling for convenience. This study used documentary review as a technique, the information obtained was entered into a computer system for analysis. The results indicate that of the 100% (101) of corneal tomographies of patients with keratoconus, 42.6% (43) presented a normal anterior corneal curvature, 38.6% (39) presented a posterior curvature that evidenced mild keratoconus, 39.6% (40) presented a corneal thickness in stage I, 46.5% (47) presented a normal anterior elevation, 59.4% (60) presented a typical elevation of corneal ectasia, 36.6% (37) presented a level of aberration with the possibility of keratoconus. It was concluded that the most important tomographic finding was the alteration of the posterior elevation levels, 100% (101) 38.6% (39) of the patients with keratoconus presented a suspicious elevation, 59.4% (60) presented a typical elevation of corneal ectasia, there were no cases of normal posterior elevation.

Keywords: Cornea. Keratoconus. Corneal aberrations. Tomographic maps.

CAPÍTULO I

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1. DESCRIPCIÓN DE LA REALIDAD PROBLEMÁTICA

En el mundo entero diversas patologías oculares pueden alterar la morfología de la superficie corneal, causando serios problemas visuales que pueden conllevar a una notable disminución en el rendimiento visual alterando la calidad de vida de la persona afectada. Una de estas patologías oculares es el queratocono, el cual puede cambiar de forma drástica la vida de las personas que padecen esta condición, lo cual ha motivado que se realice una gran cantidad de estudios clínicos para explicar los factores etiológicos que alteran la anatomo-fisiología de la córnea.

En América Latina el queratocono viene siendo evaluado clínicamente en base al juicio clínico del especialista. El estudio clínico del queratocono se basa principalmente en la valoración de los signos biomicroscópicos y en la reflexión de los anillos de placido. Sin embargo, con la inclusión de equipos tecnológicos de última generación basados en imágenes de Scheimplufg se viene dando un gran cambio en el diagnóstico e identificación del queratocono, mejorando así la experticia del profesional. Con las imágenes de Scheimplufg se puede estudiar a detalle cada superficie corneal mediante mapas tomográficos, estos mapas permiten conocer el nivel de distorsión visual que produce el queratocono según la severidad de la condición.

En el Perú y específicamente en Arequipa también hay pacientes con queratocono que pueden experimentar una reducción en la agudeza visual

que no mejora con el uso de sus anteojos o lentes de contacto. Es importante decir que ante esta inquietud los pacientes acuden nuevamente a una consulta oftalmológica u optométrica a fin de conocer el problema que tienen sus ojos y que produce que su visión haya disminuido. Cabe destacar que los especialistas de la visión hacen uso de toda su experiencia clínica para dar con el diagnóstico. Sin embargo, existen patologías oculares como el queratocono que requieren de exámenes especiales que estudien a mayor detalle cada superficie de la córnea. Cualquier alteración en su estructura-curvatura produce cierto nivel de aberración corneal que puede alterar la calidad visual del paciente. Por lo tanto, su estudio y análisis es de suma importancia para entender y valorar el rendimiento visual.

En el Centro Médico de Apoyo Nueva Visión de Arequipa se ha visto que los pacientes con queratocono al ser evaluados mediante el tomógrafo corneal presentan cambios significativos en los índices tomográficos que pueden evidenciar una degradación en la calidad visual del paciente. En este estudio existen varias causas de diferente índole, pero para este estudio se ha identificado que la alteración del colágeno ocasiona el queratocono. En consecuencia, si esta situación problemática continuará presentándose en los pacientes con queratocono, la córnea se adelgazará y protruirá gradualmente, produciendo altos niveles de astigmatismo irregular acompañado de miopía, lo cual en conjunto ocasionará un incremento en los niveles de aberración corneal que en el futuro afectaría notoriamente el rendimiento visual del paciente, afectando así su calidad de vida. Un paciente con queratocono no diagnosticado, no tratado; puede

tener ceguera ocasionando que el paciente no pueda realizar sus actividades cotidianas, como: elegir el atuendo que va utilizar para ir a su centro laboral, conducir su automóvil, salir a caminar, leer anuncios publicitarios o leer periódicos, revistas, entre otras actividades en las que se vería seriamente perjudicado, al punto de requerir ayuda de otra persona para transitar en la vía pública, esto lo convierte en un paciente con discapacidad visual ante la sociedad. La trascendencia de este problema en la sociedad nos indica que habría un incremento de personas con discapacidad visual.

Lo que se busca aportar en los pacientes con queratocono no tratado no diagnosticado es que los profesionales de la salud visual realicen un examen tomográfico de la superficie corneal con la finalidad de evaluar a mayor detalle el grado de queratocono y conocer el nivel de distorsión corneal producido. Se sugiere también que los profesionales utilicen guías clínicas de apoyo diagnóstico.

1.2. DELIMITACIÓN DEL PROBLEMA

1.2.1. DELIMITACIÓN ESPACIAL: Pacientes con Queratocono atendidos en el Centro Médico de Apoyo Nueva Visión de la Ciudad de Arequipa, Perú.

1.2.2. DELIMITACIÓN SOCIAL: Se evaluó a todos los pacientes diagnosticados con queratocono, independientemente de la edad, sexo, origen o procedencia.

1.2.3. DELIMITACIÓN TEMPORAL: Pacientes atendidos desde el 01 de enero hasta el 31 de diciembre del 2021.

1.2.4. DELIMITACIÓN CONCEPTUAL: Abarca los conceptos de Queratocono.

1.3. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

1.3.1. PROBLEMA GENERAL

- ¿Cuáles son las características tomográficas de pacientes diagnosticados con queratocono en el Centro Médico de Apoyo Nueva Visión de Arequipa - 2021?

1.3.2. PROBLEMAS ESPECÍFICOS

1. ¿Cuáles son las características tomográficas del mapa refractivo de pacientes diagnosticados con queratocono en el Centro Médico de Apoyo Nueva Visión de Arequipa - 2021?
2. ¿Cuáles son las características tomográficas del mapa de análisis de Zernike de pacientes diagnosticados con queratocono en el Centro Médico de Apoyo Nueva Visión de Arequipa - 2021?

1.4. JUSTIFICACIÓN

1.4.1. SOCIAL: En la ciudad de Arequipa existen varios pacientes con queratocono; donde la gran mayoría de ellos desconocen que tienen esta patología corneal. Por lo tanto, este estudio ha servido para beneficiar tanto a los pacientes como a los profesionales de salud visual mediante la optimización de un protocolo de diagnóstico rápido que permitió comparar la alteración de la superficie corneal con los niveles de aberración corneal inducidos.

1.4.2. TEÓRICA: El presente estudio de investigación cubrió un vacío del conocimiento en el contexto peruano acerca del tema relacionado

al queratocono a través del estudio de la tomografía corneal; debido a que existe una escasa investigación en nuestro país sobre las características de los mapas tomográficos del queratocono.

1.4.3. METODOLÓGICA: El presente trabajo de investigación permitió demostrar la validez del estudio mediante la creación de una tabla descriptiva de las características tomográficas de la córnea con queratocono. Esta tabla será de utilidad para los profesionales de la salud ocular a efectos de coadyuvar a la mejora de la praxis clínica en el estudio integral del queratocono.

1.5. OBJETIVOS

1.5.1. OBJETIVO GENERAL:

- Identificar las características tomográficas de pacientes diagnosticados con queratocono en el Centro Médico de Apoyo Nueva Visión de Arequipa – 2021.

1.5.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS:

1. Describir las características tomográficas del mapa refractivo de pacientes diagnosticados con queratocono en el Centro Médico de Apoyo Nueva Visión de Arequipa – 2021.
2. Describir las características tomográficas del mapa de análisis de Zernike de pacientes diagnosticados con queratocono en el Centro Médico de Apoyo Nueva Visión de Arequipa – 2021.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. ANTECEDENTES

2.1.1. ESTUDIOS NACIONALES.

Salas¹; en su estudio determino el valor queratométrico pre y post tratamiento del queratocono con anillos intraestromales. Realizó un estudio descriptivo, transversal, retrospectivo. Los resultados indican que la queratometría media preoperatoria fue 50.35 y la queratometría media postoperatoria fue 45.61. El astigmatismo corneal fue de 6.95 D en el preoperatorio y 3.47 D en el postoperatorio. En conclusión, los valores queratométricos disminuyeron luego del tratamiento con anillos intraestromales.

Aranda²; en su estudio analizo la agudeza visual pre y post tratamiento de del queratocono con anillos intraestromales. Utilizó el método cuasi experimental, retrospectivo y transversal. Los resultados indican que existe cambios significativos de la agudeza visual sin corrección de 20/250 a 20/70. En conclusión, los valores de agudeza visual mejoran después del tratamiento con la implantación de anillos intraestromales.

Ramos³; determino la prevalencia y factores asociados al queratocono en pacientes atendidos en el Hospital Regional Honorio Delgado, Arequipa, 2014-2017. Realizó un estudio descriptivo observacional y retrospectivo, y encontró que durante el periodo 2014-2017 la edad promedio fue de 25,29 años, el 52,38% de sexo femenino; el nivel de instrucción es secundaria 54,76% y superior 35,72%; el 80,95% de pacientes proceden de Arequipa; el 52,38% son estudiantes y el 57,14% son insolventes; el 79.76% se frota

los ojos, el 79.76% tiene miopía con astigmatismo; queratocono bilateral 78,57%; el 68,48% sin antecedente familiar de queratocono y el 84,52% utiliza gafas.

Pastor⁴; comprobó la efectividad del crosslinking corneal en el tratamiento de pacientes con queratocono. Su estudio fue observacional, longitudinal de tipo cohorte retrospectivo. Los resultados encontrados indican que el Crosslinking corneal fue efectivo en el 80,9% de los ojos luego de 3 meses del procedimiento. Llegando a la conclusión que el Crosslinking corneal fue efectivo para impedir la progresión del queratocono.

Henríquez⁵; estudio los efectos del crosslinking corneal en pacientes diagnosticados con queratocono en el instituto de ojos Oftalmosalud. Su estudio fue longitudinal, retrospectivo y explicativo. Encontró que al año del postoperatorio la AVSC cambio de 0,65 LogMAR a 0,48 LogMAR, mientras que la AVCC cambio de 0,15 LogMAR a 0,11 LogMAR. Finalmente, el crosslinking corneal es efectivo en detener la progresión del queratocono mejorando la agudeza visual, refracción y las lecturas queratométricas.

2.1.2. ESTUDIOS INTERNACIONALES.

Jinabhai⁶; exploro la corrección de aberraciones de alto orden usando lentes de contacto blandos esferocilíndricas estándar y personalizadas para el control de las aberraciones. Su estudio fue experimental, prospectivo, longitudinal, analítico y explicativo. Los resultados indican que los lentes blandos pueden enmascarar las aberraciones de alto orden; sin embargo, los rendimientos visuales eran peores en comparación con los lentes RGP. En conclusión, la corrección de las aberraciones de alto orden

para pacientes con queratocono es posible usando lentes de contacto blandos personalizados.

Izquierdo⁷; evaluó las aberraciones en pacientes con queratocono adaptados con distintos diseños de lentes RGP, comparándolas con las aberraciones tras retirar los lentes del ojo. Realizó un estudio experimental, prospectivo, longitudinal, analítico y explicativo. Los resultados indican diferencias estadísticamente significativas en las aberraciones entre lente de contacto y sin ella en los pacientes con queratocono. En conclusión, los pacientes con queratocono muestran mayores aberraciones sin lente de contacto que con ella. Por lo tanto, los lentes de contacto RGP producen una mejora de la calidad visual.

Estrella⁸; determino el grado de severidad de las aberraciones corneales de alto orden y de elevación de la cara posterior corneal en los pacientes diagnosticados como queratocono subclínico y manifiesto. Su estudio fue retrospectivo, descriptivo y comparativo. Los resultados muestran una diferencia en los indicadores topográficos, paquimétricos y valores de aberraciones corneales. En conclusión, los puntos de corte para coma total, elevación posterior; coma posterior y trebol total permiten hacer distinción entre ojos con queratocono sospechoso y ojos con queratocono, no se logró encontrar diferencia entre ojos con sospecha vs normales.

Villanueva⁹; evaluó de forma cuantitativa la transparencia de la córnea mediante la densitometría corneal con la tomografía Sheimpflug en pacientes con queratocono sin tratamiento previo y comparar estos resultados con los sujetos control sanos. Realizó un estudio transversal, controlado no aleatorizado, y encontró diferencias estadísticas en los

valores de la densitometría corneal. En conclusión, el queratocono aumenta los valores del SimK, K total, profundidad de la cámara anterior, densitometría corneal y disminuye la paquimetría central, la paquimetría más fina, la mejor AVC de lejos, la transparencia corneal.

Fernández¹⁰; estableció una nueva clasificación quirúrgica del queratocono y evaluó los resultados que se obtienen con el implante de segmentos intracorneales tipo ferrara. Su estudio fue transversal, observacional y descriptivo. Como resultado, al analizar la eficacia y estabilidad del implante corneal tipo Ferrara encontró que los implantes fueron implantados satisfactoriamente sin ninguna complicación. En conclusión, en base a la relación entre los parámetros clínicos-morfológicos se desarrolló una nueva clasificación quirúrgica.

2.2. BASES TEÓRICAS O CIENTÍFICAS

2.2.1. CÓRNEA

La córnea es un tejido transparente, avascular que está expuesto al mundo externo y representa más de dos tercios del poder refractivo total del ojo,¹¹ su transparencia y avascularidad proporcionan una transmisión de luz óptima.¹² La córnea tiene una forma elíptica con un diámetro horizontal promedio de 11,7 mm y un diámetro vertical promedio de 10,6 mm; el radio promedio de la región central anterior es 7,8 mm, mientras que el radio promedio de la región central posterior es 6,5 mm.¹³ La curvatura de la córnea se aplanan del centro hacia la periferia^{12, 13, 14} y tiene un espesor central aproximado de 0,52 mm y 0,67 mm en la periferia.¹⁵ La estructura corneal está conformada por:^{12-15, 16}

- Epitelio corneal estratificado conformado por tres tipos de células: escamosas, aladas y basales.
- Lámina limitante anterior (membrana de Bowman) región acelular de 8 a 14 μm compuesto por fibrillas de colágeno y sustancia base.
- Sustancia propia o Estroma denso compuesto principalmente de lamelas de colágeno. Representa el 90% del espesor corneal.
- Capa dua acelular, delgada de 10 μm a 15 μm .
- Lámina limitante posterior (membrana de Descemet) capa delgada, homogénea y discreta. Se encuentra entre el estroma y el endotelio.
- Endotelio adyacente a la cámara anterior, compuesta de una sola capa de células hexagonales.

2.2.2. QUERATOCONO

2.2.2.1. Definición Conceptual

El queratocono es una ectasia corneal típicamente bilateral, asimétrica con una ubicación central o paracentral ^{17, 18 - 74} en la cual la córnea asume una forma cónica como resultado del adelgazamiento progresivo no inflamatorio del estroma corneal.¹⁹⁻²⁴ A consecuencia de este adelgazamiento, eventualmente el queratocono suele inducir miopía, astigmatismo tanto regular e irregular y protrusión del tejido corneal. ²⁰⁻²⁶ Además, esta condición suele conllevar que el paciente experimente una disminución en su visión que puede ser leve o moderado dependiendo de la cantidad de tejido corneal afectado. ²⁰ Usualmente se presenta en la segunda década de vida, normalmente durante la pubertad, esta enfermedad afecta ambos ojos, aunque en su inicio suele ser asimétrico.

21-24

2.2.2.2. Etiología del queratocono

Aún no se entiende del todo bien la etiología del queratocono, probablemente incluye cambios en el tejido corneal, factor hereditario, enfermedad atópica, desordenes sistémicos y el uso de lentes de contacto rígidos.²⁰⁻²⁴ Por lo mucho la presentación más común del queratocono es como un trastorno esporádico aislado sin ninguna asociación sistémica o enfermedad ocular detectable en la evaluación clínica.¹⁹

2.2.2.3. Síntomas del queratocono

Los síntomas son variables y dependen del estadio en el que se encuentre el queratocono. En un inicio es probable que no se tenga síntomas.¹⁹ A medida que el queratocono avanza se presenta una disminución significativa de la agudeza visual⁷⁴ acompañado de una distorsión de las imágenes que no se logra corregir con el uso de anteojos. También se presenta un cambio en la visión de un ojo, otros síntomas incluyen fotofobia, deslumbramiento, halos alrededor de las luces, diplopía monocular y frotamiento del ojo.^{22, 74}

2.2.2.4. Diagnóstico del queratocono

A continuación, se describen los hallazgos clínicos encontrados en el queratocono:

- **Signos tempranos**

La disminución de la agudeza visual es a menudo el primer signo clínico de queratocono, esta afectación se presenta tanto en la agudeza visual de lejos como de cerca, así como la sensibilidad al contraste, es importante

acotar que estos cambios se acompañan de un aumento en las aberraciones de alto orden.⁷⁴

En un queratocono temprano, al evaluar la córnea con la lámpara de hendidura, la córnea puede parecer normal sin encontrar ningún hallazgo clínico relevante.¹⁹ Por esta razón, los signos más tempranos que son vistos en el queratocono se encuentran al realizar las técnicas de retroiluminación: retinoscopia y oftalmoscopia directa. Con relación a la retinoscopia cabe indicar que se puede encontrar un movimiento del reflejo retinoscópico anormal en forma de tijera^{22 - 25, 26}, mientras que en la oftalmoscopia directa al observar el reflejo rojo el queratocono muestra una sombra oscura flotante de forma redonda u ovalada que guarda similitud a una gota de aceite de Charleaux.^{19, 20 - 26} Ambos signos clínicos son útiles para confirmar casos sospechosos de queratocono. Por otra parte, se observa que los niveles de agudeza visual con corrección de lejos y cerca suelen disminuir, además la agudeza visual puede estar disminuida en un ojo, dado que esta condición es asimétrica.²¹ A menudo los pacientes con queratocono tienen varias prescripciones de anteojos en un corto periodo de tiempo debido a los cambios en el componente cilíndrico tanto en la orientación del eje como el poder dióptrico,⁸ y ningún antejo logra proporcionar una visión satisfactoria.²⁰ Ahora bien, en la valoración del estado refractivo se puede encontrar miopía, astigmatismo irregular progresivo generalmente con la regla u oblicuo.⁸⁻²⁰ Aunque Kılıç *et al.*,²³ reportaron casos de queratocono con presencia de hipermetropía. En el caso de la queratometría, se puede apreciar una ligera distorsión o aumento en el valor de las lecturas queratométricas centrales o inferiores.

¹⁹ Además las miras pueden ser ovaladas. Por tal motivo, se presenta un cierto grado de dificultad que imposibilita el enfoque, alineamiento y unión de las miras queratométricas. ²²

- **Signos tardíos**

Es importante acotar que los signos tardíos se aprecian en un queratocono que cursa un estadio moderado – avanzado. En primer lugar, se debe considerar un examen clínico con lámpara de hendidura donde al realizar la sección óptica se puede observar el adelgazamiento del ápice del queratocono. ¹³⁻²⁰ Este adelgazamiento estromal clínicamente significativo en el área del cono puede ser central o paracentral. Además, con la progresión del queratocono, el cono a menudo suele desplazarse inferiormente o ínfero-temporal. ²⁰⁻²⁶

El siguiente punto a considerar son las estrías de Vogt, las cuales se presentan como pequeñas líneas verticales, aunque también pueden ser líneas oblicuas que se encuentran en lo profundo del estroma y la membrana de Descemet. ¹⁹ Ahora bien, las estrías de Vogt se forman a lo largo del meridiano de mayor curvatura. ²⁰ Estas líneas desaparecen al hacer presión digital ¹³ y son más fáciles de ver cuando reaparecen después de ejercer una ligera presión. ²⁰

Por otra parte, se observa un arco de hemosiderina o línea circular, comúnmente conocido como anillo de Fleischer, ²¹ un anillo de hierro ²⁴⁻²⁶ que tiene una tonalidad marrón amarillento o verde oliva que puede o no aparecer de forma completa alrededor de la base del cono. ¹³⁻²⁰ El uso del

filtro azul cobalto facilita la localización del anillo de Fleischer, un enfoque cuidadoso sobre el epitelio permite evaluar su extensión.²⁰

La cicatriz corneal puede ocurrir a medida que el queratocono progresa, el tamaño y localización de la cicatriz corneal determina el impacto en la función visual.²⁰⁻³¹

La observación de nervios corneales es otro signo clínico a considerar, los cuales se hacen más visibles en el queratocono.²⁰ Los nervios corneales aparecen como líneas grises y se aprecian con mayor facilidad debido al adelgazamiento corneal.¹³

En algunos pacientes con queratocono, especialmente en los pacientes con síndrome de Down²⁶ se presenta un episodio agudo de hidropesía corneal, el cual se debe a una ruptura de la membrana de Descemet¹³⁻²⁷ que da lugar a un cuadro de sobre-hidratación de la córnea, el humor acuoso fluye al interior del estroma corneal.²⁰⁻²⁶ Los pacientes con queratocono que han tenido un episodio de hidropesía corneal han reportado dolor, fotofobia,²⁷ pérdida repentina de la visión y un punto blanco visible en la córnea.²⁰ La hidropesía corneal causa edema y opacificación. A medida que el endotelio se regenera, el edema y la opacificación se disminuye.²⁰⁻²⁷ El edema corneal puede persistir durante semanas o meses, generalmente disminuye gradualmente.¹³ En última instancia, el edema corneal es reemplazado por cicatrices,¹³ estas cicatrices ocasionalmente pueden beneficiar a los pacientes con queratocono que tienen córneas extremadamente curvas.²⁰ Si la córnea

cicatriz, a menudo resulta en un aplanamiento corneal que puede mejorar la visión del paciente.²⁷

El signo de Munson es un signo externo característico del queratocono avanzado que se observa sin la necesidad de la lámpara de hendidura.¹³

El encurvamiento de la córnea se protruye lo suficiente para angular el párpado inferior y se aprecia mejor durante la mirada inferior.^{20 - 26}

Mientras que el fenómeno o reflejo luminoso de Rizutti es un signo externo que evidencia la convergencia de la iluminación lateral del lado temporal en dirección al limbo nasal.^{13 - 30} La posición del reflejo convergente es otro indicador de la severidad del queratocono.¹³ Aunque este signo no es un signo patognomónico, el reflejo de Rizutti puede ayudar en el diagnóstico del queratocono, especialmente cuando no se dispone de una lámpara de hendidura.²⁸ En un queratocono leve el reflejo convergente se encuentra dentro del limbo; en un queratocono moderado el reflejo se encuentra en el limbo nasal y en casos avanzados el reflejo converge más allá del limbo nasal.¹³

La reducción del espesor corneal, así como una menor rigidez pueden conllevar a una reducción en la presión intraocular, especialmente en casos de queratocono avanzado.²⁸ En cuanto a la histéresis corneal, Fontes., *et al*²⁹ encontraron en su estudio que las córneas con queratocono presentan valores estadísticamente más bajos que las córneas normales.

La evaluación de la superficie corneal mediante imágenes corneales es esencial para el estudio clínico del queratocono. En los casos de

queratocono avanzado los hallazgos clínicos suelen ser evidentes. Por otro lado, en los casos leves los signos clínicos no son tan obvios y se requiere otros instrumentos que faciliten el diagnóstico.³² Estos instrumentos pueden ser cualitativos o cuantitativos, y basados en la reflexión o basados en la proyección.³¹ Dentro de estos instrumentos tenemos al queratómetro como instrumento cuantitativo, al fotoqueratoscopio como instrumento cualitativo, ambos basados en la reflexión. Mientras, los topógrafos corneales se caracterizan por ser instrumentos de valoración cualitativa-cuantitativa que se basan en la evaluación de la imagen reflejada del disco de placido.³³ A diferencia de los topógrafos corneales, los tomógrafos corneales recrean una imagen tridimensional y proporcionan información clínica importante del espesor corneal.³¹ Las imágenes de sección transversal - imágenes Scheimpflug se utilizan para la valoración de la superficie corneal anterior y posterior.

En el pasado, los topógrafos corneales diagnosticaban el queratocono basándose principalmente en la interpretación de los códigos de colores,³⁴ mapas de curvatura,^{35 - 87} mapas de elevación anterior,^{36 - 88} patrones topográficos³⁷ e índices topográficos – descriptores cuantitativos.^{19, 38, 39, 40}

En los últimos años el uso de las imágenes de Scheimpflug para el diagnóstico del queratocono no solo ha permitido una identificación más temprana del queratocono, sino que ha mejorado la especificidad para excluir falsos positivos con mapas de curvatura sospechosos, así como evaluar la localización del cono y su progresión.^{41 - 61, 62}

El Consenso Global sobre Queratocono y Enfermedades Ectásicas,⁴² recomienda los siguientes criterios clínicos para el diagnóstico del queratocono: elevación posterior anormal, distribución anormal del espesor corneal y el adelgazamiento corneal.

2.2.2.5. Clasificación del queratocono

No existe una clasificación generalmente aceptada del queratocono.⁴³ Sin embargo, Mandell⁴⁴ sugiere que cualquier sistema de clasificación propuesto debe tener en cuenta al menos cinco parámetros de una descripción del cono: el radio del ápice y toricidad, excentricidad, posición del ápice, área afectada y espesor corneal.

Conocer la clasificación del queratocono es el primer paso para entender la gravedad y estadio del cono. El queratocono puede clasificarse según: el tipo de queratocono,⁴⁵ la curvatura corneal,⁴⁶ el espesor corneal,^{47, 58} -⁶⁰ patrón topográfico.³⁷

La clasificación por tipo, es una clasificación sencilla que divide al queratocono en etapa temprana y etapa avanzada.⁴⁵ En la etapa avanzada el cono puede ser clasificado según su forma y posición en pezón (central), oval (inferior/inferotemporal) y global (diámetro grande).¹⁹ -⁴⁸ Los conos avanzados se pueden distinguir en examen clínico con lámpara de hendidura o mediante topografía corneal.⁴⁷

En cuanto a la curvatura corneal, Buxton *et al.*,⁴⁶ clasificaron al queratocono en función a la severidad de los valores queratométricos de la curvatura corneal en el ápice del cono, como: leve si es menor a 45.00 D en ambos meridianos, moderado si es de 45.00 D a 52.00 D en ambos

meridianos, avanzado si es de mayor a 52.00 D y menor a 62.00 D en ambos meridianos, y severo si es mayor a 62.00 D en ambos meridianos.

En relación al espesor corneal, Booyen ⁴⁷ utiliza los valores paquimétricos para distinguir una córnea normal de una córnea con queratocono. En esta clasificación una córnea normal tiene 543 μm , un queratocono temprano tiene 506 μm , un queratocono moderado tiene 473 μm , y un queratocono avanzado tiene 446 μm .

Bogan *et al* ⁴⁹ desarrollaron un sistema de clasificación cualitativa basado en la morfología de la córnea observando los patrones topográficos codificados por colores usando la escala normalizada. Esta clasificación fue expandido por Rabinowitz *et al* ⁵⁰ quienes usaron un esquema de clasificación del patrón de videoqueratografía basado en la escala absoluta aumentando cinco categorías para clasificar los patrones topográficos de la asimetría corneal.

Un sistema de clasificación basado en la aparición de signos clínicos y videoqueratográficos fue propuesto por Li *et al* ⁵¹ quienes utilizaron el siguiente sistema de clasificación diagnóstico: queratocono, queratocono temprano, sospecha de queratocono y normal.

El sistema de clasificación de Amsler-Krumeich ^{32 - 52} por muchos años fue ampliamente aceptada. Se basó principalmente en el estudio corneal de la superficie anterior y clasifico la gravedad del queratocono en 4 estadios utilizando (1) el error refractivo, (2) queratometría central, (3) presencia o ausencia de cicatrización y (4) espesor corneal central. Así tenemos que el estadio I presenta encorvamiento excéntrico, miopía y astigmatismo <

5.00 D, lectura queratométrica central media < 48.00 D. Mientras el estadio II presenta miopía y astigmatismo de 5.00 – 8.00 D, lectura queratométrica central media < 53.00 D, ausencia de cicatriz, espesor corneal mínimo > 400 μm . En el caso del estadio III, la miopía y el astigmatismo es de 8.00 – 10.00 D, lectura queratométrica central media > 53.00 D, ausencia de cicatriz, espesor corneal mínimo de 300 – 400 μm . Finalmente, en el estadio IV la refracción no es posible, la lectura queratométrica central media > 55.00 D, presencia de cicatriz corneal central y el espesor corneal mínimo es de 200 μm .

Por otro lado, Alió *et al*⁵³ modificaron la clasificación de Amsler-Krumeich, tomando en consideración las lecturas queratométricas centrales medias, la aberración de alto orden similares al coma y cicatrización corneal en casos avanzados. El estudio referido también brinda una clasificación en 4 estadios. El estadio I presenta lecturas queratométricas centrales medias ≤ 48.00 D, RMS de aberración tipo coma de 1.50 a 2.50 μm con ausencia de cicatrices. Ahora bien, el estadio II presenta lecturas queratométricas centrales medias > 48.00 a ≤ 53.00 D, RMS de aberración tipo coma de > 2.50 a ≤ 3.50 μm , ausencia de cicatrices y espesor corneal mínimo > 400 μm . Mientras el estadio III presenta lecturas queratométricas centrales medias > 53.00 a ≤ 55.00 D, RMS de aberración tipo coma de > 3.50 a ≤ 4.50 μm , ausencia de cicatrices y espesor corneal mínimo de 300 a 400 μm . El estadio IV presenta lecturas queratométricas centrales medias > 55.00 D, RMS de aberración tipo coma de > 4.50 μm , presencia de cicatriz corneal central y espesor corneal mínimo de 200 μm .

De acuerdo con el estudio Collaborative Longitudinal Evaluation of Keratoconus (CLEK) ^{24 - 54} la gravedad del queratocono se caracteriza por cambios en la visión, curvatura corneal, signos biomicroscópicos, cicatrización corneal y calidad de vida. Sin embargo, un nuevo método para clasificar la severidad del queratocono fue propuesto por McMahon *et al.*, ⁵⁵ quienes introdujeron un índice de puntuación de gravedad del queratocono conocido como índice KSS. Así tenemos:

- **KSS 0** (no afecto – topografía normal) donde no hay cicatriz corneal consistente con queratocono sin signos biomicroscópicos de queratocono con un mapa topográfico axial típico, con un poder corneal promedio de ≤ 47.75 D y un RMS de alto orden ≤ 0.65 μm .
- **KSS 1** (no afectado - topografía atípica), no presenta cicatriz corneal consistente con queratocono sin signos biomicroscópicos de queratocono con un mapa topográfico axial atípico (patrón irregular, corbatín asimétrico superior, corbatín asimétrico inferior, incremento en la curvatura inferior o superior no mayor de 3.00 D que el poder corneal promedio), con un poder corneal promedio de ≤ 48.00 D y un RMS de alto orden ≤ 1.00 μm .
- **KSS 2** (sospecha topográfica de queratocono), no presenta cicatriz corneal consistente con queratocono sin signos biomicroscópicos de queratocono con un mapa topográfico axial con un área aislada de incremento de curvatura inferior, superior o central con un poder corneal promedio de ≤ 49.00 D y un RMS de alto orden $> 1.00, \leq 1.50$ μm .

- **KSS 3** (afectado - queratocono leve), presenta un mapa topográfico axial consistente compatible con queratocono, puede tener signos biomicroscópicos positivos, pero sin cicatriz corneal consistente con queratocono, con un poder corneal promedio de ≤ 52.00 D y un RMS de alto orden $> 1.50, \leq 3.50$ μm .
- **KSS 4** (afectado - queratocono moderado), presenta un mapa topográfico axial consistente compatible con queratocono, tiene signos biomicroscópicos positivos, con presencia de cicatriz corneal grado 3.0, con un poder corneal promedio de > 52.00 D, ≤ 56.00 D y un RMS de alto orden $> 3.50, \leq 5.75$ μm .
- **KSS 5** (afectado - queratocono avanzado), presenta un mapa topográfico axial consistente compatible con queratocono, tiene signos biomicroscópicos positivos, con presencia de cicatriz corneal grado 3.5 o mayor, con un poder corneal promedio de > 56.00 D y un RMS de alto orden > 5.75 μm .

Finalmente, Belin *et al.*,^{56, 57, 58, 59} propusieron un nuevo sistema de clasificación ABCD basado en datos tomográficos actuales. Consta de 5 etapas que van de 0 a IV y se basan en la siguiente información: (A), radio de curvatura anterior; (B), radio de curvatura posterior; (C), paquimetría más delgada; (D), agudeza visual mejor corregida de lejos y un modificador para la presencia de cicatrización corneal.

Criterio ABCD	A Radio de Curvatura Anterior (Zona de 3 mm)	B Radio de Curvatura Posterior (Zona de 3 mm)	C Paquimetría más delgada en micras (µm)	D Agudeza Visual Mejor Corregida de Lejos (BDAV)	Cicatriz
Etapa 0	> 7.25 mm (< 46.5 D)	> 5.90 mm	> 4.90 µm	≥ 20/20 (≥ 1.0)	-
Etapa I	> 7.05 mm (< 48.0 D)	> 5.70 mm	> 4.50 µm	< 20/20 (< 1.0)	-, +, ++
Etapa II	> 6.35 mm (< 53.0 D)	> 5.15 mm	> 4.00 µm	< 20/40 (< 0.5)	-, +, ++
Etapa III	> 6.15 mm (< 55.0 D)	> 4.95 mm	> 3.00 µm	< 20/100 (< 0.2)	-, +, ++
Etapa IV	< 6.15 mm (> 55.0 D)	< 4.95 mm	≤ 3.00 µm	< 20/400 (< 0.05)	-, +, ++

Cicatrización - claro, sin cicatrices (-), cicatrices, detalles del iris visibles (+), cicatrices, iris oscurecido (++); También se muestran dioptrías para el radio de curvatura anterior

Fuente: Klin Monatsbl Augenheilkd. 2016;233(6):701-707. ⁵⁷

2.2.2.6. Diagnóstico diferencial del queratocono

El queratocono puede ser confundido con otras distrofias ectásicas y trastornos de adelgazamiento, tales como la degeneración marginal pelúcida, degeneración marginal de Terrien y el queratoglobos. ¹⁹

La degeneración marginal pelúcida es un trastorno, raro, ⁶³ bilateral, asimétrico, no inflamatorio que se caracteriza por un adelgazamiento de la córnea inferior, ^{63, 64 - 74} presenta una banda periférica de adelgazamiento de la córnea inferior en horas 4 y 8. ¹⁹ Hay un área no involucrada de 1 – 2 mm entre el adelgazamiento y el limbo. ⁷⁴ La protusión corneal es más notoria por encima del área de adelgazamiento, ¹⁹ en un área de espesor normal, ⁶⁵ dando como resultado una apariencia topográfica de mariposa ⁷⁴ evidenciando un marcado astigmatismo irregular contra la regla, en algunos casos hasta de 10.00 D. ⁶³

La degeneración marginal pelúcida se diferencia del queratocono principalmente en su evolución, el queratocono por lo general comienza en la pubertad y continúa hasta la tercera o cuarta década de vida,

mientras la degeneración marginal pelúcida tiene un inicio más tardío con una progresión más lenta.⁶⁵

Por otro lado, la degeneración marginal de Terrien es una enfermedad corneal periférica rara de etiología desconocida.^{66, 67} Aunque su etiología sea desconocida, la hipótesis se centra en un posible origen degenerativo e inflamatorio.⁶⁸ A menudo es bilateral, asimétrico que presenta una progresión lenta,⁶⁷ que comienza con la opacificación e invasión vascular de la periferia corneal,⁶⁹ puede afectar tanto la córnea superior como la inferior y se acompaña de depósitos de lípidos.¹⁹ Esta condición afecta a un grupo de edad similar,¹⁹ es vista comúnmente en hombres mayores de 40 años.⁶⁹

El queratocono se presenta como un adelgazamiento, progresivo del estroma que puede ser central o paracentral.⁶⁷ Mientras la degeneración marginal de Terrien suele afectar los cuadrantes superior e inferior de la córnea, lo cual cambia la apreciación de las imágenes topográficas.¹⁹

El queratoglobo es un trastorno ectásico raro, bilateral no inflamatorio,^{70 – 72, 73} que se caracteriza por un adelgazamiento total de la córnea, especialmente cerca al limbo corneal.^{19, 64} El queratoglobo generalmente está presente desde el nacimiento⁶⁴ y tiende a no ser progresivo^{19, 74} o presenta una progresión mínima.⁷¹ En un análisis tomográfico el queratoglobo suele inducir astigmatismo irregular con la regla con alteraciones de la curvatura corneal total.⁶⁴ Aunque se puede distinguir de la megalocórnea y el glaucoma congénito porque la córnea suele tener un diámetro corneal normal¹⁹ o ligeramente aumentado.⁷¹

El queratoglobo se diferencia del queratocono principalmente en la edad de aparición.⁷³ El espesor corneal es otro punto a considerar en el diagnóstico diferencial, en el queratoglobo la córnea es sumamente delgada, propensa a ruptura corneal.¹⁹ El adelgazamiento en el queratoglobo es difuso y mayormente en la periferia comparado con el queratocono donde el adelgazamiento es axial.⁷¹ El queratoglobo muestra una protrusión globular mientras que el queratocono la protrusión es en forma de cono.^{72, 73} Otro criterio a considerar es que el anillo de Fleischer y las estrías de Vogt no están asociadas al queratoglobo.⁷³

Bennett *et al.*,⁷⁴ indicaron que el síndrome de deformación corneal o córnea warpage se presenta como una combinación de hipoxia corneal y efectos mecánicos inducidos por los lentes de contacto, la córnea warpage raramente exhiben un encorvamiento superior a 50.00 D. Además, la irregularidad y el des-alineamiento de las miras es menor que el queratocono, la opacidad corneal está presente en el queratocono y no necesariamente en el síndrome de deformación corneal.

Finalmente, el queratocono posterior es un trastorno corneal raro, unilateral, no inflamatorio y no progresivo, usualmente congénito caracterizado por un adelgazamiento total “*queratocono posticus generalis*” o localizado “*queratocono posticus circumscriptus*”, con cambios morfológicos que comienzan con una protusión cónica de la curvatura corneal posterior, mientras la superficie corneal anterior no presenta alguna protusión corneal.^{71 – 83, 84, 85, 86}

Krachmer *et al.*,⁸⁶ indican que en el queratocono posterior la curvatura anterior puede ser astigmática, pero este astigmatismo usualmente es ligeramente irregular en comparación con el alto astigmatismo irregular producido por la protusión corneal que se da en el queratocono anterior.

2.2.2.7. Manejo y tratamiento del queratocono

El manejo apropiado del queratocono varía según su severidad y requerimiento visual,^{19, 71} los casos incipientes se manejan con anteojos,²¹ los casos leves a moderados con lentes de contacto y los casos graves se manejan mediante tratamiento quirúrgico.²¹

Manejo no quirúrgico.

- Anteojos.

La corrección con anteojos no es una forma común de corrección en queratocono.⁷⁴ Sin embargo, los anteojos se usan normalmente sólo en los casos de queratocono temprano.¹⁹ Esto quedó demostrado en el estudio CLEK,⁵⁴ donde se encontró que el 16% de los pacientes diagnosticados con queratocono usaban anteojos de lejos. A medida que el queratocono progresa, el cono induce astigmatismo de tipo irregular¹⁹ y, por consiguiente, los anteojos no logran proporcionar una buena agudeza visual.²¹ Esto se debe a que los anteojos no se conforman a la forma inusual de la córnea.¹⁹

- Lentes de contacto.

Romero *et al.*,²¹ indicaron que Adolph Eugen Fick fue el primero en describir el uso de lentes de contacto para controlar el queratocono.

Además, es importante acotar que Fick ideó lentes de contacto de vidrio con el objetivo de corregir superficies corneales irregulares, y evitar la enucleación de ojos con apariencia no estética.⁷⁵ Desde entonces, el uso de lentes de contacto representa la opción más común y exitosa para los casos tempranos a moderados de queratocono.²¹

El objetivo de la adaptación de lentes de contacto es mejorar la agudeza visual con confort sin afectar la salud corneal. Un lente de contacto se selecciona en base a la refracción manifiesta si es posible y según el estadio del queratocono.⁷⁶ Además, Patrick *et al.*,⁷⁷ sugiere que, para entender las técnicas de adaptación de las lentes de contacto modernas, es absolutamente necesario comprender los cambios en la topografía corneal que ocurren tanto en el queratocono temprano como en el avanzado. Rathi *et al.*,⁷⁶ sugieren que en los casos de queratocono leve se puede seleccionar un lente de contacto blando esférico o tórico, pero a medida que el queratocono progresa, lo ideal es adaptar lentes de contacto rígidos gas permeable (RGP). Por ello, los lentes de contacto blandos tienen un rol muy limitado en la corrección del queratocono.⁴⁵ Asimismo, Bennett *et al.*,⁷⁴ indican que los lentes blandos han tenido poca aplicación clínica en el queratocono y se adaptan por lo general en los casos leves sin presencia de astigmatismo irregular. Aunque con los nuevos materiales de hidrogel de silicona se están adaptando lentes blandos con control de la aberración óptica y se viene obteniendo resultados muy prometedores.

Adaptación de lentes de contacto RGP

El queratocono es mejor corregido con lentes de contacto RGP incluso en estadios tempranos, debido a que corrige tanto el astigmatismo irregular como las aberraciones secundarias que son inducidas por la irregularidad de la superficie corneal.⁷⁴ Sin embargo, aunque la adaptación de lentes de contacto RGP puede proporcionar una mejor visión, una adaptación deficiente es altamente perjudicial para la córnea, especialmente la filosofía de adaptación plana que busca el aplanamiento de la córnea.⁷⁸

Existen tres diferentes técnicas o filosofías de adaptación de lentes de contacto RGP para queratocono. Estas son:^{13, 20, 24, 45, 74, 76, 78, 79 - 81} toque apical, claridad apical y toque en tres puntos.

- **Plano: toque apical o apoyo apical.**

La zona óptica central del lente de contacto tiene un contacto “apoyo” con el ápice de la córnea.⁷⁸ La técnica de toque apical se utilizó ampliamente en el pasado,¹³ cuando se pensaba que un lente rígido grande plano podría cambiar la forma de la córnea y detener el avance del queratocono.

⁷⁴

Para conseguir esta filosofía de adaptación se debe seleccionar diámetros grandes de 9 a 10 mm con una curva base plana, bajo la modalidad de retención superior.^{13, 45} Sin embargo, no es ideal usar esta técnica debido a que el contacto en la zona delgada de la córnea puede causar rápidamente abrasiones y cicatrices corneales.^{76, 78}

- **Ajustado: claridad apical.**

La claridad apical se basa en las diferencias de la altura sagital entre el lente y la córnea, donde la superficie posterior del lente tiene un apoyo o presión dirigido hacia la zona paracentral, lejos del ápice del cono,^{45, 79, 80}

dejando un espacio en la zona central de la córnea. ⁷⁶ Con esta técnica de adaptación se reduce el riesgo de cicatrización corneal, ²⁰ pero contribuye en la formación de edema corneal mínimo, ⁴⁵ encorvamiento de la córnea central, impresión de la media periferia y tinción corneal en horas 3 y 9. ⁷⁸ Aunque Harris *et al* ²⁰ indicaron que la técnica de claridad apical funciona bien en queratoconos pequeños con un ápice central o ligeramente inferior. ²⁰

Esta técnica de adaptación se logra al adaptar un lente de contacto que tenga un diámetro pequeño con un radio de zona óptica posterior relativamente más curvo o cerrado. ^{45, 81} Desafortunadamente, se puede presentar destellos, diplopía monocular y una reducción de la agudeza visual. ²⁰

- **Soporte dividido o toque en tres puntos.**

En la filosofía de adaptación de toque en tres puntos, es una técnica clásica, muy popular y preferida por muchos profesionales para adaptar lentes de contacto para queratocono, ^{20, 45, 74} en la cual el lente de contacto descansa suavemente en el ápice del cono en un área de 2 a 3 mm, acompañado de un apoyo mínimo en la córnea paracentral, ^{45, 74, 78} generalmente distribuido a 180 grados entre sí. ¹³ Esto minimiza el riesgo de cicatrización corneal, así como facilitar el intercambio lagrimal, ⁷⁶ proporcionando una adaptación y visión estable con comodidad a largo plazo y un mayor tiempo de uso. ⁴⁵

La técnica de toque en tres puntos se logra generalmente con un lente de prueba esférico tri-curvo con un radio de zona óptica posterior más cerrado, ⁷⁹ y un diámetro de 7.8 mm a 8.5 mm. ²⁰

La evaluación con fluoresceína crea cuatro zonas de evaluación: toque apical ligero, claridad paracentral, apoyo medio-periférico, y claridad periférica. ⁷⁴

Otras alternativas

Existen varios sistemas de lentes de contacto de adaptación para queratocono tales como, el sistema Soper, el sistema McGuire, el sistema Nicone Lens y el sistema Piggyback. ²⁰ Aunque el estudio CLEK desarrolló su set de prueba para queratocono. ⁷⁸ Ahora bien, otro set de prueba para queratocono fue diseñado por el optometrista Paul Rose, conocido como Lentes Rose K / Rose K2. ⁷⁴ Finalmente, encontramos a los lentes híbridos, los cuales incorporan en el centro un lente RGP y una periferia blanda. ²⁰

74

Manejo quirúrgico

- Cirugía corneal.

Si el manejo del queratocono con lentes de contacto no es exitoso, la intervención quirúrgica es la próxima opción. ⁴⁵ Por lo tanto, el trasplante corneal o queratoplastia penetrante (QP) es la cirugía más común e indicada para los pacientes con queratocono, debido a que proporciona buenos resultados visuales. ²⁰ Por otra parte, el trasplante parcial o queratoplastia lamelar profunda (QLP), es una técnica difícil que constituye un mayor reto para el cirujano, ⁴⁵ y en la cual se obtiene una agudeza visual inferior a la QP. ²⁰ Ocasionalmente, se puede considerar los anillos intraestromales (INTACS) o una epiqueratoplastia en el manejo del queratocono, aunque esta última ha sido reemplazada por la QP. ⁴⁵

Finalmente, Wollensak *et al.*,⁸² describieron el uso de la reticulación del colágeno corneal o cross-linking (CXL) para detener el avance de la ectasia corneal y así reducir la necesidad de la QP.

2.2.3. ABERRACIONES CORNEALES

2.2.3.1. Generalidades

Para empezar, es importante considerar a la luz como una radiación electromagnética que se propaga en forma de rayos u ondas.⁸⁹ En ese sentido, es conveniente indicar que las ondas de luz se propagan en el espacio o medio formando una superficie imaginaria conocida como frente de onda o *wavefront*.^{90, 91, 92} Cabe destacar que cuando las ondas de luz parten de una fuente puntual, el frente de onda adquiere una forma esférica y a medida que avanza se vuelve más plano.⁹³ Por lo tanto, cuando las ondas de luz ingresan en un sistema óptico perfecto, emergen de él ondas luminosas perpendiculares al frente de onda, formando un frente de onda esférico que puede converger o diverger como si viniera de un solo punto.^{93, 94} Sin embargo, cualquier alteración en el frente de onda dará lugar a que la propagación no sea ideal, por lo que se le denomina *aberración del frente de onda*.⁹⁵ La diferencia entre el frente de onda ideal y el frente de onda aberrado se denomina aberración del frente de onda⁹⁴ o error del frente de onda.⁹⁵ En este contexto, es conveniente recalcar que, desde el punto de vista etimológico, el origen de la palabra aberración proviene del latín y significa salirse del camino o desviarse.^{94, 95}

Resulta razonable indicar que el ojo humano es un sistema óptico imperfecto, que refleja un frente de onda imperfecto, estas imperfecciones

son descritas en la literatura científica como aberraciones ópticas,⁹⁴ aberraciones del frente de onda o aberraciones del sistema óptico ocular.¹⁰ Las aberraciones ópticas producen un emborronamiento de la imagen retiniana que degradan la calidad visual.^{96, 97} En relación con este tema, las aberraciones ópticas se pueden clasificar en aberración cromática “*producida por muchas longitudes de luz*” y la aberración monocromática “*producida por una sola longitud de luz*”.^{98 - 103} Así mismo, es necesario indicar que la aberración cromática se clasifica en longitudinal “*axial*” y transversal “*lateral*”.⁹⁶ Por otro lado, la aberración monocromática se clasifica en aberración esférica, coma, astigmatismo, curvatura de campo y distorsión.^{99, 100} Aunque la aberración monocromática también puede ser dividida en aberraciones de bajo orden y aberraciones de alto orden.^{95 - 101}

Las aberraciones ópticas producidas por el sistema óptico del ojo se deben principalmente a los medios refringentes del ojo.⁹⁶ Por esta razón, es importante analizar el comportamiento del frente de onda reflejado del interior del sistema óptico del ojo mediante el uso de los aberrómetros¹⁰² o sensores de frente de onda.⁹⁴ Cabe indicar que el término aberrometría es usado para describir y analizar las aberraciones del frente de onda.⁹³ Por lo tanto, la aberrometría mide de forma cualitativa y cuantitativa las aberraciones ópticas monocromáticas, mediante el uso del mapa aberrométrico, la función de dispersión de punto (o *point spread function, PSF*) y el error cuadrático medio (o *root square, RMS*).¹⁰

Es así que cuando se estudia la totalidad del comportamiento de las aberraciones ópticas del ojo se conoce como aberrometría ocular, global

o total. ^{94, 102} Así mismo, las aberraciones ópticas producidas por la superficie corneal se denominan aberraciones corneales y las aberraciones producidas por el cristalino se denominan aberraciones intraoculares, la combinación de la aberración corneal y la aberración del cristalino determinan las propiedades ópticas del ojo que definen la calidad de la imagen. ^{102 – 110}

Actualmente, se cuenta con equipos como el Pentacam que determinan las aberraciones corneales mediante el método de ray tracing. ¹⁰⁴

2.2.3.2. Análisis de las Aberraciones Corneales

El análisis del frente de onda de la córnea proporciona información sobre la calidad óptica del ojo y complementa el análisis del frente de onda ocular. ¹¹⁰ Por lo tanto, en un ojo normal, las aberraciones ópticas producidas por la córnea representan el 90% de las aberraciones totales del sistema óptico del ojo. ^{94, 102 - 113} De hecho la mayoría de las aberraciones corneales se originan en la superficie anterior de la córnea. ¹⁰² Por lo tanto, con el fin de calcular las aberraciones de la córnea se debe valorar la superficie anterior con un topógrafo corneal convencional. ¹⁰⁵ En otras palabras se debe analizar el comportamiento óptico de la córnea mediante los polinomios de Zernike. ¹⁰² Sin embargo, también resulta necesario analizar la superficie posterior de la córnea mediante la tomografía corneal. De esta manera se podrá obtener una aberrometría más exacta, diferenciando la aberrometría de la superficie anterior de la superficie posterior. ¹⁰

2.2.3.3. Polinomios de Zernike y Aberraciones Corneales

En la óptica ocular, las aberraciones del frente de onda usualmente son descritas matemáticamente mediante la serie polinómica infinita de Zernike.¹¹⁰ De hecho, Vidal⁹⁴ indicó que la Sociedad Óptica Estadounidense (o *The Optical Society of America, OSA*) recomendó los polinomios de Zernike como el método estándar para describir el error en el frente de onda del sistema óptico. Los polinomios ortogonales de Zernike son las ecuaciones más utilizadas para describir la forma de un frente de onda aberrado.^{103, 106, 112} Por lo tanto, la descomposición de los polinomios de Zernike proporcionan una buena descripción de las propiedades ópticas de la córnea.¹¹⁰

- **Pirámide de Zernike.**

Cabe considerar que los polinomios de Zernike están ordenados en una tabla periódica en forma de una pirámide.^{94, 102} En ese sentido la pirámide de Zernike tiene 6 órdenes diferentes¹⁰⁷ y 27 patrones. Por consiguiente, cada polinomio de Zernike consta de tres términos o componentes a conocer $Z(n, m)$: el factor de normalización $[N]$, orden radial $[n]$ y una frecuencia angular meridional $[m]$.^{94, 95 - 108, 110 - 112} En ese orden de ideas, el polinomio de Zernike tiene dos índices siempre con valor entero.⁹⁴ El subíndice “n” indica la fila u orden radial y siempre es positivo. Mientras el superíndice “m”, indica la columna o frecuencia angular, además puede ser positivo o negativo. Así mismo, cada patrón se puede identificar con su índice “j”.⁹⁵ Finalmente, los polinomios de Zernike se dividen en 3 grupos principales: aberraciones constantes, aberraciones de bajo orden y aberraciones de alto orden.¹⁰⁷

2.2.3.4. Grupos de Zernike

- **Aberraciones Constantes (orden 0 y 1).**

Las aberraciones constantes o de primer orden, normalmente se ubican en la pirámide en el orden 0 – 1, ⁹⁴ contienen 3 aberraciones invariables en todos los sistemas ópticos: el pistón, la inclinación horizontal o Tilt y la inclinación vertical o Tip. ¹⁰⁷ El pistón es la ausencia de aberración y representa el adelanto o retraso del frente de onda con respecto al plano de la pupila de salida. ⁹⁴ El pistón no es de importancia clínica debido a que es un término constante. Así mismo, la inclinación horizontal o vertical tampoco tiene importancia clínica debido a que representan las inclinaciones prismáticas alrededor de los ejes vertical y horizontal, ¹⁰⁸ y se pueden compensar con un pequeño cambio en la fijación. ¹⁰⁹ En síntesis, las aberraciones constantes están presentes debido a la asimetría propia de las estructuras del sistema óptico del ojo. ⁹⁴ Debido a su naturalidad, estas aberraciones generalmente no afectan la calidad de la imagen retiniana, ¹⁰⁹ por lo tanto carecen de interés clínico y no se toman en cuenta para el cálculo total de la aberrometría. ¹⁰⁷

- **Aberraciones de Bajo Orden (orden 2)**

Las aberraciones de bajo orden también se les conoce como aberraciones de segundo orden. ^{95, 107} De hecho, las aberraciones de bajo orden permiten describir la miopía, la hipermetropía y el astigmatismo; son las que se diagnostican y corrigen mediante el uso de anteojos, lentes de contacto o cirugía refractiva. ⁹⁴

Las aberraciones de bajo orden se ubican en el orden 2 y contienen 3 aberraciones: dos componentes del astigmatismo y un desenfoque esférico.^{95, 107, 108} Cabe mencionar que el astigmatismo resulta de una asimetría en el frente de onda en forma de superficie tórica.⁹¹ Por lo tanto, los dos componentes del astigmatismo sirven para determinar su magnitud y su eje.¹⁰⁷ Mientras que el desenfoque esférico, tiene un impacto importante en la calidad de la imagen retiniana, por lo que también es la principal causa de degradación de la agudeza visual.¹¹¹ Ahora bien, el desenfoque esférico representa el error refractivo de los rayos centrales de un frente de onda con respecto a los periféricos,⁹⁴ y a su vez, puede ser positivo o negativo si estamos ante un defecto refractivo miópico o hipermetrópico.¹⁰⁷

- **Aberraciones de Alto Orden**

Las aberraciones de orden 3 o superior permiten describir otro tipo de aberraciones del frente de onda denominadas aberraciones de alto orden.⁹¹ Las aberraciones de alto orden son pequeñas irregularidades ópticas o imperfecciones del ojo que limitan la calidad visual y no pueden corregirse mediante métodos convencionales de esfera y cilindro.¹¹³ A partir del tercer orden los polinomios se expanden progresivamente en la pirámide de Zernike, esta expansión puede llegar a ser infinita.¹⁰⁷ En ese orden de ideas, los investigadores afirman que las aberraciones de alto orden hasta el orden 6 son de suma importancia a nivel ocular.⁹⁴ Sin embargo, algunos investigadores consideran que el análisis de las aberraciones hasta el orden 4 es suficiente.¹⁰⁷ Aunque con la tecnología láser se intenta medir y corregir para mejorar la calidad visual.¹⁰

En el 2007, Pantanelli, *et al* ¹¹⁴ encontraron en su estudio que las aberraciones de alto orden más dominantes en el grupo de pacientes con queratocono eran el coma vertical, la aberración esférica y el trefoil. Así mismo indicaron que en una población normal las aberraciones de alto orden representan solo el 1% de las aberraciones totales, mientras que en un paciente con queratocono representan el 16%.

Es importante acotar que dentro de las aberraciones de orden 3 se encuentra el Trefoil de 30° y 0° . Así como, el coma horizontal y vertical. Cabe destacar que al Trefoil, también se le conoce como astigmatismo triangular. ¹⁰⁷ De hecho el Trefoil se caracteriza por tener 3 ejes con 3 elevaciones y 3 depresiones, se ubica en la pirámide de Zernike iniciando las aberraciones de alto orden. ⁹⁴ Posteriormente encontramos al coma. El coma es considerado como una de las aberraciones más terribles, ¹⁰⁷ y a la vez una de las aberraciones más importantes, debido a que produce una disminución considerable de la calidad visual. ¹⁰ Dicho de otro modo esta aberración se llama así porque la forma de la imagen de un punto es similar a la de un cometa, se debe a la superficie anterior y posterior tanto de la córnea como del cristalino, ⁹⁴ causa un gran deterioro de la calidad visual y aumenta con el diámetro pupilar. ⁹⁵ Ahora bien el coma se encuentra con frecuencia en patologías asimétricas como el queratocono.

¹⁰⁷

A continuación, en el orden 4 encontramos al Tetrafoil de 22.5° y 0° , al astigmatismo triangular de 45° y 0° y a la aberración esférica. El Tetrafoil es conocido como astigmatismo cuadrático o secundario, ^{94, 95, 107} tiene 4 elevaciones y 4 depresiones. Por lo tanto, es la aberración periférica que

representa la simetría de cuatro puntos fijos a expensas de la periferia ¹⁰⁷ y se ubica en los extremos de la pirámide de Zernike. ⁹⁵

Aberración esférica es una aberración simétrica de frecuencia angular cero. ¹⁰⁷ Esta aberración se define como la distancia focal entre los rayos del centro y la periferia que ingresan a través de la pupila. ⁹⁵ Por lo tanto, todos los rayos que ingresan al interior del ojo no focalizan en un mismo punto. ⁹⁷ La aberración esférica es la de mayor relevancia clínica, aparece en enfermedades corneales y del cristalino. Así mismo, la aberración esférica puede aumentar cuando se realizan técnicas convencionales de LASIK. ¹⁰⁷

2.2.4. QUERATOCONO Y ABERRACIONES CORNEALES.

En el 2015 Bernal., et al ¹¹⁵ indicaron que los cambios morfológicos producidos por el queratocono inducen astigmatismo irregular, provocando aberraciones corneales de alto orden. Es importante considerar que el análisis del frente de onda en pacientes con queratocono muestra un aumento significativo de las aberraciones corneales de alto orden. ¹¹⁶ De modo similar Bühren et al ¹¹⁷ evaluaron las aberraciones corneales de la superficie corneal anterior y posterior, así como el espesor corneal con la finalidad de distinguir con precisión los ojos con queratocono subclínico de ojos normales. Sin embargo, encontraron que las aberraciones posteriores y el perfil del espesor no mejoró notablemente la capacidad de distinción respecto a los datos del frente de onda anterior por sí solos. Finalmente, el queratocono está asociado con altos niveles de aberración corneal que modifican los índices tomográficos. ¹¹⁸ Dicho de otro modo, el estudio de las aberraciones corneales tiene alta relevancia clínica, no dependen de la

acomodación y su evaluación no se ve afectada por el diámetro pupilar.¹¹⁹ En ese sentido se comprende que las que las córneas con queratocono evidencian un aumento significativo de las aberraciones de alto orden, especialmente el coma vertical, el astigmatismo irregular, así como la aberración esférica.¹²⁰

2.2.5. TOMOGRAFIA CORNEAL.

El análisis y comprensión de las imágenes de Scheimpflug permite estudiar a detalle las características de cada mapa tomográfico de la córnea con queratocono. En el 2017 Walker¹²¹ indicó que la cámara rotativa de Scheimpflug permite medir con precisión tanto la curvatura de la superficie anterior como la posterior, así como calcular el valor paquimétrico global de la córnea. Adicionalmente, permite analizar los niveles de distorsión o aberración corneal de cada superficie.

Mapas Tomográficos:^{121, 122}

- Mapa Axial

El mapa axial representa la forma más esencial de describir rápidamente el poder corneal. Los algoritmos que se emplean con este mapa son más precisos para valorar la zona central de la córnea. Sin embargo, tiene una gran limitación para valorar la zona periférica. Por lo tanto, si lo que se quiere es evaluar la zona central el uso de este mapa es el más apropiado.

- Mapa Tangencial

El mapa tangencial es más sensible y preciso debido a que mide la curvatura corneal en puntos individuales. La visualización del mapa tangencial permite evaluar con mayor detalle la zona periférica.

- Mapa de Elevación:

La forma real de visualizar la superficie corneal es mediante el mapa de elevación. Esto se logra mediante las imágenes de Scheimpflug, por lo que proporciona información más precisa.

Este mapa utiliza una esfera de referencia para medir las áreas de elevación o depresión relativa en función de dicha esfera, los valores se muestran en micras.

- Mapa de Espesor Corneal:

Este mapa solo está disponible en los tomógrafos corneal que cuentan con cámaras Scheimpflug, lo que permite valorar el espesor de la córnea. La visualización del espesor corneal es de suma importancia para el diagnóstico y ubicación del queratocono.

- Mapa de análisis de Zernike:

Los datos obtenidos de la aberración de frente de onda obtenidos del Pentacam están representados por los polinomios de Zernike. El mapa de Zernike muestra la pirámide donde incluye las aberraciones de bajo y alto orden.

2.3. MARCO CONCEPTUAL

- **Aberración:** Falla de los rayos de una fuente puntual para formar una imagen perfecta o de un solo punto después de atravesar un sistema

óptico. La aberración óptica puede manifestarse en la formación de múltiples imágenes o en la formación de una única imagen imperfectamente definida. En la fórmula de Seidel, son las desviaciones del camino de la luz prescrito por la teoría de Gauss. ¹²³

- **Aberraciones corneales:** Representa las aberraciones ópticas del sistema óptico del ojo producidas por la superficie corneal. El 90% de las aberraciones ópticas que tiene un ojo sano se debe a la córnea, especialmente a superficie anterior de la córnea. ⁹⁴
- **Aberraciones de alto orden:** Son aberraciones oculares complejas que no estamos acostumbrados a medir ni a tratar. Estas aberraciones constituyen solo el 15% de las aberraciones totales de un ojo normal. Las aberraciones de altos orden son las que limitan la visión de un ojo sano a menos del límite retiniano y no son susceptibles de corrección con métodos convencionales. ¹⁰⁷
- **Aberraciones de bajo orden:** Son aquellas aberraciones oculares conocidas como anomalías visuales o defectos de refracción, se encuentran ubicados en el orden 2. Las aberraciones de bajo pueden ser diagnosticados y tratados con anteojos, lentes de contacto o cirugía refractiva. Porcentualmente, se considera que las aberraciones de bajo orden contribuyen con el 80 o el 85% del deterioro de la calidad visual. ¹⁰⁷
- **Agudeza visual:** Capacidad del ojo para ver dos objetos próximos como separados. También puede considerarse como la capacidad para ver un resquicio. ¹⁰⁰

- **Ápice corneal:** Zona central de la córnea de curvatura casi constante en cada meridiano. Representa el punto de mayor curvatura o radio más corto. Tiene un diámetro de 4 – 5 mm y está limitado por una circunferencia. ³⁹
- **Astigmatismo:** Defecto refractivo del ojo debido a la refracción desigual de la luz incidente por el sistema dióptrico, en diferentes meridianos. Generalmente se produce por una superficie anterior tórica de la córnea o, en menor grado por otras superficies refractivas del ojo o por la oblicuidad de incidencia de la luz que entra en la córnea o en el cristalino. ¹²³
- **Astigmatismo irregular:** Astigmatismo en el que dos meridianos principales del ojo no forman ángulos rectos entre sí. ¹²³
- **Coma:** Aberración monocromática oblicua de un sistema óptico en el que la imagen de un punto fuera del eje óptico tiene forma de cometa, con la cola apuntando hacia el eje. ¹²³
- **Córnea:** Porción anterior transparente de la capa fibrosa del ojo, es avascular y sirve como el primer medio de refracción del ojo. ¹²³
- **Curvatura:** La curvatura indica cuánto se dobla una curva bidimensional con la distancia. ³⁵
- **Error cuadrático medio o RMS:** Es la cantidad de desviación de un frente de onda perfecto con el real. A menor RMS, mejor es el frente de onda real, y mejor calidad visual. Por el contrario, a mayor RMS, mayor aberración y peor calidad visual. El valor “cero” teórico representaría una concordancia perfecta entre el frente de onda y la esfera de referencia. EL RMS se mide en micras. ⁹⁴

- **Frente de onda:** Superficie imaginaria que representa el lugar geométrico de los puntos en movimiento ondulatorio para los que, en un instante dado, la fase es la misma. ¹²³
- **Función de dispersión de punto o PSF:** Representa la distribución de la luminancia en la imagen de una fuente puntual de luz. Su forma depende de la difracción, el desenfoque, las aberraciones, el tamaño de la pupila y la dispersión de la luz en los medios oculares. ⁹⁴
- **Hipermetropía:** Defecto refractivo del ojo representado por la ubicación del foco conjugado de la retina detrás del ojo cuando se dice que la acomodación está relajada. Este defecto visual también se puede representar como una condición en la que los rayos de luz paralelos que ingresan al ojo, con la acomodación relajada, se enfoca detrás de la retina. ¹²³
- **Imágenes de Scheimpflug:** Es una técnica fotográfica rápida y fácil de realizar para la tomografía corneal. Las imágenes de sección transversal generadas por la cámara rotatoria de Scheimpflug se utilizan para localizar las superficies corneales anterior y posterior. Además, proporciona información más útil para diagnosticar un cambio ectásico. ⁴¹
- **Índices topográficos:** Son descriptores cuantitativos que permiten un reconocimiento más fácil de los patrones topográficos para diagnosticar el queratocono. ¹⁹
- **Lecturas queratométricas:** Representa el poder del meridiano más curvo y más plano de la superficie corneal expresado en dioptrías o en

milímetros. Estas lecturas se utilizan para clasificar la severidad del queratocono, así como para la selección del lente diagnóstico. ¹³

- **Mapa axial:** Muestra información basada en la fórmula del queratómetro. Es útil para evaluar características generales de la superficie corneal y permite clasificar el mapa corneal como normal o anormal. El mapa axial puede diferenciar entre córneas esféricas, astigmáticas o irregulares. ³⁶
- **Mapa de elevación:** Representan la altura por encima o por debajo del punto de referencia fijo. Los mapas de elevación proporcionan valores relativos a una esfera (o elipse) de mejor ajuste e identifican qué áreas son más altas o más bajas en comparación con esta referencia de mejor ajuste. Este mapa también puede ayudar a diferenciar el queratocono de la degeneración marginal pelúcida. ¹²⁴
- **Mapa paquimétrico:** Mapa que mide el espesor de la córnea en todos los puntos según los mapas de elevación, porque la diferencia entre las elevaciones de la superficie anterior y posterior indican el espesor de la córnea. Los puntos principales de medición del mapa paquimétrico son tres ubicaciones: la ubicación más delgada, el ápice corneal y el centro de la pupilar. ¹²⁴
- **Mapa tangencial:** Proporciona una medida del poder corneal en una gran parte de la córnea. Es más preciso que el mapa axial en la periferia corneal. Puede ayudar a detectar sutiles de la superficie corneal que no podrían ser detectados por el mapa axial. En la práctica clínica se utiliza para localizar el cono o posición del pico

en el queratocono, así como para localizar el diámetro y la posición de la ablación después de la cirugía refractiva. ³⁶

- **Miopía:** Defecto refractivo del ojo en el cual la luz de un objeto distante se enfoca en frente de la retina cuando la acomodación esta relaja, resultando en un emborronamiento en la visión de lejos. ¹²⁵
- **Pentacam:** Es un tomógrafo no invasivo de segmento anterior que usa una cámara rotatoria de Scheimpflug. Es capaz de obtener imágenes de la córnea, la cámara anterior y el cristalino, lo que proporciona una gran cantidad de mediciones del segmento anterior. Actualmente existen 3 modelos de Pentacam (Oculus Optikgeräte GmbH): el modelo estándar, el modelo de alta resolución (HR), y el modelo de longitud axial. Todos los modelos de Pentacam permiten la medición de aberraciones corneales anteriores, posteriores y totales. ¹⁰⁸
- **Polinomios de Zernike:** Son una secuencia de polinomios que son continuos y ortogonales sobre un círculo unitario. Los polinomios de Zernike se han adoptado como descripción matemática de los frentes de onda que se propagan a través de sistema ópticos. La descripción matemática, que ofrecen los polinomios de Zernike, es útil para definir la magnitud y las características de las diferencias entre la imagen formada por un sistema óptico y el objeto original. ¹¹²
- **Queratocono:** Es una condición en la cual la córnea asume una forma cónica como resultado del adelgazamiento no inflamatorio del estroma corneal. El adelgazamiento corneal induce astigmatismo irregular, miopía y protrusión de la córnea, que conlleva a un deterioro leve a moderado de la agudeza visual. ¹⁹

- **Tomografía corneal:** Evalúa toda la córnea obteniendo información de las superficies corneales anterior y posterior. A diferencia de la topografía corneal, la tomografía corneal puede reconstruir imágenes tridimensionales del segmento anterior y proporciona información sobre el espesor corneal. ³²
- **Topografía corneal:** Describe la forma de la superficie anterior de la córnea en todos los meridianos. En la mayoría de los casos la técnica usa un principio similar a la queratometría, en la que determina el tamaño de la imagen de una mira reflejada en la superficie corneal. ¹²⁶

CAPÍTULO III

HIPÓTESIS

3.1. HIPÓTESIS GENERAL *

3.2. HIPÓTESIS ESPECÍFICAS *

* Por ser un estudio descriptivo básico univariable con datos cuantitativos no aplica.

3.3. VARIABLES

VARIABLE:

- **QUERATOCONO.**

Definición conceptual: Rabinowitz ¹⁹ define al Queratocono como: una condición en la cual la córnea asume una forma cónica como resultado del adelgazamiento no inflamatorio del estroma corneal. El adelgazamiento corneal induce astigmatismo irregular, miopía y protrusión de la córnea, que conlleva a un deterioro leve a moderado de la agudeza visual.

Definición operacional: Esta variable se midió mediante la revisión de los valores tomográficos del PENTACAM. Estos valores serán registrados en una ficha de recolección de datos.

CAPÍTULO IV

METODOLOGÍA

4.1. MÉTODO DE INVESTIGACIÓN:

El proceso de planificación que se aplicó en este estudio fue el Método científico, enfoque cuantitativo.

El **MÉTODO CIENTÍFICO** es un proceso que abarca etapas, técnicas y procedimientos que se utilizan para formular y dirimir los problemas de investigación mediante la prueba o verificación de hipótesis. ¹²⁷

El **ENFOQUE CUANTITATIVO** consiste en recolectar datos para probar la hipótesis con base en la medición numérica y el análisis estadístico, con el fin de establecer pautas de comportamiento y probar teorías. ¹²⁸

4.2. TIPO DE INVESTIGACIÓN:

En este estudio se aplicó el tipo de **INVESTIGACIÓN BÁSICA**.

La **INVESTIGACIÓN BÁSICA** tiene como objetivo la búsqueda del conocimiento por el conocimiento mismo, no considera directamente sus posibles aplicaciones prácticas, pretende aumentar el conocimiento acerca de la realidad. ^{129 – 133}

La clasificación operativa del tipo de investigación fue la siguiente: ¹³⁰

- Según la intervención del investigador fue **OBSERVACIONAL**.
- Según la planificación de la toma de datos fue **RETROSPECTIVO**.
- Según el número de mediciones de la variable fue **TRANSVERSAL**.
- Según el número de variables de interés fue **DESCRIPTIVO**.

4.3. NIVEL DE INVESTIGACIÓN:

En este estudio se aplicó el **NIVEL DESCRIPTIVO**.

El nivel **DESCRIPTIVO** ocupa el segundo nivel de investigación, es univariado, se encarga de describir los fenómenos sociales o clínicos en una circunstancia temporal y geográfica determinada. Así mismo, el nivel descriptivo es el origen de la investigación cuantitativa y su análisis estadístico es univariado. ^{130, 131, 132, 133}

4.4. DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN:

La estrategia metodológica que se aplicó en este estudio fue el **DISEÑO NO EXPERIMENTAL – DESCRIPTIVO SIMPLE**

El **DISEÑO NO EXPERIMENTAL** se trata de estudios que se realizan sin la manipulación de las variables, sólo se observan los fenómenos tal como se dan en su ambiente natural para analizarlos. ¹²⁸

El **ESTUDIO DESCRIPTIVO SIMPLE** busca obtener información de la muestra seleccionada (tomografías corneales).



Donde:

M: Muestra del estudio.

O: Información recolectada de los indicadores matemáticos de los mapas tomográficos de las córneas con queratocono.

4.5. POBLACIÓN Y MUESTRA:

4.5.1. POBLACIÓN

La población estuvo conformada por 101 tomografías corneales de pacientes con diagnóstico de queratocono que fueron atendidos en el Centro Médico de Apoyo Nueva Visión.

4.5.2. MUESTRA

En este estudio se utilizó el tipo de muestreo no probabilístico por conveniencia ¹³⁴ y se trabajará con las 101 tomografías corneales de pacientes con queratocono que representan toda la población.

4.5.3. CRITERIOS DE SELECCIÓN

CRITERIOS DE INCLUSIÓN:

Para este estudio hemos incluido a:

- Pacientes de ambos sexos, sin límite de edad que tengan diagnóstico de queratocono.
- Tomografías corneales que evidencien el diagnóstico de queratocono.

CRITERIOS DE EXCLUSIÓN:

Para este estudio hemos excluido a:

- Pacientes con enfermedades corneales diferentes al queratocono.
- Pacientes sometidos a cirugía corneal refractiva.
- Tomografías corneales mal tomadas o poco confiables.

4.6. TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS

4.6.1. TÉCNICAS

En este estudio se utilizó como técnica la **REVISIÓN DOCUMENTAL**.

4.6.2. INSTRUMENTOS

En la presente tesis de investigación se utilizó como instrumento una **FICHA DE RECOLECCIÓN DE DATOS**. Este instrumento realizado por el investigador permitió registrar los parámetros de cada mapa topográfico, especialmente de los mapas de curvatura, mapas de elevación anterior y posterior, paquimetría corneal y finalmente del mapa de aberración corneal.

4.6.3. RECOLECCIÓN DE DATOS

Para la recolección de información se revisó y analizó las tomografías corneales de todos los pacientes diagnosticados con queratocono registrados en la computadora del tomógrafo corneal. El examen de tomografía corneal fue realizado por optómetras capacitados en el área de exámenes especiales de córnea y lentes de contacto. La tomografía corneal se obtuvo al momento de la visita médica o remisión del paciente a dicha área. El estudio de la superficie corneal se realizó con el análisis de imágenes de Scheimpflug mediante el tomógrafo de segmento anterior Pentacam, así como el estudio de las aberraciones corneales. La información clínica obtenida del examen de tomografía corneal fue analizada y después se pasó a una base de datos de Excel para el respectivo análisis estadístico de los resultados.

4.6.4. CONFIABILIDAD Y VALIDACIÓN DEL INSTRUMENTO

La ficha de recolección de datos no requiere de confiabilidad, porque es solo para recojo de información de la base de datos.

La validación del instrumento de recolección de datos, se llevó a cabo mediante el juicio de expertos. Se solicitó el juicio de tres Tecnólogos Médicos de la especialidad de Optometría.

4.7. TÉCNICAS DE PROCESAMIENTO Y ANÁLISIS DE DATOS

La información obtenida se almacenó en una hoja de datos de Excel, posteriormente los datos fueron exportados a una base de datos del programa estadístico SPSS versión 25 para el análisis estadístico descriptivo, la información obtenida fue procesada mediante tablas de frecuencias y porcentajes.

4.8. ASPECTOS ÉTICOS DE LA INVESTIGACIÓN

Los aspectos éticos de la presente investigación se basaron en el capítulo IV. Art. 27 y 28 del Reglamento General de Investigación de la Universidad Peruana Los Andes, en el capítulo III. Art. 7 del Reglamento del Comité de Ética de la Investigación de la Universidad Peruana Los Andes, en los principios y normas del reglamento de la Universidad Peruana los Andes, y en el capítulo II. Art. 4 y 5 del Código de Ética para la Investigación Científica en la Universidad Peruana Los Andes. ^{135, 136, 137}

El **artículo 27** describe los principios que rigen la actividad investigativa en base a los siguientes principios:

a. Protección de la persona y de diferentes grupos étnicos y socio culturales.

En todo momento de la investigación se respetará la dignidad de la persona, su identidad, la confidencialidad, así como la privacidad de los datos de la persona involucrada en el estudio.

b. Beneficencia y no maleficencia.

En este estudio no se causará ningún daño físico ni psicológico a los pacientes que participarán en el estudio.

c. Protección al medio ambiente y el respeto de la biodiversidad.

En este estudio no se realizará ningún tipo de acción que cause alguna lesión lesiva a la naturaleza y a la biodiversidad.

d. Responsabilidad.

En este estudio se actuará de forma responsable que sea congruente a los alcances y a la trascendencia de la investigación.

e. Veracidad.

En este estudio el investigador garantizará la veracidad de la investigación que va desde la formulación del problema hasta la interpretación e información de los resultados.

El **artículo 28** describe los principios que rigen las normas de comportamiento ético de la quienes investigan, rigiéndose en:

- a. Ejecutar investigaciones pertinentes, originales y coherentes con las líneas de investigación.
- b. Proceder con rigor científico asegurando la validez, la fiabilidad y credibilidad de los métodos, fuentes y datos.
- c. Asumir en todo momento la responsabilidad de la investigación, siendo consciente de las consecuencias individuales, sociales y académicas que se derivan de la misma.
- d. Garantizar la confidencialidad y anonimato de las personas involucradas en la investigación, excepto que se acuerde lo contrario.
- e. Reportar los hallazgos de la investigación de manera abierta, completa y oportuna a la comunidad científica.
- f. Tratar con sigilo la información obtenida y no utilizarla para el lucro personal.
- g. Cumplir con las normas institucionales, nacionales e internacionales que regulen la investigación.
- h. Revelar los conflictos de intereses que puedan presentarse en sus distintos roles como autor, evaluador y asesor.
- i. En las publicaciones científicas, se debe evitar incurrir en las siguientes faltas deontológicas:

- Falsificar o inventar datos total o parcialmente con fines de ajuste, tergiversar o sesgar los resultados de la investigación.
 - Plagiar lo publicado por otros autores de manera total o parcial.
 - Incluir como autor a quien no ha contribuido sustancialmente al diseño y realización del trabajo.
 - Publicar repetidamente los mismos hallazgos.
- j. No aceptar subvenciones o contratos de investigaciones que especifiquen condiciones inconsistentes con su juicio científico, con la visión y misión de la Universidad Peruana Los Andes, o que permitan a los patrocinados vetar p retrasar la publicación académica, poque no están de acuerdo con los resultados.
- k. Publicar los trabajos de investigación en estricto cumplimiento al Reglamento Intelectual de la Universidad Peruana Los Andes y normas referidas a derecho de autor.

CAPÍTULO V

RESULTADOS

5.1. DESCRIPCIÓN DE RESULTADOS

Análisis Descriptivo:

Tabla Nro. 1: Distribución de los hallazgos queratométricos encontrados con el mapa de curvatura en el ápice de la superficie corneal anterior en pacientes diagnosticados con queratocono en el Centro Médico de Apoyo Nueva Visión, Arequipa – 2021.

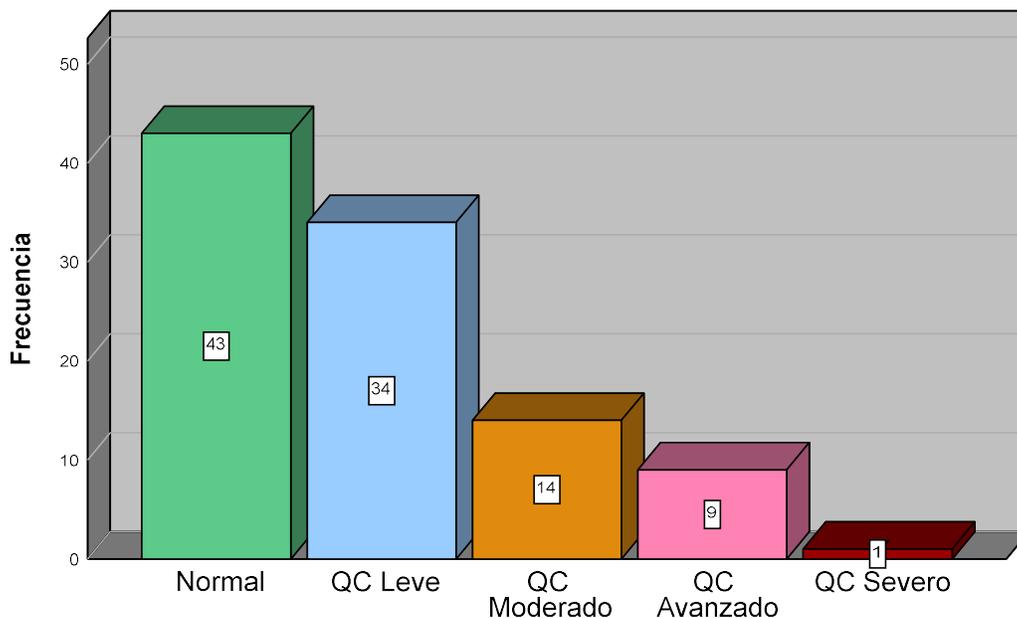
Hallazgos Queratométricos K-curvo Anterior	Frecuencia	Porcentaje
Normal	43	42.6%
QC Leve	34	33.7%
QC Moderado	14	13.9%
QC Avanzado	9	8.9%
QC Severo	1	1.0%
Total	101	100.0%

Elaboración propia

INTERPRETACIÓN:

La tabla Nro. 1 muestra, que del 100% (101) de las tomografías corneales, el 42.6% (43) de los pacientes con queratocono presentan una curvatura corneal anterior normal, el 33.7% (34) una curvatura anterior de queratocono leve, el 13.9% (14) una curvatura anterior de queratocono moderado, el 8.9% (9) una curvatura anterior de queratocono avanzado y el 1% (1) una curvatura anterior de queratocono severo.

Figura Nro. 1: Frecuencia de los valores queratométricos encontrados con el mapa de curvatura en el ápice de la superficie corneal anterior en pacientes diagnosticados con queratocono en el Centro Médico de Apoyo Nueva Visión, Arequipa – 2021.



INTERPRETACIÓN:

El gráfico muestra, que la mayoría de pacientes con queratocono presentan con mayor frecuencia una superficie corneal anterior normal (42.6%), seguido de una curvatura corneal anterior de queratocono leve (33.7%), luego está la curvatura corneal anterior de queratocono moderado (13.9%), curvatura corneal anterior de queratocono avanzado (8.9%) y finalmente córneas que presentan una curvatura corneal anterior de queratocono severo (1%).

Tabla Nro. 2: Distribución de los hallazgos queratométricos encontrados con el mapa de curvatura en el ápice de la superficie corneal posterior en pacientes diagnosticados con queratocono en el Centro Médico de Apoyo Nueva Visión, Arequipa – 2021.

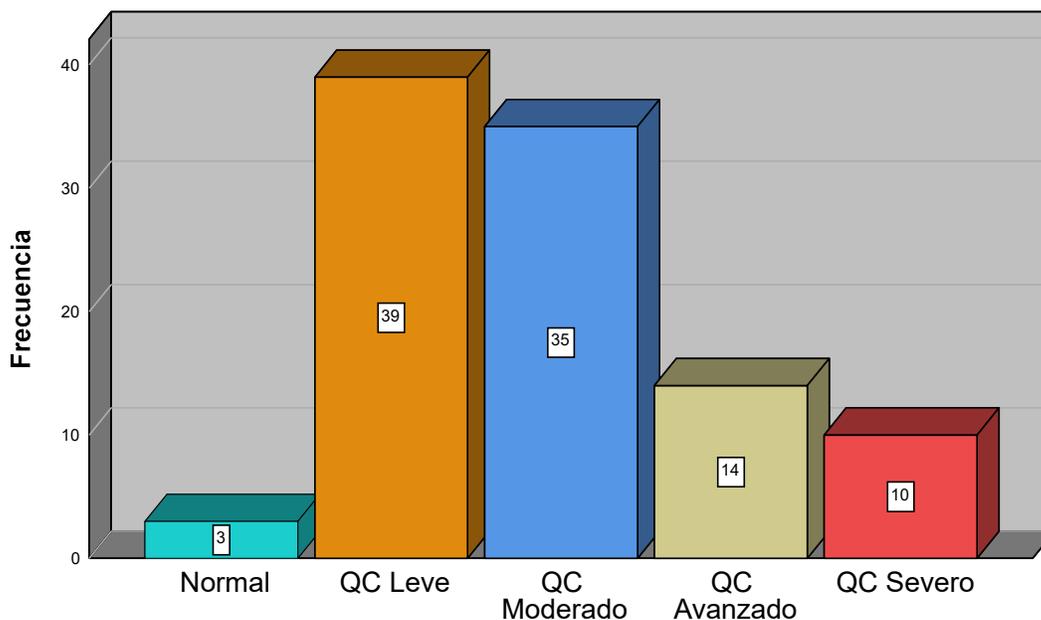
Hallazgos Queratométricos K-curvo Posterior	Frecuencia	Porcentaje
Normal	3	3.0%
QC Leve	39	38.6%
QC Moderado	35	34.7%
QC Avanzado	14	13.9%
QC Severo	10	9.9%
Total	101	100.0%

Elaboración propia

INTERPRETACIÓN:

La tabla Nro. 2 muestra, que del 100% (101) de las tomografías corneales, el 3.0% (3) de los pacientes con queratocono presentan una curvatura corneal posterior normal, el 38.6% (39) una curvatura posterior de queratocono leve, el 34.7% (35) una curvatura posterior de queratocono moderado, el 13.9% (14) una curvatura posterior de queratocono avanzado y el 9.9% (10) una curvatura posterior de queratocono severo.

Figura Nro. 2: Frecuencia de los valores queratométricos encontrados con el mapa de curvatura en el ápice de la superficie corneal posterior en pacientes diagnosticados con queratocono en el Centro Médico de Apoyo Nueva Visión, Arequipa – 2021.



INTERPRETACIÓN:

El gráfico muestra, que la mayoría de pacientes con queratocono presentan con mayor frecuencia una curvatura corneal posterior de queratocono leve (38.6%), seguido de una curvatura corneal posterior de queratocono moderado (34.7%), luego está la curvatura corneal posterior de queratocono avanzado (13.9%), curvatura corneal posterior de queratocono severo (9.9%) y finalmente córneas que presentan una curvatura corneal posterior dentro de los límites normales (3%).

Tabla Nro. 3: Distribución de los hallazgos de los espesores corneales encontrados con el mapa paquimétrico en el punto más fino en pacientes diagnosticados con queratocono en el Centro Médico de Apoyo Nueva Visión, Arequipa – 2021.

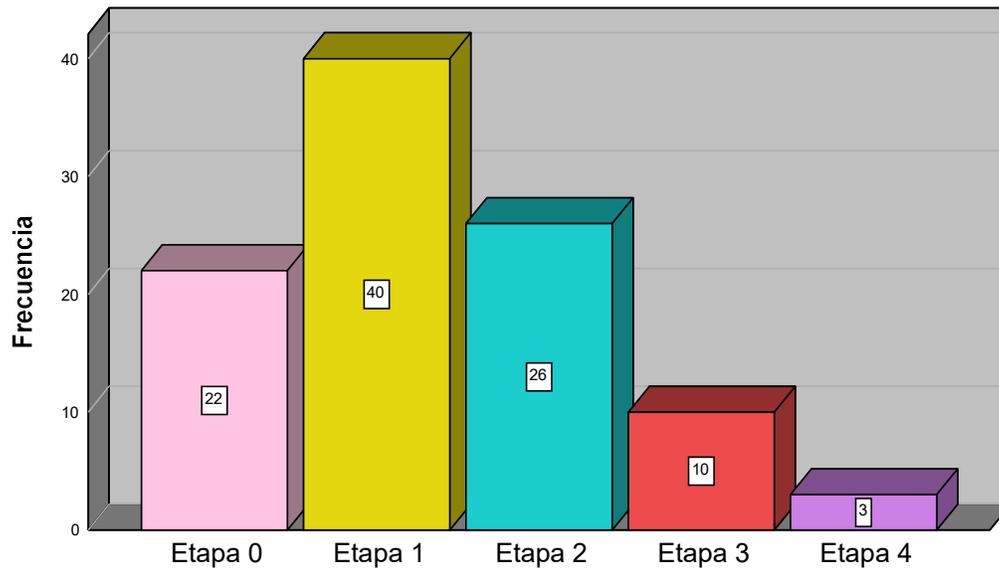
Hallazgos Paquimétricos Punto más Fino	Frecuencia	Porcentaje
Etapa 0	22	21.8%
Etapa 1	40	39.6%
Etapa 2	26	25.7%
Etapa 3	10	9.9%
Etapa 4	3	3.0%
Total	101	100.0%

Elaboración propia

INTERPRETACIÓN:

La tabla Nro. 3 muestra, que del 100% (101) de las tomografías de córneas con queratocono, el 21.8% (22) de casos se encuentra en etapa 0, el 39.6% (40) en etapa 1, el 25.7% (26) en etapa 2, el 9.9% (10) en etapa 3 y el 3% (3) en etapa 4.

Figura Nro. 3: Frecuencia de los espesores corneales encontrados con el mapa paquimétrico en el punto más fino de la córnea en pacientes diagnosticados con queratocono en el Centro Médico de Apoyo Nueva Visión, Arequipa – 2021.



INTERPRETACIÓN:

El gráfico muestra, que la mayoría de pacientes con queratocono tienen un espesor corneal que se encuentra en la etapa 1 (39.6%), seguido de la etapa 2 (25.7%), luego están la etapa 0 (21.8), etapa 3 (9.9%) y finalmente la etapa 4 (3%).

Tabla Nro. 4: Distribución de los hallazgos de elevación corneal anterior encontrados con el mapa de elevación en pacientes diagnosticados con queratocono en el Centro Médico de Apoyo Nueva Visión, Arequipa – 2021.

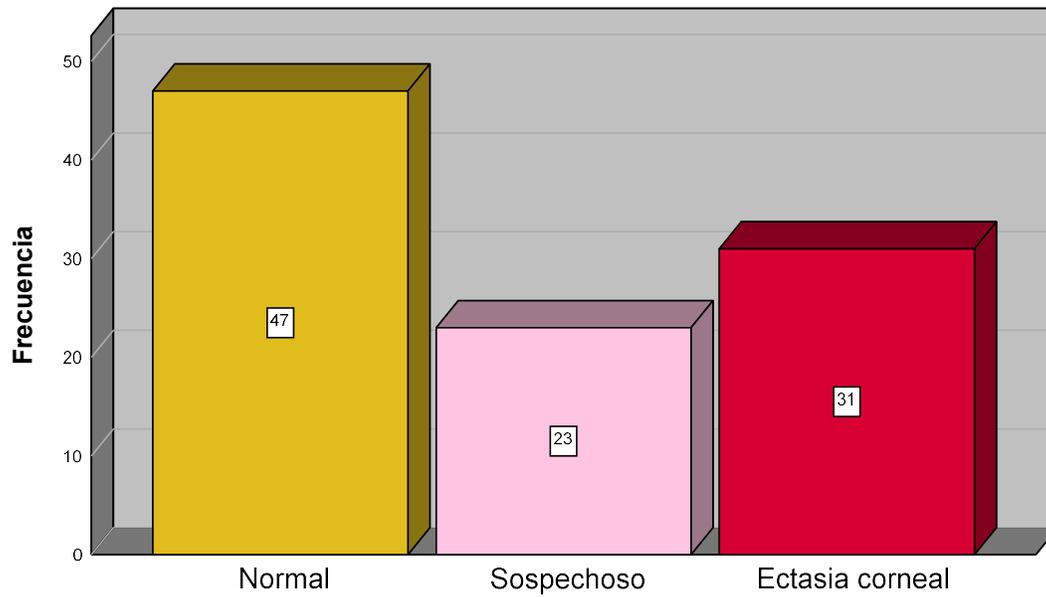
Hallazgos de Elevación Corneal Anterior	Frecuencia	Porcentaje
Normal	47	46.5%
Sospechoso	23	22.8%
Ectasia corneal	31	30.7%
Total	101	100.0%

Elaboración propia

INTERPRETACIÓN:

La tabla Nro. 4 muestra, que del 100% (101) tomografías corneales de pacientes con queratocono, el 46.5% (47) presento una elevación anterior normal, mientras que el 22.8% (23) presento una elevación sospechosa y el 30.7% (31) presento una elevación típica de una ectasia corneal.

Figura Nro. 4: Frecuencia de la elevación corneal anterior encontrado con el mapa de elevación en pacientes diagnosticados con queratocono en el Centro Médico de Apoyo Nueva Visión, Arequipa – 2021.



INTERPRETACIÓN:

El gráfico muestra, que la mayoría de pacientes con queratocono presentan una elevación anterior normal (46.5%), seguido de la elevación típica de una ectasia corneal (30.7%) y finalmente la elevación sospechosa (22.8%).

Tabla Nro. 5: Distribución de los hallazgos de elevación corneal posterior encontrados con el mapa de elevación en pacientes diagnosticados con queratocono en el Centro Médico de Apoyo Nueva Visión, Arequipa – 2021.

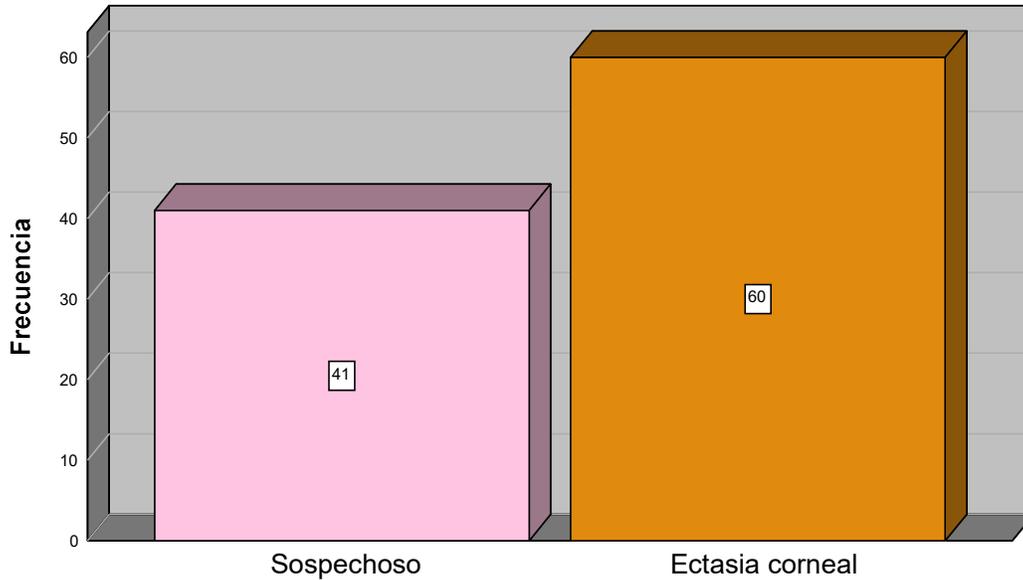
Hallazgos de Elevación Corneal Posterior	Frecuencia	Porcentaje
Normal	0	0%
Sospechoso	41	40.6%
Ectasia corneal	60	59.4%
Total	101	100.0%

Elaboración propia

INTERPRETACIÓN:

La tabla Nro. 5 muestra, que del 100% (101) 101 tomografías corneales de pacientes con queratocono, el 40.6% (41) presento una elevación posterior sospechosa y el 59.4% (60) presento una elevación típica de una ectasia corneal, no se presentó ningún caso de elevación posterior normal.

Figura Nro. 5: Frecuencia de la elevación corneal posterior encontrado con el mapa de elevación en pacientes diagnosticados con queratocono en el Centro Médico de Apoyo Nueva Visión, Arequipa – 2021.



INTERPRETACIÓN:

El gráfico muestra, que la mayoría de pacientes con queratocono presentan una elevación posterior típica de una ectasia corneal (59.4%), seguido de una elevación posterior sospechosa (40.6%). Finalmente, no se presentó ningún caso con elevación posterior normal (0%).

Tabla Nro. 6: Distribución de los hallazgos de aberración corneal de alto orden encontrados con el mapa de análisis de Zernike en pacientes diagnosticados con queratocono en el Centro Médico de Apoyo Nueva Visión, Arequipa – 2021.

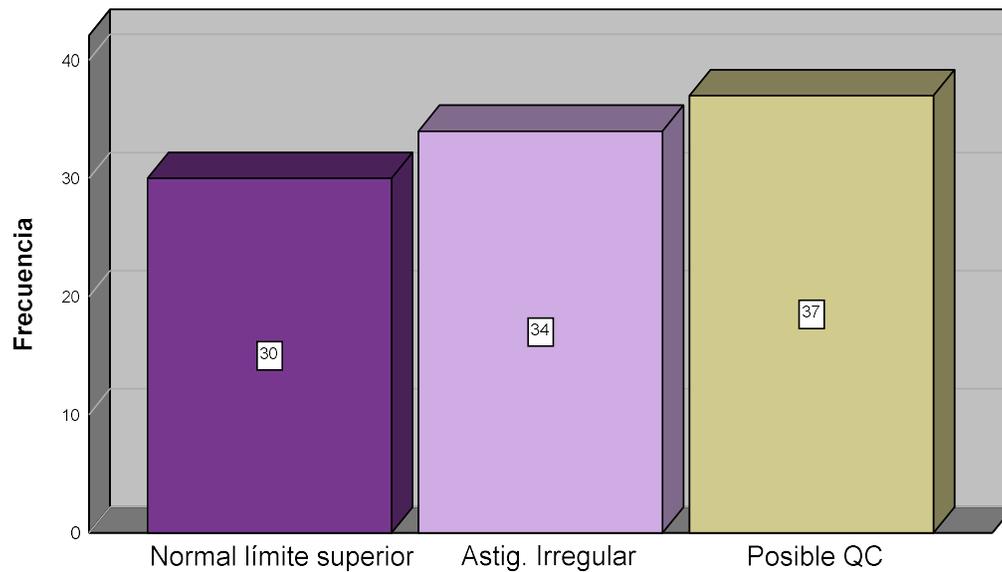
Hallazgos de Aberración Corneal de Alto Orden	Frecuencia	Porcentaje
Normal límite superior	30	29.7%
Astigmatismo irregular	34	33.7%
Posible QC	37	36.6%
Total	101	100.0%

Elaboración propia

INTERPRETACIÓN:

La tabla Nro. 6 muestra, que del 100% (101) 101 tomografías corneales de pacientes con queratocono, el 29.7% (30) presentan un valor normal límite superior, el 33.7% (34) presentan astigmatismo irregular y el 36.6% (37) presentan un RMS con posibilidad de queratocono.

Figura Nro. 6: Frecuencia de las aberraciones corneales de alto orden encontrados con el mapa de análisis de Zernike en pacientes diagnosticados con queratocono en el Centro Médico de Apoyo Nueva Visión, Arequipa – 2021.



INTERPRETACIÓN:

El gráfico muestra, que la mayoría de pacientes con queratocono tienen un error cuadrático medio del frente de onda de alto orden con un alto grado de posibilidad de queratocono (36.6%), seguido del astigmatismo irregular (33.7%) y finalmente el límite superior normal (29.7%).

5.2. CONTRASTACIÓN DE HIPÓTESIS

Al ser un estudio descriptivo, no se plantea la contrastación de hipótesis.

ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

La intención de identificar las características tomográficas de pacientes diagnosticados con queratocono en el Centro Médico de Apoyo Nueva Visión de Arequipa – 2021 motivó el presente trabajo, el cual demostró que las córneas con queratocono presentan altos niveles de aberración corneal.

En los resultados encontrados en la tabla 1, se identificó que del 100% (101) de tomografías corneales, el 42.6% (43) de los pacientes con queratocono presentan una curvatura corneal anterior normal, el 33.7% (34) una curvatura anterior de queratocono leve, el 13.9% (14) una curvatura anterior de queratocono moderado, el 8.9% (9) una curvatura anterior de queratocono avanzado y el 1% (1) una curvatura anterior de queratocono severo. Estos resultados tienen cierta similitud con el estudio de Salas¹, quién al estudiar la queratometría pre y post tratamiento del queratocono con anillos intraestromales, concluye que, los valores queratométricos preoperatorios en pacientes con queratocono alcanzan un k-promedio de 50.35 dioptrías. Así mismo, el estudio Salas¹ tiene cierta relación con el estudio de Pastor⁴, quién al estudiar la efectividad del crosslinking corneal en el tratamiento del queratocono, concluyó que el promedio de los valores queratométricos preoperatorias del K-plano fue 45.75 ± 4.13 D y el K-curvo 50.67 ± 5.53 D.

En los resultados encontrados en la tabla 2, se aprecia que del 100% (101) de las tomografías corneales, el 3.0% (3) de los pacientes con queratocono presentan una curvatura corneal posterior normal, el 38.6% (39) una curvatura

posterior de queratocono leve, el 34.7% (35) una curvatura posterior de queratocono moderado, el 13.9% (14) una curvatura posterior de queratocono avanzado y el 9.9% (10) una curvatura posterior de queratocono severo. Los resultados encontrados tienen similitud con el estudio de Henríquez⁵, el resultado de estudiar los efectos de tratamiento con crosslinking corneal en pacientes diagnosticados con queratocono en el Instituto de Ojos Oftalmosalud, evidenció que los pacientes con queratocono antes ser operados tenían valores de queratometría plana posterior de -6.49 D, queratometría curva posterior de -7.38 D.

En los resultados encontrados en la tabla 3, nos muestra, que del 100% (101) de las tomografías de córneas con queratocono, el 21.8% (22) de casos se encuentra en etapa 0, el 39.6% (40) en etapa 1, el 25.7% (26) en etapa 2, el 9.9% (10) en etapa 3 y el 3% (3) en etapa 4. Los resultados encontrados tienen similitud con el estudio de Henríquez⁵, quién al estudiar los efectos de tratamiento con crosslinking corneal en pacientes diagnosticados con queratocono en el Instituto de Ojos Oftalmosalud, concluye que, los valores paquimétricos encontrados fueron 480,26 micras. De igual importancia en el estudio de Ramos³, el resultado de estudiar la prevalencia y factores asociados al queratocono en pacientes atendidos en el Hospital Regional Honorio Delgado de Arequipa, concluyó en que, los valores paquimétricos de la mayoría de pacientes con queratocono son anormales, donde el espesor corneal promedio del ojo derecho fue 511,45 micras y en el ojo izquierdo fue 511,66 micras. Así mismo, en el estudio de Villanueva⁹, quién al estudiar la relación entre el grado de queratocono, la agudeza visual y la densitometría corneal, concluye que, el queratocono leve presentó una paquimetría más fina de $491,88 \pm 25,34$, el queratocono moderado $457,96 \pm$

32,70 y el queratocono severo $450,15 \pm 48,04$. Por otro lado, Bühren ¹¹⁷ realizó un estudio para diagnosticar el queratocono sub-clínico mediante el perfil espacial paquimétrico llegando a la conclusión que el nivel del espesor paquimétrico permite distinguir con gran precisión al queratocono sub-clínico.

En los resultados encontrados en la tabla 4, se aprecia que del 100% (101) de las tomografías corneales, el 46.5% (47) presento una elevación anterior normal, mientras que el 22.8% (23) presento una elevación sospechosa y el 30.7% (31) presento una elevación típica de una ectasia corneal. Los resultados encontrados tienen cierta similitud con el estudio de Henríquez⁵, quién al estudiar los efectos de tratamiento con crosslinking corneal en pacientes diagnosticados con queratocono en el Instituto de Ojos Oftalmosalud, evidenció que, la elevación corneal anterior fue de 17,00 micras.

En los resultados encontrados en la tabla 5, se aprecia que del 100% (101) de las tomografías corneales, el 40.6% (41) presento una elevación posterior sospechosa y el 59.4% (60) presento una elevación típica de una ectasia corneal, no se presentó ningún caso de elevación posterior normal. Los resultados encontrados tienen similitud con el estudio de Henríquez⁵, quién al estudiar los efectos de tratamiento con crosslinking corneal en pacientes diagnosticados con queratocono en el Instituto de Ojos Oftalmosalud, evidenció que, la elevación corneal posterior fue 37,27 micras.

En los resultados encontrados en la tabla 6, se aprecia que del 100% (101) de las tomografías corneales, el 29.7% (30) presentan un valor normal límite superior, el 33.7% (34) presentan astigmatismo irregular y el 36.6% (37) presentan un RMS con posibilidad de queratocono. Los resultados encontrados

tienen cierta similitud con Izquierdo⁷ quién al realizar un estudio sobre Aberraciones Oculares y Queratoconos, concluye que, la aberración total del grupo del grupo queratocono tiene un mínimo de 0.098 y un máximo de 2.676. Así mismo indica que las aberraciones totales de alto orden son inversamente proporcionales con el mínimo espesor y de forma directa con la lectura queratométrica más curva. A mayor aberración, menor espesor corneal y el poder dióptrico del meridiano más curvo aumenta. Así mismo, Del Castillo ¹⁰¹ quién al estudiar las aberraciones corneales de alto orden, concluye que, las aberraciones corneales de alto orden son significativamente mayores en ojos con queratocono, principalmente el coma y hace referencia a que este tipo de aberración puede ser considerado con una herramienta clínica para cuantificar y estatificar el nivel-severidad del queratocono. Además, Nakagawa ¹¹⁶ concluyó en que ambas superficies corneales tenían altos niveles de aberraciones corneales que las córneas del grupo control. Sin embargo, Masiwa ²⁵ es más detalloso en su estudio y sugiere que además de los exámenes corneales de reflexión-elevación deben usarse junto los sistemas de valoración de aberraciones de alto orden, todo ello con la finalidad de mejorar la sensibilidad y fiabilidad del diagnóstico clínico del queratocono.

En relación a los avances tecnológicos en imagen corneal por elevación, este estudio coincide con Fan ³² al indicar que el estudio detallado de cada superficie corneal, el espesor corneal y los niveles de aberración corneal permiten hacer un mejor diagnóstico, clasificación y monitoreo de la progresión del queratocono.

CONCLUSIONES

1. En esta tesis de investigación se identificó las características tomográficas de pacientes diagnosticados con queratocono en el Centro Médico de Apoyo Nueva Visión de Arequipa, lo cual invita a reflexionar acerca de la importancia de estudiar a detalle los indicadores matemáticos de cada mapa tomográfico, a fin de mejorar la experticia clínica del profesional en el diagnóstico del queratocono.
2. En esta tesis se describió las características tomográficas del mapa refractivo, el cual mostró que el 42.6% de córneas con queratocono tenían una curvatura corneal anterior normal, mientras que el 38.6% evidencio cambios morfológicos en la curvatura posterior de grado leve, un 34.7% con cambios morfológicos de grado moderado. El estudio del espesor corneal abarcó el análisis paquimétrico del ápice del queratocono donde se encontró una disminución significativa del espesor corneal desde la etapa 1 a la etapa 4. Mientras que el mapa de elevación evidenció la importancia de valorar a mayor detalle la superficie posterior corneal, debido a que en todos los pacientes se observó un aumento significativo en los niveles de elevación que ponen en evidencia la sospecha de queratocono.
3. En esta tesis se describió las características tomográficas del mapa de análisis de Zernike, en el cual se pudo evidenciar que una córnea con queratocono afecta clínicamente el porcentaje de aberraciones corneales de alto orden. Al revisar los valores de RMS Ho del mapa de análisis de Zernike este evidenció que el 29.7% de casos se encontraban en el límite superior normal y el 36.6% con posible queratocono.

RECOMENDACIONES

1. Se sugiere a los profesionales de la salud visual que realicen investigaciones relacionadas al queratocono con la finalidad de conocer la incidencia y prevalencia del queratocono en el Perú, así como estudiar los factores de riesgo asociados a esta patología corneal.
2. Se sugiere a los profesionales de la salud visual evaluar los valores normativos de la curvatura corneal, en especial el valor dióptrico del meridiano más curvo y revisar la orientación meridional de la curvatura más plana, con la finalidad de identificar precozmente al queratocono.
3. Se sugiere que los profesionales de la salud visual que diseñen una tabla guía de apoyo diagnóstico que contemple los valores normativos y los grados de estatificación del queratocono para comprender el estadio y la severidad de cada etapa, con la finalidad de brindar un tratamiento adecuado que evite su progresión.
4. Se sugiere que los profesionales de la salud visual que evalúen los índices topográficos del tomógrafo corneal y/o estudien los mapas de curvatura, de preferencia el mapa tangencial; analicen la progresión del espesor corneal y la elevación posterior de tal manera que el profesional tenga una visión global de la alteración de la superficie corneal.
5. Se recomienda a los pacientes que tienen antecedentes familiares de queratocono o presentan síntomas que se asocian a esta patología, acudir a un centro médico con la finalidad de descartar la presencia de queratocono.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Salas Roca RB. Queratometría Pre y Post Tratamiento del Queratocono con Anillos Intraestromales. Lima – 2015 [Tesis Pregrado]. 2019; Universidad Nacional Federico Villareal; 2019 [citado 20 de marzo de 2020]. Disponible en: <http://repositorio.unfv.edu.pe/handle/UNFV/3624>
2. Aranda Maldonado CR. Agudeza Visual Pre y Post Tratamiento del Queratocono con Anillos Intraestromales. Lima – 2015 [Tesis Pregrado]. Universidad Nacional Federico Villareal; 2019 [citado 20 de marzo de 2020]. Disponible en: <http://repositorio.unfv.edu.pe/handle/UNFV/2818>
3. Ramos Almirón VA. Prevalencia y Factores Asociados al Queratocono en Pacientes Atendidos en el Hospital Regional Honorio Delgado, Arequipa, 2014-2017 [Internet]. Universidad Católica de Santa María; 2018 [citado 20 de marzo de 2020]. Disponible en: <http://tesis.ucsm.edu.pe/repositorio/handle/UCSM/7616>
4. Pastor León RM. Efectividad del Crosslinking Corneal en el Tratamiento del Queratocono [Internet]. Universidad Privada Anterior Orrego; 2017 [citado 20 de marzo de 2020]. Disponible en: <http://repositorio.upao.edu.pe/handle/upaorep/2676>
5. Henríquez Bertaggia, MA. Efectos de Tratamiento con Crosslinking Corneal en Pacientes Diagnósticos con Queratocono Instituto de Ojos Oftalmosalud 2010-2013 [Tesis Doctoral]. Universidad San Martín de Porres; 2017 [citado 20 de marzo de 2020]. Disponible en: <http://repositorio.usmp.edu.pe/handle/usmp/5851>
6. Jinabhi A. High-Order Aberrations in Keratoconus [Tesis Doctoral]. The University of Manchester; 2012 [citado 23 de abril de 2021]. Disponible en: [https://www.research.manchester.ac.uk/portal/en/theses/higherorder-aberrations-in-keratoconus\(32fcb499-fd7a-4764-b723-f58ef1a22633\).html](https://www.research.manchester.ac.uk/portal/en/theses/higherorder-aberrations-in-keratoconus(32fcb499-fd7a-4764-b723-f58ef1a22633).html)
7. Izquierdo P. Estudio sobre Aberraciones Oculares y Queratoconos [Tesis Maestría]. Universidad Politécnica de Cataluña; 2011. [citado 23 de abril de 2021]. Disponible en: <http://hdl.handle.net/2099.1/13835>
8. Estrella Velástegui, Paúl Enrique; Vizcarra Proaño, Herbert Fernando (2014). Cuantificación de la severidad de las aberraciones de alto orden y

de elevación de la cara posterior corneal mediante tomógrafo Scheimpflug/Plácido (Sirius®) en pacientes con diagnóstico de Queratocono subclínico y manifiesto en la Clínica Oftálmica durante el segundo semestre del año 2013. Trabajo de Tesis presentado como requisito parcial para optar el Título de Especialista en Oftalmología. Instituto Superior de Investigación y Postgrado. Quito: UCE. 129 p. [citado 23 de abril de 2021]. **Disponible en:** <http://www.dspace.uce.edu.ec/handle/25000/4687>

9. Villanueva Chacón C. Relación entre el Grado de Queratocono, La Agudeza Visual y La Densitometría Corneal [Tesis Maestría]. Universidad Complutense de Madrid; 2018 [citado 20 de marzo de 2020]. Disponible en: https://eprints.ucm.es/48789/1/TFM_Celia_Villanueva-Eprints.pdf
10. Fernández Vega L, Felgueroso C. Clasificación del Queratocono para su Corrección Quirúrgica con Segmentos de Anillo Intracorneales [Tesis Doctoral]. Universidad de Oviedo; 2016 [citado 20 de marzo de 2020]. Disponible en: <http://hdl.handle.net/10651/37783>
11. Krachmer, J.H., Mannis, M.J., y Holland E.J. *Cornea Fundamentals, Diagnosis and Management*. 3.^a ed. New York: Mosby Elsevier; 2011.
12. Remington, L.A. *Clinical Anatomy and Physiology of the Visual System*. 3.^a ed. St. Louis: Elsevier/Butterworth-Heinemann; 2012.
13. Hom, M. M., & Bruce, A. S. *Manual of Contact Lens Prescribing and Fitting*. 3.^a ed. St. Louis: Elsevier/Butterworth-Heinemann; 2006.
14. Riordan-Eva, P., Cunningham, E. T., Vaughan, D., & Asbury, T. *Oftalmología General: Vaughan y Asbury*. 18.^a ed. México D.F: McGraw-Hill/Interamericana Editores; 2013.
15. Forrester, J. V., Dick, A. D., McMenamin, P. G., Roberts, F., Pearlman, E. *The Eye: Basic Sciences in Practice*. 4.^a ed. Edinburgh: Elsevier; 2016.
16. Murphy, J. More Details on Dua's Layer of the Cornea. *Review of Optometry*. 2013;(7):4-6
17. Del, Buey. M., y Peris C. *Biomecánica y Arquitectura Corneal*. 3.^a ed. Barcelona: Elsevier; 2014.
18. Boyd S. *Distrofias y Degeneraciones Corneales*. 1.^a ed. Panamá. Jaypee - Highlights Medical Publishers; 2012.
19. Rabinowitz Y. Keratoconus. *Surv Ophthalmology*. 1998; 42:297-319.

20. Harris, M. *Contact Lenses for Pre - and Post-Surgery*. 1.^a ed. St. Louis. Mosby;1997.
21. Romero-Jiménez M, Santodomingo-Rubido J, Wolffsohn JS. Keratoconus: A Review. *Cont Lens Anterior Eye*. 2010;33(4):157-205.
22. Rakow, P. L. *Contact Lenses*. 1.^a ed. New Delhi: Jaypee Brothers; 1989.
23. Kılıç A, Kamburoglu G, Akıncı A. Riboflavin injection into the corneal channel for combined collagen crosslinking and intrastromal corneal ring segment implantation. *J Cataract Refract Surg*. 2012;38(5):878-883.
24. Zadnik K, Barr JT, Edrington TB, et al. Baseline Findings in the Collaborative Longitudinal Evaluation of Keratoconus (CLEK) Study. *Invest Ophthalmol Vis Sci*. 1998; 39(13):2537-2546.
25. Masiwa LE, Moodley V. A review of corneal Imaging methods for the early diagnosis of pre-clinical keratoconus. *J Optom*. 2019.
26. Yanoff, M., Duker, J. *Ophthalmology*. 4.^a ed. Saunders: Elsevier; 2014.
27. Bowling, B. *Kanski. Oftalmología Clínica*. 8.^a ed. España: Elsevier; 2016.
28. Burger D, Shovlin J, Zadnik K. Keratoconus: Diagnosis and Management. Pacific University College of Optometry. 2003 [citado el 12 de julio de 2020]. Disponible en: <https://web.archive.org/web/20060223124645/http://www.opt.pacificu.edu:80/ce/catalog/web013/course.htm>
29. Fontes BM, Ambrósio R Jr, Velarde GC, Nosé W. Ocular response analyzer measurements in keratoconus with normal central corneal thickness compared with matched normal control eyes. *J Refract Surg*. 2011; 27(3):209-215.
30. Rizzuti AB. Diagnostic illumination test for keratoconus. *Am Ophthalmol*; 1970; 70: 141-143.
31. Sinjab, M. *Quick Guide to the Management of Keratoconus: A Systematic Step-by-Step Approach*. 1.^a ed. Springer-Verlag Berlin Heidelberg; 2012.
32. Fan R, Chan TC, Prakash G, Jhanji V. Applications of corneal topography and tomography: a review. *Clin Exp Ophthalmol*. 2018;46(2):133-146.
33. Agarwal, S., In Agarwal, A., In Agarwal, A., Bovet, J., Samudio, S., Espino, G., & Alonso, D. *Topografía corneal: Paso a paso*. 2.^a ed. New Delhi (India): Jaypee-Highlights Medical Publishers; 2006

34. S D Klyce; Computer-assisted corneal topography. High-resolution graphic presentation and analysis of keratotomy. *Invest. Ophthalmol. Vis. Sci.* 1984;25(12):1426-1435.
35. Roberts C. A Practical Guide to the Interpretation of Corneal Topography. *Contact Lens Spectrum.* 1998 Mar; 13(3):25-33.
36. Boyd, B. F., Agarwal, A., Alió, J. L., Krueger, R. R., & Wilson, S. E. *Wavefront Analysis, Aberrometers and Corneal Topography.* 1.^a ed. El Dorado, Panamá: Highlights of Ophthalmology International; 2003.
37. Rasheed K, Rabinowitz YS, Remba D, Remba MJ. Interobserver and intraobserver reliability of a classification scheme for corneal topographic patterns. *Br J Ophthalmol.* 1998;82(12):1401-1406.
38. Rabinowitz YS, Rasheed K. KISA% Index: a Quantitative Videokeratography Algorithm Embodying Minimal Topographic Criteria for Diagnosing Keratoconus. *J Cataract Refract Surg.* 1999;25(10):1327-1335.
39. Mandell RB. A guide to videokeratography. *International Contact Lens Clinic.* 1996;23(6):205-228.
40. Pauné Fabré J, Palomar Mascaro F. Índices Actuales en la Detección del Queratocono por Análisis de la Topografía Corneal. *Gaceta Óptica.* 2009; N° 436:22-26.
41. Belin MW, Ambrósio R. Scheimpflug Imaging for Keratoconus and Ectatic Disease. *Indian Journal of Ophthalmology.* 2013; 61(8):401-406.
42. Gomes JA, Tan D, Rapuano CJ, et al. Global consensus on keratoconus and ectatic diseases. *Cornea.* 2015;34(4):359-369.
43. Leigh AG. The problems of keratoconus. *Trans Ophthalmol Soc UK.* 1996; 67:540-547
44. Mandell RB. Contemporary Management of Keratoconus. *International Contact Lens Clinic.* 1997;24(2):43-58.
45. International Association of Contact Lens Educators. Module 8: Special Contact Lens Fitting. 1.^a ed. Sydney, NSW; 2006.
46. Buxton JN, Buxton DF, Dias AK, Scorsetti DH. The CLAO Guide to Basic Science and Clinical Practice. 3.^a ed. Vol. 3. Iowa: Kendall/Hunt; 1995. Keratoconus Basic and Clinical Features; pp. 101–22.

47. Booyesen DJ. Keratoconus: A new look at an old disease. *Vision*. 2002;11(5).
48. Perry HD, Buxton JN, Fine BS. Round and oval cones in keratoconus. *Ophthalmology*. 1980; 87:905–9.
49. Bogan SJ, Waring GO, Ibrahim O, *et al*. Classification of normal corneal topography based on computer assisted videokeratography. *Arch Ophthalmol* 1990; 108:945-9.
50. Rabinowitz YS, Yang H, Brickman Y, *et al*. Videokeratography database of normal human corneas. *Br J Ophthalmol* 1996; 80:610-16.
51. Li X, Yang H, Rabinowitz YS. Keratoconus: classification scheme based on videokeratography and clinical signs. *J Cataract Refract Surg*. 2009;35(9):1597-1603.
52. Krumeich JH, Daniel J. Live epikeratophakia and deep lamellar keratoplasty for I-III stage-specific surgical treatment of keratoconus. *Klin Monats Augenheilkd*. 1997;211(2):94-100.
53. Alió J, Shabayek M. Corneal Higher Order Aberrations: A Method to Grade Keratoconus. *J Refract Surg*. 2006; 22: 539-545.
54. Wagner H, Barr JT, Zadnik K. Collaborative longitudinal evaluation of keratoconus (CLEK) study: Methods and findings to date. *Cont Lens Anterior Eye* 2007; 30: 223–232
55. McMahon TT, Szczotka-Flynn L, Barr JT, *et al*. A new method for grading the severity of keratoconus: the Keratoconus Severity Score (KSS). *Cornea*. 2006;25(7):794-800.
56. Belin MW, Duncan J, *et al*. A New Tomographic Method of Staging / Classifying Keratoconus: The ABCD Grading System. *International Journal of Keratoconus and Ectatic Corneal Diseases*. 2015;4(3):85-93.
57. Belin MW, Duncan JK. Keratoconus: The ABCD Grading System. *Klin Monatsbl Augenheilkd*. 2016;233(6):701-707.
58. Belin MW, Khachikian SS. “Keratoconus / Ectasia Detection with the Oculus Pentacam: Belin / Ambrósio Enhanced Ectasia Display” *Highlights in Ophthalmology*. 2007;35(6):5-12.
59. Belin MW, Ambrósio R Jr. Scheimpflug imaging for keratoconus and ectatic disease. *Indian J Ophthalmol* 2013; 61:401-6

60. Ambrosio jr. R, Caiado AL, Guerra FP, et al. Novel Pachymetric Parameters Base don Corneal Tomography for Diagnosing Keratoconus. *J Refract Sur.* 2011; 27:753-758.
61. Galleti JD, Ruiseñor PR, et al. Corneal Asymmetry Analysis by Pentacam Scheimpflug Tomography for Keratoconus Diagnosis. *J Refrac Surg.* 2015;31(2):116-123.
62. Duncan JK, Belin MW, et al. Assessing Progression of Keratoconus: Novel Tomographic Determinants. *Eye and Vision.* 2016; 3:6
63. Bayraktar, S., Cebeci, Z., Oray, M., & Alparslan, N. *Corneal Collagen Cross-Linking in Pellucid Marginal Degeneration: 2 Patients, 4 Eyes. Case.* 2015.
64. Eguía F, Río M, Capote A., et al. Manual de Diagnóstico y Tratamiento en Oftalmología. 1.^a ed. La Habana: ECIMED. 2009.
65. Larivoir NB, Occhiutto ML, Yokoda JC. Superior marginal pellucid degeneration. *Rev. bras.oftalmol.* 2018;77(3): 149-152.
66. Bernal N, Arias A., Camacho LR. Degeneración marginal de Terrien atípica bilateral. *Revista Mexicana de Oftalmología.* 2017; 91(4): 213–218.
67. Peabody T, Boucher K, Cheney K. Terrien’s Marginal Degeneration: A Teaching Case Report. *Optometric Education.* 2015; 41(1): 31-36.
68. Ding Y, Murri MS, Birdsong OC, Ronquillo Y, Moshirfar M. Terrien Marginal Degeneration. *Survey of Ophthalmology.* 2019; 64(2): 162-174.
69. Baijal V, Palit MG, Choudhary T, Gurunadh VS, et al. Terrien’s Marginal Degeneration. *Medical Journal Armed Forces India.* 1999; 55(1):83.
70. Mahadevan R, Fathima A, Rajan R, Arumugam, AO. An Ocular Surface Prosthesis for Keratoglobus and Terrien’s Marginal Degeneration. *Optometry and Vision Science.* 2014;91(4): 34 – S39.
71. Krachmer, J. H., Feder, R. S., & Belin, M. W. Keratoconus and related noninflammatory corneal thinning disorders. *Survey of Ophthalmology.* 1984; 28(4): 293–322.
72. Baillif S, Garweg JG, Grange JD, Burillon, C, Kodjikian, L. Kératoglobe: revue de la littérature. *Journal Français d’Ophtalmologie.* 2005; 28(10): 1145–1149
73. Wallang BS, Das S. Keratoglobus. *Eye,* 2013; 27(9): 1004–1012.

74. Bennett ES, Henry VA. Clinical Manual of Contact Lenses. 4.^a ed. Philadelphia: Wolters Kluwer/Lippincott Williams & Wilkins; 2014.
75. International Association of Contact Lens Educators. Module 2: Introduction to Contact Lenses. 1.^a ed. Sydney, NSW; 2001.
76. Rathi VM, Mandathara PS, Dumpati S. Contact lens in keratoconus. *Indian J Ophthalmol* 2013; 61:410-5
77. Caroline PJ, Norman CW. Corneal Topography in the Diagnosis and Management of Keratoconus. In: D Schanzlin, J Robin, eds. Corneal Topography: Measuring and Modifying the Cornea. New York: Springer, 1992; 75-93
78. Phillips AJ, Speedwell L. Contact Lenses. 6.^a ed. Elsevier Inc; 2019
79. Leung KK. RGP fitting philosophies for keratoconus. *Clinical and Experimental Optometry*. 1999; 82(6): 230–235.
80. McMonnies CW. Keratoconus Fittings: Apical Clearance or Apical Support? *Eye & Contact Lens: Science & Clinical Practice*. 2004; 30(3): 147–155.
81. Loft K, Wolffsohn JS. Rigid gas-permeable contact lenses for keratoconus: lens-eye interactions and optimal fitting approach. *Optometry in Practice*. 2016; 17(4): 159- 168
82. Wollensak G, Spoerl E, Seiler T. Riboflavin/ultraviolet-a-induced collagen crosslinking for the treatment of keratoconus. *Am J Ophthalmol*. 2003;135(5):620-627.
83. Silas MR, Hilkert SM, Reidy JJ, Farooq AV. Posterior keratoconus. *Br J Ophthalmol*. 2018;102(7):863-867.
84. Vega-Estrada A, Alio JL. Keratoconus Corneal Posterior Surface Characterization According to the Degree of Visual Limitation. *Cornea*. 2019;38(6):730-736.
85. Vargas V, Alió J. Posterior keratoconus—clinical aspects and anterior segment optical coherence tomography findings: A case report. *European Journal*. 2019; 29(1), NP1–NP5
86. Krachmer JH, Rodrigues MM. Posterior Keratoconus. *Arch Ophthalmol*. 1978;96(10):1867–1873.

87. Belin MW, Khachikian SS. An introduction to understanding elevation-based topography: how elevation data are displayed - a review. *Clin Exp Ophthalmol*. 2009;37(1):14-29.
88. Committee on Ophthalmic Procedures Assessment. Corneal topography. *Ophthalmology*, 1999;106(8), 1628–1638.
89. Tomasi W. Sistemas de Comunicaciones Electrónicas. 4.^a ed. México: Pearson Education; 2003.
90. Dereniak, Eustace L., and Teresa D. Dereniak. *Geometrical and Trigonometric Optics*. Cambridge: Cambridge University Press, 2008.
91. Mejía Y. El Frente de Onda y su Representación con Polinomios de Zernike. *Ciencia y Tecnología para la Salud Visual y Ocular*. 2011; 9(2):145-166.
92. Recarte M. Polinomios de Zernike y su Aplicación en Oftalmología. *Revista de la Escuela de Física. UNAH*. 2017; 5(1):21-25.
93. Levin L, Nilsson S, Ver J, Wu S. *Adler's Physiology of The Eye*. 11.^a ed. Saunders Elsevier; 2011.
94. Vidal Olarte R. Entendiendo e Interpretando las Aberraciones Ópticas. *Ciencia y Tecnología para la Salud Visual y Ocular*. 2011; 9(2):105-122.
95. Tomás-Juan, J. Aberrometría ocular: aplicaciones clínicas y limitaciones de los sensores de frente de onda. *Ciencia y Tecnología para la Salud Visual y Ocular*. 2014; 12 (1): 93-105.
96. Marcos S. Calidad Óptica del Ojo. *Investigación y Ciencia*. 2005; 345: 66-74.
97. Piñero DP, Ortiz D. La aberración esférica ocular: inducción y corrección. *Gaceta Óptica*. 2008; 424: 20-26.
98. Fannin TE, Grosvenor T. *Clinical Optics*. 2.^a ed. Butterworth-Heinemann; 1996.
99. Schwartz SH. *Geometrical and Visual Optics: A Clinical Introduction*. 2.^a ed. New York: McGraw-Hill Education; 2013.
100. Grosvenor T. *Primary Care Optometry*. 4.^a ed. Philadelphia: Butterworth-Heinemann; 2002.
101. Del Castillo A, Hernández E. Aberraciones Corneales de Alto Orden. ¿Un método para graduar al queratocono? *Rev Mex Oftalmol*. 2008; 82 (6): 369-375.

102. Alió J. Aberrometría, Frente de Onda, Cirugía Refractiva. *Revista Científica Sociedad Colombiana de Oftalmología*. 2005; 38 (3): 63-67.
103. Mello G, Rocha K, Santhiago M, Smadja D, Krueger R. Applications of wavefront technology. *Journal of Cataract & Refractive Surgery*. 2012; 38: 1671 - 1683.
104. Estrella PE., Vizcarra HF. Cuantificación de la severidad de las aberraciones de alto orden y de elevación de la cara posterior corneal mediante tomógrafo Scheimpflug/Plácido (Sirius®) en pacientes con diagnóstico de queratocono subclínico y manifiesto en la Clínica Oftálmica durante el segundo semestre del año 2013. *Revista Mexicana de Oftalmología*. 2015; 91(1), 35–44.
105. Montés R. Medida de Aberraciones Ópticas en el Ojo. *Gaceta Óptica*. 2003; 394: 10-14.
106. Thibos LN, Applegate RA, Schwiegerling JT, Webb R; VSIA Standards Taskforce Members. Vision science and its applications. Standards for reporting the optical aberrations of eyes. *J Refract Surg*. 2002;18(5): S652-S660.
107. Rosas A. Una Aproximación a la Tecnología de Frentes de Onda: Bases de Aberrometría (1ª Parte). *Revista Científica Sociedad Colombiana de Oftalmología*. 2005; 38 (3): 68-81.
108. McAlinden C, McCartney M, Moore J. Mathematics of Zernike polynomials: a review. *Clin Exp Ophthalmol*. 2011;39 (8):820-827.
109. Charman WN. Wavefront technology: past, present and future. *Cont Lens Anterior Eye*. 2005;28(2):75-92.
110. Oliveira CM, Ferreira A, Franco S. Wavefront analysis and Zernike polynomial decomposition for evaluation of corneal optical quality. *J Cataract Refract Surg*. 2012;38(2):343-356.
111. Artal, P. Optics of the eye and its impact in vision: a tutorial. *Advances in Optics and Photonics*. 2014;6(3), 340-367.
112. Lakshminarayanan, V., Fleck, A. Zernike polynomials: a guide. *Journal of Modern Optics*. 2011;58(18), 1678–1678.
113. Karimian F, Feizi S, Doozande A. Higher-order aberrations in myopic eyes. *J Ophthalmic Vis Res*. 2010;5(1):3-9.

114. Pantanelli S, MacRae S, Jeong TM, Yoon G. Characterizing the wave aberration in eyes with keratoconus or penetrating keratoplasty using a high-dynamic range wavefront sensor. *Ophthalmology*. 2007;114(11):2013-2021.
115. Bernal Reyes N, Arias Díaz A, Camacho Rangel LE. Aberraciones Corneales Anteriores y Posteriores Medidas Mediante Imágenes de Scheimpflug en el Queratocono en Niños. *Rev. Mex. Oftalmol*. 2015;89(4):210-218.
116. Nakagawa T, Maeda N, Kosaki R, et al. Higher-Order Aberrations Due to the Posterior Corneal Surface in Patients with Keratoconus. *Invest Ophthalmol Vis Sci*. 2009; 50(6):2660-2665.
117. Bühren J, Kook D, Yoon G, Kohlen T. Detection of subclinical keratoconus by using corneal anterior and posterior surface aberrations and thickness spatial profiles. *Invest Ophthalmol Vis Sci*. 2010;51(7):3424-3432.
118. Mounir A, El Saman IS, Anbar M. The Correlation between Corneal Topographic Indices and Corneal High Order Aberrations in Keratoconus. *Med Hypothesis Discov Innov Ophthalmol*. 2019;8(1):1-6.
119. Benitez Merino MC, López Dorta N, et al. Topoaberrometría en Pacientes con Queratocono. *Revista Cubana de Oftalmol*. 2019;32(2): e735.
120. Izquierdo P, Cardona G, et al. Aberraciones en Queratocono tras el Uso de Lentes de Contacto RGP. *Gaceta Óptica*. 2012; N° 476:52-58.
121. Walker M. Mapping Out Corneal Topography. *Review of Optometry*. 2017;15(8); 60-64
122. Mohammadpour M. *Diagnostics in Ocular Imaging - Cornea, Retina, Glaucoma and Orbit*. 1.^a ed. Springer Nature Switzerland AG; 2021.
123. Hofstetter HW., Griffin JR., Berman MS., Everson RW. *Dictionary of Visual Science and Related Clinical Terms*. 5.^a ed. Boston: Butterworth-Heinemann; 2000.
124. Van der Worp E, Kojima R, Johns LK. Differentiating Regular From Irregular Corneas. *Clspectrum*. 2020;35(9):20-25, 27, 28, 30
125. Efron N. *Contact Lenses A-Z*. 1.^a ed. Oxford: Butterworth-Heinemann; 2002.

126. Sinjab MM. *Step by Step® Reading Pentacam Topography (Basics and Case Study Series)*. 1.^a ed. Jaypee Brothers Medical Publishers (P) Ltd. 2010.
127. Arias FG. *El Proyecto de Investigación – Introducción a la Metodología Científica*. 6.^a ed. Caracas: Editorial Episteme, C.A; 2012.
128. Hernández R, Fernández C, Baptista P. *Metodología de la Investigación*. 6.^a ed. México: McGraw-Hill Education; 2014
129. Pimienta JH., De la Orden A. *De Metodología de la Investigación*. 1.^a ed. México: Pearson Educación; 2012.
130. Supo JA. *Metodología de la Investigación*. 3.^a ed. Arequipa: Bioestadístico EEDU; 2020.
131. Supo JA. *Portafolio de Aprendizaje para la Docencia en Investigación Científica*. 1.^a ed. Arequipa: Bioestadístico EEDU; 2017.
132. Supo JA. *Cómo empezar tu tesis – Tu proyecto de Investigación en solo día*. 1.^a ed. Arequipa: Bioestadístico EEDU; 2015.
133. Manterola C, Quiroz G, Salazar P, & García N. *Metodología de los tipos y diseños de estudio más frecuentemente utilizados en investigación clínica. Revista Médica Clínica Las Condes*. 2019; 30(1), 36–49.
134. Creswell JW. *Educational Research*. 4.^a ed. Boston: Pearson; 2012.
135. Universidad Peruana Los Andes. *Reglamento General de Investigación Actualizado (Internet)* Huancayo, Perú. (Citado el 21 de marzo del 2021) 1(2): 12-14 pp. Disponible en: <https://upla.edu.pe/wp-content/uploads/2020/01/Reglamento-General-de-Investigaci%C3%B3n-2019.pdf>
136. Universidad Peruana Los Andes. *Reglamento del Comité de Ética De La Investigación De La Universidad Peruana Los Andes*. (Internet) Huancayo, Perú. (Citado el 21 de marzo del 2021) 1(1): 6 pp. Disponible en: <https://upla.edu.pe/wp-content/uploads/2020/01/Reglamento-del-Comit%C3%A9-de-%C3%89tica-de-Investigaci%C3%B3n.pdf>
137. Universidad Peruana Los Andes. *Código De Ética Para La Investigación Científica En La Universidad Peruana Los Andes*. (Internet) Huancayo, Perú. (Citado el 21 de marzo del 2021) 1(1): 5-7 pp. Disponible en: <https://upla.edu.pe/wp-content/uploads/2020/01/C%C3%B3digo-de-Etica-para-la-Investigaci%C3%B3n-Cient%C3%ADf>

ANEXOS

ANEXO 1: MATRIZ DE CONSISTENCIA

TÍTULO DE INFORME FINAL DE TESIS: Características Tomográficas de Pacientes Diagnosticados con Queratocono en el Centro Médico de Apoyo Nueva Visión de Arequipa – 2021

PROBLEMAS	OBJETIVOS	HIPÓTESIS Y VARIABLES	METODOLOGÍA
PROBLEMA GENERAL	OBJETIVO GENERAL	<p>HIPÓTESIS</p> <p>Por ser un estudio descriptivo básico univariable con datos cuantitativos no aplica.</p> <p>VARIABLE</p> <p>QUERATOCONO</p> <p>INDICADORES</p> <ul style="list-style-type: none"> • Mapa refractivo • Mapa de análisis de Zernike 	<p>MÉTODO: Método científico, enfoque cuantitativo</p> <p>TIPO: Investigación básica - retrospectiva</p> <p>NIVEL: Descriptivo</p> <p>DISEÑO: Diseño no experimental – descriptivo simple</p> <p>POBLACIÓN: 101 tomografías corneales de pacientes con diagnóstico de queratocono que fueron atendidos en el Centro Médico de Apoyo Nueva Visión.</p> <p>MUESTRA: Se utilizó el tipo de muestreo no probabilístico por conveniencia y se trabajará con los 101 pacientes con queratocono que representan toda la población.</p> <p>TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS</p> <p>Técnica: Revisión documental.</p> <p>Instrumentos: Ficha de recolección de datos para registrar la información contenida en el software del Pentacam.</p> <p>Técnicas de Procesamiento y Análisis de Datos: El análisis estadístico descriptivo se realizó usando el programa estadístico SPSS 25.</p>
¿Cuáles son las características tomográficas de pacientes diagnosticados con queratocono en el Centro Médico de Apoyo Nueva Visión de Arequipa - 2021?	Identificar las características tomográficas de pacientes diagnosticados con queratocono en el Centro Médico de Apoyo Nueva Visión de Arequipa - 2021.		
PROBLEMAS ESPECÍFICOS	OBJETIVOS ESPECÍFICOS		
1. ¿Cuáles son las características tomográficas del mapa refractivo de pacientes diagnosticados con queratocono en el Centro Médico de Apoyo Nueva Visión de Arequipa - 2021?	1. Describir las características tomográficas del mapa refractivo de pacientes diagnosticados con queratocono en el Centro Médico de Apoyo Nueva Visión de Arequipa - 2021.		
2. ¿Cuáles son las características tomográficas del mapa de análisis de Zernike de pacientes diagnosticados con queratocono en el Centro Médico de Apoyo Nueva Visión de Arequipa - 2021?	2. Describir las características tomográficas del mapa de análisis de Zernike de pacientes diagnosticados con queratocono en el Centro Médico de Apoyo Nueva Visión de Arequipa - 2021.		

ANEXOS

ANEXO 2: MATRIZ DE OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES

VARIABLES	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	TIPO	ESCALA	DIMENSIONES	INDICADORES	INSTRUMENTO
QUERATOCONO	El autor Rabinowitz ¹⁹ define al Queratocono como: una condición en la cual la córnea asume una forma cónica como resultado del adelgazamiento no inflamatorio del estroma corneal. El adelgazamiento corneal induce astigmatismo irregular, miopía y protrusión de la córnea, que conlleva a un deterioro leve a moderado de la agudeza visual.	Esta variable se midió mediante la revisión de los valores tomográficos del PENTACAM. Estos valores fueron registrados en una ficha de recolección de datos.	Cualitativa	Nominal dicotómica	<ul style="list-style-type: none"> • Ápice del queratocono anterior • Ápice del queratocono posterior 	<ul style="list-style-type: none"> • Mapa refractivo • Mapa de análisis de Zernike 	Ficha de recolección de datos.

ANEXOS

ANEXO 3: MATRIZ DE OPERACIONALIZACIÓN DEL INSTRUMENTO

TIPO DE VARIABLE	NOMBRE DE LA VARIABLE	DIMENSIONES	INDICADORES	INSTRUMENTO
CUALITATIVA	QUERATOCONO	Ápice del queratocono anterior	<ul style="list-style-type: none">• Mapa refractivo• Mapa de análisis de Zernike	Ficha de recolección de datos
		Ápice del queratocono posterior	<ul style="list-style-type: none">• Mapa refractivo• Mapa de análisis de Zernike	

ANEXOS

ANEXO N° 4: Instrumento de Investigación y Constancia de su Aplicación



UNIVERSIDAD PERUANA LOS ANDES

FACULTAD DE CIENCIAS DE LA SALUD

Escuela Profesional de Optometría

Fecha: 10 - 06 – 2021

Tema: “Características Tomográficas de Pacientes Diagnosticados con Queratocono en el Centro Médico de Apoyo Nueva Visión de Arequipa – 2021”

Investigador Principal: Bach. Johnny Manuel Huayhua Quispe

FICHA DE RECOLECCIÓN DE DATOS	
No. Pacte:	No. ID Tomográfico:
Mapa de curvatura:	
K2-Curvo de la cara anterior:	
K2-Curvo de la cara posterior:	
Mapa paquimétrico:	
Paquimetría en el punto más fino:	
Mapa de elevación:	
Elevación anterior:	
Elevación posterior:	
Mapa de análisis de Zernike:	
Error en todo el Wavefront-RMA HOA:	

HOJA DE REGISTRO DE PROCESAMIENTO DE DATOS

Pact. QC	MAPAS DE CURVATURA		MAPA PAQUIMÉTRICO	MAPA DE ELEVACIÓN		MAPA DE ANÁLISIS DE ZERNIKE
	CARA ANTERIOR	CARA POSTERIOR	Paquimetría en el Punto más Fino (0) (1) (2) (3) (4)	Elevación Anterior (0) (1) (2)	Elevación Posterior (0) (1) (2)	Error en todo el Wavefront
	K2-Curvo (0) (1) (2) (3) (4)	K2-Curvo (0) (1) (2) (3) (4)				RMS HOA (0) (1) (2) (3)
01						
02						
03						
04						
05						
06						
07						
08						
09						
10						
11						
12						
13						
14						
15						
16						
17						
18						
19						
20						

VALORACIÓN DE INFORMACIÓN CLÍNICA

DIAGNÓSTICO CLÍNICO	MAPAS DE CURVATURA		MAPA PAQUIMÉTRICO
	CARA ANTERIOR	CARA POSTERIOR	Paquimetría en el Punto más Fino
	K-Curvo	K-Curvo	
0: Normal	< 46.50 D	< 57.25 D	> 490 μm
1: Leve	< 48.00 D	< 59.25 D	> 450 μm
2: Moderado	< 53.00 D	< 65.50 D	> 400 μm
3: Avanzado	< 55.00 D	< 68.50 D	> 300 μm
4: Severo	> 55.00 D	> 68.50 D	\leq 300 μm

DIAGNÓSTICO CLÍNICO	MAPA DE ELEVACIÓN	
	ELEVACIÓN ANTERIOR	ELEVACIÓN POSTERIOR
0: Normal	\leq +12 μm	\leq +17 μm
1: Sospechoso	+13 a +15 μm	+18 a 20 μm
2: Ectasia corneal	> +15 μm	> +20 μm

DIAGNÓSTICO CLÍNICO	MAPA DE ANÁLISIS DE ZERNIKE
	Aberración Activa Error Cuadrático Medio del Frente de Onda [RMS] Aberraciones de Alto Orden [HOA]
0: Normal	0.1 a 0.3 μm
1: Normal límite superior	0.3 a 0.5 μm
2: Astigmatismo irregular	0.5 a 0.7 μm
3: Posible queratocono	> 0.7 μm



UNIVERSIDAD PERUANA LOS ANDES

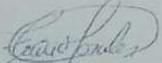
FACULTAD DE CIENCIAS DE LA SALUD

Escuela Profesional de Optometría

CONSTANCIA DE APLICACIÓN

Estimado señor calificador reciba un cordial y afectuoso saludo.

El presente documento es para solicitar mediante su firma, certificar/constatar que mi instrumento de recolección de datos cuenta con la calidad e información adecuada para realizar mi investigación, la cual está referida al tema de "Características Tomográficas de Pacientes Diagnosticados con Queratocono en el Centro Médico de Apoyo Nueva Visión de Arequipa – 2021" en la que describiré las características de los mapas de curvatura, mapa paquimétrico, mapa de elevación y el mapa de análisis de Zernike tomando como referencia estudios desarrollados por Belin-Ambrosio, todo ello mediante la revisión del sistema computarizado de las tomografías corneales de los pacientes que fueron atendidos en el consultorio del Centro Médico de Apoyo Nueva Visión durante el año 2019.


Lic. Morales Cáreres, Tamia
Tecnólogo médico
C.T.M.P. 11281

.....
Firma y sello del Lic. Mg. / Esp.



UNIVERSIDAD PERUANA LOS ANDES

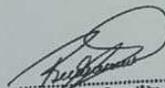
FACULTAD DE CIENCIAS DE LA SALUD

Escuela Profesional de Optometría

CONSTANCIA DE APLICACIÓN

Estimado señor calificador reciba un cordial y afectuoso saludo.

El presente documento es para solicitar mediante su firma, certificar/constatar que mi instrumento de recolección de datos cuenta con la calidad e información adecuada para realizar mi investigación, la cual está referida al tema de "Características Tomográficas de Pacientes Diagnosticados con Queratocono en el Centro Médico de Apoyo Nueva Visión de Arequipa – 2021" en la que describiré las características de los mapas de curvatura, mapa paquimétrico, mapa de elevación y el mapa de análisis de Zernike tomando como referencia estudios desarrollados por Belin-Ambrosio, todo ello mediante la revisión del sistema computarizado de las tomografías corneales de los pacientes que fueron atendidos en el consultorio del Centro Médico de Apoyo Nueva Visión durante el año 2019.



.....
Lic. Perla Nelson Sarmiento Albaladejo
Tecnólogo Médico
Optometría
C.T.M.P. 15311

.....
Firma y sello del Lic. Mg. / Esp.



UNIVERSIDAD PERUANA LOS ANDES

FACULTAD DE CIENCIAS DE LA SALUD

Escuela Profesional de Optometría

CONSTANCIA DE APLICACIÓN

Estimado señor calificador reciba un cordial y afectuoso saludo.

El presente documento es para solicitar mediante su firma, certificar/constatar que mi instrumento de recolección de datos cuenta con la calidad e información adecuada para realizar mi investigación, la cual está referida al tema de "Características Tomográficas de Pacientes Diagnosticados con Queratocono en el Centro Médico de Apoyo Nueva Visión de Arequipa – 2021" en la que describiré las características de los mapas de curvatura, mapa paquimétrico, mapa de elevación y el mapa de análisis de Zernike tomando como referencia estudios desarrollados por Belin-Ambrosio, todo ello mediante la revisión del sistema computarizado de las tomografías corneales de los pacientes que fueron atendidos en el consultorio del Centro Médico de Apoyo Nueva Visión durante el año 2019.

Lic. Rosendo W. Justiniano de La Cruz
TECNOLOGO MEDICO
C. T. M. P. 6022

.....
Firma y sello del Lic. Mg. / Esp.

Anexo N° 5: Confiabilidad Válida del Instrumento



TIPO DE INSTRUMENTO: FICHA DE RECOLECCIÓN DE DATOS

TÍTULO DE LA TESIS: CARACTERÍSTICAS TOMOGRÁFICAS DE PACIENTES DIAGNOSTICADOS CON QUERATOCONO EN EL CENTRO MÉDICO DE APOYO NUEVA VISIÓN DE AREQUIPA – 2021.

AUTOR DEL INSTRUMENTO: JOHNNY MANUEL HUAYHUA QUISPE

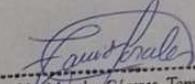
EXPERTO: LIC. TM. TAMIA MORALES CÁCERES

INSTRUCCIONES: Determinar si el instrumento de medición reúne los indicadores mencionados si ha sido excelente, muy bueno, regular o deficiente, colocando un aspa (X) en el casillero correspondiente.

INDICADORES	CRITERIOS CUALITATIVOS/CUANTITATIVOS	Excelente 81-100%	Muy Bueno 61-80%	Bueno 41-60%	Regular 21-40%	Deficiente 0-20%
1. CLARIDAD	El instrumento está redactado con un lenguaje apropiado.	X				
2. OBJETIVIDAD	Está observado en conductas observables.	X				
3. ACTUALIDAD	Adecuado al alcance de la ciencia y tecnología.	X				
4. ORGANIZACIÓN	Existe una organización lógica.	X				
5. SUFICIENCIA	Comprende los aspectos de cantidad y calidad.	X				
6. INTENCIONALIDAD	Adecuado para valorar los aspectos del estudio.	X				
7. CONSISTENCIA	Basados en aspectos técnicos-científicos y del tema de estudio.	X				
8. COHERENCIA	Entre los índices, indicadores, dimensiones y variables.		X			
9. METODOLOGÍA	La estrategia responde al propósito del estudio.	X				
10. CONVENIENCIA	Genera nuevas pautas en la investigación y construcción de teorías.	X				

Promedio de Valoración: 95%

- Se puede aplicar el instrumento.
 Se debe mejorar el instrumento antes de su aplicación.


 Lic. Morales Cáceres, Tamia
 Tecnólogo Médico
C.T.M.P. 11281.....
Firma y sello del Experto

Anexo N° 5: Confiabilidad Válida del Instrumento



TIPO DE INSTRUMENTO: FICHA DE RECOLECCIÓN DE DATOS

TÍTULO DE LA TESIS: CARACTERÍSTICAS TOMOGRÁFICAS DE PACIENTES DIAGNOSTICADOS CON QUERATOCONO EN EL CENTRO MÉDICO DE APOYO NUEVA VISIÓN DE AREQUIPA - 2021.

AUTOR DEL INSTRUMENTO: JOHNNY MANUEL HUAYHUA QUISPE

EXPERTO: LIC. TM. RENZO YEFERSON SERRANO ALBITES

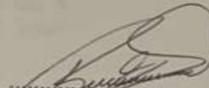
INSTRUCCIONES: Determinar si el instrumento de medición reúne los indicadores mencionados si ha sido excelente, muy bueno, regular o deficiente, colocando un aspa (X) en el casillero correspondiente.

INDICADORES	CRITERIOS CUALITATIVOS/CUANTITATIVOS	Excelente 81-100%	Muy Bueno 61-80%	Bueno 41-60%	Regular 21-40%	Deficiente 0-20%
1. CLARIDAD	El instrumento está redactado con un lenguaje apropiado.		X			
2. OBJETIVIDAD	Está observado en conductas observables.	X				
3. ACTUALIDAD	Adecuado al alcance de la ciencia y tecnología.		X			
4. ORGANIZACIÓN	Existe una organización lógica.	X				
5. SUFICIENCIA	Comprende los aspectos de cantidad y calidad.	X				
6. INTENCIONALIDAD	Adecuado para valorar los aspectos del estudio.	X				
7. CONSISTENCIA	Basados en aspectos teóricos-científicos y del tema de estudio.	X				
8. COHERENCIA	Entre los índices, indicadores, dimensiones y variables.	X				
9. METODOLOGÍA	La estrategia responde al propósito del estudio.	X				
10. CONVENIENCIA	Genera nuevas pautas en la investigación y construcción de teorías.	X				

Promedio de Valoración: 90%

(X) Se puede aplicar el instrumento.

() Se debe mejorar el instrumento antes de su aplicación.


 Lic. Renzo Yeferson Serrano Albitres
 Tecnólogo Médico
 Optometría
 T.M.P. 15311

Firma y sello del Experto

Anexo N° 5: Confiabilidad Válida del Instrumento



TIPO DE INSTRUMENTO: FICHA DE RECOLECCIÓN DE DATOS

TÍTULO DE LA TESIS: CARACTERÍSTICAS TOMOGRÁFICAS DE PACIENTES DIAGNOSTICADOS CON QUERATOCONO EN EL CENTRO MÉDICO DE APOYO NUEVA VISIÓN DE AREQUIPA – 2021.

AUTOR DEL INSTRUMENTO: JOHNNY MANUEL HUAYHUA QUISPE

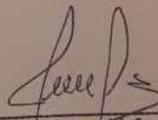
EXPERTO: LIC. TM. ROSARIO WENDY JUSTINIANO DE LA CRUZ

INSTRUCCIONES: Determinar si el instrumento de medición reúne los indicadores mencionados si ha sido excelente, muy bueno, regular o deficiente, colocando un aspa (X) en el casillero correspondiente.

INDICADORES	CRITERIOS CUALITATIVOS/CUANTITATIVOS	Excelente 81-100%	Muy Bueno 61-80%	Bueno 41-60%	Regular 21-40%	Deficiente 0-20%
1. CLARIDAD	El instrumento está redactado con un lenguaje apropiado.	X				
2. OBJETIVIDAD	Está observado en conductas observables.	X				
3. ACTUALIDAD	Adecuado al alcances de la ciencia y tecnología.	X				
4. ORGANIZACIÓN	Existe una organización lógica.	X				
5. SUFICIENCIA	Comprende los aspectos de cantidad y calidad.	X				
6. INTENCIONALIDAD	Adecuado para valorar los aspectos del estudio.	X				
7. CONSISTENCIA	Basados en aspectos teóricos-científicos y del tema de estudio.	X				
8. COHERENCIA	Entre los índices, indicadores, dimensiones y variables.	X				
9. METODOLOGÍA	La estrategia responde al propósito del estudio.	X				
10. CONVENIENCIA	Genera nuevas pautas en la investigación y construcción de teorías.	X				

Promedio de Valoración: 100%

- () Se puede aplicar el instrumento.
 () Se debe mejorar el instrumento antes de su aplicación.


 Lic. Rosario W. Justiniano de la Cruz
 TECNÓLOGO MÉDICO
 C. T. M. P. 8022

.....
 Firma y sello del Experto

Anexo N° 6: Data de Procesamiento de Datos

Pact. QC	MAPAS DE CURVATURA		MAPA PAQUIMÉTRICO	MAPA DE ELEVACIÓN		MAPA DE ANÁLISIS DE ZERNIKE
	CARA ANTERIOR	CARA POSTERIOR	Paquimetría en el Punto más Fino (0) (1) (2) (3) (4)	Elevación Anterior (0) (1) (2)	Elevación Posterior (0) (1) (2)	Error en todo el Wavefront
	K2-Curvo (0) (1) (2) (3) (4)	K2-Curvo (0) (1) (2) (3) (4)				RMS HOA (0) (1) (2) (3)
01	1	2	0	2	2	1
02	0	1	1	0	1	1
03	1	1	1	1	1	2
04	0	0	0	0	1	2
05	3	4	0	2	2	3
06	0	2	1	0	2	2
07	0	1	1	0	1	1
08	0	2	2	1	1	2
09	1	2	1	2	2	2
10	2	2	1	2	2	3
11	1	3	2	0	1	1
12	2	3	1	2	2	3
13	0	1	0	0	1	1
14	0	3	2	1	2	3
15	1	1	2	1	2	2
16	0	1	1	0	1	1
17	1	1	2	1	2	3
18	0	0	1	0	2	1
19	2	2	2	2	2	3
20	1	2	2	0	2	3
21	3	4	0	2	2	3
22	1	2	1	0	2	2
23	0	1	1	0	1	1

24	0	2	2	1	1	2
25	1	2	2	2	2	2
26	2	2	1	2	2	3
27	0	1	2	1	2	2
28	0	1	1	0	1	1
29	0	1	1	1	2	3
30	0	1	1	0	2	1
31	2	2	2	2	2	3
32	1	2	2	0	2	3
33	0	2	0	2	2	1
34	0	1	1	0	1	1
35	0	1	1	1	1	2
36	0	0	0	0	1	2
37	3	4	4	2	2	3
38	1	2	1	0	2	2
39	0	1	1	0	1	1
40	2	2	1	2	2	3
41	1	3	3	0	1	1
42	2	3	3	2	2	3
43	0	1	0	0	1	1
44	2	2	2	2	2	3
45	0	2	2	0	2	3
46	3	4	0	2	2	3
47	0	1	1	0	1	1
48	1	1	1	1	1	2
49	0	2	0	0	1	2
50	3	4	3	2	2	3
51	2	2	1	2	2	3

52	3	4	0	2	2	3
53	1	2	1	0	2	2
54	0	1	2	0	1	1
55	1	2	1	1	1	2
56	0	2	1	2	2	2
57	2	2	2	2	2	3
58	1	3	3	0	1	1
59	2	3	1	2	2	3
60	0	1	0	0	1	1
61	1	3	4	1	2	3
62	1	1	2	1	2	2
63	1	2	0	2	2	1
64	0	1	1	0	1	1
65	1	1	1	1	1	2
66	0	1	0	0	1	2
67	3	4	0	2	2	3
68	1	2	1	0	2	2
69	0	1	1	0	1	1
70	1	2	2	0	2	3
71	2	3	3	2	2	3
72	0	2	2	0	2	3
73	1	1	0	1	1	2
74	1	2	3	1	2	3
75	3	4	0	2	2	3
76	1	2	2	0	2	2
77	0	1	1	0	1	1
78	1	1	2	1	1	2
79	0	1	0	0	1	2

80	4	4	4	2	2	3
81	1	2	1	0	2	2
82	0	1	2	0	1	1
83	1	2	1	1	1	2
84	0	2	2	2	2	2
85	2	3	1	2	2	3
86	1	3	3	0	1	2
87	2	3	3	2	2	3
88	0	2	0	1	2	1
89	0	1	2	0	1	1
90	1	1	1	1	1	2
91	0	1	0	0	1	2
92	3	4	0	2	2	3
93	1	3	3	0	2	2
94	0	1	1	0	1	1
95	0	1	0	0	1	1
96	1	3	1	1	2	3
97	1	1	2	1	2	2
98	0	1	1	0	1	1
99	1	1	2	1	2	3
100	0	1	1	0	2	1
101	0	2	3	0	2	3

Anexo N° 7: Evidencia Documentaria: Permiso Institucional

"Año del Bicentenario del Perú: 200 Años de Independencia"

A: Sr. Miguel Ángel Villalba Quispe
*Gerente General del Grupo Óptico Tecnilent y del
Centro Médico de Apoyo Nueva Visión de Arequipa*

ASUNTO: Solicito autorización para recolección de datos de los mapas tomográficos de pacientes con queratocono.

FECHA: Arequipa, 07 de junio de 2021

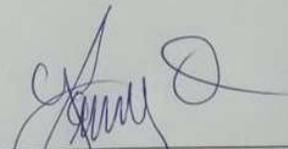
De mi mayor consideración.

Yo, JOHNNY MANUEL HUAYHUA QUISPE, egresado de la Facultad de Ciencias de la Salud de la Universidad Peruana los Andes, he solicitado autorización para realizar el estudio de investigación titulado: "CARACTERÍSTICAS TOMOGRÁFICAS DE PACIENTES DIAGNOSTICADOS CON QUERATOCONO EN EL CENTRO MÉDICO DE APOYO NUEVA VISIÓN DE AREQUIPA - 2021" Este estudio cuenta con la resolución de aprobación de Inscripción de Proyecto de Investigación emitido por la Universidad Peruana los Andes, la cual será adjuntada junto con esta solicitud.

Solicito por ello el permiso para acceder a la información contenida en el software del tomógrafo corneal con la finalidad de recabar información a través de mi instrumento de investigación el cual consiste en una ficha de recolección de datos validado por especialistas de la carrera de Tecnología Médica en la especialidad de Optometría.

Por todo lo expuesto ruego a usted acceder a mi petición.

Atentamente.



Johnny Manuel Huayhua Quispe
DNI 43048210



Sr(a). Mg.

LIZBETH GIOVANNA TORIBIO ALEJO

ASESOR DE LA TESIS CARACTERÍSTICAS TOMOGRÁFICAS DE PACIENTES
DIAGNOSTICADOS CON QUERATOCONO EN EL CENTRO MÉDICO DE APOYO NUEVA
VISIÓN DE AREQUIPA - 2021

Presente.-

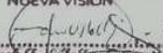
REFERENCIA: PETICIÓN DE ACCESO A LAS TOMOGRAFÍAS
CORNEALES DE LOS PACIENTES CON
QUERATOCONO.

Mediante el presente es grato dirigirme a usted para
expresarle mi saludo cordial y comunicarle que se ha aceptado la petición de acceso a las
tomografías corneales de los pacientes con queratocono atendidos en el Centro Médico de
Apoyo Nueva Visión, al Bach. Johnny Manuel Huayhua Quispe, para que revise la información
tomográfica para los fines consiguientes a su estudio de investigación.

Sin otro particular, quedo de usted.

Atentamente.

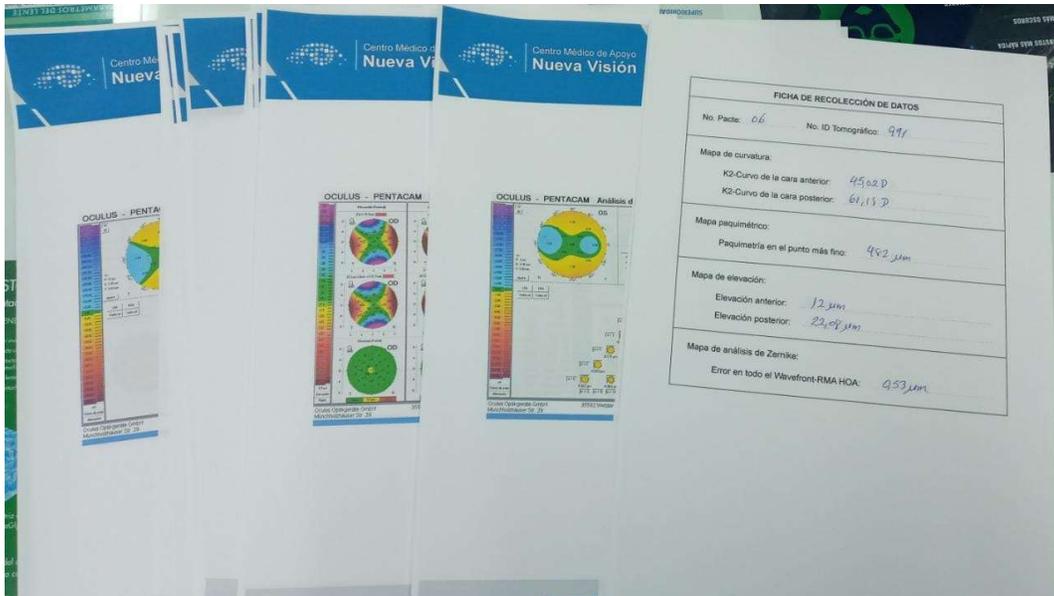
Arequipa, 10 de junio del 2021

**CENTRO MÉDICO DE APOYO
NUEVA VISIÓN**

Miguel A. Villalón Estigarribia
GERENTE GENERAL

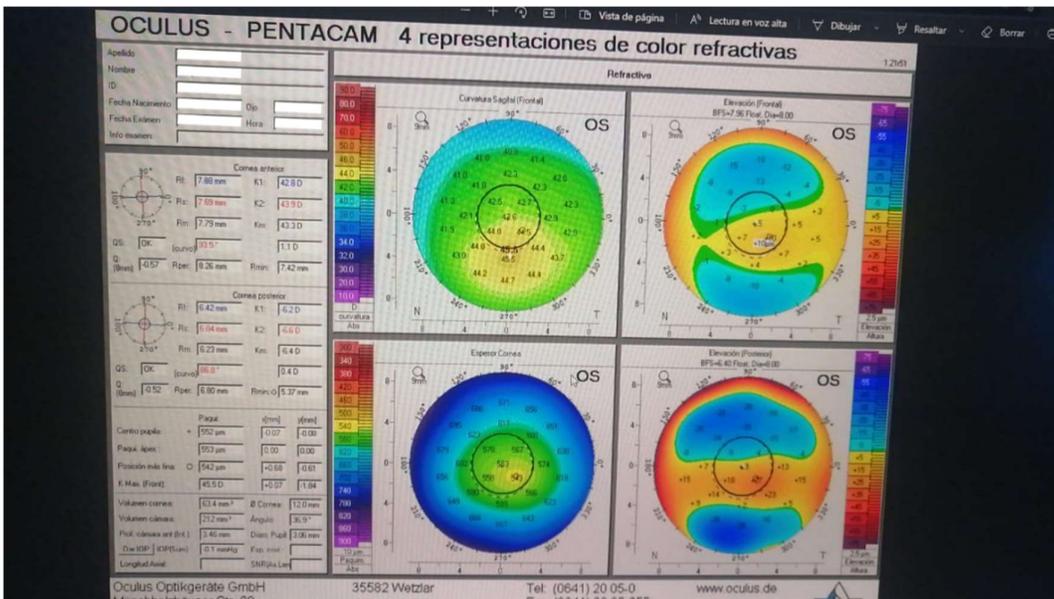
Anexo N° 8: Evidencia fotográfica del estudio de investigación



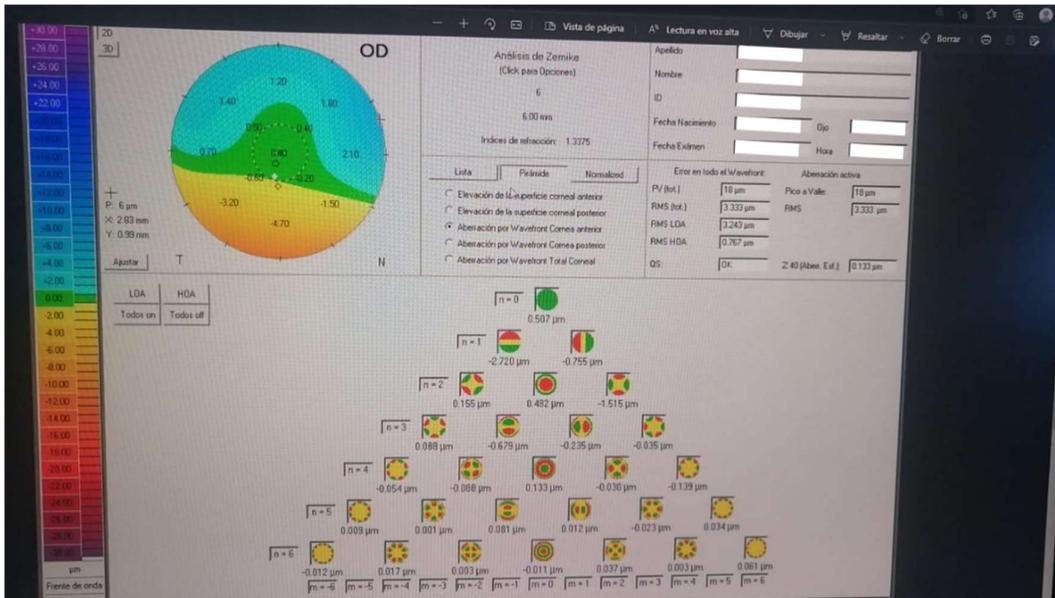
Centro Médico de Apoyo Nueva Visión



Muestra impresa de los mapas tomográficos y ficha de recolección de datos



Captura fotográfica de la pantalla del ordenador: Revisión de los mapas sagital, elevación anterior-posterior y paquimétrico



Captura fotográfica de la pantalla del ordenador: Revisión del mapa de aberraciones corneales

Pacit. QC	MAPAS DE CURVATURA		MAPA PAGUIMÉTRICO	MAPA DE ELECCIÓN		MAPA DE ANÁLISIS DE ZERNIKE
	CASA ANTERIOR	CASA POSTERIOR		Elección Anterior (0/1/2)	Elección Posterior (0/1/2)	
01	1	2	0	2	2	1
02	0	1	1	0	1	1
03	1	1	1	1	1	2
04	0	0	0	0	0	0
25	1	2	2	2	2	2
26	2	2	1	2	2	3
27	0	1	2	1	2	2
28	0	1	1	0	1	1
29	0	1	1	1	2	3
30	0	1	1	0	2	1
31	2	2	2	2	2	3
32	1	2	2	0	2	3
33	0	2	0	2	2	1
34	0	1	1	0	1	1
35	0	1	1	1	1	2
36	0	0	0	0	1	2
37	3	4	4	2	2	3
38	1	2	1	0	2	2
39	0	1	1	0	1	1
40	2	2	1	2	2	3
41	1	3	3	0	1	1
42	2	3	3	2	2	3
43	0	1	0	0	1	1
44	2	2	2	2	2	3
45	0	2	2	0	2	3
46	3	4	0	2	2	3
47	0	1	1	0	1	1
48	1	1	1	1	1	2
49	0	2	0	0	1	2
50	3	4	3	2	2	3
51	2	2	1	2	2	3
52	3	4	0	2	2	3
53	1	2	1	0	2	2
54	0	1	2	0	1	1
55	1	2	1	1	1	2
56	0	2	1	2	2	2
57	2	2	2	2	2	3
58	1	3	3	0	1	1
59	2	3	1	2	2	3
60	1	2	1	0	1	1
61	1	2	1	0	1	1
62	0	1	2	0	1	1
63	1	2	1	1	1	2
64	0	2	2	2	2	3
65	2	3	1	2	2	3
66	1	3	3	0	1	2
67	2	3	3	2	2	3
68	0	2	0	1	2	1
69	0	1	2	0	1	1
70	1	1	1	1	1	2
71	0	1	0	0	1	1
72	3	4	0	2	2	3
73	1	3	3	0	2	2
74	0	1	1	0	1	1
75	0	1	0	0	1	1
76	1	3	1	1	2	3
77	1	1	2	1	2	2
78	0	1	1	0	1	1
79	1	1	2	1	2	3
80	0	1	1	0	2	1
81	0	2	3	0	2	3

Hoja de registro del procesamiento de datos de la información obtenida del PENTACAM registrada en la ficha de recolección de datos

Anexo N° 9: Declaración de Confidencialidad



DECLARACIÓN DE CONFIDENCIALIDAD

Yo, **JOHNNY MANUEL HUAYHUA QUISPE**, identificado con DNI No. **43048210**, egresado de la escuela profesional de optometría, vengo implementando la tesis titulada "**CARACTERÍSTICAS TOMOGRÁFICAS DE PACIENTES DIAGNOSTICADOS CON QUERATOCONO EN EL CENTRO MÉDICO DE APOYO NUEVA VISIÓN DE AREQUIPA - 2021**", en ese contexto declaro bajo juramento que los datos que se generen como producto de la investigación, así como la identidad de los pacientes serán preservados y serán usados únicamente con fines de investigación basado en los artículos 6 y 7 del reglamento del comité de ética de investigación y en los artículos 4 y 5 del Código de Ética para la investigación científica de la Universidad Peruana Los Andes, salvo con autorización expresa y documentada de alguno de ellos.

Huancayo, 07 de septiembre de 2021



Huella Digital

A handwritten signature in blue ink, appearing to read "Johnny Manuel Huayhua Quispe".

Johnny Manuel Huayhua Quispe
Responsable de la Investigación