



UNIVERSIDAD
NACIONAL
DE COLOMBIA

Estudio observacional del espesor corneal central en pilotos del Ejército Nacional de Colombia, sedes Bogotá y Tolemaida, periodos 2015-2016

Víctor Hugo Tejera Villalaz

Universidad Nacional de Colombia
Facultad de Medicina, Departamento de Medicina Interna
Unidad de Medicina Aeroespacial
Bogotá, Colombia
2017

Estudio observacional del espesor corneal central en pilotos del Ejército Nacional de Colombia, sedes Bogotá y Tolemaida, periodos 2015-2016

Víctor Hugo Tejera Villalaz

Trabajo de investigación presentado como requisito parcial para optar al título de:
Especialista en Medicina Aeroespacial

Directores:

Dr. Crisanto de Jesús Moreno

Profesor asociado córnea y segmento anterior, Unidad Especializada de Oftalmología.
Facultad de Medicina. Universidad Nacional de Colombia

Dr. Edgar Prieto Suarez

Profesor asociado Departamento de Salud Pública.
Facultad de Medicina, Universidad Nacional de Colombia

CT. Gina Puentes Manosalva

Optómetra, Ejército Nacional de Colombia, CACSA II

Universidad Nacional de Colombia

Facultad de Medicina, Departamento de Medicina Interna

Unidad de Medicina Aeroespacial

Bogotá, Colombia

2017

Estudio observacional del espesor corneal central en pilotos del Ejército Nacional de Colombia, sedes Bogotá y Tolemaida, periodos 2015-2016

Víctor Hugo Tejera Villalaz

Trabajo de investigación presentado como requisito parcial para optar al título de:
Especialista en Medicina Aeroespacial

Codirectores:

Dr. Yamil Antonio Diab Forero

Profesor asociado Unidad Especializada de Medicina Aeroespacial.
Facultad de Medicina, Universidad Nacional de Colombia

Dra. Liliana Jiménez Restrepo

Médica Aeroespacial del CACSA II, Ejército Nacional de Colombia.
Facultad de Medicina, Universidad Nacional de Colombia

Universidad Nacional de Colombia

Facultad de Medicina, Departamento de Medicina Interna

Unidad de Medicina Aeroespacial

Bogotá, Colombia

2017

A mis padres Víctor Hugo Tejera Nuñez y Arthemis Villalaz Athanasiadis quienes me proporcionaron todo el apoyo de forma incondicional e inimaginable.

A mi hermano Martín Antonio Tejera Villalaz por ser un gran compañero en esta búsqueda incesante del conocimiento.

A mi hijo Dilan Jafet Tejera Calderon por su eterna e incesante espera.

A todos mis maestros quienes ayudaron a incursionar en todos los momentos de duda.

A la medicina que con sus cuatros motores: ciencia, economía y política, arte en el sentido hipocrático, ética y religión, dieron dirección al conocimiento.

Somos arquitectos de nuestro propio destino

Albert Einstein

Agradecimientos

Agradezco al director de la especialidad de medicina aeroespacial el Prof. Jorge Behaine MD por ser la persona que inspiró la incorporación al posgrado; al Prof. Hugo Fajardo, director del departamento de medicina interna de la UNAL quien nos dirigió y formó en el ámbito de investigación; al incansable apoyo de los directores del trabajo Prof. Crisanto Moreno M.D. por su apoyo en la enseñanza y desarrollo de la parte de oftalmología de córnea, Prof. Edgar Prieto M.D. por su colaboración en el diseño, estructuración y análisis del trabajo y CT. Gina Puentes por su tiempo en la parte de permisos y logística; a Erika Vargas estadista, especialista en análisis de datos demográficos, por sus sabios consejos en el resumen de la información; a las enseñanzas y guía durante mi rotación en el EJC por los médicos aeroespaciales Freddy Hernández MD y Liliana Jiménez MD; Al profesor generador de conocimiento Yamil Diab MD, por sus grandes aportes en el ámbito aeroespacial; A la directora de certificación Aeroméica del Aviación Civil Angelita Salamanca MD por dar apoyo a la estructura de datos; al médico aeroespacial Prof. Diego García por compartir esos conocimientos vivenciales de aviación civil y recordarme a diario la finalización del trabajo de grado; Al personal de archivo del CACSA I por realizar la coordinación con el personal de aviación y en el CACSA II por haber colaborado con la búsqueda incesante de las fichas médicas. A todo el personal que participó de forma valiente en la medición del espesor corneal central en Tolemaida por ser sujetos de evaluación.

Agradezco al Ejército Nacional de Colombia y a sus comandantes por haber dado los permisos y ser el lugar de realización de este trabajo.

Resumen

Introducción: En el medio aeronáutico los pilotos están expuestos de forma constante a cambios en la presión parcial de oxígeno. Estas condiciones pueden afectar de forma directa el espesor corneal lo que altera el poder dióptrico.

Objetivo General: Describir el espesor corneal central (CCT) en relación con la exposición al ambiente hipóxico por altura en pilotos de Aviación del Ejército Nacional de Colombia con sedes en Bogotá (CACSA II) y Tolemaida (CACSA I).

Metodología: Se realizó un estudio observacional, descriptivo, transversal del espesor corneal central en la población de pilotos del Ejército Nacional de Colombia con sedes en Bogotá y Tolemaida en el periodo comprendido entre enero del 2015 a octubre del 2016. Las mediciones del CCT se efectuaron por paquimetría ultrasónica y neumotonopaquimetría.

Resultados: la población total estudiada fue masculina con 509 personas de las cuales 180 son pilotos, tripulantes de vuelo 139 y personal de tierra 190. De un total de 190 aeronaves utilizadas, las de ala fija correspondieron a un 27.9% y las de ala rotatoria a un 72.1%. Los ECC para los pilotos del CACSA I y CACSA II para el OD fueron de 552.20 ± 33.40 y 544.27 ± 35 micras y para el OI de 553.86 ± 33.14 y 544.93 ± 35.67 micras. El trastorno refractivo significativo fue el astigmatismo para el CACSA II.

Conclusión: el CCT en pilotos según edad, horas de vuelo, tipo de aeronave, ambiente de cabina no presenta variaciones con respecto al grupo control de tierra.

Palabras clave: ojo, córnea, espesor corneal central, pilotos militares, hipoxia hipóxica.

Abstract

Introduction: In the aeronautic environment, pilots are often exposed to partial oxygen pressure changes. These conditions may affect corneal thickness in a straight way altering dioptric power.

General objective: Describe central corneal thickness (CCT) measures related to the exposure to altitude in the hypoxic environment on military pilots of the “Ejército Nacional de Colombia” with seats in Bogotá (CACSA II) and Tolemaida (CACSA I)

Methodology: An observational, descriptive, and cross-sectional study was performed about central corneal thickness in military pilots population between January 2015 and October 2016. The measures were done by ultrasonic and non-contact tonopachymeter.

Results: sample population in this study consisted of 509 military male people; 180 were military pilots, 139 were flight crew and 190 were from ground crew. From a fleet of 190 aircrafts, 27.9% were fixed-wing aircraft and 72.1% were rotary-wing. CCT for the military pilots of CACSA I and CACSA II for right eye were $552.20 \pm 33.40 \mu\text{m}$; mean \pm SD and $544.27 \pm 35 \mu\text{m}$; mean \pm SD and for left eye $553.86 \pm 33.14 \mu\text{m}$; mean \pm SD and $544.93 \pm 35.67 \mu\text{m}$; mean \pm SD. Significant refractive error result was the astigmatism for the CACSA II.

Conclusion: CCT in military pilots according to their age, flight time, aircraft type, and cabin environment do not have any variations relating to the ground crew group.

Key words: eye, cornea, central corneal thickness, military pilots, hypoxic-hypoxia.

Contenido

	Pág.
Agradecimientos	IX
Resumen	XI
Abstract.....	XIII
Lista de figuras.....	XIX
Lista de tablas	XXI
Lista de Símbolos y abreviaturas.....	XXV
Introducción	1
1. Planteamiento del problema.....	5
2. Justificación	7
3. Marco teórico.....	9
3.1 Óptica del ojo.....	9
3.2 Defecto de refracción – ametropías.....	10
3.3 Anatomía y fisiología de la córnea	10
3.4 Factores que afectan el espesor corneal.....	13
3.4.1 Factores Fisiológicos.....	13
3.4.1.1 Edad.....	13
3.4.1.2 Sexo	14
3.4.1.3. Etnia.....	14
3.4.1.4. Variaciones diurnas.....	15
3.4.2 Factores patológicos	15
3.4.2.1 Fármacos.....	16
3.4.2.2 Grosor corneal central (CCT) y presión intraocular (PIO)	17
3.4.2.3 Espesor corneal central e hipobaría.....	18
3.4.2.4 Espesor corneal central y altitud	18
3.5 Fisiopatología del edema corneal	20
3.6 Espesor corneal e hipoxia crónica	21
3.7 Medición y valor promedio del espesor corneal central.....	22
3.7.1 Paquimetría Ultrasónica	22
3.7.2 Neumotonopaquímetro.....	23

3.7.3 Valor promedio del grosor corneal central.....	25
3.8 Factores aeromédicos	26
3.8.1 Ambiente atmosférico	26
3.8.2 Cabinas presurizadas y no presurizadas.....	28
3.8.3 Helicópteros	32
4. Objetivo General	35
4.1 Objetivos Específicos.....	35
5. Metodología.....	37
5.1 Tipo de estudio.....	37
5.2 Definición de la población.....	37
5.3 Criterios de inclusión	38
5.4 Criterios de exclusión	38
5.5 Recolección de la información.....	38
5.6 Anestesia de la córnea	39
5.7 Método de medición del CCT	39
5.8 Materiales.....	40
5.8.1 Tonopaquímetro neumático Canon TX-20. (Ver anexo D .).....	40
5.8.2 Paquímetro ultrasónico DGH 555 (Pachette 3)	40
5.8.3. Clorhidrato de proparacaína solución oftálmica.....	41
(Proximetacaína).....	41
5.8.4 Kit de emergencias	41
5.8.5 Formulario de recopilación de datos.	42
5.9. Estadística.....	43
5.9.1 Variables de estudio.....	43
5.9.2 Análisis estadístico.....	45
5.9.3 Hipótesis.....	45
6. Cálculo de los costos	47
7. Consideraciones éticas	49
8. Resultados esperados e impacto	51
9. Cronograma.....	53
10. Resultados.....	55
10.1 Descripción por grupos (pilotos, personal de tierra y tripulantes de vuelo).....	67
10.1.1 Personal de tierra de CACSA II.....	67
10.1.2 Pilotos CACSA II	69
10.1.3 Pilotos CACSA I.....	75
10.1.4 Personal de tierra CACSA I.....	80
10.2 Análisis de la información de los CCT AO	83
11. Discusión.....	97
12. Conclusiones y recomendaciones	107
12.1 Conclusiones.....	107
12.2 Recomendaciones.....	108
A. Anexo: Estructura Organizacional de Aviación del Ejército de Colombia.....	111

B. Anexo: Funciones del MEDAV (Medicina de Aviación del EJC)	112
C. Anexo: Tipo de aeronaves y techo operacional.....	113
D. Anexo: Neumotonopaquímetro Canon TX-20/TX-20p.....	114
E. Anexo: Principio de Scheimpflug.....	115
F Anexo: Consentimiento informado.....	117
G. Anexo: Formulario de inclusión de datos.....	120
Bibliografía	121

Lista de figuras

	Pág.
FIGURA 3- 1 CURVA DE DISOCIACIÓN DE LA OXIHEMOGLOBINA	30
FIGURA 10- 1. DISTRIBUCIÓN PORCENTUAL SEGÚN EL ÁREA GEOGRÁFICA DEL PERSONAL DE AVIACIÓN DEL EJC.....	56
FIGURA 10- 2. DISTRIBUCIÓN PORCENTUAL DEL USO DEL TIPO DE AERONAVE EN LA POBLACIÓN DE AVIACIÓN DEL EJC.....	56
FIGURA 10- 3. DISTRIBUCIÓN PORCENTUAL DEL USO DE AERONAVES EN LA POBLACIÓN GENERAL DE AVIACIÓN DEL EJC.....	57
FIGURA 10- 4. DISTRIBUCIÓN PORCENTUAL DEL USO DE GAFAS EN EL PERSONAL DE AVIACIÓN DEL EJC.....	59
FIGURA 10- 5. DISTRIBUCIÓN PORCENTUAL DEL USO DE GAFAS EN EL PERSONAL DE AVIACIÓN DEL EJC.....	60
FIGURA 10- 6. DISTRIBUCIÓN PORCENTUAL DEL USO DE CORRECCIÓN ÓPTICA POR FUNCIÓN DEL PERSONAL DE AVIACIÓN DEL EJC	64
FIGURA 10- 7. HISTOGRAMAS DE LA MEDIDA EN MICRAS DEL ESPESOR CORNEAL CENTRAL DEL OJO DERECHO E IZQUIERDO (ECC OI), (ECC OD) DEL PERSONAL DE TIERRA DEL CACSA II.....	68
FIGURA 10- 8. DISTRIBUCIÓN POR EDADES LA POBLACIÓN DE PILOTOS DEL CACSA II.....	71
FIGURA 10- 9. DISTRIBUCIÓN DE LAS HORAS DE VUELO EN LOS PILOTOS DE CACSA II	72
FIGURA 10- 10. DISTRIBUCIÓN DEL ESPESOR CORNEAL CENTRAL DEL OJO DERECHO EN PILOTOS DEL CACSA II.....	72
FIGURA 10- 11. DISTRIBUCIÓN DEL ESPESOR CORNEAL CENTRAL DEL OJO IZQUIERDO EN PILOTOS DEL CACSA II.....	73
FIGURA 10- 12. DISTRIBUCIÓN DE LA EDAD EN LOS PILOTOS DE ALA ROTATORIA DE CACSA I.	76
FIGURA 10- 13. DISTRIBUCIÓN POR FRECUENCIA DE LAS HORAS DE VUELO EN PILOTOS DEL CACSA I.	77
FIGURA 10- 14 DISTRIBUCIÓN POR FRECUENCIA DEL ÚLTIMO VUELO EN DÍAS EN PILOTOS DEL CACSA I.	77
FIGURA 10- 15. DISTRIBUCIÓN DEL ESPESOR CORNEAL CENTRAL DEL OJO DERECHO (ECC OD) Y OJO IZQUIERDO (ECC OI) PARA LOS PILOTOS DEL CACSA I.	78
FIGURA 10- 16. DISTRIBUCIÓN POR FRECUENCIA DE LOS TIPOS DE AERONAVES PARA LOS PILOTOS DEL CACSA I.	79
FIGURA 10- 17. HISTOGRAMA DE LA EDAD DEL PERSONAL DE TIERRA PARA TOLEMAIDA.	82
FIGURA 10- 18. HISTOGRAMA DE LOS ESPESORES CORNEALES CENTRALES (ECC) DEL OJO DERECHO (OD) Y OJO IZQUIERDO (OI) PARA EL PERSONAL DE TIERRA DE TOLEMAIDA.	82
FIGURA 10- 19. DISTRIBUCIÓN PORCENTUAL EN BARRAS DE LOS ESTADOS REFRACTIVOS POR FUNCIÓN DEL PERSONAL DE AVIACIÓN DEL EJC.	93
FIGURA DE ANEXO A 1. ORGANIZACIÓN DEL DEPARTAMENTO DE ALISTAMIENTO PARA EL COMBATE Y SEGURIDAD DE AVIACIÓN	111
FIGURA DE ANEXO A 2. SIGNIFICADO DE ABREVIATURAS	111
FIGURA DE ANEXO D 1. NEUMOTONOPAQUÍMETRO CANON TX-20	114

FIGURA DE ANEXO E 1. PRINCIPIO DE SCHEIMPFLUG116

Lista de tablas

	Pág.
TABLA 3- 1. VARIACIÓN DEL ESPESOR CORNEAL CENTRAL CON RESPECTO AL ORIGEN ÉTNICO.....	15
TABLA 3- 2. CORRECCIÓN DE LA PRESIÓN INTRAOCULAR A PARTIR DE LA MEDICIÓN DEL GROSOR CORNEAL CENTRAL.....	18
TABLA 3- 3. CAMBIOS EN LA PRESIÓN INTRAOCULAR Y EL ESPESOR CORNEAL A BAJAS Y ALTAS ALTITUDES.....	19
TABLA 3- 4. MEDICIONES DE CCT CON PAQUIMETRÍA POR ULTRASONIDO, BIOMETRÍA ÓPTICA AL-SCAN Y CT-1P TONOPAQUIMETRÍA.....	24
TABLA 3- 5. PRESIONES PARCIALES DE LOS GASES RESPIRATORIOS CUANDO ENTRAN Y SALEN DE LOS PULMONES (AL NIVEL DEL MAR).....	29
TABLA 5- 1. VARIABLES DE ESTUDIO CATEGORIZADAS POR TIPO DE VARIABLE, NIVEL DE MEDICIÓN Y DEFINICIÓN.....	44
TABLA 6-1 COSTOS DEL PROYECTO.....	47
TABLA 9-1 CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES.....	53
TABLA 10- 1 DISTRIBUCIÓN DEL PERSONAL DE AVIACIÓN DEL EJC SEGÚN SU FUNCIÓN.....	55
TABLA 10- 2 DISTRIBUCIÓN POR FRECUENCIA Y PORCENTAJE DEL TIPO DE AERONAVE (ALA FIJA, ALA ROTATORIA Y NO USO) EN EL PERSONAL DE AVIACIÓN DEL EJC.....	57
TABLA 10- 3. DISTRIBUCIÓN DEL TIPO DE AMBIENTE DE CABINA (PRESURIZADO Y NO PRESURIZADO) Y AMBIENTE ATMOSFÉRICO EN LA PERSONAL DE AVIACIÓN DEL EJC.....	57
TABLA 10- 4 DISTRIBUCIÓN DE LOS ESTADÍSTICOS DE LAS VARIABLES EDAD, HORAS DE VUELO, ÚLTIMO VUELO REALIZADO EN DÍAS, ESPESOR CORNEAL CENTRAL (ECC) PARA AMBOS OJOS EN EL PERSONAL DE AVIACIÓN DEL EJC.....	58
TABLA 10- 5. DISTRIBUCIÓN DE LOS ESTADOS REFRACTIVOS EN EL PERSONAL DE AVIACIÓN DEL EJC.....	59
TABLA 10- 6. DISTRIBUCIÓN POR FRECUENCIA Y PORCENTAJE SEGÚN EL ÁREA GEOGRÁFICA DE LA FUNCIÓN DEL PERSONAL DE AVIACIÓN EN EJC.....	60
TABLA 10- 7. ESTADÍSTICOS DISTRIBUIDOS POR ÁREA GEOGRÁFICA PARA LA EDAD, HORAS DE VUELO Y ÚLTIMO VUELO EN EL PERSONAL DE AVIACIÓN DEL EJC.....	61
TABLA 10- 8. ESTADÍSTICOS DISTRIBUIDOS POR ÁREA GEOGRÁFICA PARA EL ECC DEL OD Y OI DEL PERSONAL DE AVIACIÓN DEL EJC.....	62
TABLA 10- 9. DISTRIBUCIÓN POR FRECUENCIA Y PORCENTAJE SEGÚN ÁREA GEOGRÁFICA DE LA FLOTA DE AERONAVES Y PERSONAL DE TIERRA PARA EL PERSONAL DE AVIACIÓN DEL EJC.....	63

XXII Estudio observacional del ECC en pilotos del EJC sedes Bogotá y Tolemaida,
periodos 2015-2016

TABLA 10- 10. DISTRIBUCIÓN POR FRECUENCIA Y PORCENTAJE DEL USO DE CORRECCIÓN OCULAR SEGÚN ÁREA GEOGRÁFICA EN EL PERSONAL DE AVIACIÓN DEL EJC	63
TABLA 10- 11. DISTRIBUCIÓN POR FRECUENCIA Y PORCENTAJE SEGÚN ÁREA GEOGRÁFICA DE LOS PROBLEMAS REFRACTIVOS INCLUYENDO LOS EMÉTOPES EN LA POBLACIÓN DE AVIACIÓN DEL EJC.	65
TABLA 10- 12. DISTRIBUCIÓN DE LA FRECUENCIA Y PORCENTAJE POR ÁREA GEOGRÁFICA SEGÚN LAS CONDICIONES AMBIENTALES EXPUESTAS DEL PERSONAL DE AVIACIÓN DEL EJC.	65
TABLA 10- 13. ESTADÍSTICOS DEL ESPESOR CORNEAL CENTRAL DEL OJO DERECHO (ECC OD), OJO IZQUIERDO (ECC OI) Y EDAD SEGÚN ÁREA GEOGRÁFICA Y FUNCIÓN DEL PERSONAL DE AVIACIÓN DEL EJC.	66
TABLA 10- 14 ESTADÍSTICOS DEL ESPESOR CORNEAL CENTRAL DEL OJO IZQUIERDO (ECC OI) Y OJO DERECHO (ECC OD) Y EDAD DEL PERSONAL EN TIERRA DE BOGOTÁ DE AVIACIÓN DEL EJC.....	68
TABLA 10- 15. DISTRIBUCIÓN POR FRECUENCIA Y PORCENTAJE DEL USO DE CORRECCIÓN OCULAR EN EL PERSONAL DE TIERRA DE CACSA II	69
TABLA 10- 16. FRECUENCIA DE LOS ESTADOS REFRACTIVOS EN EL GRUPO DE TIERRA DE CACSA II	69
TABLA 10- 17. ESTADÍSTICOS DE LAS EDADES PARA LOS PILOTOS DEL CACSA II	70
TABLA 10- 18. DATOS CORRESPONDIENTES A LAS HORAS DE VUELO (HV), ESPESOR CORNEAL CENTRAL (ECC) DE AMBOS OJOS DE LOS PILOTOS DEL CACSA II	71
TABLA 10- 19. DISTRIBUCIÓN POR FRECUENCIA DEL ESTADO REFRACTIVO EN LA POBLACIÓN DE PILOTOS DEL CACSA II.	73
TABLA 10- 20. DISTRIBUCIÓN POR FRECUENCIAS DEL USO DE CORRECCIÓN OCULAR EN PILOTOS DEL CACSA II.	74
TABLA 10- 21. DISTRIBUCIÓN POR FRECUENCIAS DE LAS ENFERMEDADES OCULARES EN PILOTOS DEL CACSA II.	74
TABLA 10- 22. DISTRIBUCIÓN POR FLOTA DE AERONAVES DE LOS PILOTOS DE CACSA II	74
TABLA 10- 23. ESTADÍSTICOS PARA LAS HORAS DE VUELO, ÚLTIMO VUELO (DÍAS) Y ESPESOR CORNEAL CENTRAL (ECC) PARA AMBOS OJOS (OD, OI) EN LOS PILOTOS DEL CACSA I.	76
TABLA 10- 24. DISTRIBUCIÓN POR FRECUENCIA DE LA FLOTA DE AERONAVES PARA LOS PILOTOS DEL CACSA I.	78
TABLA 10- 25. DISTRIBUCIÓN POR FRECUENCIAS DEL USO DE GAFAS EN LOS PILOTOS DEL CACSA I.....	79
TABLA 10- 26. DISTRIBUCIÓN POR FRECUENCIAS DE LOS TRASTORNOS DE REFRACCIÓN EN PILOTOS DEL CACSA I.....	79
TABLA 10- 27. DISTRIBUCIÓN POR FRECUENCIAS DE LA ENFERMEDAD OCULAR NO REFRACTIVA EN PILOTOS DEL CACSA I.	80
TABLA 10- 28. ESTADÍSTICOS PARA LA EDAD Y ECC DEL OD Y OI PARA EL PERSONAL DE TIERRA DE TOLEMAIDA.	81
TABLA 10- 29. USO DE CORRECCIÓN OCULAR EN PERSONAL DE TIERRA DE TOLEMAIDA.....	81
TABLA 10- 30. DISTRIBUCIÓN DE LOS ESTADOS REFRACTIVOS DEL PERSONAL DE TIERRA DE TOLEMAIDA	81
TABLA 10- 31. DISTRIBUCIÓN DE LAS ENFERMEDADES OCULARES NO REFRACTIVAS DEL PERSONAL DE TIERRA DE TOLEMAIDA.....	82
TABLA 10- 32. CORRELACIONES DE LAS VARIABLES CUANTITATIVAS DEL PERSONAL DE AVIACIÓN DEL EJC.....	83
TABLA 10- 33 PRUEBA DE ANOVA DE LAS FUNCIONES DE AVIACIÓN CON RESPECTO AL ECC PARA AMBOS OJOS DEL PERSONAL DE AVIACIÓN DEL EJC.....	84
TABLA 10- 34. PRUEBA DE HSD TUKEY DE COMPARACIONES MÚLTIPLES PARA EL ECC OI SEGÚN LA FUNCIÓN DEL PERSONAL DE AVIACIÓN DEL EJC.....	85
TABLA 10- 35. DISTRIBUCIÓN DE LAS MEDIAS DEL ECC OI EN EL PERSONAL DE AVIACIÓN DEL EJC.....	85
TABLA 10- 36. DISTRIBUCIÓN POR FRECUENCIA DE LAS FLOTAS DE AERONAVES DEL PERSONAL DE AVIACIÓN DEL EJC	86
TABLA 10- 37. ANOVA SEGÚN LA FLOTA DE AERONAVES PARA LOS ESPESORES CORNEALES CENTRALES DE AMBOS OJOS DE LA MUESTRA DE AVIACIÓN DEL EJC.....	86
TABLA 10- 38. DISTRIBUCIÓN POR FRECUENCIAS Y MEDIAS MUESTRALES DEL ECC OI SEGÚN LA FLOTA DE AERONAVES EN AVIACIÓN DEL EJC.....	87
TABLA 10- 39. DISTRIBUCIÓN POR FRECUENCIA DEL AMBIENTE DE CABINA.....	88
TABLA 10- 40. ANOVA SEGÚN AMBIENTE DE CABINA DEL ESPESOR CENTRAL DE LA CÓRNEA PARA PERSONAL DE AVIACIÓN DEL EJC.....	88

TABLA 10- 41. DISTRIBUCIÓN POR FRECUENCIAS Y MEDIAS DEL ECC OI SEGÚN AMBIENTE DE CABINA DEL PERSONAL DE AVIACIÓN DEL EJC	89
TABLA 10- 42. DISTRIBUCIÓN POR FRECUENCIA LOS ESTADOS REFRACTIVOS EN EL PERSONAL DE AVIACIÓN DEL EJC.	89
TABLA 10- 43. ANOVA DEL ESPESOR CORNEAL CENTRAL DE AMBOS OJOS SEGÚN EL ESTADO REFRACTIVO EN EL PERSONAL DE AVIACIÓN DEL EJC ^A	90
TABLA 10- 44. PRUEBA DE HSD TUKEY DE COMPARACIONES MÚLTIPLES PARA EL ESPESOR CORNEAL DE AMBOS OJOS SEGÚN EL ESTADO REFRACTIVO DE LA PERSONAL DE AVIACIÓN DEL EJC.....	90
TABLA 10- 45. DISTRIBUCIÓN POR FRECUENCIAS Y MEDIAS DEL ECC OD Y ECC OI SEGÚN ESTADOS REFRACTIVOS EN PERSONAL DE AVIACIÓN DEL EJC.....	91
TABLA 10- 46. ANOVA DEL ESPESOR CORNEAL CENTRAL DE AMBOS OJOS SEGÚN EL ESTADO REFRACTIVO EN EL PERSONAL DE AVIACIÓN DEL EJC DEL CACSA II	91
TABLA 10- 47. PRUEBA DE HSD TUKEY DE COMPARACIONES MÚLTIPLES PARA EL ESPESOR CORNEAL DE AMBOS OJOS SEGÚN EL ESTADO REFRACTIVO DE LA POBLACIÓN MUESTRAL DE AVIACIÓN DEL EJC DE CACSA II	92
TABLA 10- 48. DISTRIBUCIÓN POR FRECUENCIAS Y MEDIAS DEL ECC OD Y ECC OI SEGÚN ESTADO REFRACTIVO EN PERSONAL DE AVIACIÓN DEL EJC DE CACSA II.....	92
TABLA 10- 49. ANOVA DE DOS VÍAS PARA EL ECC OD SEGÚN EL USO DE LENTES CORRECTORES Y FUNCIÓN DEL PERSONAL DEL EJC.....	94
TABLA 10- 50. ANOVA DE DOS VÍAS PARA EL ECC OI SEGÚN EL USO DE LENTES CORRECTORES Y FUNCIÓN DEL PERSONAL DEL EJC.....	94
TABLA 10- 51. ANOVA DE LOS ECC AO DEL USO DE CORRECCIÓN OCULAR SEGÚN ÁREA GEOGRÁFICA EN EL PERSONAL DE AVIACIÓN DEL EJC	95
TABLA 10- 52. ESTADÍSTICOS DE LOS ECC AO DISTRIBUIDOS POR ÁREA GEOGRÁFICA Y USO DE CORRECCIÓN ÓPTICA EN EL PERSONAL DE AVIACIÓN DEL EJC	95
TABLA 11- 1. RESUMEN DEL MODELO PARA LA VARIABLE DEPENDIENTE ECC DE AMBOS OJOS PARA CACSA I	101
TABLA 11- 2. COEFICIENTES DE VARIABLE DEPENDIENTE DEL ECC PARA AMBOS OJOS PARA CACSA I.....	101
TABLA 11- 3. RESUMEN DEL MODELO PARA LA VARIABLE DEPENDIENTE ECC DE AMBOS OJOS PARA CACSA II	102
TABLA 11- 4. COEFICIENTES DE VARIABLE DEPENDIENTE DEL ECC DE AMBOS OJOS PARA CACSA II	102
TABLA DE ANEXO C 1. DISTRIBUCIÓN DEL TECHO OPERACIONAL POR AERONAVE	113

Lista de Símbolos y abreviaturas

Símbolos

Símbolo	Término	Unidad SI	Definición
<i>m</i>	Medida de longitud	m	metros
<i>mmHg</i>	Medida de presión	mmHg	Milimetro de mercurio
μm	Medida de longitud	μm	Micrómetro (micras)
%	Porcentaje		Valor porcentual

Abreviaturas

Abreviatura	Término
1. ANOVA	Análisis de varianza
2. AO	Ambos ojos.
3. AS-OCT	Tomografía de coherencia óptica del segmento ocular anterior de alta resolución
4. CACSA I	Centro de alistamiento para el combate I (Tolemaida)
5. CACSA II	Centro de alistamiento para el combate II (Bogotá)
6. DACSA	Departamento de alistamiento para el combate y seguridad de aviación
7. CCT	Espesor corneal central
8. EAS	Sistema de análisis ocular
9. EEUU	Estados Unidos de Norteamérica
10. EJC	Ejército Nacional de Colombia
11 <i>f</i>	Frecuencia
12. IC	Intervalo de confianza
13 LI	Límite inferior
14. LS	Límite superior
15. MEDAV	Medicina de Aviación
16. <i>m.s.n.m.</i>	Metros sobre el nivel del mar.
17. <i>n</i>	Población muestral.
18. OCT	Tomografía de coherencia óptica
19. OD	Ojo derecho
20. OHTS	Estudio de tratamiento de la hipertensión ocular

Abreviatura	Término
21.OI	Ojo izquierdo
22.p	Estadístico de significancia
23.PIO	Presión Intraocular
24.St	Desviación estándar
25.US	Ultrasónico
26 USAF	Fuerza aérea de los Estados Unidos.

Introducción

Morris, Karakucuk y colaboradores describen en montañistas expuestos a hipoxia por altitud de forma aguda, cambios en el grosor corneal central, los cuales pueden afectar la visión por cambios en la curvatura la cual afecta de forma directa el poder dióptrico (1), (2). Estudios hechos por Nebbioso y colaboradores realizados en una cámara normobárica, encontraron significancia estadística en el aumento del grosor corneal en personas expuestas a altitudes de 25000 pies de forma aguda (3). Por otro lado, hay estudios realizados en animales expuestos de forma crónica a hipoxia que demuestran cambios morfológicos permanentes en el endotelio corneal (4), (5).

En el medio aeronáutico los pilotos están expuestos de forma constante a cambios en la presión parcial de oxígeno dependiendo de la altitud de operación o techo operacional, sometiéndose a periodos de hipoxia que varían en cuanto al tipo de aeronave (presurizada o no presurizada) que se esté tripulando y al tipo de operación militar que realizan (6). En la actualidad no hay trabajos realizados en pilotos que indiquen si hay cambios en la paquimetría de la córnea por exposición de forma crónica e intermitente a hipoxia por hipobaría. Sería importante caracterizar el comportamiento de los cambios en el espesor corneal central en el medio aeronáutico dado que pueden interferir con el poder dióptrico de la córnea y afectar de esta forma la agudeza visual, característica que es de suma importancia en dicho medio.

Este trabajo pretende describir la paquimetría de medición central de la córnea de ambos ojos en el Centro Médico de aviación del Ejército Nacional de Colombia (EJC) para la sede de Bogotá y Tolemaida de los pilotos de ala fija (Aviones) y ala rotatoria (helicópteros). El departamento de medicina de aviación del EJC, pertenece al Departamento de

Alistamiento para el Combate y Seguridad de Aviación (DACSA), y se divide en el Centro de Alistamiento para el Combate y Seguridad de Aviación (CACSA), cuyas sedes están en Tolemaida (CACSA I) y Bogotá (CACSA II). Medicina de aviación (MEDAV) tiene entre sus funciones: realizar el proceso de selección a los aspirantes y seguimientos a los seleccionados para identificar de forma clara y oportuna los riesgos médicos y psicológicos de la población para aplicar las acciones preventivas y correctivas con lo cual se da la adecuada aptitud en la certificación médica. La unidad del EJC que agrupa bajo su mando a las unidades, los equipos (aviones y helicópteros) y el personal entrenado para el asalto aéreo se llama DAAVA (División de aviación asalto aéreo) y está formada por la Brigada no. 25 de aviación, la Brigada no. 32 de aviación, la Brigada contra el narcotráfico y el Batallón de Operaciones Especiales de Aviación. (Ver Anexo A).

El CACSA I (Tolemaida) consta de Helicópteros militares los cuales constituyen aeronaves que no son presurizadas, y son construidos para propósitos militares. La fuerza aérea tiene los helicópteros de ataque que son los que tienen en su estructura armamento automático, sin embargo, el ejército cuenta con helicópteros para reconocimiento, búsqueda y rescate de combate, por lo que tienen un armamento para su protección el cual requiere tripulantes de cabina adicionales para dedicarse a su uso. Dichas aeronaves poseen blindajes el cual protege la cabina de pilotaje, máquinas, transmisión y tanques de combustible. El equipamiento electrónico que incluye la radio de comunicación, navegación y contramedidas electrónicas y medios de identificación son comunes a todos. El Batallón de Asalto Aéreo está formado por los UH-60 y los S-70i, el Batallón de Carga y Transporte por Mi-17, el Batallón de Reconocimiento y Escolta por los UH-1N y el Batallón de movimiento aéreo por los UH-1HII. El CACSA II (Bogotá) está formado por aeronaves de ala fija (aviones) los cuales se dividen en aviones no presurizados (Casa 212 y Cesna 208) y presurizados entre los que se encuentran: Antonov32, Beech 200, Beech 350, cuyas funciones están restringidas al transporte de personal (Ver Anexo B).

Previa explicación del proyecto y autorización por consentimiento informado se entregó una ficha con datos generales y demográficos a cada participante para su debido llenado. Los pilotos del CACSA I se les reunió en una jornada de medición del ECC en el mes de

octubre del 2016, las cuales se efectuaron por medio de paquimetría ultrasónica, y en el CACSA II se utilizaron los datos registrados durante el periodo 2015 – 2016 que fueron realizados por la optómetra del centro médico con un neumo paquímetro marca Canon. Otro grupo seleccionado fue el que corresponde al personal de tierra que se distribuyó según edad en una proporción 3:1 en CACSA II y de 7:1 en CACSA I, para tener un conjunto comparativo de las medidas de los pilotos dado que no existen estándares publicados hasta el momento. En Tolemaida se logró contar con la colaboración de los tripulantes de vuelo, los cuales fueron incluidos en el estudio para su comparación.

Se utilizó el programa estadístico SPSS para el análisis de los datos. Se realiza una descripción de las mediciones por grupos los cuales incluyen: para CACSA I, pilotos, tripulantes de vuelo y personal de tierra y para CACSA II, pilotos y personal de tierra. Luego se procedió a realizar una pequeña inferencia de los mismos. Una de las limitantes encontrada fue la presencia de dos métodos distintos de medición del espesor corneal central, la ausencia de un estudio censal y datos faltantes para la población del CACSA II.

1. Planteamiento del problema

La definición del problema inicia con el siguiente cuestionamiento: Sí en montañismo hay cambios en el espesor corneal central al exponerse a ambientes de hipobaría e hipoxia de forma aguda y si en estudios en ratas hay constancia que la exposición crónica puede producir cambios irreversibles en el espesor corneal, entonces ¿Habrán cambios en el espesor central corneal en pilotos y tripulantes de vuelo en el medio aeronáutico? Si los hay, entonces ¿Cuáles serán?

La córnea es el principal lente del ojo, encargado de las dos terceras partes de la refracción. Es un tejido avascular cuyas células se nutren del oxígeno ambiental. Su espesor puede variar en situaciones fisiológicas dependiendo de la hora del día, horas de sueño, etnia, género, y con problemas patológicos como lo son las patologías que afectan al párpado, película lagrimal o la disfunción del humor acuoso (1), (7).

El metabolismo corneal depende del nivel de oxígeno atmosférico, pero en los seres humanos está en debate el nivel de oxígeno crítico al cual se producen cambios estructurales en la córnea. Las respuestas metabólicas aguda a la hipoxia son reversibles pero la exposición crónica puede inducir cambios que pueden llevar varios meses en corregirse o pueden ser permanentes. Exposiciones a presiones parciales de oxígeno de 76 mm de Hg por 30 días ha demostrado cambios en el estroma corneal y neovascularización de la córnea en ratas (8).

La hipoxia por hipobaría produce engrosamiento corneal por exceso de hidratación lo que hace que haya disrupción o mayor separación de las fibrillas de colágeno tipo I e irregularidad en la capa epitelial (externa) creando irregularidad en la interfase de la película aire lágrima lo que compromete el poder dióptrico de la córnea y por tanto la agudeza visual (9), (7), (10), (11).

Estudios hechos por Nebbioso y colaboradores en una cámara hipobárica realizaron mediciones del espesor corneal central a alturas equivalente a 18.000 pies y 25.000 pies, encontrándose significancia estadística hacia el aumento del grosor corneal en personas expuestas a presiones parciales de oxígeno concordantes con altitudes de 25000 pies con respecto a su medición a nivel del mar (3). Otros estudios en animales expuestos de forma crónica a hipoxia muestran cambios morfológicos permanentes en el endotelio corneal (4), (5).

2. Justificación

El espesor corneal central es afectado por las presiones atmosféricas bajas en elevadas altitudes debido a la hipoxia equivalente. El personal de aviación que presente patologías oftalmológicas pre-existentes como la hipertensión ocular, glaucoma, cirugías refractivas anteriores deben tener mucho cuidado al exponerse a cambios de presión barométrica. Esto se traduce en alteraciones de la integridad de la visión de color, campos visuales, presión intraocular y espesor corneal que deben ser cuidadosamente evaluadas. (12).

En el medio aeronáutico los pilotos están expuestos de forma constante a cambios en la presión parcial de oxígeno dependiendo del tipo de operación (plan de vuelo, misión) y techo operacional, sometiéndose a periodos de hipoxia que varían en cuanto al tipo de aeronave que se esté tripulando. En la actualidad en el medio aeronáutico no hay trabajos realizados en pilotos que muestren los cambios en la paquimetría de la córnea por exposición de forma crónica e intermitente a hipoxia por hipobaria. Por lo tanto, no tenemos valores de referencia del espesor corneal central para tomar decisiones de tratamiento o prevención de enfermedad corneal.

Tener una excelente agudeza visual es fundamental para la actividad de todo aviador, sin importar su ubicación dentro de la cabina. Las razones más importantes para ello son:

- a. La necesidad de un excelente reconocimiento de las luces interiores y exteriores, para lo cual es fundamental la sensibilidad y discriminación de la brillantez de una luz, y la sensibilidad a los colores.
- b. Contar con una adecuada percepción de profundidad (estereopsis) y orientación espacial.
- c. Poder realizar el reconocimiento y discriminación de objetos.

Por otro lado, la agudeza visual es un parámetro muy importante en la visión de profundidad la cual es de gran importancia en el medio aeronáutico considerando que su presencia se requiere en determinadas actividades como: taxeo y parqueo, aterrizaje y

despegue, vuelo en formación, vuelo a bajo nivel, reabastecimiento en vuelo, desembarcos.

Las alteraciones visuales de mayor prevalencia en el mundo la constituyen los errores de refracción según datos reportados por la Organización Mundial de la Salud (OMS) en el año 2010 (13). La miopía afecta a un 30% de la población occidental y un 80% de la población asiática (14). En la Fuerza Aérea de los Estados Unidos el trastorno con mayor prevalencia es la miopía, sin embargo, tienen un gran porcentaje de astigmatismo alto (igual o mayor a 0.75 D) (15). En los pilotos de la Aviación Civil de Colombia un 44.6% de la población presenta trastornos refractivos (16). De esta forma por el gran porcentaje de los trastornos refractivos y la alta prevalencia de miopía en la población adulta joven es importante estudiar esta variable asociada al espesor corneal central en donde los estudios son controversiales, sin embargo, queda como referencia para estudios posteriores al respecto.

El glaucoma es una neuropatía óptica progresiva que constituye la primera causa de ceguera irreversible en el mundo occidental y la segunda causa de ceguera en el mundo. Por lo general, no produce síntomas hasta sus etapas avanzadas y sin tratamiento conduce a daño irreversible del nervio óptico con su consecuente daño del campo visual lo que en el medio aeronáutico es un gran problema. Para evaluar la medición de la presión intraocular, que es un parámetro muy importante para el diagnóstico de un tipo de glaucoma, es necesario hacer ajustes con la medición del espesor corneal central. Esto permite clasificar a los pacientes en otros diagnósticos o modificar las decisiones terapéuticas. Ejemplo de esto serían los pacientes con glaucoma de tensión normal y córneas delgadas, haciendo pensar en ellos que la PIO está subestimada.

3. Marco teórico

3.1 Óptica del ojo.

Desde el punto de vista óptico, el ojo equivale a una cámara fotográfica corriente. Posee un sistema de lentes, un sistema de apertura variable (la pupila) y la retina que corresponde a la película. El sistema ocular de lentes está compuesto por cuatro superficies de refracción: 1. La interfaz entre el aire y la cara anterior de la córnea; 2. La interfaz entre la cara posterior de la córnea y el humor acuoso; 3. La interfaz entre humor acuoso y la cara anterior del cristalino; 4. La interfaz entre la cara posterior del cristalino y el humor vítreo (1). (7).

En forma esquemática se puede representar la simplificación del ojo en la sumatoria de los elementos refractivos y considerarlos como una lente refractiva. Se considera que existe una sola superficie de refracción, con su punto central 17 mm por delante de la retina y un poder dióptrico total de 60 dioptrías cuando la acomodación del cristalino corresponde a la visión de lejos. De las 60 dioptrías, la cara anterior de la córnea aporta aproximadamente dos tercios dado que el índice de refracción de la córnea es distinto al del aire. El poder dióptrico del cristalino son 20 dioptrías en promedio, que corresponde a un tercio del poder dióptrico total, sin embargo, su importancia radica en la capacidad para cambiar de forma dependiendo si el rayo de luz es lejano o cercano lo que permite enfocar la imagen en la retina (1), (17).

El sistema ocular de lentes puede enfocar una imagen sobre la retina de manera tal que la imagen se presenta invertida con respecto al objeto original. El cerebro está entrenado para considerar como normal una imagen invertida por medio del trabajo que realiza la corteza visual (7).

El ojo se considera normal o emétrope si los rayos de luz paralelos procedentes de objetos localizados en el infinito visual quedan enfocados con nitidez en la retina cuando el músculo ciliar esté relajado por completo (6), (1).

3.2 Defecto de refracción – ametropías.

Las alteraciones visuales más comunes en el mundo según datos de la Organización Mundial de la Salud (WHO) corresponden a los errores de refracción y las cataratas (17). Un error de la refracción significa que los ojos necesitan ayuda para poder enfocar la imagen sobre la retina. Cuando esto ocurre en presencia de la relajación de la acomodación se denomina ametropía. La ametropía puede ser miopía (defecto para ver de lejos), hipermetropía (el paciente para compensar el déficit visual recurre a la acomodación tanto de lejos como de cerca) y astigmatismo (diferente poder meridiano con diferente poder refractivo), o una combinación de los mismos. Para determinar los errores de refracción se debe examinar al paciente bajo uso de ciclopléjicos, los cuales eliminan el efecto de acomodación y a continuación se puede explorar de forma manual usando un retinoscopio, un foróptero o se puede realizar de forma automatizada con el refractómetro (18).

3.3 Anatomía y fisiología de la córnea

La córnea es una estructura elíptica que constituye la quinta parte anterior de la esclerótica. Sus diámetros son de 12 mm en sentido horizontal y de 11 mm en el meridiano vertical. El espesor varía, a nivel central es más delgada, alrededor de 520 micras, y se va incrementado en grosor hacia la periferia. El poder de refracción de la córnea es de aproximadamente 43 dioptrías (18), (6).

La córnea consta de 6 capas: 3 celulares (el epitelio, estroma y endotelio) y 3 interfaces (la lámina de Bowman, lámina de DUA y la membrana de Descemet).

A. Epitelio: es la capa más externa, se compone de 5 capas de células no queratinizadas. Hay una firme adherencia de las células por medio de desmosomas que restringe el paso de líquidos. Tiene una gran capacidad regenerativa.

B. Lámina de Bowman: es una capa acelular subepitelial. Consta de material fibrilar de colágeno delgado y corto. Ofrece resistencia contra los traumatismos, y es una barrera contra la invasión de microorganismos y células tumorales. Ayuda a la córnea a mantener su forma. No es regenerativa y ante rupturas puede formar cicatrices.

C. Estroma: ocupa el 80% al 85% del espesor corneal. Está formado fundamentalmente por fibras colágenas, células del estroma y sustancia fundamental. Las fibras colágenas forman una malla dispuesta de manera paralela a la superficie corneal. Esta red altamente organizada reduce la dispersión de la luz y contribuye a la transparencia y tensión mecánica de la córnea. Las capas más profundas están más organizadas en comparación con las capas superficiales. Esta variación está en relación a la capacidad de respuesta al edema corneal. Los pliegues de la membrana de Descemet son el resultado de un edema asimétrico del estroma posterior impuesto por una córnea anterior estructuralmente más rígida y una restricción de tipo estructural añadida por el limbo. Esto conduce a que el edema del estroma sea más notorio posteriormente lo que provoca un aplanamiento de la superficie posterior, que produce una membrana Descemet con múltiples pliegues. La sustancia fundamental es rica en polisacáridos. La célula estromal es el queratocito que es de forma aplanada y con muchas prolongaciones. Las fibras colágenas representan el 80% del peso seco de la córnea, la sustancia fundamental el 15% y los elementos celulares el 5%.

D. Capa de Dua: capa descubierta por el profesor Harminder Dua, de la Universidad de Nottingham en el Reino Unido. Mide 15 micras de espesor con una fortaleza que puede ser capaz de soportar una hora y media a dos bares de presión. En la cirugía corneal esta capa sirve de guía para poder tomar las medidas apropiadas. Ayuda al diagnóstico de patologías de la córnea posterior como: Hidrops agudo, Descematocele y distrofias pre-Desceméticas (19).

E. Membrana de Descemet: es una membrana cuticular que cubre la porción posterior del estroma y anterior del endotelio de 10 micras de grosor. Puede ser fácilmente separada del estroma, regenerándose rápidamente luego de un trauma. La terminación de esta

membrana a nivel del ángulo iridocorneal está determinada por una acumulación de fibras colágenas circulares llamada línea de Schwalbe.

F. Endotelio: son células de tipo hexagonales que tapizan la membrana de Descemet. Poseen una gran actividad metabólica, y son las responsables de evitar el edema corneal manteniendo así la transparencia de la córnea. No poseen actividad mitótica y su número disminuye gradualmente con la edad.

La densidad de la célula endotelial y su topografía tiene un cambio continuo a través de la vida. De la segunda a la octava década de la vida, la densidad celular declina de 3000 a 4000 células/mm² a alrededor de 2600 células/mm², y el porcentaje de células hexagonales de aproximadamente 75% a aproximadamente 60% (20).

Las células endoteliales mantienen el estroma en un estado de relativa deturgencia (78% de contenido de agua). La deshidratación está mediada por un proceso de bomba pasiva en la que el agua fluye de un medio hipo osmótico (estroma corneal) a un medio hipertónico (humor acuoso). El flujo de iones necesarios para que se mantenga el gradiente osmótico se da gracias a la bomba sodio-potasio ATPasa y a las vías de la anhidrasa carbónica intracelular. La morfología (tamaño y forma) de la célula endotelial se correlaciona con la función de bomba. Un incremento en el tamaño celular (polimegatismo) y un incremento en la variación de su forma (pleomorfismo) correlacionan con la disminución en la función de las células endoteliales de deshidratar la córnea. Este proceso está relacionado con la edad, trauma, inflamación e hipoxia en las cuales se describen pérdidas celulares. Las células remanentes hacen los cambios de forma y tamaño, explicados anteriormente, dando como consecuencia una disfunción en la deshidratación del estroma. Se ha observado que un conteo menor a 500 células/mm², condición crítica de la córnea, puede ser un riesgo para desarrollar edema corneal (4).

A pesar que la córnea humana normal es avascular, se basa en componentes de la sangre para mantenerse saludable. Estos componentes son administrados por pequeños vasos ubicados en los bordes corneales, y por las ramas finales de la arteria facial y oftálmica a través del humor acuoso y la película lacrimal (18), (7).

La córnea es uno de los tejidos más inervados y más sensitivo en el cuerpo. El nervio corneal y la sensación son derivados de las ramas nasociliar de la primera división del nervio trigémino. En la córnea superficial los nervios ingresan al estroma radialmente en troncos gruesos que forman los arreglos plexiformes, que pueden perforar la membrana de Bowman para proporcionar un rico plexo en la capa epitelial basal (18).

3.4 Factores que afectan el espesor corneal.

En primer lugar, encontramos factores fisiológicos en los que se incluyen el género, edad y momento del día, pueden afectar las dimensiones o propiedades de la córnea en un momento dado. Los otros pertenecen al grupo de los patológicos que pueden producir cambios o secuelas sobre las propiedades de la córnea, en un periodo de tiempo corto o largo. Por último, encontramos los fármacos y agentes químicos, los cuales producen cambios inmediatamente posteriores a su administración, desapareciendo su efecto si su aplicación es interrumpida. Ejemplos de ellos están: midriáticos, anestésicos tópicos, y beta adrenérgicos y acetazolamida (21).

3.4.1 Factores Fisiológicos

3.4.1.1 Edad.

En los humanos los datos publicados son contradictorios. Los estudios realizados por Leach y colaboradores (1971), Sweeney y Holden (1990), y en latinos los de Hahn y colaboradores, muestran que existe un adelgazamiento corneal a medida que avanza la edad de los pacientes y mayor grosor en personas más jóvenes. Este cambio lo explican porque existe una disminución de la densidad de los queratocitos y una probable rotura de las fibras de colágeno en corneas más viejas. Sin embargo, otros autores afirman que no existen pruebas que permitan correlacionar estadísticamente la edad de los pacientes con los cambios del espesor corneal central (22).

Los estudios realizados en animales (perros y gatos) muestran una correlación estadísticamente significativa de un incremento del espesor corneal a medida que la edad

aumenta (23). En cuanto a la raza, si son de mayor tamaño y peso establecen que existe un incremento significativo del espesor corneal (24).

Los estudios oculares de Barbados realizados por Nemesure reportan que hay relación del grosor corneal con la edad, el estado refractivo y la historia de diabetes (25) y el estudio realizado en China por Wang X y colaboradores, realizado en 97 personas sanas y 48 con miopía alta encontraron que el grosor corneal periférico fue mayor en las personas con el trastorno de refracción mencionado, además no hubo correlación con la edad y si para el género en dicho grupo (26). Sin embargo, Sánchez-Tocino y colaboradores, no encontraron relación con el estado refractivo (22).

3.4.1.2 Sexo

Un estudio italiano dirigido por Strobbe y colaboradores, realizado en 400 pacientes sanos demostró que los hombres tienen una histéresis corneal y un factor de resistencia corneal mayor que la mujer (27). En contraposición, el estudio realizado en Pakistan por Tayyan A y colaboradores en 1000 casos de los cuales 496 fueron hombres y 504 mujeres que presentaban PIO menor a 22 mm Hg, relación disco-excavación óptica menor a 0.5 con campos visuales normales para la edad no encontraron asociación entre el grosor corneal y el género (28).

Estudios realizados en perros muestran que los machos tienen córneas más gruesas que las hembras, pero en gatos no se presenta esta diferencia al igual que en los caballos (23) (29).

3.4.1.3. Etnia

Diversos estudios han mostrado una importante variación en el CCT entre distintas poblaciones (30).

Tabla 3- 1. Variación del espesor corneal central con respecto al origen étnico

Origen étnico o geográfico	Espesor corneal central (μm)
China	551.33 \pm 34.62
Hungría	547 \pm 36.0
Japón	517.5 \pm 29.8
Caucásicos (EEUU)	563 \pm 36
Hispanos (EEUU)	568 \pm 44
Afroamericanos (EEUU)	523 \pm 40

Fuente: Central corneal thickness in the Ocular Hypertension Treatment Study (OHTS) (31).

3.4.1.4. Variaciones diurnas.

Las fluctuaciones del espesor corneal durante el día han sido publicadas en una variedad de especies que incluyen al gato, primates, y humanos (32) (33) (34).

Un mayor espesor corneal por las mañanas es producido por el cierre de los párpados durante las horas de sueño, restringiendo la llegada de oxígeno atmosférico a la superficie de la córnea, lo cual induce un metabolismo anaeróbico que causa un aumento de la concentración de lactato dentro del estroma corneal, generando un gradiente osmótico que atrae agua al interior de la córnea, por lo que se produce un engrosamiento en torno de un 5%, denominado edema corneal nocturno (35).

3.4.2 Factores patológicos

Si hay alteración de algunas de las estructuras que están en relación con la córnea como los son los párpados, película lagrimal o la disfunción del humor acuoso como en el caso del aumento de la presión intraocular pueden ocasionar problemas en la córnea produciendo su adelgazamiento o engrosamiento.

Las queratitis intersticiales o las bullosas presentan un aumento del espesor corneal (36). Las personas que padecen de diabetes mellitus presentan una mayor permeabilidad del

endotelio corneal lo cual conduce a cambios en el espesor corneal (37). Estudios realizados en perros con diabetes mellitus muestran una diferencia estadísticamente significativa de un aumento del espesor central de la córnea con respecto a perros que son sanos (38).

Las alteraciones que cursan con un adelgazamiento del espesor corneal incluyen a las enfermedades relacionadas con las alteraciones del colágeno (se incluye al queratocono) o distrofias corneales de base endotelial (39) y a la queratoconjuntivitis seca (40) (41). Se pueden mencionar las ectasias corneales que se producen luego de una cirugía refractiva (42), (39).

3.4.2.1 Fármacos

El uso de anestésicos, anticolinérgicos, simpaticomiméticos y simpaticolíticos puede afectar el espesor corneal. Hay que tener en cuenta que la toxicidad corneal puede ser producida por el siguiente grupo de medicamentos: aminoglicósidos, bifosfonatos, quimioterapéuticos, inhibidores de la ciclo-oxigenasa, fluoroquinolonas, yodo tópico, gotas de anti-inflamatorio no esteroideos, gotas con preservantes, retinoides, esteroides tópicos y algunas medicaciones herbales (43)

La aplicación de timolol al 0.5% produce un incremento reversible del espesor corneal central constatado por Grueb y colaboradores en 20 personas saludables en un estudio prospectivo, randomizado a doble ciego en donde los espesores corneales iniciales fueron 555 ± 2 micras a 567 ± 9 micras después de 9 días de haberlo aplicado y su reversibilidad se dio al décimo día. (44). El efecto sobre los receptores endoteliales beta se reflejó en el trabajo de Nielsen y Nielsen en donde comparaban el efecto de la fenilefrina (10 mg/ml), la fentolamina (10 mg/ml), isoprenalina (0.5 mg/ml) y timolol (5 mg/ml) aplicados de forma tópica. Encontraron aumento en el espesor corneal para la isoprenalina y el timolol a los 3 ó 4 días en el ojo que se colocó el medicamento y en el control también (45).

El uso de la tropicamida compuesta (0.5% tropicamida y 0.5% fenilefrina HCL) y solución salina fueron evaluadas por Gao y colaboradores en 58 pacientes miopes en el Hospital de Yantai Yuhuangding, encontrándose la paquimetría más delgada después de la

exposición a tropicamida (46). La relación del espesor corneal con oxibuprocaina al 0.4% fue estudiada por Asensio y colaboradores en 26 pacientes con respecto a un grupo control de 26 pacientes para lo cual se utilizó un topógrafo Orbscan System II. Encontraron diferentes localizaciones (inferonasal, superotemporal, y temporal) de las diferencias del espesor corneal que se encontraba en el rango de ± 10 micras. No encontraron diferencias significativas entre los promedios de los espesores corneales para cada localización (47). Nam y colaboradores realizaron una comparación de los espesores corneales después de la instauración de proparacaína al 0.5% y oxibuprocaina al 0.4% en un periodo de tiempo de 10 minutos en 80 participantes jóvenes saludables. Para su medición se utilizó microscopía especular de no contacto cada 30 segundos durante 10 minutos. El incremento en el espesor corneal se presentó en 8.6 micras para la proparacaína y en 7.7 micras para la oxibuprocaina durante los primeros 5 minutos y la restauración a sus valores normales se presentó en segundos para la proparacaína y en 80 segundos para la oxibuprocaina (48). En un estudio reciente realizado por Rosa y colaboradores, en 78 ojos de personas saludables midieron el espesor corneal central, el punto de mayor adelgazamiento corneal y el volumen corneal con un Pentacam, antes de colocar gotas de oxibuprocaina y 5 minutos después para lo que no encontraron diferencias significativas (49).

3.4.2.2 Grosor corneal central (CCT) y presión intraocular (PIO)

Se considera el CCT como un factor determinante en la estimación de la PIO. En Colombia se ha observado como promedio un grosor corneal de 520 a 540 micras medidas con paquimetría ultrasónica. Aquellos pacientes con córneas delgadas presentan PIO falsamente bajas y los pacientes con corneas gruesas presentan PIO falsamente elevadas. Según el estudio de tratamiento de la hipertensión ocular (OHTS) se debe hacer un ajuste entre la PIO y el CCT para la evaluación exacta del riesgo de glaucoma (39). (Ver Tabla 3-2).

Tabla 3- 2. Corrección de la presión intraocular a partir de la medición del grosor corneal central.

Espesor corneal central (μm)	Corrección de PIO (mm de Hg)
485	+3
505	+2
525	+1
545	0
565	-1
585	-2
605	-3
625	-4
645	-5
665	-6
685	-7
705	-8

Fuente: Human corneal thickness and its impact on intraocular pressure measures: a review and meta-analysis approach (39).

3.4.2.3 Espesor corneal central e hipobaría.

En un estudio realizado por Marcella Nebbioso y Dario Di Blasio en el Departamento de Órganos de los Sentidos de la Universidad Sapienza de Roma y La Fuerza Aérea de la Principal Ala Médica de Italia en 20 individuos masculinos en edad promedio de 32 +/- 5 años realizado en una cámara hipobárica. Se utilizó un paquímetro ultrasónico de Takagi con el cual encontraron valores con significancia para el grosor corneal. El promedio del valor normobárico fue 555.14 +/- 14.7 (SD) micras versus 564.64 +/- 16.5 (SD) micras en condiciones hipobárica a 25000 pies (3).

3.4.2.4 Espesor corneal central y altitud

Bosh y colaboradores, investigaron los efectos del incremento de la altura sobre los 6,265m en montañistas saludables. Encontraron una relación estadísticamente significativa entre el incremento del espesor corneal central y el puntaje del mal agudo de montaña (AMS).

Ellos concluyeron que el edema corneal está agravado por la baja presión parcial de oxígeno. Otra conclusión fue que los individuos con síntomas relacionados con mal agudo de montaña tuvieron engrosamiento corneal y que los inhibidores de la anhidrasa carbónica pueden afectar de forma negativa la seguridad del endotelio por lo que debe ser usada de forma cuidadosa (50).

En el estudio realizado en las Montañas Erciyes, se encontró un incremento estadísticamente significativo en el espesor corneal central con la altura. Hubo una correlación con el incremento de la presión intraocular en el ojo derecho mientras no la hubo en el ojo izquierdo. No hubo correlación significativa entre el ancho corneal central y algunos de los parámetros de oxidación o anti oxidación en la sangre estudiados (12) (51). Ver tabla 3-3.

Tabla 3- 3. Cambios en la presión intraocular y el espesor corneal a bajas y altas altitudes

	1080 m	2800m	P
IOP-right eyes	13.22±2.74 mmHg	14.45±3.54mmHg	=0.05*
IOP-left eyes	13.9± 3.0 mmHg	14.3± 3.6 mmHg	>0.05
Central corneal thickness-right eyes	549±31.9µm	555±31µm	<0.05*
Central corneal thickness-left eyes	550±32.4µm	554±30µm	<0.05*

IOP: presión intraocular; *significativo estadísticamente.

Fuente: (12).

Morris y colaboradores, en el estudio Apex 2 investigaron el engrosamiento corneal central durante el ascenso al Centro de Investigaciones Cósmicas en Chacaltaya a 5200 m en la cual se realizó una paquimetría por ultrasonido. El promedio del espesor corneal central se incrementó de forma significativa de 543 a 561 micras. Se sugiere que el agente causal del edema estromal es la disfunción endotelial. Se detalla que en el día 1 el incremento del espesor corneal fue de 3.5%, en el día 3 de un 4%, y 5% en el día 7 (2).

Un análisis ultraestructural realizado en córneas de ratas expuestas a estancias de 30 días a 5,500 m reveló que no hubo cambios en el epitelio, sin embargo, el estroma se presentó

hidratado, engrosado, el endotelio estaba dañado y la membrana de Descemet estaba engrosada (52).

Estudios realizados por Karadag et al, en 70 ojos de 35 sujetos de dos diferentes grupos de edad. Las mediciones se realizaron a altitudes simuladas de 792 m y de 9144 m. En un corto tiempo la exposición a hipoxia hipobárica incrementó el grosor corneal central de forma significativa en el grupo de edad mayor (53).

Di Blassio y colaboradores, investigaron el grosor corneal central en ambiente hipobárico asociado a tratamiento del edema corneal con agentes hiperosmóticos. Ellos encontraron evidencia que después de 20 minutos de exponerse a 25000 ft, el descenso de la presión barométrica produce un edema estromal y epitelial importante que puede ser tratado con soluciones hiperosmóticas que puede ser de importancia práctica para aquellos que están expuestos a altas altitudes (54).

3.5 Fisiopatología del edema corneal

La córnea es un tejido avascular que se oxigena a través de la exposición con la película lacrimal y en un menor grado está dado por el humor acuoso. Estas características hacen que la bomba endotelial corneal disminuya bajo condiciones hipóxicas lo que produce el edema corneal bajo ciertos niveles umbrales (55).

Bajo condiciones hipóxicas el metabolismo oxidativo de las células epiteliales está reducido, lo que conduce a la utilización de glicolisis anaeróbica para la producción de energía. Esto produce aumento del lactato, el cual difunde a través del estroma y endotelio para ser eliminado vía humor acuoso. El incremento de la concentración de lactato a nivel estromal conduce a un flujo del agua del humor acuoso hacia el estroma por gradientes de concentración. Debido a la hipoxia hay una reducción en la función de la bomba endotelial por lo que no se puede mejorar el edema corneal (56) (35).

El exceso de hidratación del estroma corneal produce (56) (9):

1. Disrupción de la disposición de las fibrillas de colágeno tipo I, lo que produce dispersión de la luz.
2. Conduce a un edema de la capa epitelial, lo que produce irregularidad óptica crítica en la interfaz aire – película lacrimal, lo que puede producir reducción de la agudeza visual.

Willmann y colaboradores, encontraron que la exposición a gran altura, en ambiente de hipoxia hipobárica, produce un edema del estroma corneal moderado sin compromiso de la capa epitelial. Estos datos están en correspondencia con los resultados publicados del estudio THAO en los cuales no hay cambios significativos en las mediciones de la agudeza visual durante la exposición a alturas (57) (9).

Estudios realizados por Willmann y colaboradores, con tomografía de coherencia óptica del segmento anterior de alta resolución (AS-OCT), pudieron discernir y analizar en forma cuantitativa y cualitativa las capas en forma individual. Los datos proporcionaron la evidencia de la formación de edema de forma selectiva en el estroma corneal relacionado con grandes altitudes con hipoxia hipobárica en sujetos sanos. Esto conduce a que no hay alteración de la agudeza visual y además el proceso es reversible después de descender lo que hace seguro el proceso en personas saludables. El proceso es comparable con el proceso fisiológico de engrosamiento corneal al levantarse que es de aproximadamente un 3.9%. Los autores recalcan que la exposición a alturas extremas, en las que la hipoxia es más severa puede resultar en edemas corneal mayor que puede conducir a problemas visuales (9).

3.6 Espesor corneal e hipoxia crónica

Se ha demostrado que la exposición crónica a bajos niveles de oxígeno puede dar como resultado cambios morfológicos permanentes en el endotelio corneal. Estos cambios estructurales pueden estar acompañados por alteraciones en la fisiología corneal (58). Los hallazgos corneales por hipoxia varían dependiendo de la cronicidad de la condición. Cambios epiteliales microquísticos difusos en la córnea central están asociados con edema agudo, pero si la hipoxia es continua se produce la muerte celular epitelial que conduce a la erosión epitelial o necrosis y descamación. La hipoxia de bajo grado crónica causa

alteración gradual en la estructura y fisiología corneal con producción de microquistes epiteliales, engrosamiento estromal y estrías, y ampollas endoteliales. Si la hipoxia persiste, puede haber crecimiento neovascular corneal (5).

Los requerimientos críticos de oxígeno para evitar los cambios estructurales en la córnea en humanos es un tema desconocido todavía. La exposición a presiones parciales de oxígeno de 76 mm Hg (10% O₂, hipoxia hipobárica) por 30 días mostró cambios estructurales en el estroma corneal, neovascularización con avanzada diferenciación de los vasos y activa proliferación vascular (52).

3.7 Medición y valor promedio del espesor corneal central

El grosor corneal central (CCT) puede ser determinado por distintos métodos entre los que están: ultrasonido, microscopía especular, tomografía de coherencia óptica (OTC), tonopaquimetría, interferometría, microscopía confocal y topografía corneal (59).

3.7.1 Paquimetría Ultrasonica

La paquimetría ultrasónica es uno de los métodos más usados y confiables de medición del CCT (22) y es considerado como el estándar de oro en las mediciones del espesor corneal (60). Tiene la desventaja de ser manipulado con la mano y tener que hacer contacto directo con la córnea para lo cual es necesaria la anestesia tópica, la cual puede influenciar en la medición del grosor corneal central. De esta forma las gotas anestésicas y el tiempo de espera para la toma de la muestra una vez se haya administrado la anestesia tópica se convierten en un factor de confusión que debe ser tomado en cuenta (61). El grado de contacto, puede dañar el epitelio corneal e incrementar el riesgo de infección. De esta forma los instrumentos que no hacen contacto con la córnea se han hecho más populares por evitar daño directo al contacto (62). Su ventaja frente a la paquimetría óptica son la rapidez, objetividad, facilidad de uso, movilidad del instrumento, mayor precisión en la medición y una alta repetibilidad entre observadores y entres sesiones (23), (63), (64).

Estos datos de repetibilidad han sido cuestionados en el trabajo de Pierro y colaboradores en el que proponen que la paquimetría ultrasónica es el peor método comparado con otros 9 instrumentos, sin embargo, este trabajo tiene muy poca población (60).

Este equipo consiste en un emisor de ultrasonido que, al contactar con la córnea, emite las ondas y recibe la reflexión “eco” de la interfaz córnea/humor acuoso, donde se produce un cambio de las propiedades acústicas (impedancia acústica) del medio de propagación, lo cual es recibido y procesado por el paquímetro. En función del tiempo de latencia transcurrido entre la emisión y la recepción de los ecos y teniendo en cuenta la velocidad de calibrado para el medio (córnea) se obtiene el espesor corneal mediante la siguiente relación (36):

Espesor = $\frac{1}{2}$ (tiempo de latencia x velocidad de calibrado)

La técnica de medición con un paquímetro de ultrasonido consiste en un sencillo método, el cual requiere la anestesia tópica de la córnea. Posteriormente la sonda debe ubicarse perfectamente perpendicular a la superficie corneal, intentando un leve contacto con la película lagrimal pre corneal, cuya finalidad es que esta sirva de interfaz entre la sonda y la córnea. Si hay una oblicuidad superior a +/- 10° impedirá que sean registrados los ecos, por tanto, no se producirá una medida en el paquímetro. Se deben evitar los movimientos oculares, por lo que se debe solicitar que la mirada se mantenga fija en un punto (36).

3.7.2 Neumotonopaquímetros

Los neumotonopaquímetros utilizan una cámara rotacional basada en el principio de Scheimpflug (Ver anexo E) para medir el espesor corneal central. La cámara detecta el ápex corneal de forma automática y un programa matemático es usado para captar los bordes de la córnea que corresponden al epitelio y al endotelio de la córnea con los que se determinan de forma precisa el espesor central de la córnea (65) (66).

Un estudio realizado por Lomoriello en Roma, Italia incluyó a 62 sujetos sin patologías oculares y observaron la repetitividad de las mediciones de la presión intraocular y el espesor central de la córnea. Se encontró que los valores del espesor central de las

córneas medidas con el neumotonopaquímetro y el paquímetro ultrasónico tuvieron una excelente correlación. Este trabajo tuvo los mismos resultados que los que obtuvieron O'Donnell y colaboradores (67) y Barkana y colaboradores (68), donde las mediciones del espesor corneal central fueron en promedio 7 μm más delgado con el neumotonopaquímetro en comparación con las mediciones ultrasónicas (66). García-Resua y colaboradores, encontraron que el promedio del espesor central de la córnea fue de 20.66 μm menores en mediciones con neumotonopaquímetro (69). El estudio realizado por Sagdik en 100 personas sanas en Turquía mostró una diferencia por debajo de 28.37 μm del neumotonopaquímetro en comparación con las de paquímetro ultrasónico (59). Ver Tabla 3- 4.

Tabla 3- 4. Mediciones de CCT con paquimetría por ultrasonido, biometría óptica AL-Scan y CT-1p tonopaquimetría.

	CCT (μm)	Rango (μm)
Paquimetría US	542.53 +/- 31.2	470 - 604
Biometría óptica (AL-Scan)	540.00 +/- 29.57	475 - 594
Tonopaquimetría (CT-1p)	514.16 +/- 34.96	428 - 598

Fuente: Comparison of ultrasonic pachymetry, with a new optical biometry and tonopachymetry (59).

Del estudio de Sagdik, se concluye que las mediciones del CCT obtenidas con biometría y tonopaquimetría fueron comparables a la paquimetría por US, sin embargo, las mediciones más delgadas obtenidas al utilizar el tonopaquímetro deben ser tomadas en consideración particularmente en pacientes con glaucoma de tensión normal y avanzado (59).

El principio de funcionamiento de los tonómetros de no contacto, es el de lograr la aplanación de la córnea con una fuerza conocida. La fuerza la realiza un chorro de aire y la aplanación de la córnea se verifica con un sistema electrónico que proyecta un haz de luz colimada y detecta los rayos paralelos que salen reflejados de la córnea cuando esta se aplanan. El resultado de la PIO en mm Hg se calcula en función del tiempo que tarda en producirse la aplanación de la córnea (70).

García-Resúa, y colaboradores, en el año 2013, en el Departamento de Física aplicada de la Universidad de Santiago de Compostela en España, realizaron un estudio acerca de la

validez del uso de tono-paquímetros de no contacto en ojos sanos. Utilizaron tono-paquímetros de NT-530P (Nidek Co., LTD) y Canon TX-10 los cuales fueron comparados con el tonómetro de Goldmann en 64 sujetos sanos. Se concluyó que en pacientes sanos (sin hipertensión intraocular o con glaucoma) sin hacer correcciones de la medición central de la córnea la tonopaquimetría ofrece una confiabilidad similar a la del tonómetro de aplanación de Goldmann (65). A pesar que se reporta una CCT más delgada al hacer mediciones con el neumotonopaquímetro en comparación al paquímetro US de $28.37 \mu\text{m}$ no hay una alteración significativa de la IOP ($1,5 \text{ mm Hg}$ menor) (59).

3.7.3 Valor promedio del grosor corneal central.

Un meta análisis que estudió 600 publicaciones mostró un promedio de 544 micras para 300 set de datos de ojos clasificados como normales y de 230 la varianza inter grupo fue reportada dando un promedio de $536 \mu\text{m} \pm 31 \text{ DS}$ con un coeficiente de varianza de 5.8%. Los estudios realizados con paquimetría ultrasónica dieron un promedio de $544 \mu\text{m} \pm 34 \text{ DS}$ para las mediciones con paquimetría ultrasónica. El incremento cronológico del CCT fue de $15 \mu\text{m} / \text{década}$ para paquimetría ultrasónica (39).

Un estudio realizado en Chile por Romero y colaboradores en 127 pacientes del Servicio de oftalmología del Hospital Clínico de la Universidad de Chile, en un rango de edades entre 15 y 65 años, se encontró por mediciones con paquimetría ultrasónica un promedio para el CCT para el OD de $536.25 \mu\text{m} \pm 32.22 \text{ DS}$ y para el OI fue de $539.15 \mu\text{m} \pm 35.60 \text{ DS}$. El promedio de CCT para las mujeres fue de $533.8 \mu\text{m} \pm 28.7 \text{ DS}$ y para los hombres $549.2 \mu\text{m} \pm 35.4 \text{ DS}$ (30)

El estudio de salud de Gutenberg en Alemania, que incluyó a 15.000 habitantes con rangos de edades entre 35 y 74 años, se excluyeron aquellos participantes que presentaban patologías corneales (distrofias corneales, opacidad corneal, leucoma corneal, anoftalmia), uso de lentes de contacto y quienes habían tenido cirugía ocular presentó una media de las mediciones corneales de $554.2 \pm 34.8 \mu\text{m}$ (71).

De acuerdo a estudios poblacionales realizados tenemos las siguientes mediciones de los espesores corneales centrales (71):

1. Estudio Tajimi del Japón - $521 \pm 32 \mu\text{m}$.
2. Estudio ocular y médico de la India central - $514 \pm 33 \mu\text{m}$.
3. Estudio ocular en Barbados - $530 \mu\text{m}$.
4. Estudio ocular Reykjavik en Islandia - $529 \pm 39 \mu\text{m}$.
5. Estudio en indígenas de Australia - $508 \pm 33 \mu\text{m}$.
6. Estudio ocular en Beijing – $556.2 \pm 33.1 \mu\text{m}$.
7. Estudio ocular en Rotterdam – $537 \mu\text{m}$.
8. Estudio del tratamiento hipertensivo ocular (OHTS) para los que no desarrollaron glaucoma – $578.1 \pm 36.8 \mu\text{m}$.
9. Estudio ocular de Tehran – $555.6 \pm 39.9 \mu\text{m}$.

3.8 Factores aeromédicos (6), (1), (72).

3.8.1 Ambiente atmosférico

La atmósfera terrestre se define como la mezcla de gases que rodea la superficie de la tierra y se conserva en su lugar debido a la fuerza gravitacional. Está constituida por una mezcla de gases entre los que se encuentran en mayor porcentaje: el Nitrógeno en un 78.09%, el Oxígeno en un 20.95% y el Dióxido de Carbono en un 0.03%. Esta composición se mantiene constante hasta una altitud de 100 Km, sin embargo, lo que cambia con la altura es la distancia entre las moléculas de gases, siendo sus colisiones cada vez más difícil de presentarse.

La atmósfera en relación a la capacidad para sustentar la vida se divide en:

1. Zona fisiológica: representa el área de la atmosfera en la que el individuo está adaptado. Se extiende desde el nivel del mar hasta los 10.000 pies.
2. Zona fisiológicamente deficiente: esta zona rebasa la capacidad de adaptación del organismo, por lo que se debe hacer uso de oxígeno suplementario para poder mantenerse integro cognitivamente para realizar sus funciones. Se extiende desde

los 12.000 pies hasta los 50.000 pies. Hasta esta área es en donde se realizan la mayor actividad de vuelo.

3. Zona equivalente al espacio parcial: en esta zona la disminución de la fuerza de gravedad y la ausencia de vapor de agua hace que haya cambios fisiológicos en el fluido sanguíneo y los líquidos corporales que la hacen equivalente a un ambiente de microgravedad. Se necesitan trajes espaciales presurizados y cabinas selladas para poder sobrevivir. Se extiende desde los 50.000 pies hasta los 200 Km.
4. Zona equivalente al espacio total: Se extiende más allá de los 200 Km y representa el espacio microgravitacional.

La atmósfera también se clasifica en orden ascendente desde la tierra hacia el espacio dependiendo de las características térmicas en: Tropósfera, Estratosfera, Mesosfera, Termósfera y Exósfera.

La capa más próxima a la superficie terrestre la Tropósfera es en la que habitamos y en la que nos exponemos a los diferentes cambios físicos como: humedad, presión temperatura, y fenómenos meteorológicos. (frentes, lluvia, granizo, nieve, turbulencia, etc). La Troposfera se extiende desde el nivel del mar hasta los 60.000 pies en el ecuador y 25.000 pies en los polos, debido a los cambios de temperatura. Luego sigue la tropopausa que es una pequeña área que divide esta zona de la siguiente que se llama la Estratósfera, la cual se extiende hasta una altitud aproximada de 158.000 pies (50 km). En esta zona no hay fenómenos meteorológicos por lo que se le considera la zona ideal para el vuelo.

La estratósfera contiene una zona conocida como Ozonosfera que se encuentra de 40.000 pies a 140.000 pies (30 a 50 Km) de la superficie terrestre. Con la altitud la temperatura va disminuyendo en 1.98 °C por cada 1000 pies de ascenso, sin embargo, en esta zona la temperatura se eleva debido al rompimiento del Ozono (O₃) en moléculas de oxígeno (O₂) debido a la radiación solar ultravioleta (UV). De esta forma el oxígeno producido absorbe la radiación UV de una longitud de onda de 200 Angstroms (A) dando lugar a la disociación de la molécula de oxígeno, en dos átomos de oxígeno, los cuales se unen a otras moléculas de oxígeno generando nuevas moléculas de Ozono. El Ozono absorbe la luz ultravioleta de 2,100 a 2,900 A, para convertirse en oxígeno y empezar de nuevo el ciclo.

A la atmosfera llegan diferentes tipos de radiaciones ionizantes, por un lado está la radiación cósmica y por otro la radiación solar. Las radiaciones de alta energía son deflectadas por el campo magnético de la tierra y el interplanetario, siendo la protección mayor en el ecuador y menor en los polos. La ozonosfera es el segundo escudo con que contamos que nos protege contra las radiaciones ionizantes de menor energía filtrando las radiaciones UV en su totalidad la UVC y parcialmente la UVB y poco la UVA.

La presión atmosférica es la presión total que ejerce la mezcla de gases en la atmosfera. A nivel del mar se registra como equivalente a 760 mm de Hg. Esta presión disminuye con la altitud debido a que la densidad de las moléculas va siendo menor debido a una mayor expansión de los gases por la reducción de la fuerza gravitacional. Esto nos explica la menor disponibilidad del oxígeno a medida que ascendemos que es por menor presión parcial del gas y no por la concentración que siempre es 21%. De esta forma la ley de los gases que representa esta teoría es la de Dalton que dice: “la presión ejercida por una mezcla gaseosa es equivalente a la suma de las presiones parciales de cada uno de los componentes de dicha mezcla”.

La presión de los gases disueltos en nuestro organismo está siempre en equilibrio con los gases presentes en el ambiente externo, por lo que, si ascendemos rápidamente en una aeronave no presurizada, respiramos un aire con menor presión por lo que, los gases disueltos en nuestro organismo abandonan su estado de solución por diferencias de presión con el gradiente hacia el aire exterior. El nitrógeno pasa del tejido celular al sanguíneo produciendo un aeroembolismo siguiendo la ley de Henry de los gases en solución: “la cantidad de un gas en solución, es directamente proporcional a la presión ejercida por dicho gas sobre el solvente”.

3.8.2 Cabinas presurizadas y no presurizadas

El sistema respiratorio y el circulatorio son los encargados de tomar el oxígeno del aire y llevarlo hasta la célula para la producción de energía, y expulsar CO₂ como producto de la reacción. Esto nos permite realizar todas nuestras actividades a diario.

La ventilación pulmonar consiste en el paso del aire desde el exterior, a través del sistema respiratorio, hasta el alveolo pulmonar. El oxígeno externo se encuentra a una presión parcial de 159 mm de Hg al nivel del mar y el que se encuentra en los alveolos a 104 mm de Hg. Este cambio es debido al vapor de agua. La presión del vapor de agua en nuestro cuerpo constituye la presión que realizan las moléculas de agua de nuestros tejidos para escapar, la cual a temperatura corporal de 37 °C es de 47 mm de Hg en la mezcla de gases en el cuerpo. Este vapor de agua diluye la mezcla de gases del aire inspirado por lo que la presión parcial de oxígeno cambia al llegar al alveolo, como lo hacen todos los gases inspirados por ejemplo el nitrógeno que tiene una presión parcial de 597 mm de Hg en la atmosfera al nivel del mar y pasa a 569 mm de Hg en los alveolos y la presión parcial del CO₂ pasa de 0.3 mm de Hg en la atmosfera a 40 mm de Hg en los alveolos. Ver tabla 3-5.

Tabla 3- 5. Presiones parciales de los gases respiratorios cuando entran y salen de los pulmones (al nivel del mar)

Gas	Aire atmosférico		Aire humidificado		Aire alveolar	
N ₂	597	78.62%	563.4	74.09%	569	74.9%
O ₂	159	20.84%	149.3	19.67%	104	13.6%
CO ₂	0.3	0.04%	0.3	0.04%	40	5.3%
H ₂ O	3.7	0.5%	47	6.2%	47	6.2%
Total	760	100%	760	100%	760	100%

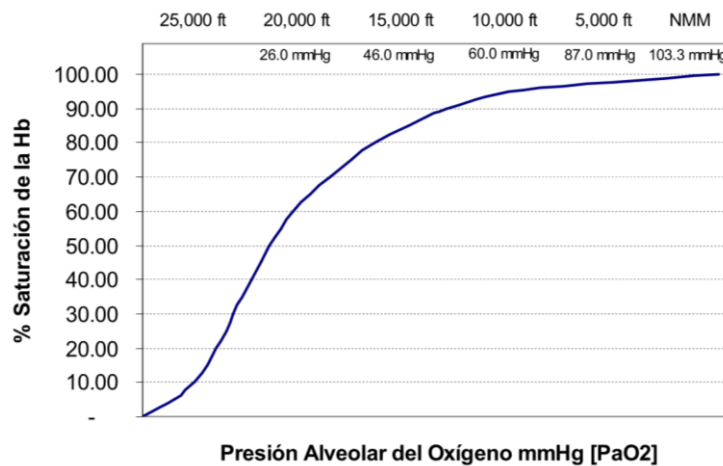
Fuente: (1).

La difusión pulmonar consiste en el intercambio gaseoso entre el alveolo pulmonar y el capilar que lo rodea. La presión en la sangre venosa capilar pulmonar es de 40 mm de Hg y la del alveolo de 104 mm de Hg, por tanto, por gradiente de difusión el oxígeno pasa al capilar arterial pulmonar. En el capilar esta molécula de oxígeno pasa al plasma y se introduce al eritrocito en donde se combina con la hemoglobina para formar la oxihemoglobina, esto constituye la sangre arterial oxigenada, la cual se va a distribuir a todos los tejidos del organismo. En sentido contrario al oxígeno el CO₂ pasa de su presión parcial en la sangre venosa del capilar pulmonar de 46 mm de Hg al alveolo en donde tiene una presión parcial de 40 mm de Hg para ser expulsado al exterior.

Con la altitud disminuye la presión atmosférica, por lo que disminuirá también la presión parcial de los gases, y como consecuencia durante el acto respiratorio, la presión del oxígeno en el alveolo se reducirá en la misma proporción, ocasionando con ello que durante el intercambio gaseoso haya una deficiencia del O₂ que se combine con la Hemoglobina y que se distribuya a los tejidos.

El comportamiento del oxígeno en la hemoglobina da un fenómeno denominado curva de disociación del oxígeno de la hemoglobina que se refiere a la capacidad de unión o separación del oxígeno con respecto a la molécula de hemoglobina. Ver figura 3- 1.

Figura 3- 1 Curva de disociación de la oxihemoglobina



Fuente: (6)

Un aumento progresivo del porcentaje de hemoglobina unida al oxígeno a medida que aumenta la presión parcial del oxígeno sanguínea, es lo que se denomina saturación porcentual de la hemoglobina. Por encima de una presión parcial de oxígeno de 60 mm de Hg la saturación se mantiene encima del 90%, lo cual corresponde al oxígeno inspirado que habitualmente tiene una presión parcial de 95 mm de Hg que corresponde a un 97% de saturación. Cuando las presiones parciales se encuentran por debajo de los 60 mm de Hg la curva presenta una pendiente más acentuada lo que indica que la saturación cambia más rápido con menores cambios de presión, esto permite a la hemoglobina descargar oxígeno en los tejidos o tomarlo rápidamente del medio ambiente en gradientes de difusión normales.

En un ambiente hipóxico se promueve la formación de ácido láctico en los tejidos lo que provoca un aumento de los iones hidrógeno, lo cual desplaza la curva hacia la derecha y hacia abajo, lo que facilita la liberación de oxígeno a los tejidos. Hacia el lado de los pulmones ocurre lo contrario, el CO₂ difunde desde la sangre hacia los alveolos, lo que reduce la presión parcial del gas en sangre y por tanto la concentración de los iones hidrógeno, desplazando la curva de disociación oxígeno hemoglobina hacia la izquierda y arriba. Por tanto, la cantidad de oxígeno que se une a la hemoglobina a cualquier PO₂ alveolar dada aumenta considerablemente.

En el medio aeronáutico por encima de los 10.000 pies la curva de saturación de la hemoglobina inicia su máxima pendiente de descenso lo cual promueve una caída brusca de la saturación de la hemoglobina, desarrollándose hipoxia tisular significativa. Esta es la razón por la cual se recomienda uso de oxígeno suplementario por encima de estas altitudes durante un vuelo en aeronave no presurizada.

Para poder realizar vuelos a grandes altitudes sin necesidad de la utilización de oxígeno suplementario se crearon las cabinas a presión o presurizadas. Esto no es más que a bordo de una aeronave en vuelo realizar una densidad del aire en la cabina mayor a la altitud real de vuelo mediante la inyección de aire exterior, al interior de la cabina, lo cual funciona para la zona fisiológica y la zona fisiológicamente deficiente.

Las ventajas de la cabina presurizada están la prevención de la hipoxia, un control de confort de presión y temperatura, evita el uso de oxígeno suplementario a bordo, reduce la fatiga del vuelo. Sin embargo, presenta desventajas también, como el riesgo de una descompresión o falla del sistema de presurización y el aire de la cabina mantiene una muy reducida humedad relativa no mayor al 15 ó 20%.

El aire inyectado del exterior provee el 50% del sistema de ventilación, participando del otro 50% el aire filtrado en recirculación. Estos dos tipos de aire se renuevan de 20 a 30 veces cada hora, en promedio cada 2.5 minutos. Este elevado índice de renovación permite el control de gradientes de temperatura, previene el estancamiento de áreas frías, mantiene la óptima calidad del aire y disipa el humo y los olores del ambiente de cabina.

3.8.3 Helicópteros

Los helicópteros también llamados aeronaves de ala rotatoria, proveen un complemento a las operaciones de los aviones (aeronaves de ala fija). Varían en talla y configuraciones para realizar funciones como: vuelos de reconocimiento a baja altura, búsqueda y rescate, operaciones de cubetas con agua para incendios, operaciones de rescate en alturas, transporte de pacientes y personal, y transporte de equipo. En la parte militar, estas funciones se realizan con un objetivo definido con ataques en el rango de distancia media o corta, y operaciones de lanzamientos. Los helicópteros vuelan a bajas altitudes y velocidades sin oxígeno suplementario y presentan menos aceleraciones en comparación con los aviones. Tienen la capacidad para aterrizar y despegar en áreas con un espacio mínimo, por lo que no requieren pista de aterrizajes. A pesar que sus funciones se realizan cerca del terreno dependiendo de las misiones pueden utilizar su máximo techo operacional que puede llegar hasta 18.000 pies en los UH-60 (Ver anexo C). (72)

Los helicópteros son aeronaves más pesadas que el aire que por la fuerza aerodinámica que crean sus rotores es capaz de ascender y desplazarse. Presentan un rotor de cola cuya función es neutralizar el par de reacción que introduce en el fuselaje la acción del rotor principal. Su velocidad está comprendida entre los 100 y 400 Km/hora. Su potencia es utilizada para desplazamientos verticales, siendo posible posarse en el aire, ascender y descender verticalmente, soportar pesadas cargas, camuflarse en reducidas superficies del terreno. Tienen operaciones que se realizan en tierra, mar o aire, según su estructura se pueden dividir en ligeros, medianos y pesados. Los ligeros sirven para el entrenamiento o formación de tripulaciones. (73)

Los helicópteros contienen múltiples fuentes de vibración como son el motor, la transmisión, los rotores principal y de cola, la unidad de poder auxiliar y los generadores eléctricos. Cada una de estas fuentes produce un rango de frecuencia específico que puede afectar la función fisiológica humana y su desempeño. Otro aspecto es la exposición al ruido que por lo general la tripulación se encuentra expuesta a niveles mayores de 85 dB hasta los 100 dB o más. A esto se le puede agregar un incremento de 5 dB debido al rotor, máquina y a los sistemas de comunicaciones. Los pilotos de helicópteros al igual que los de ala fija, pueden presentar un fenómeno denominado desorientación espacial en la

cual la percepción de la dirección no está de acuerdo con la realidad (percepción incorrecta de la posición y movimiento de la aeronave frente al centro de la tierra o al horizonte). (72)

4. Objetivo General

Describir el grosor corneal central en relación con el ambiente hipóxico por altura en pilotos de Aviación del Ejército Nacional de Colombia con sede en Bogotá y Tolemaida.

4.1 Objetivos Específicos

- Caracterizar el grosor corneal central en los pilotos de ala fija y rotatoria para el sector de Bogotá y Tolemaida.
- Estimar la relación que hay entre el grosor corneal central con las horas de vuelo, edad del piloto, último vuelo, tipo de aeronave, ambiente de cabina y estado refractivo en comparación con un grupo de tierra para ambas zonas geográficas.

5. Metodología

5.1 Tipo de estudio

Se realizó un estudio descriptivo, observacional, transversal cuya población objetivo fueron los pilotos de ala rotatoria y ala fija del Ejército Nacional de Colombia en las sedes de Tolemaida y Bogotá en el periodo comprendido entre enero del 2015 y noviembre 2016.

5.2 Definición de la población

El universo poblacional está formado por los pilotos de ala fija y ala rotatoria del Ejército Nacional de Colombia con sedes en Tolemaida y Bogotá que se encuentran activos en sus labores y con aptitud psicofísica al día. Estos pilotos fueron comparados con un grupo que no vuela que corresponde al personal de tierra que forman parte de medicina de aviación para ambas sedes, los cuales fueron seleccionados al azar por edades en una proporción 3:1 para Bogotá y 7:1 para Tolemaida. Un grupo adicional que fue autorizado para su comparación fueron los tripulantes de vuelo del área de Tolemaida.

La población para este estudio fue masculina y se involucró al 90% de la población de pilotos en el área de Tolemaida y Bogotá, sin embargo, por criterios de exclusión e inclusión, y de consentimiento informado quedaron un 85% (91) pilotos en Tolemaida y 74% (89) de los pilotos de Bogotá. Los tripulantes de vuelo se incluyeron un 60% de su población total.

5.3 Criterios de inclusión

Corresponderán a todas aquellas personas de género masculino dentro de la población de estudio que estén activos mínimo un año en sus funciones dentro de medicina de aviación del Ejército Nacional de Colombia y con certificado médico de vuelo vigente durante el periodo de enero del 2015 a noviembre del 2016 para la sede de CACSA II y durante todo el mes de octubre del 2016 para el CACSA I.

5.4 Criterios de exclusión

- I. Pilotos que no acepten ingresar al estudio.
- II. Personal femenino.
- III. Se excluyeron a todas aquellas personas que estuvieron en tratamiento tópico oftalmológico y que presentaron enfermedades oculares y/o enfermedades sistémicas, que incluyeron:
 - a. Glaucoma.
 - b. Diabetes.
 - c. Esclerosis múltiple.
 - d. Cirugías intraoculares previas o trauma oculares.

5.5 Recolección de la información

Las fuentes de datos fueron recopiladas de las fichas médica de los pilotos y personal de tierra desde el mes de enero del año 2015 hasta el mes de octubre del año 2016 en el CACSA II, y de la jornada de mediciones del espesor corneal central efectuada en el mes de octubre del año 2016 en CACSA I en Medicina de Aviación del Ejército Nacional de Colombia. La recolección de la información fue realizada previa inducción y autorización del consentimiento informado de cada individuo, y se realizó a través del formulario de recolección de datos que para el CACSA I fue llenado por el participante y el investigador

y para el CACSA II toda la información se extrajo de las historias clínicas clasificadas para el estudio.

En el CACSA II, la recolección de los datos para los pilotos se realizó de la lista de personal activo del periodo 2015-2016 por medio de muestreo no probabilístico por cuotas. Para el personal de tierra, la recolección de los datos se realizó mediante muestreo sistemático. De una lista de la base de datos se procedió a incluirlos en una secuencia de 5 en 5 a partir del segundo número en la lista hasta cumplir 60 individuos, los cuales se agruparon según edad en una proporción 3:1.

En la jornada de paquimetría en CACSA I se realizaron las mediciones a los pilotos y el personal de tierra de forma aleatoria según los permisos de cada batallón y su disponibilidad en tiempo constituyendo un muestreo no probabilístico por cuotas. Para los tripulantes de vuelo se procedió a visitar los hangares correspondientes según los permisos administrados por sus comandantes inmediatos seleccionándolos de forma aleatoria simple.

5.6 Anestesia de la córnea

Antes de realizar la paquimetría se anestesió tópicamente la córnea mediante la instalación de una gota de proximetacaína. Se dejó reposar al participante un minuto luego de la instauración de las mismas para valorar efectos secundarios y luego se procedió a la toma de las mediciones.

5.7 Método de medición del CCT

En el CACSA II las mediciones fueron realizadas por la optómetra experta de amplia experiencia en oftalmología aeronáutica y se utilizó el neumotonopaquímetro automático Canon TX-20. Esta medición se realizó con el paciente sentado, con el mentón y frente descansando sobre unos topes de plástico y mirando fijamente al centro del aparato. La medición duró aproximadamente 5 segundos en cada ojo.

En CACSA I las medidas del espesor central de la córnea se realizaron por parte del investigador, el cual tuvo un entrenamiento previo, con un paquímetro ultrasónico (Pachette 3). La medición ultrasónica se realizó en un consultorio reservado para tal propósito, las mediciones se realizaron en un tiempo no mayor a un minuto, intentando el

mínimo estrés para el participante y teniendo la precaución de no deformar la superficie corneal. El paciente se sentaba mirando hacia el frente, en posición primaria de la mirada y se procedía a realizar la anestesia de la superficie de la córnea. Se procedió a explicar al usuario el efecto momentáneo de ardor en el ojo y las razones por la cual se utilizó el medicamento. Se procedió a esperar un minuto a que el medicamento hiciera efecto y se realizó la medición por medio de la sonda, la cual se colocó en forma perpendicular en dirección al centro de la córnea (ápex corneal) hasta hacer contacto con la superficie corneal, en donde el aparato inmediatamente registraba 25 mediciones en aproximadamente 4 segundos y registraba en la pantalla un promedio de las mismas en micras. Las mediciones se realizaron en cada ojo de cada sujeto de estudio. Después de cada medición la sonda se desinfectaba con alcohol isopropílico al 70% y se dejaba secar para tomar la otra medición. Ningún paciente en este estudio tuvo efectos secundarios ni reacciones adversas al medicamento.

5.8 Materiales

5.8.1 Tonopaquímetro neumático Canon TX-20. (Ver anexo D.).

Este paquímetro hace mediciones de forma automática y sin hacer contacto con la córnea. Evalúa el espesor central de la córnea y la presión intraocular. Este equipo es calibrado de forma anual por la empresa contratante y se somete a revisión y mantenimiento cada 6 meses. El uso de este equipo no produce complicaciones en la salud del ser humano.

5.8.2 Paquímetro ultrasónico DGH 555 (Pachette 3)

El paquímetro ultrasónico utilizado fue el paquímetro DGH 555 (Pachette 3). Se caracteriza por ser portátil, de fácil manejo, exacto y confiable y por presentar una baja variabilidad inter e intraoperador. El equipo tenía dos meses de uso desde su compra de fábrica y su periodo de vida es de 10 años aproximadamente. Se utilizó una sonda de 20 Mhz con una precisión de +/- 5 micras y con una velocidad de conducción de 1640 m/s. El equipo se calibró al inicio de cada día de toma de muestras por medio de una caja electrónica que

viene con su protocolo de fábrica. Las baterías que se utilizaron fueron alcalinas recargables y su estado de carga se revisó cada 30 pacientes. Si había un descenso en un nivel de carga que constituye a un 5% de pérdida de su energía se procedió a su cambio por unas nuevas. El equipo se encuentra certificado por la SGS United Kingdom Ltd bajo la directiva 93/42/EEC para paquímetros ultrasónicos. Su uso no produce complicaciones en la salud del ser humano (74).

5.8.3. Clorhidrato de proparacaína solución oftálmica

(Proximetacaína).

Constituye un anestésico de superficie que entre otros como la ambucaina, la butacaína, la lidocaína y la tetracaína son aceptados en el territorio colombiano. Se decidió conseguir la proximetacaína (Alcaine®) de la compañía farmacéutica Alcon al 0.5%. dado que es de fácil obtención en las farmacias. Se compró en Farmatodo por pedido a domicilio, se procedió a revisar fecha de vencimiento y se dejó a temperaturas bajas de 5 °C para conservar sus propiedades físico-químicas. Los frascos se almacenaban en la puerta de un refrigerador de medicina de aviación del CACSA I y se mantenían en una hielera pequeña cuando se tomaban las muestras. En total se utilizaron 4 frascos con un costo de 30 000.00 pesos colombianos cada uno.

La proparacaína tiene un envase de 15 ml y cada mililitro de líquido contiene proparacaína 0.5 mg. Sus contraindicaciones constituyen la hipersensibilidad a los componentes de la fórmula, presencia de inflamación y/o infección aguda. Sus reacciones adversas son poco frecuentes, especialmente las de hipersensibilidad. (75)

5.8.4 Kit de emergencias

Se llevó un kit de emergencia para cualquier reacción alérgica que pudiera ocurrir por hipersensibilidad a la proximetacaína. El kit constaba de 4 jeringas de 5 cc con agujas de 20 mm, 4 ampollas de dexametasona de 4 mg cada una, dos ampollas de adrenalina de 1 cc, 10 tabletas de fexofenadina (allegra) de 180 mg y 10 de prednisolona de 5 mg, una ampolla de solución oftálmica de dexametasona, una bolsa de algodón y una botella de alcohol al 70%. (76)

* Adrenalina (Ecar): cada ml contiene adrenalina (epinefrina) 1 mg. Solución 1:1000. Para reacciones anafilácticas colocar 0.1 – 0.5 mg s.c / i.m. c/ 5 – 15 min según necesidad. Dosis máxima: 1 mg por dosis. (76)

* Decadrón® (Tecnoquímicas). Solución inyectable, cada ml contiene sulfato sódico de dexametasona equivalente a 4 mg de dexametasona. Ampolla de 2 ml, caja con 1 ampolla. En caso de edema de vías aéreas por reacción alérgica utilizar de 0.5 – 2 mg/ kg /día i.m. / i.v. (76)

* Isopto Maxidex® (Alcon): envase cuenta gotas de 5 ml con 1mg/ml de dexametasona. Colocar 1 ó 2 gotas en el saco conjuntival cada hora durante el día y cada dos horas durante la noche para casos de conjuntivitis alérgica. Reducir dosis gradualmente a cada 3-4 horas y luego a 6-8 horas. (76)

* Allegra® (Sanofi-Aventis): comprimidos de 180 mg. Caja con 10 comprimidos. Dosis: 180 mg v.o. una vez al día. No dar las tabletas con jugo de frutas. (76)

5.8.5 Formulario de recopilación de datos.

Hoja realizada en el paquete informático Excel para el almacenamiento de los datos. Esta hoja se imprimía y se repartía antes de cada medición para su llenado en CACSA I y se utilizó para recopilar la información de las fichas médicas en el personal de CACSA II. En este formulario se tomaron en cuenta los datos demográficos para su manejo inicial con respeto estricto a la confidencialidad de la información (fecha de nacimiento, edad, nombre completo, cédula, número de teléfono, grado militar, lugar de trabajo, batallón afiliado, tiempo de laborar para aviación), tipo de aeronave, horas de vuelo, uso de gafas, estado refractivo, enfermedades crónicas sistémicas y/o enfermedades oculares previas, antecedentes de cirugías oculares y medición del espesor corneal central para ambos ojos. (Ver anexo G).

5.9. Estadística

5.9.1 Variables de estudio

- Variables independientes:
 - a) Edad: variable cuantitativa continua. Las edades en el EJC están de 20 años a los 45 años para tareas de vuelo. Unidad: años.
 - b) Horas de vuelo: variable cuantitativa continua. Esta variable depende del tiempo que tiene la persona trabajando en el EJC. Unidad: horas.
 - c) Área geográfica (Lugar de trabajo): variable cualitativa nominal. La división será Tolemaida (CACSA I) y Bogotá (CACSA II).
 - d) Último vuelo: variable cuantitativa continua. Es el tiempo transcurrido desde el último vuelo de ala rotatoria a la medición de la córnea. Unidad: días.
 - e) Función: variable cualitativa nominal. Son las actividades que realiza el personal estudiado. Se divide en: pilotos, personal de tierra y tripulantes de vuelo.

Los pilotos corresponden a pilotos aviación militar con licencia y certificado médico vigente y más de un año de labores en el EJC. Están distribuidos en pilotos de ala fija y ala rotatoria. Los tripulantes de vuelo, que para efectos de este trabajo sólo incorporan al sector de Tolemaida, viajan detrás de los pilotos en la cabina de tripulantes y son conocidos como operadores de sistemas de armas. El personal de tierra corresponde a todo aquel personal militar de aviación que nunca vuela. Este grupo se utiliza para realizar las comparaciones de las mediciones. Se divide en personal de tierra de CACSA I y personal de tierra de CACSA II.

f) Flota: variable cualitativa nominal. Se refiere al tipo de aeronave utilizada. Se divide en: Ala fija: Antonov 32 (AN32), Grand Caravan (Caravan), Casa212 (Casa), Beechcraft King Air (King), Turbo Commander (TCM); Ala rotatoria: Sikorsky UH-60L y Sikorsky UH-60M (Black Hawk), Bell UH-1N/H (Huey), MI.

g) Ambiente de cabina: variable cualitativa nominal. Se le conoce como al ambiente que existe dentro de la aeronave producto de la inyección del aire atmosférico hacia adentro de la cabina. Dependiendo del tipo de aeronave pueden ser un ambiente

presurizado o no presurizado. En este trabajo se clasifica para ala fija en Presurizado y no presurizado, y para ala rotatoria No presurizado Helicóptero.

g) Uso de gafas: variable cualitativa nominal. Consiste en la presencia del uso de gafas en los periodos de realización del estudio. Se divide en si usa gafas y no usa gafas.

h) Estado refractivo: Variable cualitativa nominal. Se refiere a los trastornos refractivos oculares y emétrope. Se divide en: hipermetropía, miopía, astigmatismo, presbicia y emétrope. Los astigmatismos involucran al simple y compuesto.

- Variable dependiente:

a) Espesor corneal central: variable cuantitativa continua. Constituye la medición del espesor central de la córnea realizada con un neumotonopaquímetro y un paquímetro ultrasónico. Unidad: micras.

Tabla 5- 1. Variables de estudio categorizadas por tipo de variable, nivel de medición y definición.

No	Nombre	Tipo de variable (Naturaleza)	Nivel de medición	Definición operativa
1	Edad	Cuantitativa	Continua	Años cumplidos
2	Función	Cualitativa	Nominal	Pilotos, tripulante de vuelo, tierra.
3	Flota	Cualitativa	Nominal	Tipo de aeronave que vuela
4	Horas de vuelo totales	Cuantitativa	Continua	Número de horas
5	Área geográfica	Cualitativa	Nominal	Tolemaida, Bogotá
6	Ambiente de cabina	Cualitativa	Nominal	Presurizado, no presurizado No presurizado helicóptero
7	Último vuelo	Cuantitativa	Continua	Días del último vuelo
8	Uso de gafas	Cualitativa	Nominal	Si, No
9	Estado refractivo	Cualitativa	Nominal	Miopía, astigmatismo, hipermetropía, presbicia, emétrope.
10	CCT AO	Cuantitativa	Continua	Medición del espesor corneal central en ambos ojos en micras

Fuente: elaboración propia.

5.9.2 Análisis estadístico

Se realizó un análisis descriptivo de la totalidad de las variables; y de igual manera, para identificar posibles diferencias entre las variables cualitativas ya mencionadas respecto al ECC, se realizaron las pruebas de diferencias de medias respectivas, con un nivel de confianza del 95%. También para identificar si existía algún grado de asociación entre las variables cuantitativas y el ECC, se calculó el coeficiente de correlación de Pearson. Todo lo anterior se realizó a través del software estadístico SPSS.

5.9.3 Hipótesis

- 1) Nula: no hay diferencia en el grosor corneal central para ambos ojos de los pilotos en relación con las variables independientes.
- 2) Alterna: si hay diferencia en el grosor corneal central para ambos ojos de los pilotos en relación con las variables independientes

6. Cálculo de los costos

Los datos de las pruebas anuales de optometría para los pilotos y personal de tierra del Ejército Nacional de Colombia se recolectaron de los expedientes para el caso de la Sede en Bogotá. En la sede de Tolemaida se realizó una jornada de medición como parte del proceso de evaluación del personal de ala rotatoria la cual fue organizada y realizada por el investigador.

Tabla 6-1 Costos del proyecto

Cant.	DESCRIPCIÓN	Precio US \$
1	Equipo de paquimetría ultrasónica. DGH 555 (Pachimeter 3)	\$ 1,500.00
145	Medición de paquimetría por neumotonopaquímetro en CACSA 2 (120,000.00 pesos colombianos por paciente) Optometrista	\$ 0,000.00
355	Medición de paquimetría por ultrasonido en CACSA 2 (Investigador)	\$ 0,000.00
1	Gastos administrativos y de oficina	\$ 1,000.00
	TOTAL	\$ 2,500.00

Fuente: elaboración propia.

Los costos de las mediciones del CACSA II por ser mediciones realizadas no hubo inversión al respecto y las del CACSA I al igual que la compra del aparato fueron patrocinadas por el investigador.

El gasto administrativo y de oficina incluye: transporte de Bogotá – Melgar y de Melgar - Tolemaida, estadía en Melgar, 3 tiempos de comida, compra de alcohol al 70%, algodón, baterías alcalinas recargables.

7. Consideraciones éticas

Según la resolución N°008430 del 4 de octubre de 1993 del Ministerio de Salud de Colombia, se define lo siguiente:

1. Se diligenció por escrito por cada individuo que participó en el estudio del consentimiento informado. El mismo se dio a cada uno de los participantes con una explicación previa del mismo en varias sesiones plenarias realizadas en ambos centros médicos. Este consentimiento fue utilizado por el investigador únicamente para proteger la identificación de cada participante.
2. El estudio fue presentado para su aprobación por el comité asesor de la especialidad en Medicina Aeroespacial y del comité de ética de la Facultad de Medicina de la Universidad Nacional de Colombia.
3. El estudio se llevó a cabo bajo el estricto concepto de ser una INVESTIGACIÓN DE RIESGO MÍNIMO según el artículo 11, título 1 (Disposiciones generales).
4. Por reglamentación del artículo 46 del capítulo V (de las investigaciones en grupos subordinados) se procedió de la siguiente manera:
 - a. No se afectó la situación laboral, militar por la participación, rechazo de los participantes o por retiro del consentimiento informado.
 - b. Los resultados de la investigación no se utilizaron en perjuicio de los individuos participantes.
 - c. El centro médico del Ejército Nacional de Colombia se hizo responsable del tratamiento médico en caso de reacciones alérgicas al anestésico tópico, sin embargo, no hubo efectos secundarios alguno.

5. Se declaró que no hay conflictos de interés por parte del investigador, directores y codirectores derivados de la investigación y/o de los procedimientos que se proponen para resolverlos.
6. Consentimiento informado. (Ver anexo F).

8. Resultados esperados e impacto

Los resultados de este estudio permitirán valorar el comportamiento del espesor corneal central (sin cambios, aumentado o disminuido en relación a un grupo control) en los pilotos de ala fija y rotatoria según la flota, ambiente de cabina, edad de la persona, horas de vuelo, último vuelo y estado refractivo en dos sectores geográficos diferentes para dos divisiones del EJC.

Este estudio constituirá el primero en el país en establecer una estimación de los rangos del espesor corneal central en el personal aeronáutico militar, dato que no ha sido estudiado antes en ningún sector económico en Colombia. De esta forma, el impacto principal será describir el espesor corneal central en el medio aeronáutico en pilotos de ala fija y rotatoria, y evidenciar si hay una asociación de manera significativa de las variables independientes lo que podrá inspirar a realizar otros estudios en poblaciones con una muestra mayor, para determinar si en realidad existe causalidad adjudicable al ambiente hipóxico-hipobárico crónico intermitente.

9. Cronograma

Tabla 9-1 Cronograma de actividades

Actividades	Año	2016					2017								
	Mes	8	9	10	11	12	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Elaboración del proyecto		x	x												
Realización de mediciones				x	x										
Recolección y análisis de los datos						x	x								
Revisión de resultados								x	x						
Procesamiento y análisis de los datos										x	x				
Procesamiento del informe definitivo												x	x		
Autorización de pares por el consejo													x		
Revisión del trabajo (pares)														x	
Sustentación del trabajo															x

Fuente: elaboración propia.

10. Resultados

La población total estudiada fue masculina y corresponden a 509 personas de aviación del Ejército Nacional de Colombia pertenecientes al CACSA I y II, de los cuales son pilotos 180, tripulantes de vuelo 139 y personal de tierra 190. Ver tabla 10-1.

Tabla 10- 1 Distribución del personal de aviación del EJC según su función.

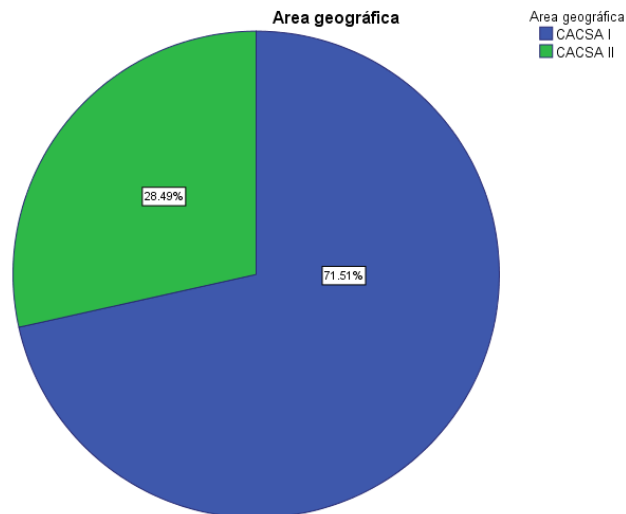
Función	Frecuencia	Porcentaje
Pilotos	180	35.4
Tripulantes de vuelo	139	27.3
Personal de Tierra	190	37.3
Total	509	100.0

Fuente: elaboración propia a partir del programa SPSS

De acuerdo al área geográfica 364 personas pertenecen al CACSA I y 145 al CACSA II. Ver figura 10-1.

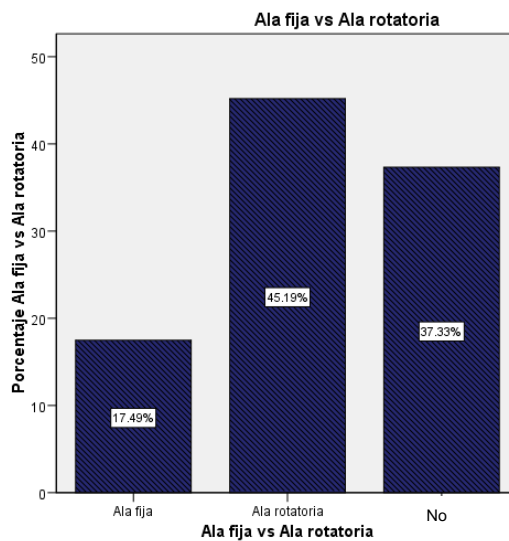
De acuerdo al tipo de aeronave, del total de la población un 17.49% utilizan aeronaves de ala fija, 45.19% ala rotatoria, y un 37.33% pertenece al personal de tierra. Según el ambiente de cabina las aeronaves presurizadas corresponden a un 8.4%, las no presurizadas a un 53.8% del total de la población. La flota de aeronaves en orden descendente corresponden a Black Hawk, Huey, MI, Casas, King Turbocomander (TCM), Gran Caravan y Antonov(AN32). Ver tabla y figura 10-2 y 10-3.

Figura 10- 1. Distribución porcentual según el área geográfica del personal de aviación del EJC.



Fuente: elaboración propia a partir del programa SPSS

Figura 10- 2. Distribución porcentual del uso del tipo de aeronave en la población de aviación del EJC.



Fuente: elaboración propia a partir del programa SPSS

Tabla 10- 2 Distribución por frecuencia y porcentaje del tipo de aeronave (ala fija, ala rotatoria y no uso) en el personal de aviación del EJC.

Tipo de aeronave	Frecuencia	Porcentaje
Ala fija	89	17.5
Ala rotatoria	230	45.2
Tierra (No usan aeronaves)	190	37.3
Total	509	100.0

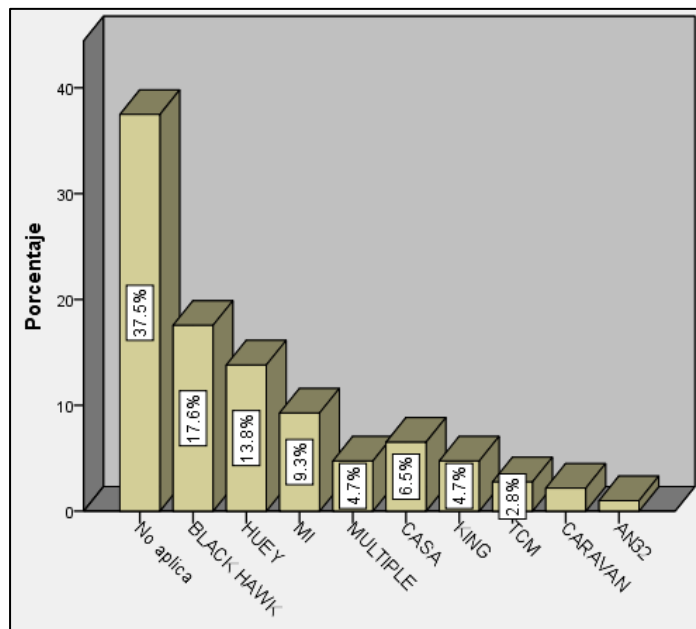
Fuente: elaboración propia a partir del programa SPSS

Tabla 10- 3. Distribución del tipo de ambiente de cabina (Presurizado y no presurizado) y ambiente atmosférico en la personal de aviación del EJC.

Ambiente de cabina	Frecuencia	Porcentaje
Presurizado	43	8.4
No presurizado	274	53.8
No usan aeronaves	192	37.7
Total	509	100.0

Fuente: elaboración propia a partir del programa SPSS

Figura 10- 3. Distribución porcentual del uso de aeronaves en la población general de aviación del EJC.



Fuente: elaboración propia a partir del programa SPSS

Los rangos de edades presentados fueron de 18 a 53 años con una media de 33 años, la edad que se presentó más fue 35 años. Las horas de vuelo correspondientes a 261 pilotos y tripulantes de cabina presentaron una media de 1756 horas y una desviación estándar de 1242.64 horas. El tiempo en días del último vuelo fue reportado por 230 personas, su valor mínimo fue de 0 días y el máximo de 4745 días. Ver tabla 10-4.

El espesor corneal central para el ojo derecho tuvo una media de 549.51 micras con una desviación estándar de 34.65 micras y una varianza de 1200 y para el ojo izquierdo la media fue de 551.46 micras con una desviación estándar de 34.81 micras y una varianza de 1212. Ver tabla 10-4.

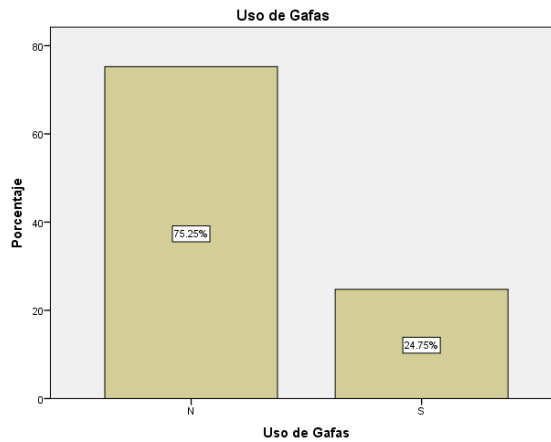
Tabla 10- 4 Distribución de los estadísticos de las variables edad, horas de vuelo, último vuelo realizado en días, espesor corneal central (ECC) para ambos ojos en el personal de aviación del EJC

Estadístico	Edad	Horas de vuelo	Último vuelo	ECC OD	ECC OI	
n	Válido	504	261	230	509	509
	Perdidos	5	248	279	0	0
Media	33.05	1756.66	249.62	549.51	551.46	
Mediana	33.00	1650.00	15.0000	548.00	550.00	
Moda	35	500	1.00	538.00	543.00	
Desviación estándar	5.87	1242.64	666.09	34.65	34.81	
Varianza	34.50	1544164.37	443676.81	1200.78	1212.07	
Mínimo	18	0	.00	463.00	451.00	
Máximo	53	5150	4745.00	656.00	652.00	

Fuente: elaboración propia a partir del programa SPSS

El uso de gafas con prescripción por defectos refractivos se encontró en 126 personas que corresponde a un 24.8% de la población. Ver figura 10-4.

Figura 10- 4. Distribución porcentual del uso de gafas en el personal de aviación del EJC.



Fuente: elaboración propia a partir del programa SPSS

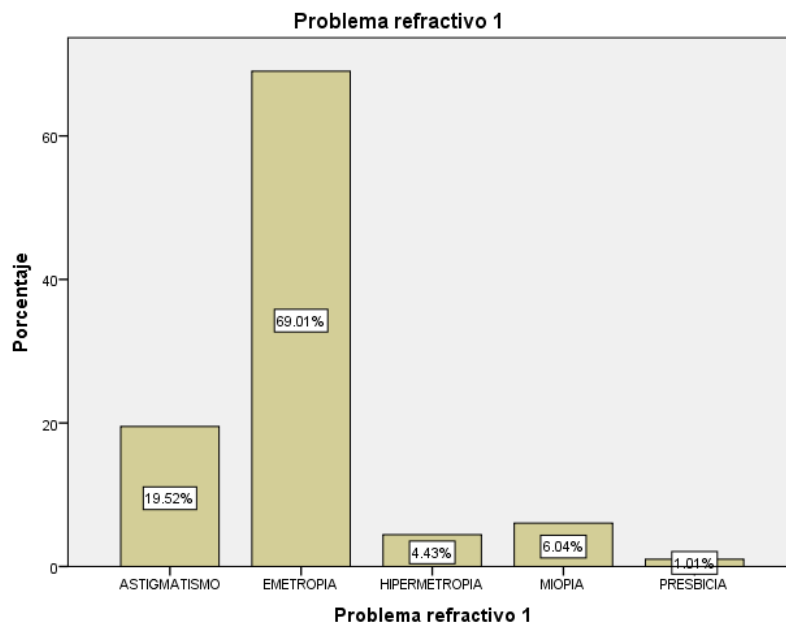
La mayoría del personal es emétrepe, sin embargo, los trastornos refractivos predominantes fueron en primer lugar astigmatismo, seguido por miopía, hipermetropía y presbicia. Un 2.4% de la población no llenó esta parte del cuestionario. Ver tabla 10-5 y figura 10-5.

Tabla 10- 5. Distribución de los estados refractivos en el personal de aviación del EJC.

Estados refractivos	Frecuencias	Porcentajes
Astigmatismo	97	19.1
Emetropes	343	67.4
Hipermetropía	22	4.3
Miopía	30	5.9
Presbicia	5	1.0
Total	497	97.6
Perdidos No se realiza	12	2.4
Total	509	100.0

Fuente: elaboración propia a partir del programa SPSS

Figura 10- 5. Distribución porcentual del uso de gafas en el personal de aviación del EJC.



Fuente: elaboración propia a partir del programa SPSS

De acuerdo a la función de sus labores el personal se distribuye en un 25% pilotos, 38.2% tripulantes de vuelo y personal de tierra (no desempeñan funciones de vuelo) un 36.8%. En el CACSA II la población fue de 145 funcionarios los cuales están distribuidos en pilotos con un 61.4% y personal de tierra con un 38.6%. Ver tabla 10-6.

Tabla 10- 6. Distribución por frecuencia y porcentaje según el área geográfica de la función del personal de aviación en EJC.

Tolemaida	Funciones	f	%	Bogotá	Funciones	f	%
CACSA I	Piloto	91	25.0	CACSA II	Piloto	89	61.4
	Tripulante de vuelo	139	38.2		Personal de tierra	56	38.6
	Personal de tierra	134	36.8				
	Total	364	100.0		Total	145	100.0

Fuente: elaboración propia a partir del programa SPSS

La edad promedio para los 359 representantes del CACSA I fue de 33 años con una desviación estándar de 5.86, y se encuentran dentro de los rangos de 18 a 53 años. Para

Bogotá la media fue de 32 años con una desviación estándar de 5.893, con un valor mínimo de 20 años y un máximo de 46 años. Ver tabla 10-7.

Las horas de vuelo para el área de Tolemaida (CACSA I) se describieron en el personal con funciones de piloto y tripulantes de vuelo en las que su media fue de 1674.43 horas con una desviación estándar de 1216.81 horas. Para el personal de Bogotá sólo se logró recuperar la información en 31 pilotos, los cuales presentan una media de 2270 horas con una desviación estándar de 1330 horas. Ver tabla 10-7.

El tiempo del último vuelo (en días) fue un valor que se logró incluir sólo en el área de Tolemaida, su media es de 249 días con una desviación estándar de 666 días. Ver tabla 10-7

Tabla 10- 7. Estadísticos distribuidos por área geográfica para la edad, horas de vuelo y último vuelo en el personal de aviación del EJC.

Tolemaida CACSA I	Edad (años)	Horas de Vuelo (horas)	Último vuelo (días)	Bogotá CACSA II	Edad (años)	Horas de Vuelo (horas)
Válido	359	230	230	Válido	145	31
Perdidos	5	134	134	Perdidos	0	114
Media	33	1687.43	249.63	Media	32	2270.32
Mediana	34	1594.00	15.00	Mediana	33	2100.00
Moda	35	500	1.00	Moda	34	700 ^a
Desviación estándar	5.86	1216.817	666.09	Desviación estándar	5.89	1330.83
Varianza	34	1480643.60	443676.81	Varianza	34	1771123.22
Mínimo	18	0	.00	Mínimo	20	150
Máximo	53	4500	4745.00	Máximo	46	5150

Fuente: elaboración propia a partir del programa SPSS

Los estadísticos de tendencia central (moda, media y mediana) de los espesores corneales centrales para el ojo derecho e izquierdo tienden a ser más gruesos para el área de

Tolemaida en comparación con la de Bogotá. La media para el área de Tolemaida fue de 551 micras con una desviación estándar de 34.97 para el ojo derecho, y para el izquierdo una media de 553 micras con una desviación estándar de 35.01. En el área de Bogotá, la media de los espesores corneales centrales para ambos ojos fue de 545 micras con una desviación estándar de 33 micras. El valor mínimo y el máximo en micras para ambos ojos correspondió al área de Tolemaida. Ver tabla 10-8.

Tabla 10- 8. Estadísticos distribuidos por área geográfica para el ECC del OD y OI del personal de aviación del EJC.

Tolemaida		ECC OD	ECC OI	Bogotá		ECC OD	ECC OI
CACSA I	Válido	364	364	CACSA II	Válido	145	145
	Perdidos	0	0		Perdidos	0	0
Media		551.25	553.65	Media		545.16	545.97
Mediana		549.00	551.00	Mediana		545.00	544.00
Moda		565.00	572.00	Moda		522.00	543.00
Desviación estándar		34.97	35.01	Desviación estándar		33.54	33.79
Varianza		1223.57	1226.31	Varianza		1125.01	1142.09
Mínimo		463.00	451.00	Mínimo		471.00	455.00
Máximo		656.00	652.00	Máximo		643.00	636.00

Fuente: elaboración propia a partir del programa SPSS

La flota de aeronaves en Tolemaida utilizada es de 206 unidades y para Bogotá corresponden a 87, según personal involucrado (piloto, tripulante de vuelo). Según el tipo de aeronaves se distribuyen en forma porcentual de mayor a menor como se detalla a continuación: Black Hawk, Huey y MI para Tolemaida y para Bogotá son: Casa, King, Caravan, Turbocomander (TCM) y Antonov (AN). Un 6.6% del personal involucrado no llena el cuestionario acerca del tipo de aeronave en Tolemaida. El personal que no utiliza aeronaves (personal de tierra) corresponde a un 36.8% en Tolemaida y un 40% para Bogotá. Ver tabla 10-9.

Tabla 10- 9. Distribución por frecuencia y porcentaje según área geográfica de la flota de aeronaves y personal de tierra para el personal de aviación del EJC

Tolemaida	Flota de aeronave	Frecuencia	Porcentaje
CACSA I	Black Hawk	88	24.2
	Huey	71	19.5
	MI	47	12.9
	No usan flota (personal de tierra)	134	36.8
	Total	340	93.4
Perdidos	No se realiza	24	6.6
Total		364	100.0
Bogotá	Flota de aeronave	Frecuencia	Porcentaje
CACSA II	Antonov	5	3.4
	Caravan	11	7.6
	Casa	33	22.8
	King	24	16.6
	TCM	14	9.7
	No usan flota (personal de tierra)	58	40.0
	Total	145	100.0

Fuente: elaboración propia a partir del programa SPSS

En el área de Tolemaida y Bogotá predomina el personal que no utiliza gafas, correspondiente a un 77.5% y un 69.7%. Ver tabla 10-10.

Tabla 10- 10. Distribución por frecuencia y porcentaje del uso de corrección ocular según área geográfica en el personal de aviación del EJC

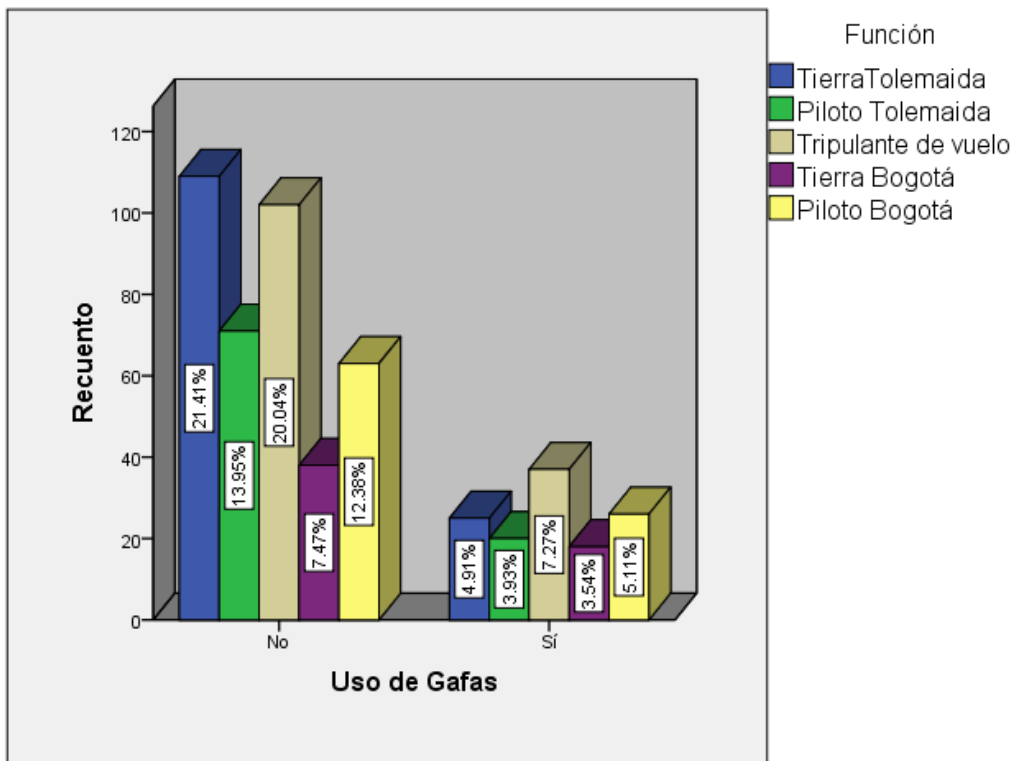
Tolemaida	Uso de gafas	f	%	Bogotá	Uso de gafas	f	%
CACSA I	No	282	77.5	CACSA II	No	101	69.7
	Si	82	22.5		Si	44	30.3
Total		364	100.0	Total		145	100.0

Fuente: elaboración propia a partir del programa SPSS

En cuanto al uso de lentes de corrección óptica el mayor porcentaje correspondió a los que no las usan de la siguiente forma: personal de tierra de Tolemaida con un 21.41%, Tripulantes de vuelo 20.04%, Pilotos de Tolemaida con un 13.95%, Pilotos de Bogotá con

un 12.38% y personal de tierra de Bogotá con un 7.47%. Los que si utilizaban lentes de corrección óptica se distribuyeron en orden descendente de la siguiente forma: tripulantes de vuelo (7.27%), Pilotos de Bogotá (5.11%), personal de tierra de Tolomaida (4.91%), Pilotos de Tolomaida (3.93%) y personal de tierra de Bogotá con un 3.54%. Ver Figura 10-6.

Figura 10- 6. Recuento del uso de corrección óptica por función del personal de aviación del EJC



Fuente: elaboración propia a partir del programa SPSS

En ambos sectores los funcionarios con emetropía son mayores con respecto a los defectos de refracción, para Tolomaida corresponden a un 78% y para Bogotá a un 40.7%. Los trastornos de refracción se distribuyen en el área de Tolomaida con predominio del astigmatismo, seguido de la miopía y presbicia y para el área de Bogotá el astigmatismo el mayor (36.6%) y le sigue la hipermetropía con un 14.5% según tabla 10-11.

Tabla 10- 11. Distribución por frecuencia y porcentaje según área geográfica de los problemas refractivos incluyendo los emétopes en la población de aviación del EJC.

Tolemaida	Estados refractivos	f	%	Bogotá	Estados refractivos	f	%
CACSA I	Astigmatismo	44	12.1	CACSA II	Astigmatismo	53	36.6
	Emetropes	284	78.0		Emetropes	59	40.7
	Hipermetropía	1	.3		Hipermetropía	21	14.5
	Miopía	27	7.4		Miopía	3	2.1
	Presbicia	2	.5		Presbicia	3	2.1
	Total	358	98.4		Total	139	95.9
Perdidos	No se realiza	6	1.6	Perdidos	No se realiza	6	4.1

Fuente: elaboración propia a partir del programa SPSS

La distribución del personal según la condición ambiental dentro del avión (condiciones de cabina) y las ambientales fuera del mismo (presión atmosférica) corresponden para el CACSA I ambiente de cabina no presurizado un 63.2% y un 36.8% para el ambiente externo de tierra (personal de tierra). En CACSA II un 30.3% pertenecen al grupo de condiciones de cabina no presurizadas, un 29.7% para los ambientes de cabina presurizados, y un 29.7% corresponde al grupo de atmosfera externa de tierra. Ver tabla 10-12.

Tabla 10- 12. Distribución de la frecuencia y porcentaje por área geográfica según las condiciones ambientales expuestas del personal de aviación del EJC.

Tolemaida	Condición ambiental	Frecuencia	Porcentaje
CACSA I	No presurizado helicóptero	230	63.2
	Atmósfera normal	134	36.8
	Total	364	100.0
Bogotá	Condición ambiental	Frecuencia	Porcentaje
CACSA II	No presurizado	44	30.3
	Atmósfera normal	58	40.0
	Presurizado	43	29.7
	Total	145	100.0

Fuente: elaboración propia a partir del programa SPSS

Tabla 10- 13. Estadísticos del espesor corneal central del ojo derecho (ECC OD), ojo izquierdo (ECC OI) y edad según área geográfica y función del personal de aviación del EJC.

Bogotá / Personal tierra	Estadísticos	ECC OD	ECC OI	Edad
CACSA II	Válido	43	43	43
	Perdidos	0	0	0
Media		545.35	546.91	31.40
Moda		522	567	27
Desviación estándar		29.110	30.034	
Varianza		847.375	902.039	
Bogotá / Pilotos	Estadísticos	ECC OD	ECC OI	Edad
CACSA II	Válido	89	89	89
	Perdidos	0	0	0
Media		544.27	544.93	33.66
Mediana		541.00	543.00	34.00
Moda		535	539	34
Desviación estándar		35.245	35.669	
Varianza		1242.176	1272.291	
Tolemaida/Pilotos	Estadísticos	ECC OD	ECC OI	Edad
CACSA I	Válido	91	91	86
	Perdidos	0	0	5
Media		552.20	553.86	31.92
Mediana		552.00	551.00	31.00
Moda		560	572	27 y 35
Desviación estándar		33.402	33.141	
Varianza		1115.672	1098.324	
Tolemaida Personal tierra	Estadísticos	ECC OD	ECC OI	Edad
CACSA I	Válido	134	134	134
	Perdidos	0	0	0
Media		545.95	545.89	31.68
Mediana		543.00	543.00	32.50
Moda		548	552	33
Desviación estándar		34.972	33.026	5.824
Varianza		1223.027	1090.717	33.919

Fuente: elaboración propia a partir del programa SPSS

Para el área geográfica de Tolemaida hay una tendencia a aumentar el grosor corneal central según datos de la media de los pilotos en comparación con el personal en tierra. En Bogotá, la comparación de la media de los espesores corneales centrales entre los pilotos y el personal de tierra tienen mucha similitud. Ver tabla 10-13.

Entre los pilotos de Bogotá y Tolemaida, en este último sector se ve la tendencia a aumentar la media de los espesores centrales corneales. Sin embargo, cuando se comparan el personal de tierra (entre Bogotá y Tolemaida) hay mucha similitud en las medias de los espesores corneales. Ver Tabla 10-13.

10.1 Descripción por grupos (pilotos, personal de tierra y tripulantes de vuelo)

10.1.1 Personal de tierra de CACSA II

La población evaluada fue de 43 sujetos, las edades de selección se distribuyeron desde los 20 a los 46 años de edad siendo la media de 31 años. Las mediciones corneales centrales en (micras) micrómetros del ojo izquierdo presentaron una media de 546.91 con una desviación estándar de 30.03 y varianza de 902.03. Las mediciones del ojo derecho mostraron una media de 545.35 con una desviación estándar de 29.11 y varianza de 847.37. (Ver Tabla 10-14 y Figura 10- 7).

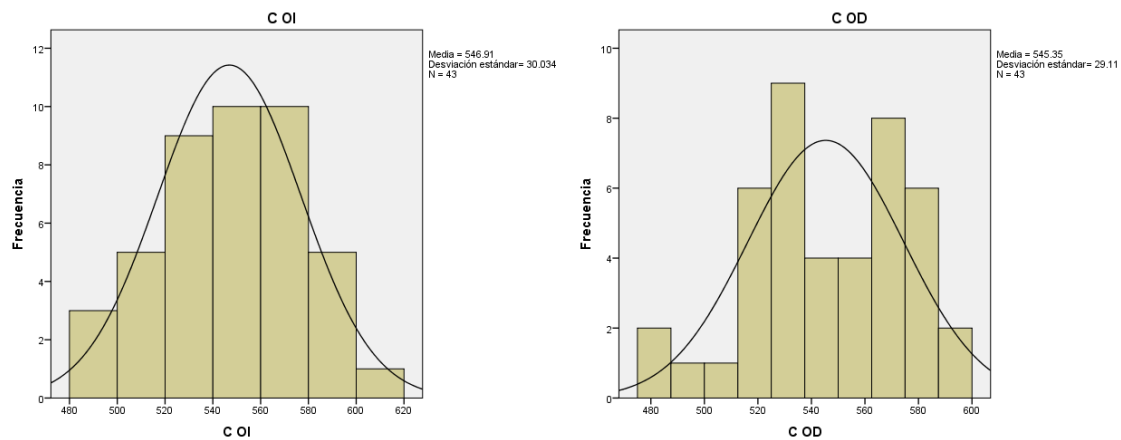
Un 30.2% (13) de este grupo utilizaba corrección ocular. Sus estados refractivos se distribuyeron de la siguiente forma: un 39.5%(17) emétropes, 39.6% (17) astigmatismo, 16.3% (7) hipermetropía y 4.7% (2) miopía. (Ver Tabla 10-15 y 10-16).

Tabla 10- 14 Estadísticos del espesor corneal central del ojo izquierdo (ECC OI) y ojo derecho (ECC OD) y edad del personal en tierra de Bogotá de aviación del EJC

Bogotá / Personal tierra		ECC OI	Edad	ECC OD
CACSA II	Válido	43	43	43
	Perdidos	0	0	0
Media		546.91	31.40	545.35
Moda		567	27	522
Desviación estándar		30.034		29.110
Varianza		902.039		847.375

Fuente: elaboración propia a partir del programa SPSS

Figura 10- 7. Histogramas de la medida en micras del espesor corneal central del ojo derecho e izquierdo (ECC OI), (ECC OD) del personal de tierra del CACSA II



Fuente: elaboración propia a partir del programa SPSS

Tabla 10- 15. Distribución por frecuencia y porcentaje del uso de corrección ocular en el personal de tierra de CACSA II

Bogotá	Uso de gafas	Frecuencia	Porcentaje
CACSA II	No	30	69.8
Personal tierra	Si	13	30.2
	Total	43	100.0

Fuente: elaboración propia a partir del programa SPSS

Tabla 10- 16. Frecuencia de los estados refractivos en el grupo de tierra de CACSA II

Bogotá / Personal tierra	Estados refractivos	Frecuencia	Porcentaje
CACSA II	Astigmatismo	17	39.5
	Emetropes	17	39.5
	Hipermetropía	7	16.3
	Miopía	2	4.7
	Total	43	100.0

Fuente: elaboración propia a partir del programa SPSS

10.1.2 Pilotos CACSA II

De los 89 pilotos incluidos sus edades se distribuyeron desde los 24 a los 45 años con una media de 33, mediana de 34 y moda de 34. (Tabla 10-17, Figura 10- 8).

Las horas de vuelo se pudieron documentar 32 de los 89 pilotos por ausencia de datos en las fichas clínicas. La media fue de 2230, el valor mínimo reportado fue de 150 y el máximo de 5150 horas, (ver tabla 10-18 y figura 10 -9).

El espesor corneal central se midió en la totalidad de la población incluida en el estudio. Para el ojo derecho se reportó una media de 544.27 micras con una desviación estándar de 35.245. El valor mínimo fue de 471 y el máximo de 623 micras. Para el ojo izquierdo la media correspondió a 544.93 con una desviación standard de 35.669. El valor mínimo de 455 y el máximo de 629 micras. (Ver tabla 10-18 y figura 10 -10 y 10 -11).

Los estados refractivos se distribuyeron de la siguiente manera: 2 de los pilotos no contestaron quedando una población de 87 de la cual la emetropía se encuentra en un 46% (41), astigmatismo en un 33.6% (30), hipermetropía con un 13.5% (12), presbicia 3.4% (3) y miopía en un 1.1% (1). (Ver tabla 10-19).

Del total de la población 26 utilizaba corrección formuladas por algún tipo de ametropía. Se detectaron 3 enfermedades oculares en 3 pilotos que no fueron causas de exclusión. Discromatopsia, excavaciones asimétricas con exámenes normales y sospecha de glaucoma con exámenes normales. (Ver tabla 10-20 y 10-21).

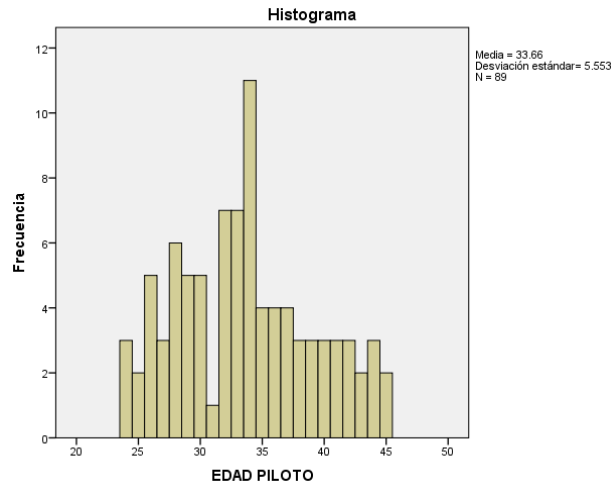
La distribución de las aeronaves se detalla a continuación: dos de los pilotos no colocaron tipo de aeronave en el cuestionario, los tripulantes de King fueron 24 pilotos (27%), para las flotas tipo C212 y C218 en total fueron 33 pilotos (27.1 %), aerocomander 14 (15.8%), y antonov 5 (5.6%). (Ver tabla 10 -22).

Tabla 10- 17. Estadísticos de las edades para los pilotos del CACSA II

Bogotá / Pilotos		Edad
CACSA II	Válido	89
	Perdidos	0
Media		33.66
Mediana		34.00
Moda		34
Percentiles	25	29.00
	50	34.00
	75	37.50

Fuente: elaboración propia a partir del programa SPSS

Figura 10- 8. Distribución por edades la población de pilotos del CACSA II



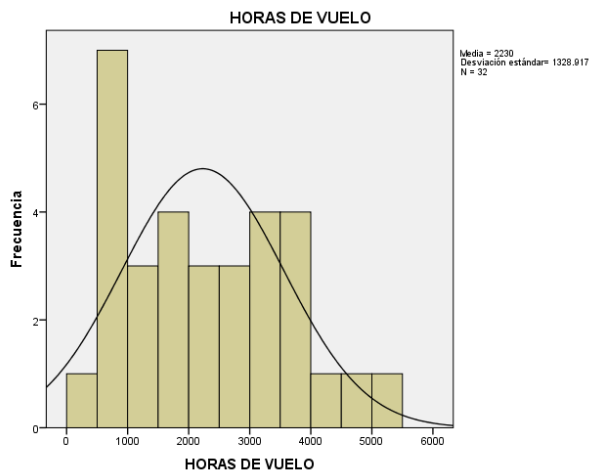
Fuente: elaboración propia a partir del programa SPSS

Tabla 10- 18. Datos correspondientes a las horas de vuelo (HV), espesor corneal central (ECC) de ambos ojos de los pilotos del CACSA II

Bogotá / Pilotos		Horas de Vuelo	ECC OD	ECC OI
CACSA II	Válido	32	89	89
	Perdidos	57	0	0
Media		2230.00	544.27	544.93
Mediana		2075.00	541.00	543.00
Moda		700 ^a	535 ^a	539 ^a
Desviación estándar		1328.92	35.24	35.69
Varianza		1766019.35	1242.18	1272.29
Asimetría		.372	.141	-.103
Error estándar de asimetría		.414	.255	.255
Curtosis		-.886	-.249	-.058
Error estándar de curtosis		.809	.506	.506
Mínimo		150	471	455
Máximo		5150	623	629
Percentiles	25	985.00	521.50	522.50
	50	2075.00	541.00	543.00
	75	3200.00	569.00	569.00

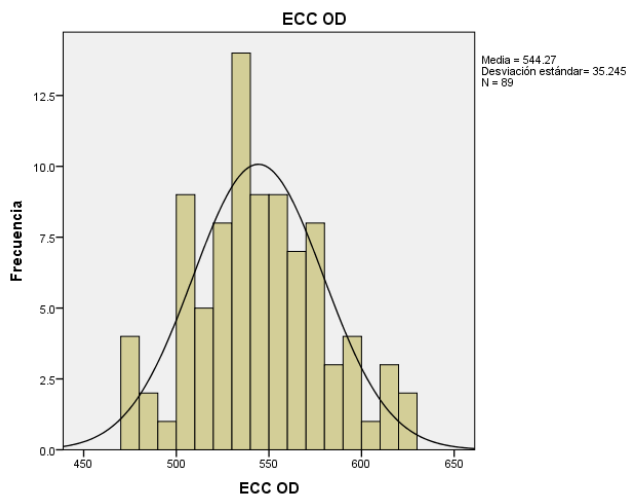
Fuente: elaboración propia a partir del programa SPSS

Figura 10- 9. Distribución de las horas de vuelo en los pilotos de CACSA II



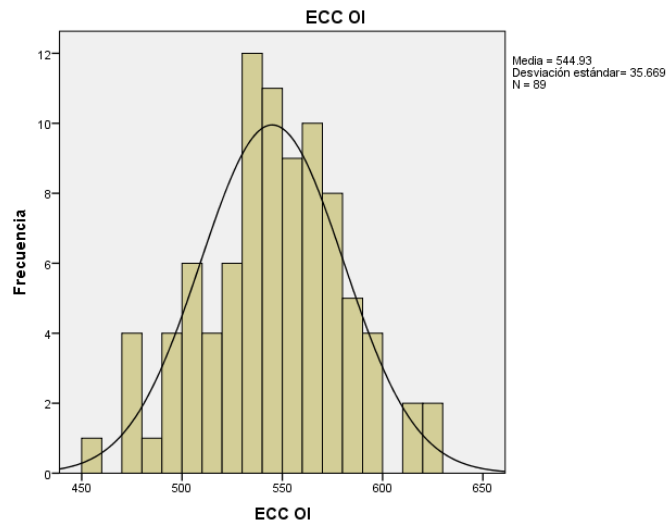
Fuente: elaboración propia a partir del programa SPSS

Figura 10- 10. Distribución del espesor corneal central del ojo derecho en pilotos del CACSA II.



Fuente: elaboración propia a partir del programa SPSS

Figura 10- 11. Distribución del espesor corneal central del ojo izquierdo en pilotos del CACSA II



Fuente: elaboración propia a partir del programa SPSS

Tabla 10- 19. Distribución por frecuencia del estado refractivo en la población de pilotos del CACSA II.

Bogotá / Pilotos	Estadoso Refractivos	Frecuencia	Porcentaje
CACSA II	Astigmatismo	30	33.6
	Emetrope	41	46.1
	Hipermetropía	12	13.5
	Presbicia	3	3.4
	Miopía	1	1.1
	Total	87	97.8
Perdidos	sin respuesta	2	2.2
Total		89	100.0

Fuente: elaboración propia a partir del programa SPSS

Tabla 10- 20. Distribución por frecuencias del uso de corrección ocular en pilotos del CACSA II.

Bogotá		Frecuencia	Porcentaje
CACSA II	SI	26	29.2
	NO	63	70.8
	Total	89	100.0

Fuente: elaboración propia a partir del programa SPSS

Tabla 10- 21. Distribución por frecuencias de las enfermedades oculares en pilotos del CACSA II.

Bogotá/Pilotos	Enfermedades Oculares	Frecuencia	Porcentaje
CACSA II	No	86	96.6
	Discromatopsia	1	1.1
	Excavaciones asimétricas	1	1.1
	Riesgo de glaucoma	1	1.1
	Total	89	100.0

Fuente: elaboración propia a partir del programa SPSS

Tabla 10- 22. Distribución por flota de aeronaves de los pilotos de CACSA II

Bogotá /	Flota	Frecuencia	Porcentaje
CACSA II	Caravan	11	12.4
	King	21	23.6
	AC 90	14	15.8
	AN32	5	5.6
	C 208	24	27.0
	C 212	9	10.1
	King	3	3.4
	Total	87	97.8
Perdidos	sin respuesta	2	2.2
Total		89	100.0

Fuente: elaboración propia a partir del programa SPSS

10.1.3 Pilotos CACSA I

De los 91 pilotos las edades se cuantificaron en 86 de ellos, cinco no indicaron la misma. Los rangos de edades estaban desde los 24 a los 44 años con una media de 32 años. (Ver Tabla 10-23 y figura 10 -12).

Las horas de vuelo se cuantificaron en el total de la población (91), su valor mínimo fue de 100 horas y el máximo de 4310 horas con una media de 1684.44 horas. El último vuelo cuantificado en días se anotó en la totalidad de la población, muestra un valor máximo de 730 días y un mínimo de 1 día. La media fue de 43 días con una desviación estándar de 99.44 días. (Ver tabla 10-23 y figura 10 -13 y 10 -14).

Los espesores corneales para los 91 pilotos presentaron en el ojo derecho una media de 552.2 micras y una desviación estándar de 33.402 con un valor mínimo de 467 micras y un máximo de 638 micras. El ojo izquierdo presentó una media de 553.86 micras y una desviación estándar de 33.141 con un valor mínimo de 468 micras y un valor máximo de 652 micras. (Ver tabla 10-23 y figura 10 -15).

Las 91 flotas de aeronaves piloteadas se distribuyen de la siguiente forma: Los helicópteros de la familia Bell Huey corresponden a un total de 27 aeronaves (29.7%) las cuales se dividen en UH-1N con 9 unidades (9.9%), UH-1H2 (Huey II) con 16 unidades (17.6%) y los UH-1H (Huey) con 2 unidades (2.2%). Los helicópteros MI-17 fueron 25 (27.5%) y la serie de helicópteros Black Hawk dan un total de 39 aeronaves (42.9%) y se distribuyen en UH-58 con 2 unidades (2.2%), UH-60 con 33 unidades (36.3%) y UH-60 ST70 India con 4 unidades (4.4%). (Ver tabla 10-24 y figura 10 -16).

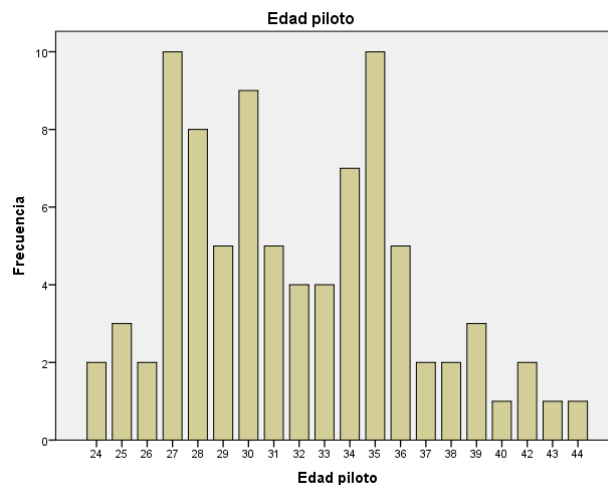
Del total de pilotos 20 tienen corrección. Los estados refractivos encontrados se distribuyen de la siguiente manera: astigmatismo en 15 pacientes (16.5%), miopía en 2 pilotos (2.2 %) y el resto 74 (81.3%) son emetropes. Las enfermedades oculares no refractivas que no fueron causas de exclusión se presentaron en 5 personas y se distribuyen así: pingüecula en 2 personas, pterigion 1, excavaciones aumentadas 1, alteración de la visión de profundidad 1. (Ver tablas 10-25, 10-26 y 10-27).

Tabla 10- 23. Estadísticos para las horas de vuelo, último vuelo (días) y espesor corneal central (ECC) para ambos ojos (OD, OI) en los pilotos del CACSA I.

Tolemaida	Estadísticos	Horas de Vuelo	Último vuelo (días)	ECC OD	ECC OI
CACSA I	Válido	91	91	91	91
Pilotos	Perdidos	0	0	0	0
Media		1684.44	43.15	552.20	553.86
Mediana		1600.00	15.00	552.00	551.00
Moda		500	1	560	572
Desviación estándar		1287.63	99.44	33.402	33.141
Varianza		1658007.87	9889.66	1115.672	1098.324
Asimetría		.475	4.809	.040	.221
Error estándar de asimetría		.253	.253	.253	.253
Curtosis		-1.004	27.358	-.254	.246
Error estándar de curtosis		.500	.500	.500	.500
Mínimo		100	1	467	468
Máximo		4310	730	638	652
Percentiles	25	450.00	6.00	527.00	529.00
	50	1600.00	15.00	552.00	551.00
	75	2601.00	30.00	575.00	575.00

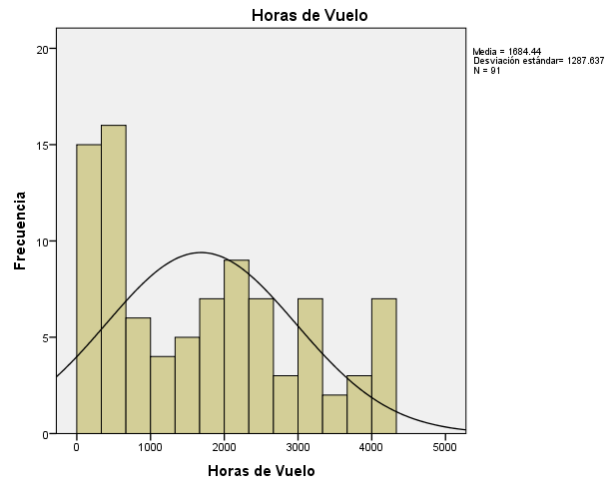
Fuente: elaboración propia a partir del programa SPSS

Figura 10- 12. Distribución de la edad en los pilotos de ala rotatoria de CACSA I.



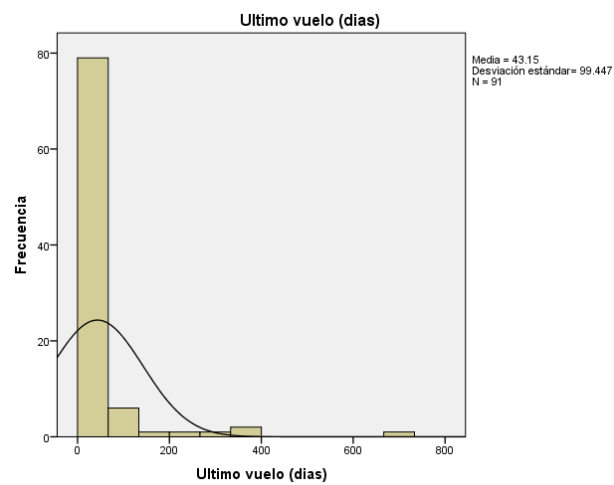
Fuente: elaboración propia a partir del programa SPSS

Figura 10- 13. Distribución por frecuencia de las horas de vuelo en pilotos del CACSA I.



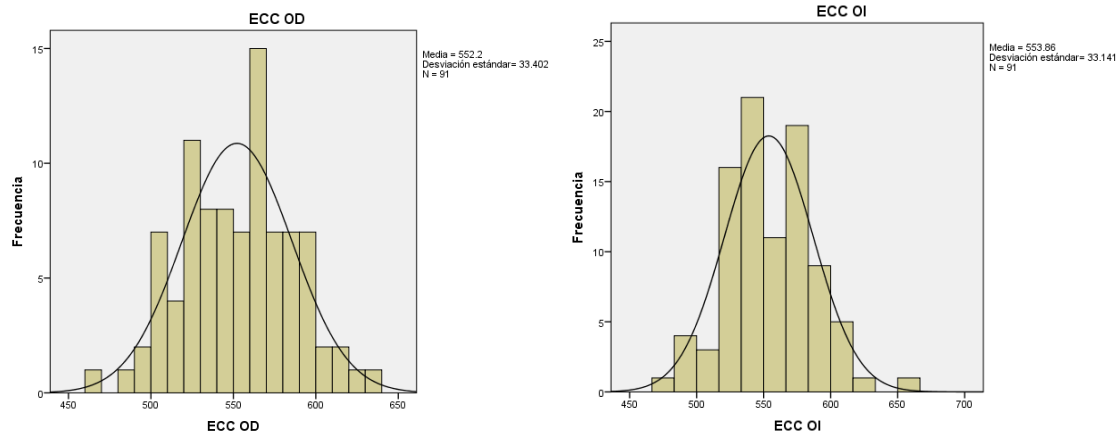
Fuente: elaboración propia a partir del programa SPSS

Figura 10- 14 Distribución por frecuencia del último vuelo en días en pilotos del CACSA I.



Fuente: elaboración propia a partir del programa SPSS

Figura 10- 15. Distribución del espesor corneal central del ojo derecho (ECC OD) y ojo izquierdo (ECC OI) para los pilotos del CACSA I.



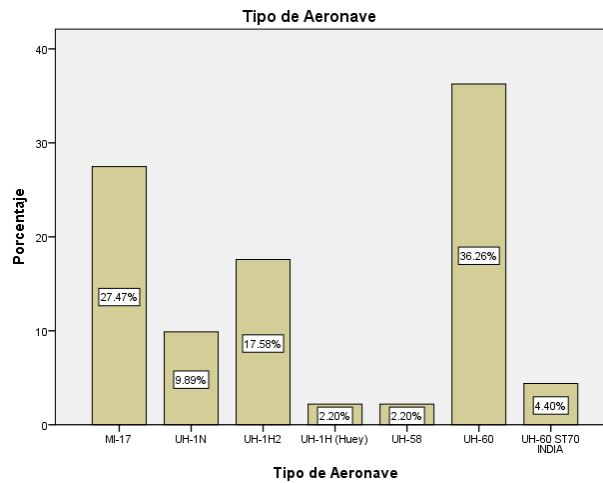
Fuente: elaboración propia a partir del programa SPSS

Tabla 10- 24. Distribución por frecuencia de la flota de aeronaves para los pilotos del CACSA I.

Tolemaida / Pilotos	Tipo de aeronave	Frecuencia	Porcentaje
CACSA I	MI-17	25	27.5
	UH-1N	9	9.9
	UH-1H2 (Huey II)	16	17.6
	UH-1H (Huey)	2	2.2
	UH-58	2	2.2
	UH-60	33	36.3
	UH-60 ST70 India	4	4.4
	Total	91	100.0

Fuente: elaboración propia a partir del programa SPSS

Figura 10- 16. Distribución por frecuencia de los tipos de aeronaves para los pilotos del CACSA I.



Fuente: elaboración propia a partir del programa SPSS

Tabla 10- 25. Distribución por frecuencias del uso de gafas en los pilotos del CACSA I

Tolemaida	Uso de gafas	Frecuencia	Porcentaje
CACSA I	Si	20	22.0
	No	71	78.0
	Total	91	100.0

Fuente: elaboración propia a partir del programa SPSS

Tabla 10- 26. Distribución por frecuencias de los trastornos de refracción en pilotos del CACSA I.

Tolemaida	Estados refractivos	Frecuencia	Porcentaje
CACSA I	Astigmatismo	15	16.5
	Miopía	2	2.2
	N	74	81.3
	Total	91	100.0

Fuente: elaboración propia a partir del programa SPSS

Tabla 10- 27. Distribución por frecuencias de la enfermedad ocular no refractiva en pilotos del CACSA I.

Tolemaida	Enfermedad ocular no refractiva	Frecuencia	Porcentaje
CACSA I	Pingüecula	2	2.2
Pilotos	Pterigion	1	1.1
	Excavación aumentada	1	1.1
	Visión en profundidad	1	1.1
	N	86	94.5
	Total	91	100.0

Fuente: elaboración propia a partir del programa SPSS

10.1.4 Personal de tierra CACSA I

El personal de tierra de Tolemaida fueron 134, las edades se distribuyeron en un rango de 18 a 48 años con una media de 31 años. Ver Tabla 10-28, figura 10-17.

Los espesores corneales centrales para ambos ojos se midieron en la totalidad de los sujetos (134). El espesor del ojo derecho (ECC OD) obtuvo una media de 545.95 micras con una desviación estándar de 34.97 y para el ojo izquierdo la media fue de 545.89 con una desviación estándar de 33.03. Ver tabla10-28, figura 10-18.

El uso de gafas se cuantificó en 25 personas (18.7%). La emetropía se presentó en 108 personas (80.6%), el astigmatismo en 13 (9.7%) La hipermetropía se presentó en una persona. Una persona presentó enfermedad del humor vítreo y tres presentaron pingüeculas. Ver tabla 10-29, 10-30 y 10-31

Tabla 10- 28. Estadísticos para la edad y ECC del OD y OI para el personal de tierra de Tolemaida.

Tolemaida	Estadísticos Personal tierra	ECC OD	ECC OI	Edad
CACSA I	Válido	134	134	134
	Perdidos	0	0	0
	Media	545.95	545.89	31.68
	Mediana	543.00	543.00	32.50
	Moda	548	552	33
	Desviación estándar	34.97	33.03	5.82
	Varianza	1223.02	1090.72	33.92
	Mínimo	473	451	18
	Máximo	651	633	48

Fuente: elaboración propia a partir del programa SPSS

Tabla 10- 29. Uso de corrección ocular en personal de tierra de Tolemaida

Tolemaida	Uso de gafas	Frecuencia	Porcentaje
CACSA I	No	109	81.3
	Si	25	18.7
	Total	134	100.0

Fuente: elaboración propia a partir del programa SPSS

Tabla 10- 30. Distribución de los estados refractivos del personal de tierra de Tolemaida

Tolemaida	Estados refractivos Personal tierra	Frecuencia	Porcentaje
CACSA I	Astigmatismo	13	9.7
	Hipermetropía	1	.7
	Miopía	10	7.5
	Emetropes	108	80.6
	No se realiza	2	1.5
	Total	134	100.0

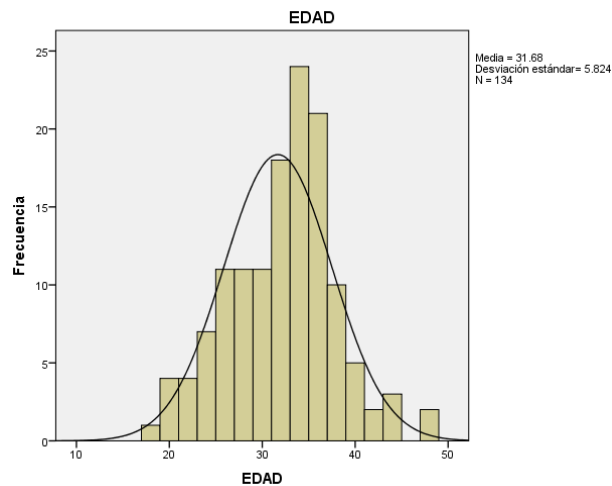
Fuente: elaboración propia a partir del programa SPSS

Tabla 10- 31. Distribución de las enfermedades oculares no refractivas del personal de tierra de Tolemida.

Tolemida	Enfermedades oculares no refractivas	Frecuencia	Porcentaje
CACSA I	Humor vítreo	1	.7
Personal tierra	No presentaron	130	97.0
	Pingüecula	3	2.2
Total		134	100.0

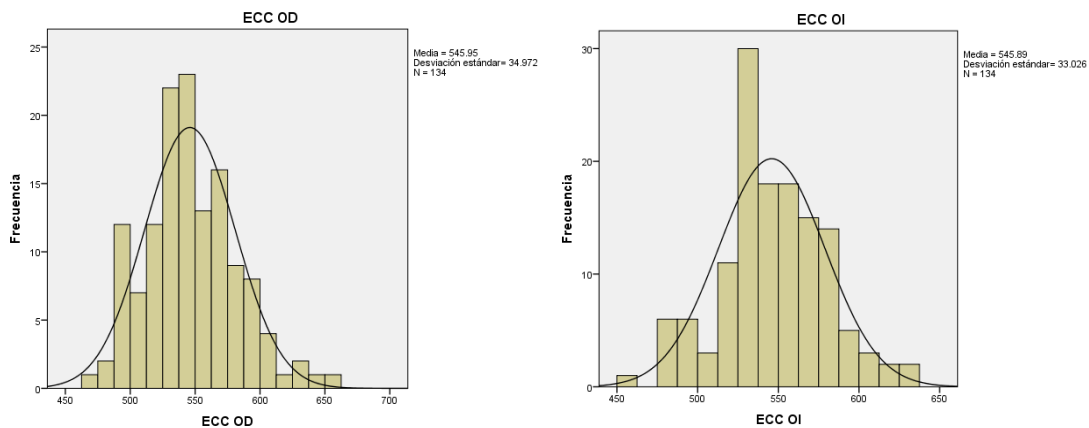
Fuente: elaboración propia a partir del programa SPSS

Figura 10- 17. Histograma de la edad del personal de tierra para Tolemida.



Fuente: elaboración propia a partir del programa SPSS

Figura 10- 18. Histograma de los espesores corneales centrales (ECC) del ojo derecho (OD) y ojo izquierdo (OI) para el personal de tierra de Tolemida.



Fuente: elaboración propia a partir del programa SPSS

10.2 Análisis de la información de los CCT AO

Se realiza una correlación múltiple para los datos cuantitativos de la población total la cual muestra que hay correlación positiva de la edad con las horas de vuelo y edad vs el último vuelo (días) ($r= 0.6$, $p= 0.0$; $r=0.212$, $p= 0.01$). El espesor corneal del ojo derecho (ECC OD) tiene una correlación inversa con las horas de vuelo ($r=-0.135$, $p=0.03$). Ver tabla 10-32.

Tabla 10- 32. Correlaciones de las variables cuantitativas del personal de aviación del EJC

		Edad	Horas de vuelo	Último vuelo (días)	ECC OD	ECC OI	
Rho de Spearman	Edad	Coeficiente de correlación	1.000	.666**	.212**	.010	.026
		Sig. (bilateral)	.	.000	.001	.816	.555
		N	504	256	225	504	504
	Horas de vuelo	Coeficiente de correlación	.666**	1.000	-.062	-.135*	-.098
		Sig. (bilateral)	.000	.	.346	.030	.116
		N	256	261	230	261	261
	Último vuelo (días)	Coeficiente de correlación	.212**	-.062	1.000	.010	.014
		Sig. (bilateral)	.001	.346	.	.881	.828
		N	225	230	230	230	230

** . La correlación es significativa en el nivel 0,01 (bilateral).

* . La correlación es significativa en el nivel 0,05 (bilateral).

Fuente: elaboración propia a partir del programa SPSS

La correlación para edad vs horas de vuelo se mantiene para CACSA I y CACSA II ($r=0.6$ y $p=0.00$; $r=0.6$ y $p=0.01$) y edad vs último vuelo ($r=0.2$ y $p=0.01$), sin embargo, el espesor corneal del ojo derecho no es significativo.

Cuando se realizan las comparaciones en cuanto a las funciones de la muestra del EJC con respecto a los espesores corneales se encuentra significancia estadística para el ojo izquierdo ($F=4.662$, $p=0.001$). Ver tabla 10-33.

Tabla 10- 33 Prueba de ANOVA de las funciones de aviación con respecto al ECC para ambos ojos del personal de aviación del EJC

Origen	Variable	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig
Modelo	ECC OD	10676.27 ^a	4	2669.07	2.24	.063
	corregido	ECC OI	21968.47 ^b	4	5492.12	4.66
Intersección	ECC OD	137628061.30	1	137628061.30	115738.58	.000
	ECC OI	138488286.30	1	138488286.30	117551.88	.000
Función	ECC OD	10676.28	4	2669.07	2.24	.063
	ECC OI	21968.47	4	5492.12	4.66	.001
Error	ECC OD	599320.83	504	1189.13		
	ECC OI	593764.18	504	1178.10		
Total	ECC OD	154312016.00	509			
	ECC OI	155409926.00	509			
Total	ECC OD	609997.11	508			
	corregido	ECC OI	615732.65	508		

a. R al cuadrado = .018 (R al cuadrado ajustada = .010)

b. R al cuadrado = .036 (R al cuadrado ajustada = .028)

Fuente: elaboración propia a partir del programa SPSS

La prueba de diferencias significativas entre pares individuales de medias (Tukey HSD) indica que para el espesor corneal del ojo izquierdo hay diferencias significativas entre los tripulantes de vuelo y el personal de tierra de Tolemaida (CACSA I) ($p= 0.003$) y tripulante de vuelo y piloto de Bogotá ($p= 0.005$). No hay diferencias entre los funcionarios de Bogotá. Ver tabla 10-34.

Las medias son mayores para los espesores corneales centrales del ojo izquierdo en los tripulantes de vuelo en comparación con los pilotos de Bogotá y el personal de tierra de Tolemaida. Ver tabla 10-35.

Tabla 10- 34. Prueba de HSD Tukey de comparaciones múltiples para el ECC OI según la función del personal de aviación del EJC

Variable	Prueba	(I) Función	(J) Función	Diferencia de medias (I-J)	Error estándar	Sig.	IC (95%)	
							LI	LS
ECC OI	HSD Tukey	Tierra Tolemaida	Piloto Tolemaida	-7.97	4.66	.429	-20.73	4.79
			Tripulante de vuelo	-15.12*	4.15	.003	-26.49	-3.74
			Tierra Bogotá	-1.74	5.46	.998	-16.69	13.21
			Piloto Bogotá	.95	4.69	1.000	-11.89	13.80
		Tripulante de vuelo	TierraTolemaida	15.12*	4.15	.003	3.74	26.49
			Piloto Tolemaida	7.15	4.63	.534	-5.52	19.82
			Tierra Bogotá	13.38	5.43	.101	-1.49	28.25
			Piloto Bogotá	16.07*	4.66	.005	3.32	28.83

*. La diferencia de medias es significativa en el nivel .05.

Fuente: elaboración propia a partir del programa SPSS

Tabla 10- 35. Distribución de las medias del ECC OI en el personal de aviación del EJC

Función		N	1	2
HSD Tukey*	Piloto Bogotá	89	544.93	
	TierraTolemaida	134	545.89	
	Tierra Bogotá	56	547.62	547.62
	Piloto Tolemaida	91	553.86	553.86
	Tripulante de vuelo	139		561.00
	Sig.			.400

*. Alfa = .05.

Fuente: elaboración propia a partir del programa SPSS

Se realiza un análisis de varianza de acuerdo a la flota de aeronaves que intervinieron en el estudio. Ver tabla 10-36.

Tabla 10- 36. Distribución por frecuencia de las flotas de aeronaves del personal de aviación del EJC

		N
Flota	No hay datos	26
	AN32	5
	Black Hawk	88
	Caravan	11
	Casa	33
	Huey	71
	King	24
	MI	47
	TCM	14
	Tierra	190

Fuente: elaboración propia a partir del programa SPSS

Según el análisis de varianza (ANOVA) se encuentra una diferencia significativa para todos los grupos para ambos ojos ($F= 1.93$, $p= 0.046$ ECC OD) y ($F= 2.79$, $p=0.003$ ECC OI). Ver tabla 10-37.

Tabla 10- 37. ANOVA según la flota de aeronaves para los espesores corneales centrales de ambos ojos de la muestra de aviación del EJC

Origen	Variable dependiente	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Modelo corregido	ECC OD	20487.61 ^a	9	2276.40	1.93	.046
	ECC OI	29494.24 ^b	9	3277.14	2.79	.003
Intersección	ECC OD	57275448.57	1	57275448.57	48481.74	.000
	ECC OI	57657270.66	1	57657270.66	49077.27	.000
Flota	ECC OD	20487.61	9	2276.40	1.93	.046
	ECC OI	29494.24	9	3277.14	2.79	.003
Error	ECC OD	589509.50	499	1181.38		
	ECC OI	586238.41	499	1174.83		
Total	ECC OD	154312016.00	509			
	ECC OI	155409926.00	509			
Total corregido	ECC OD	609997.11	508			
	ECC OI	615732.65	508			

Continuación Tabla 10-37.

a. R al cuadrado = .034 (R al cuadrado ajustada = .016)

b. R al cuadrado = .048 (R al cuadrado ajustada = .031)

Fuente: elaboración propia a partir del programa SPSS

La prueba de HSD Tukey no muestra significancia para el espesor corneal del ojo derecho con respecto a las aeronaves, sin embargo, para el espesor corneal del ojo izquierdo hay diferencia para la aeronave de Ala fija King con respecto a Black Hawk y Huey (significancia de 0.023 y 0.048). La aeronave de ala fija King mantiene una media menor en comparación con las aeronaves de ala rotatoria, Huey y Black Hawk. Ver tabla 10-38.

Tabla 10- 38. Distribución por frecuencias y medias muestrales del ECC OI según la flota de aeronaves en aviación del EJC

HSD Tukey ^{a*}		
Flota de Aeronaves	N	ECC OI
AN32	5	532.00
King	24	532.29
Tierra	190	546.40
Casa	33	547.24
Caravan	11	548.63
MI	47	553.87
Huey	71	558.11
Black Hawk	88	559.31
TCM	14	559.71
No se realiza	26	562.96
Sig.		.143

*. Alfa = .05.

Fuente: elaboración propia a partir del programa SPSS

AMBIENTE DE CABINA

El análisis de varianza según el ambiente de cabina se detalla a continuación.

Los grupos que se estudian dentro del ambiente de cabina son: Presurizados, no presurizados ala fija y no presurizados ala rotatoria o helicópteros y el ambiente externo normal que es el de tierra. Ver tabla 10-39.

Tabla 10- 39. Distribución por frecuencia del ambiente de cabina.

	Etiqueta de valor	N
Ambiente de cabina	No Pres Hel	230
	Presurizado	43
	No presurizado	44
	Tierra	192

Fuente: elaboración propia a partir del programa SPSS

El análisis de varianza para este grupo presenta diferencias significativas para el espesor corneal central en ambos ojos ($F=3.030$, $p= 0.029$ ECC OD y $F=5.68$, $p= 0.001$ ECC OI). Ver tabla 10-40.

Tabla 10- 40. ANOVA según ambiente de cabina del espesor central de la córnea para personal de aviación del EJC

Origen	Variable dependiente	Suma de cuadrados	Gl	Media cuadrática	F	Sig.
Modelo corregido	ECC OD	10785.30 ^a	3	3595.10	3.03	.029
	ECC OI	20086.33 ^b	3	6695.44	5.68	.001
Intersección	ECC OD	86207438.56	1	86207438.56	72653.37	.000
	ECC OI	86636906.41	1	86636906.41	73452.38	.000
Ambiente cabina	ECC OD	10785.30	3	3595.10	3.03	.029
	ECC OI	20086.33	3	6695.44	5.68	.001
Error	ECC OD	599211.80	505	1186.55		
	ECC OI	595646.31	505	1179.49		
Total	ECC OD	154312016.00	509			
	ECC OI	155409926.00	509			
Total corregido	ECC OD	609997.10	508			
	ECC OI	615732.64	508			

a. R al cuadrado = .018 (R al cuadrado ajustada = .012)

b. R al cuadrado = .033 (R al cuadrado ajustada = .027)

Fuente: elaboración propia a partir del programa SPSS

La prueba de HSD Tukey muestra que para el ojo derecho no hay diferencias significativas entre los grupos, y para el ojo izquierdo se presentan con los helicópteros vs ala fija

presurizado ($p= 0.016$), helicópteros vs ambiente externo ($p=0.03$). Estas significancias están asociadas a medias de los helicópteros más elevadas. Ver tabla 10-41.

Tabla 10- 41. Distribución por frecuencias y medias del ECC OI según ambiente de cabina del personal de aviación del EJC

HSD Tukey^{a*}

Ambiente de cabina	1	2
Presurizado	541.18	
Ambiente tierra	546.61	546.61
No presurizado	547.59	547.59
No Pres Helicóptero		558.17
Sig.	.67	.18

*. Alfa = .05.

Fuente: elaboración propia a partir del programa SPSS

Los estados refractivos fueron divididos en astigmatismo, miopía, hipermetropía, presbicia y emetropías. Ver tabla 10-42.

Tabla 10- 42. Distribución por frecuencia los estados refractivos en el personal de aviación del EJC.

	Etiqueta de valor	N
Estados refractivos	No se realiza	12
	Emetropes	343
	Astigmatismo	97
	Miopía	30
	Hipermetropía	22
	Presbicia	5

Fuente: elaboración propia a partir del programa SPSS

Los análisis de varianza para los estados refractivos se presentaron significativos para el espesor corneal de ambos ojos para el total de la población del EJC ($F=3.03$, $p=0.024$ ECC OD; $F=3.47$, $p=0.008$ ECC OI). Ver tabla 10-43.

Tabla 10- 43. ANOVA del espesor corneal central de ambos ojos según el estado refractivo en el personal de aviación del EJC^a

Origen	Variable dependiente	Suma de cuadrados	Gl	Media cuadrática	F	Sig.	Potencia observada ^c
Modelo corregido	ECC OD	14195.82 ^a	4	3548.96	3.030	.017	.80
	ECC OI	16187.02 ^b	4	4046.76	3.470	.008	.86
Intersección	ECC OD	25855761.54	1	25855761.54	22076.577	.000	1.00
	ECC OI	26061408.06	1	26061408.06	22347.323	.000	1.00
Estados_refractivos	ECC OD	14195.82	4	3548.95	3.03	.02	.80
	ECC OI	16187.02	4	4046.75	3.47	.008	.86
Error	ECC OD	576223.14	492	1171.18			
	ECC OI	573769.52	492	1166.19			
Total	ECC OD	150831736.00	497				
	ECC OI	151887669.00	497				
Total corregido	ECC OD	590418.97	496				
	ECC OI	589956.54	496				

Fuente: elaboración propia a partir del programa SPSS

Tabla 10- 44. Prueba de HSD Tukey de comparaciones múltiples para el espesor corneal de ambos ojos según el estado refractivo de la personal de aviación del EJC

Variable	Prueba	(I) Estados refractivos	(J) Estados refractivos	Diferencia de medias (I-J)	Error estándar	Sig.	IC 95%	
							LI	LS
ECC OD	HSD Tukey	Emetropes	Astigmatismo	12.35*	3.93	.015	1.57	23.12
			Miopía	7.41	6.51	.78	-10.42	25.25
			Hipermetropía	-6.79	7.52	.89	-27.40	13.81
			Presbicia	1.18	15.41	1.00	-41.02	43.39
ECC OI	HSD Tukey	Emetropes	Astigmatismo	13.71*	3.92	.005	2.96	24.46
			Miopía	5.56	6.50	.91	-12.23	23.36
			Hipermetropía	-5.95	7.51	.93	-26.51	14.60
			Presbicia	.49	15.38	1.00	-41.61	42.61

* La diferencia de medias es significativa en el nivel .05.

Fuente: elaboración propia a partir del programa SPSS

La prueba post hoc (HSD Tukey) mostró para el espesor corneal central del ojo derecho y el izquierdo diferencias significativas de emetropes vs astigmatismo (significancia 0.015 y 0.005). La media muestral es mayor para la emetropía en ambos ojos cuando se compara con el astigmatismo. Ver tabla 10-44 y 10-45.

Tabla 10- 45. Distribución por frecuencias y medias del ECC OD y ECC OI según estados refractivos en personal de aviación del EJC

Estados refractivos OD	n	media	Estados refractivos OI	n	media
Astigmatismo	97	540.03	Astigmatismo	97	540.78
Miopía	30	544.96	Miopía	30	548.93
Presbicia	5	551.20	Presbicia	5	554.00
Emetropes	343	552.38	Emetropes	34	554.49
Hipermetropía	22	559.18	Hipermetropía	22	560.45
Sig.		.47	Sig.		.44

Fuente: elaboración propia a partir del programa SPSS

Se realiza el análisis de varianza para los estados refractivos por área geográfica y se presentaron significativos para el espesor corneal de ambos ojos para el sector de CACSA II (F=3.30, p=0.013 ECC OD; F=4.08, p=0.004 ECC OI). Ver tabla 10-46

Tabla 10- 46. ANOVA del espesor corneal central de ambos ojos según el estado refractivo en el personal de aviación del EJC del CACSA II

Origen CACSA II	Variable dependiente	Suma de cuadrados	Gl	Media cuadrática	F	Sig.	Potencia observada ^d
Modelo corregido	ECC OD	13793.12 ^b	4	3448.28	3.29	.013	.83
	ECC OI	17088.68 ^c	4	4272.17	4.08	.004	.91
Intersección	ECC OD	9933260.55	1	9933260.55	9495.94	.000	1.00
	ECC OI	9923512.31	1	9923512.31	9475.22	.000	1.00
Estados_refractivos	ECC OD	13793.12	4	3448.28	3.30	.013	.83
	ECC OI	17088.68	4	4272.17	4.08	.004	.91
Error	ECC OD	140171.17	134	1046.05			
	ECC OI	140339.81	134	1047.31			
Total	ECC OD	41496048.00	139				
	ECC OI	41639244.00	139				
Total corregido	ECC OD	153964.29	138				
	ECC OI	157428.49	138				

a. Se ha calculado utilizando alpha = .05

Fuente: elaboración propia a partir del programa SPSS

La prueba post hoc (HSD Tukey) mostró para el espesor corneal central del ojo derecho y el izquierdo diferencias significativas con emetropía vs astigmatismo (significancia 0.037 y 0.010) y astigmatismo vs hipermetropía (p=0.023 y 0.014). La media muestral fue mayor

para la emetropía e hipermetropía en ambos ojos cuando se compara con el astigmatismo. Ver tabla 10-47 y 10-48.

Tabla 10- 47. Prueba de HSD Tukey de comparaciones múltiples para el espesor corneal de ambos ojos según el estado refractivo de la población muestral de aviación del EJC de CACSA II

Variable dependiente	(I) Estados refractivos	(J) Estados refractivos	Diferencia de medias (I-J)	Error estándar	Sig.	IC 95%	
						LI	LS
ECC OD HSD Tukey	Emetropes	Astigmatismo	17.61*	6.12	.037	.6846	34.5370
		Miopía	17.60	19.14	.889	-35.3282	70.5373
		Hipermetropía	-7.78	8.22	.878	-30.5025	14.9496
		Presbicia	-.7288	19.14	1.000	-53.6616	52.2039
	Astigmatismo	Emetropes	-17.61*	6.12	.037	-34.5370	-.6846
		Miopía	-.006	19.19	1.000	-53.0838	53.0712
		Hipermetropía	-25.38*	8.34	.023	-48.4485	-2.3260
ECC OI HSD Tukey	Emetropes	Astigmatismo	20.39*	6.12	.010	3.4605	37.3333
		Miopía	23.99	19.15	.720	-28.9702	76.9589
		Hipermetropía	-6.38	8.22	.937	-29.1263	16.3531
		Presbicia	1.99	19.15	1.000	-50.9702	54.9589
	Astigmatismo	Emetropes	-20.39*	6.12	.010	-37.3333	-3.4605
		Miopía	3.59	19.20	1.000	-49.5120	56.7069
		Hipermetropía	-26.78*	8.34	.014	-49.8586	-3.7083
		Presbicia	-18.40	19.20	.873	-71.5120	34.7069

*. La diferencia de medias es significativa en el nivel .05.

Fuente: elaboración propia a partir del programa SPSS

Tabla 10- 48. Distribución por frecuencias y medias del ECC OD y ECC OI según estado refractivo en personal de aviación del EJC de CACSA II

ECC OD	Estados refractivos	N	1
HSD Tukey	Astigmatismo	53	533.66
	Miopía	3	533.67
	Emetropes	59	551.27
	Presbicia	3	552.00
	Hipermetropía	21	559.05
	Sig.		

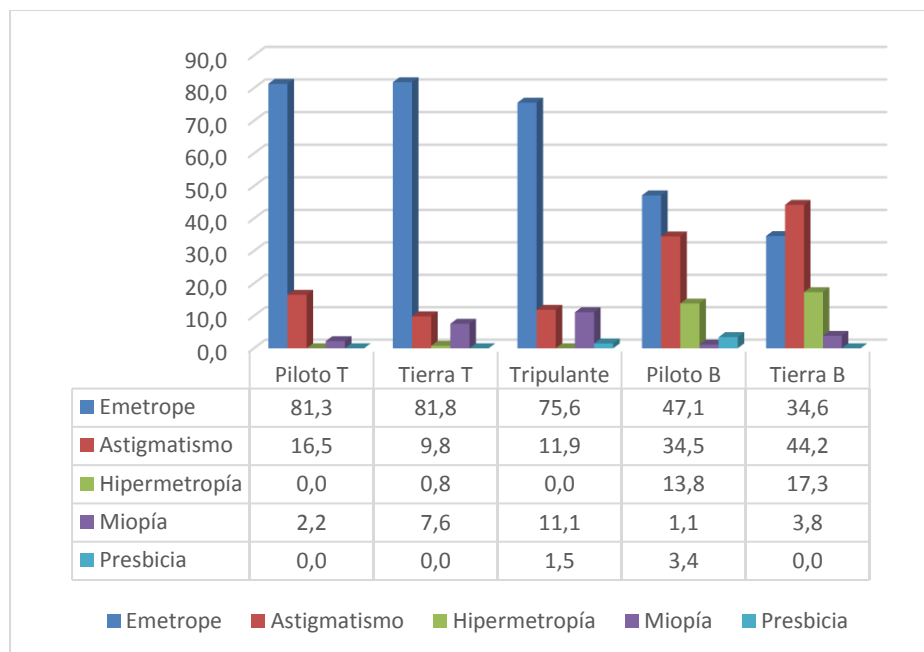
Continuación de Tabla 10- 48.

ECC OI	Estados refractivos	N	1
HSD Tukey	Miopía	3	529.67
	Astigmatismo	53	533.26
	Presbicia	3	551.67
	Emetropes	59	553.66
	Hipermetropía	21	560.05
	Sig.		

Fuente: elaboración propia a partir del programa SPSS

Los pilotos de Tolemaida presentaron en mayor cantidad emetropía (81.3%), seguido de astigmatismo (16.5%) y por último de miopía (2.2%) y el personal de tierra presenta los mismos estados refractivos en el mismo orden descendente (81.8%, 9.8%, 7.6%). Los pilotos de Bogotá presentaron en mayor porcentaje eran emétopes (47.1%), seguido de astigmatismo (34.5%), hipermetropía (13.8%), presbicia (3.4%) y por último miopía (1.1%). A su vez el grupo de tierra de Bogotá presenta astigmatismo (44.2%), emétopes (34.6%), hipermetropía (17.3%) y miopía (3.8%). Ver figura 10- 19.

Figura 10- 19. Distribución porcentual en barras de los estados refractivos por función del personal de aviación del EJC.



Fuente: elaboración propia a partir del programa SPSS. Piloto T: piloto Tolemaida, Tierra T: tierra Tolemaida, Tripulante: Tripulante cabina Tolemaida, Piloto B: Piloto Bogotá, Tierra B: tierra Bogotá.

El uso de gafas presenta diferencias significativas de sus medias para ambos ojos en el conjunto de la población (OD: $F=11.25$, $p=0.001$; OI: $F=10.80$, $p=0.001$) y su intersección con la función del personal de aviación es no significativa (OD: $F=0.97$, $p=0.418$; OI: $F=1.17$, $p=0.322$). Al realizar el análisis por áreas geográficas también presentó diferencias significativas de las medias (OD: $F=5.50$, $p=0.001$; OI: $F=5.81$, $p=0.001$). Para ambos ojos se presentó diferencias significativas al comparar CACSA II con gafas y sin gafas (OD: $p < 0.025$; OI: $p < 0.011$), CACSA I con CACSA II (OD $p < 0.01$; OI: $p < 0.01$), no así entre los datos de CACSA I. ($p > 0.05$) Ver tablas 10-49, 10-50, 10-51; 10-52.

Tabla 10- 49. ANOVA de dos vías para el ECC OD según el uso de lentes correctores y función del personal del EJC

Origen / OD	suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Modelo corregido	30761.763 ^a	9	3417.97	2.94	.002
Intersección	104172571.50	1	104172571.50	89742.64	.000
Uso_gafas	13068.67	1	13068.67	11.25	.001
Funcion2	9213.32	4	2303.33	1.98	.096
Uso_gafas * Funcion2	4547.23	4	1136.81	.97	.418
Error	579235.34	499	1160.79		
Total	154312016.00	509			
Total corregido	609997.10	508			

a. R al cuadrado = .050 (R al cuadrado ajustada = .033)

Fuente: elaboración propia a partir del programa SPSS

Tabla 10- 50. ANOVA de dos vías para el ECC OI según el uso de lentes correctores y función del personal del EJC

Origen / OI	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Modelo corregido	40692.12	9	4521.34	3.92	.000
Intersección	104915227.20	1	104915227.20	91041.75	.000
Uso_gafas	12454.85	1	12454.85	10.80	.001
Funcion2	15917.84	4	3979.46	3.45	.008
Uso_gafas * Funcion2	5406.73	4	1351.68	1.17	.322

Continuación de Tabla 10-50

Origen / OI	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Error	575040.52	499	1152.38		
Total	155409926.00	509			
Total corregido	615732.648	508			

a. R al cuadrado = .066 (R al cuadrado ajustada = .049)

Fuente: elaboración propia a partir del programa SPSS

Tabla 10- 51. ANOVA de los ECC AO del uso de corrección ocular según área geográfica en el personal de aviación del EJC

Área geográfica		Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
ECC OD	Entre grupos	19314.14	3	6438.04	5.504	.001
	Dentro de grupos	590682.96	505	1169.66		
	Total	609997.10	508			
ECC OI	Entre grupos	20551.88	3	6850.62	5.813	.001
	Dentro de grupos	595180.76	505	1178.57		
	Total	615732.64	508			

Fuente: elaboración propia a partir del programa SPSS

Tabla 10- 52. Estadísticos de los ECC AO distribuidos por área geográfica y uso de corrección óptica en el personal de aviación del EJC

		N	Media	DS	Mínimo	Máximo
ECC OD	Cacsa1 - Sin Gafas ¹	282	553.40	35.07257	467.00	655.00
	Cacsa1 - Con Gafas	82	543.84	33.82835	463.00	656.00
	Cacsa2 - Sin Gafas ²	101	550.55	32.04824	474.00	643.00
	Cacsa2 - Con Gafas ^{1,2}	44	532.79	33.97234	471.00	600.00
	Total	509	549.51	34.65230	463.00	656.00
ECC OI	Cacsa1 - Sin Gafas ¹	282	555.22	34.70142	451.00	652.00
	Cacsa1 - Con Gafas	82	548.25	35.77909	475.00	648.00
	Cacsa2 - Sin Gafas ³	101	551.81	33.28775	474.00	636.00
	Cacsa2 - Con Gafas ^{1,3}	44	532.56	31.36610	455.00	592.00
	Total	509	551.46	34.81483	451.00	652.00

¹p < 0.01; ²p < 0.025; ³p < 0.011. Fuente: elaboración propia a partir del programa SPSS

11. Discusión

Este trabajo constituye el primero realizado en el área de aviación militar conocido en el mundo. Los únicos estudios que existen son los realizados en cámaras hipobáricas y en montañismo en los cuales se constata que hay variación de la fisiología corneal con disposición hacia el edema corneal por hipoxia de forma reversible. A pesar que Bosch y colaboradores reportaron en un estudio que el edema corneal no tiene ningún efecto sobre la agudeza visual en individuos normales o aquellos que presentan miopía (Bosh et al), la fisiología ocular refiere que con un cambio en la hidratación del estroma corneal de un 5% con respecto a su nivel normal de 78% inician cambios de refracción de la luz de forma significativa y pérdida de su transparencia (Levin, fisiología ocular). En un estudio realizado por Yasir y colaboradores en el Hospital de la enseñanza de los ojos en Ibn AlHaitham, Irak en un total de 209 individuos sanos en los rangos de edades de 20 a 75 años encontraron que las mediciones del espesor corneal central medidas con un paquímetro ultrasónico y el promedio de la curvatura corneal con un auto querato-refractómetro presentaron correlación negativa débil (10). Pescosolido encontró disminución significativa de la sensibilidad visual al contraste en 12 tripulantes de ala fija en Roma, Italia cuando el espesor corneal central variaba de 550 μm a 600 μm (11).

La población escogida para este estudio fue masculina debido a la poca presencia del género femenino en aviación del EJC. Se involucró al 90% de la población de pilotos de dos divisiones del área de Tolemaida y Bogotá, sin embargo, por criterios de exclusión e inclusión, y de consentimiento informado quedaron un 85% (91) pilotos en Tolemaida y 74% (89) de los pilotos de Bogotá. El personal de tierra fue escogido por edad en una proporción 3:1 para Bogotá y 7:1 para Tolemaida para realizar algunas comparaciones dado que no existe un valor de referencia determinado de los espesores corneales centrales para Colombia. También se logró incluir a los tripulantes de vuelo de Tolemaida, en los cuales se cubrió un 60% de a la población correspondientes a dos de sus divisiones de aviación del EJC.

Por área geográfica las mediciones del espesor corneal para el grupo de estudio de Tolemaida presentaron una media de 551.25 micras \pm 34.98 DS para el OD y 553.65 micras \pm 35.02 DS para el OI y para el grupo de Bogotá fueron 545.16 micras \pm 33.54 DS para el OD y 545.97 micras \pm 33.79 DS para el OI (Ver tabla 10- 8). Estas diferencias en las medidas fueron significativas para el OI, lo cual podría estar relacionado con las diferentes alturas entre los dos sectores (Tolemaida 484 m.s.n.m y Bogotá 2625 m.s.n.m) (Ver tabla 10- 33). En el estudio de Karakucuk y colaboradores del año 2010 encontraron diferencias significativas en montañistas al subir de 1080 m.s.n.m. (OD: 549 \pm 31.9 μ m; OI: 550 \pm 32.4 μ m) a 2800 m.s.n.m. (OD: 555 \pm 31 μ m; OI: 554 \pm 30 μ m) para el espesor corneal central para ambos ojos (ver tabla 3-3) (12) . Este contraste es totalmente diferente al encontrado en nuestro trabajo en donde los cambios mayores son hacia Tolemaida que tiene menor altura en comparación con Bogotá, lo que podría estar relacionado con los diferentes métodos de medición utilizados (paquimetría ultrasónica en Tolemaida y neumotonopaquimetría en Tolemaida), en donde se reportan en la literatura medidas más delgadas con el neumotonopaquímetro de hasta 28 micras (59).

Los espesores corneales centrales distribuidos por funciones y área geográfica fueron de la siguiente manera: Pilotos (Tolemaida) 552.0 micras \pm 33.40 DS para OD y 553.86 micras \pm 33.14 DS para OI; Personal tierra (Tolemaida) 545.95 micras \pm 34.97 DS para OD y 545.89 micras \pm 33.026 DS para OI. En Bogotá (personal de tierra) tiene una media de 545.35 micras \pm 29.11 DS para OD y 546.91 micras \pm 30.03 DS para OI, y para pilotos una de 544.27 micras \pm 35.24 DS para OD y 544.93 micras \pm 35.67 DS para OI (Ver tabla 10- 13). Al realizar sus comparaciones se encontró para este estudio diferencias significativas para los tripulantes de vuelo con respecto al personal de tierra de Tolemaida y los tripulantes de vuelos vs pilotos de Bogotá para el ojo izquierdo, con un predominio del aumento del espesor corneal central para los tripulantes de vuelo Ver tablas 10-33, 10-34 y 10-35. Hay que mencionar nuevamente el sesgo de medición, por lo tanto, para analizar estos resultados que hay entre las dos áreas geográficas es de cuidado y no concluyente, siendo la más fidedigna la encontrada entre los tripulantes de vuelo y el personal de tierra de Tolemaida. No se encontraron estudios en tripulantes de vuelo en aviación militar con los que podamos relacionar la información registrada, por lo que estos datos se considerarán como un hallazgo del estudio, razón por la cual podríamos hacer mención de algunos factores involucrados que habría que tomar en cuenta como lo son: constituye una población mixta, formada por fuerzas militares y civiles, no hay datos de seguimiento de

las medidas de higiene ocular, utilizan diferentes aeronaves dependiendo de la misión a realizar, por las características de su labor su actividad física es más alta en comparación con los pilotos de helicópteros, exposición al viento, radiación electromagnética (infrarroja, ultravioleta), vibración, hipoxia hipóxica de acuerdo a los planes de vuelo que dependen mucho de la misión involucrada.

El análisis de acuerdo al ambiente de cabina sugiere para este estudio que hay diferencias significativas para el ojo izquierdo con respecto a las aeronaves de ala rotatoria de Tolemaida (no presurizados) con respecto a los ala fija presurizados de Bogotá y al ambiente externo de ambos sitios con cifras de espesor corneal central mayor para los helicópteros (helicópteros 558.61 micras; Ala fija presurizados 541.19 micras y ambiente externo 546.61 micras) (Ver tabla 10-39 a 10-41), lo que va a favor con la flota (tipo de aeronave) dado que los helicópteros Black Hawk y Huey con 559.32 micras y 558.11 micras en promedio salieron significativas sus diferencias con respecto a las aeronaves King de Bogotá con 532.0 micras (Ver tabla 10-36 a 10-38), lo que muestra que el tipo de aeronave y su función están involucrados. Sin embargo, hacemos resaltar el sesgo de diferentes aparatos de medición entre Bogotá y Tolemaida.

La correlación de las variables independientes cuantitativas (edad, horas de vuelo y último vuelo) con respecto a los espesores corneales centrales para este estudio tuvieron significancia con un coeficiente de correlación bajo negativo para el ojo derecho con respecto a las horas de vuelo ($r = -0.135$, $p = 0.03$) en la población total, lo cual no es significativo cuando se realiza de forma independiente por sectores (CACSA I y CACSA II) Ver tabla 10-32. Esto sugiere que para el presente estudio no hay asociación entre estas variables cuantitativas. La edad vs horas de vuelo y la edad vs último vuelo presentaron una correlación positiva moderada y baja en nuestra investigación ($r = 0.6$, $p = 0.0$; $r = 0.212$, $p = 0.01$). De esta forma concuerda con los estudios realizados por Karadag, en los que se indica que el edema corneal es más susceptible de presentarse en el grupo de mayor edad (53). Contrariamente a esto, la población Iraki en el estudio de Yasir indica que la relación edad vs espesor corneal central es inversa (10). Debido a esta asociación se decidió agrupar el personal de tierra con respecto a la edad para que no se convirtiera en una variable de confusión a la hora de realizar las comparaciones.

Modelo de regresión

Se procede a construir el mejor modelo de regresión para el espesor corneal del ojo derecho y del ojo izquierdo como variable dependiente y las variables cuantitativas como independientes (edad, horas de vuelo, último vuelo):

CACSA I (Ver Tabla 11-1, 11-2)

Supuestos:

1. La prueba de Dubin Wattson indica que no se cumple el supuesto de independencia de errores ($DW = 1.864$, $p = 0.355$) para el ojo derecho, y ($DW = 1.974$, $p = 0.325$) para el ojo izquierdo.
2. El Factor de varianza inflada indica que se cumple el supuesto de no multicolinealidad para las variables independiente edad ($Fiv=2.344$), horas de vuelo ($Fiv= 1.797$), y último vuelo ($Fiv= 1.467$) para ambos ojos.

Para los coeficientes del modelo de regresión las puntuaciones t indican que las variables que se tienen en cuenta no aportan de forma significativa al modelo de predicción.

La ANOVA presenta un estadístico F de 1.088 con una significancia de 0.355 para el ojo derecho, y para el izquierdo un estadístico F de 1.161 con una significancia de 0.325. Esto indica que el modelo con 3 variables (mejor modelo) no mejora la predicción significativamente de la variable del espesor corneal central para el ojo derecho.

El modelo para el ojo derecho es un modelo de regresión probado con las 3 variables independientes y explica solo el 1,5% de la varianza del espesor corneal central del ojo derecho ($R^2= 0.015$, $F=1.088$, $p=0.355$) y para el ojo izquierdo explica el 1.6% de la varianza ($R^2= 0.016$, $F=1.161$, $p=0.325$). El ajuste del modelo no es bueno, lo que indica que no hay asociación entre las variables cuantitativas edad, horas de vuelo y último vuelo con las variables dependientes Espesor Central Corneal de ambos ojos.

Tabla 11- 1. Resumen del modelo para la variable dependiente ECC de ambos ojos para CACSA I

ECC	R	R ²	R ² ajustado	S	R ² cambio	F	GI1	GI2	F (Sig)	Durbin Watson
OD	.121 ^a	.015	.001	34.843	.015	1.088	3	221	.355	1.864
OI	.125 ^a	0.016	0.002	35.586	0.016	1.161	3	221	0.325	1.924

a. Predictores: (Constante), Último vuelo (días), Horas de vuelo, Edad

Fuente: elaboración propia a partir del programa SPSS

Tabla 11- 2. Coeficientes de variable dependiente del ECC para ambos ojos para CACSA I

Modelo	Coef. No Estandarizados		Coef. Estand.	T	Sig.	95.0% IC para B		Estadísticas de colinealidad		
	B	Error estándar				Beta	Límite inferior	Límite superior	Tolerancia	VIF
CACSA I	(Constante)	555.081	18.343	30.262	.000	518.932	591.230			
	Edad	.162	.625	.026	.260	-1.069	1.393	.429	2.334	
	Horas de vuelo	-.004	.003	-.134	-1.497	.136	-.009	.001	.556	1.797
	Último vuelo (días)	.001	.004	.012	.143	.886	-.008	.009	.682	1.467
OI	(Constante)	572.050	18.735	30.534	.000	535.128	608.972			
	Edad	-.390	.638	-.062	-.612	.541	-1.647	.867	.429	2.334
	Horas de vuelo	-.001	.003	-.043	-.475	.635	-.006	.004	.556	1.797
	Último vuelo (días)	.006	.004	.120	1.488	.138	-.002	.015	.682	1.467

Fuente: elaboración propia a partir del programa SPSS

CACSA II (Ver tabla 11-3 y 11-4)

Supuestos:

1. La prueba de Dubin Wattson indica que no se cumple el supuesto de independencia de errores para ambos ojos OD, OI: (DW = 1.482, p= 0.763; DW = 1.652, p= 0.800).
2. El Factor de varianza inflada indica que se cumple parcialmente el supuesto de no multicolinealidad para las variables independiente edad (Fiv=1.448), horas de vuelo (Fiv= 1.448) para ambos ojos.

Para los coeficientes del modelo de regresión las puntuaciones t indican que las variables que se tienen en cuenta no aportan de forma significativa al modelo de predicción.

La ANOVA para el ojo derecho presenta un estadístico F de 0.273 con una significancia de 0.763 y para el ojo izquierdo, $F = 0.225$, $p = 0.800$. Esto indica que el modelo con 2 variables no sirve para la predicción significativa de la variable del espesor corneal central.

El modelo de regresión probado con las 2 variables independientes da explicación solo del 1.9% de la varianza del espesor corneal central del ojo derecho ($R^2 = 0.019$, $F = 0.273$, $p = 0.763$) y para el ojo izquierdo explica el 1.6% de la varianza ($R^2 = 0.016$, $F = 0.225$, $p = 0.800$). El ajuste de este modelo no se considera bueno, por lo que se puede afirmar que no hay una asociación entre las variables independientes edad y horas de vuelo con la variable dependiente espesor corneal central de ambos ojos

Tabla 11- 3. Resumen del modelo para la variable dependiente ECC de ambos ojos para CACSA II

ECC	R	R ²	R ² ajustado	S	R ² cambio	F	GI1	GI2	F (Sig)	Durbin Watson
OD	.138 ^a	.019	-.051	42.739	.019	0.273	2	28	.763	1.482
OI	.126 ^a	.016	-.054	43.887	.016	.225	2	28	.800	1.652

a. Predictores: (Constante), Último vuelo (días), Horas de vuelo, Edad

Fuente: elaboración propia a partir del programa SPSS

Tabla 11- 4. Coeficientes de variable dependiente del ECC de ambos ojos para CACSA II

Modelo		Coef. No Estandarizados		Coef. Estand.			95.0% IC para B		Estadísticas de colinealidad	
CACSA II		B	Error estándar	Beta	t	Sig.	Límite inferior	Límite superior	Tolerancia	VIF
OD	(Constante)	566.312	60.724		9.326	.000	441.926	690.699		
	Edad	-.674	1.951	-.078	-.345	.732	-4.670	3.323	.691	1.448
	Horas de vuelo	-.002	.007	-.079	-.351	.728	-.017	.012	.691	1.448
OI	(Constante)	570.205	62.356		9.144	.000	442.475	697.935		
	Edad	-.812	2.003	-.091	-.405	.688	-4.916	3.292	.691	1.448
	Horas de vuelo	-.002	.007	-.049	-.219	.828	-.016	.013	.691	1.448

Fuente: elaboración propia a partir del programa SPSS

Los estados refractivos para este estudio se presentaron con diferencias significativas para los espesores corneales centrales de ambos ojos para el total de la población en relación al personal que es emétrepe en comparación con los que presentaron astigmatismo (OD: $F=3.03$, $p=0.02$; OI: $F=3.47$, $p=0.008$). La media muestral fue mayor para los emétropes en ambos ojos (OD: 540.03 vs 552.18 μm ; OI: 540.78 vs 554.49 μm). Al realizar el análisis de varianza por área geográfica presentó diferencias significativas para los espesores corneales del área de Bogotá para ambos ojos (OD: $F=3.30$, $p=0.13$; OI: $F=4.08$, $p=0.004$). La prueba post hoc HSD Tukey demostró diferencias significativas para los espesores corneales centrales de los emétropes vs astigmatismo y emétropes vs hipermetropía en ambos ojos. Los espesores corneales centrales según el estado refractivo se presentaron en orden descendente de la siguiente manera: hipermetropía (559.05 μm), astigmatismo (533.66 μm) y emétropes (551.27 μm) (Ver tablas 10-43 a 10-48). Estos datos se colocan como un hallazgo dentro de esta investigación, dado que los estudios que relacionan espesor corneal con trastornos refractivos son controversiales (77), (78), (79). Sin embargo lo que si se ha evidenciado es que después de una cirugía ocular el riesgo de cambios en el espesor corneal que puedan afectar la agudeza visual (80), (81), (82).

Para los pilotos de Tolemaida y Bogotá los estados refractivos más frecuentes fueron los emétropes (81.3%,47.1%) seguido del trastorno refractivo astigmatismo (16.5%, 34.5%), y en tercer lugar, se presentó la miopía (2.2%) para el grupo de Tolemaida y la hipermetropía (13.8%) para los de Bogotá. De esta forma los trastornos refractivos constituyeron un 18.7% y un 48.3% de la población de pilotos para Tolemaida y Bogotá. Estos resultados no concuerdan con los obtenidos por Salamanca y Fajardo en el estudio de morbilidad realizado en la Aeronáutica Civil de Colombia. Ellos encontraron los trastornos oculares refractivos en un 44,6% de predominio la presbicia (21.6%) para una muestra de 417 pilotos con un promedio de edades de 37 años, pertenecientes a ala fija y rotatoria. En este mismo estudio, reportan las auxiliares de Servicios a Bordo (ASA) con el trastorno refractivo más prevalente, al astigmatismo en un 25,7% (16). Un reporte del año 1990 de la Escuela de Medicina Aeroespacial de la USAF realizado en 12 bases que incluían a los 4 comandos mayores (MAJCOMs) los cuales cubrían un 72% de todos los pilotos, reportaron que un 80.5% de los pilotos que utilizaban corrección eran miopes con un poder dióptrico de -0.60 y 33.1% presentaron astigmatismo de 0.75 D (15). El estudio realizado por Kaiserman y colaboradores en la Fuerza Aérea de Israel, en la que involucró a 200 personas con una edad promedio de 39.8 ± 7.8 años, evaluaron el factor de riesgo de

progresión de ametropía (miopía y astigmatismo) y encontraron picos de progresión relacionado con actividades de trabajo de cerca y que el astigmatismo axial aumenta con la edad (83). Este factor es importante a la hora de reclutar y dar seguimiento a los pilotos militares, dado que el trastorno refractivo de mayor incidencia en adultos jóvenes (25 a 29 años) es la miopía (47.2%) en la población europea (84). En un meta análisis dirigido por Pan, se encontró a la miopía como el trastorno ocular más prevalente en coreanos de 19 años (85). Verhoeven y colaboradores documentan en un meta análisis que la miopía afecta un 30% de la población occidental y un 80% de la asiática en 37 382 individuos de 27 estudios de Europa y 8.376 de 5 estudios de cohorte asiático y reportan 16 locus genéticos para los trastornos refractivos (14).

El ambiente de cabina maneja baja humedad (menor a 15%) esto representa un factor asociado que puede alterar la fisiología corneal (6). Un estudio realizado en ratones por Pelegrino y colaboradores en el año 2012 encontraron que el ambiente con una humedad relativa inferior al 30% produce aumento de la permeabilidad en el epitelio corneal a los 15 días de exposición por activación de la expresión génica de la vía kinasa 2 N terminal (JNK2) (86). Un estudio realizado por McCarty, en 1246 pilotos comerciales de Australia con rangos de edad entre 18 a 71 años, de flota de ala fija (turbo jet y turbo-hélice) llenaron un cuestionario de síntomas de ojo seco. Los síntomas de ojo seco durante el vuelo lo reportaron un 72.3% y un 5.4% lo asociaron independiente del vuelo. El ojo seco fue significativo para esta flota de ala fija (OR = 1.75, 95% CI = 1.34-2.28) y las horas de vuelo por semana (OR = 1.58, 95% CI = 1.34-1.86). Este sería uno de los grupos ocupacionales que tienen un riesgo incrementado de tener síntomas de ojo seco debido a una tasa de mayor de parpadeo y tiempo de evaporación de las lágrimas en mayor porcentaje en la población masculina (87). La investigación llevada a cabo por Cui y colaboradores en 100 pacientes con ojo seco (43 hombres y 57 mujeres con rangos de edades de 47.34 ± 15.85 años) y 35 personas sanas voluntarios (13 hombres y 22 mujeres, con promedio de edades de 43.57 ± 17.36 años en el hospital de la Fundación Universitaria de los ojos, nariz, oídos y garganta en Shangai, China en las que se les realizó mediciones del espesor corneal por medio de OCT demostró que el epitelio de los ojos secos corneales era más delgado en comparación con los ojos normales. En los pacientes con enfermedad del ojo seco más severo, el epitelio superior fue mucho más delgado, lo cual es explicado por el mecanismo del parpadeo. Sin embargo, la película lacrimal es más ancha en el epitelio superior lo que

da un sesgo de medición dado que se mide el espesor corneal desde la superficie externa de la lágrima hasta la membrana de Bowman (88).

Las condiciones ambientales de cabina pueden ser afectadas por un reducido flujo de aire del exterior, y a la incorporación de sistemas de recirculación del aire. Los sistemas de ventilación de los aviones modernos pueden causar una acumulación de contaminantes, una reducción en la cantidad de oxígeno respirable y mayores niveles de dióxido de carbono. Se ha pensado que estos factores pudiesen provocar irritación de la nariz y de los ojos entre pasajeros y tripulantes de cabina a bordo (6). Liyasova y colaboradores en el año 2012 tomaron muestras de 12 pasajeros 24 horas después de haber completado un vuelo de una aeronave jet, 6 presentaron positividad para tri-o-cresil- fosfato en bajas cantidades, luego de 3 a 7 meses se volvieron a medir y los niveles fueron negativos. Se tiene como hipótesis que este compuesto que es un químico que se añade al aceite de los motores jet y los fluidos hidráulicos para dar sus propiedades antidesgaste producen efectos adversos en la salud de los pasajeros (89).

La limitación más importante del estudio fue haber dispuesto de dos métodos de medición diferentes (paquimetría ultrasónica para Tolemaida y neumo tono paquimetría para Bogotá). En una carta al editor escrita por Kuerten y colaboradores sobre la determinación del espesor corneal central en córneas con edema, resalta que la técnica ultrasónica tiene algunos factores de confusión que hay que tomar en cuenta como lo es el uso de gotas anestésicas, las cuales han reportado variaciones en el espesor corneal en la literatura, y el tiempo de espera en la toma de la medición luego de la aplicación, el cual debe ser estandarizado. (61). La segunda limitación es poblacional, sólo se logró cubrir dos divisiones del EJC, se necesitan más datos para poder hacer un estudio inferencial para los pilotos y personal de tierra. La tercera limitación involucra la medición de la humedad relativa en ambiente de cabina de las aeronaves presurizadas y en el ambiente externo en donde se toma la medición del CCT, dado que es un factor importante a la hora de analizar las mediciones de los espesores corneales. Hubo ausencia de datos para la población de pilotos de Bogotá en cuanto a horas de vuelo y tipo de aeronave lo que afectó el análisis de los resultados. El miedo de los pilotos a que se tomen represalias en cuanto a la aptitud de vuelo es un factor importante a la hora de la incorporación de los pilotos al estudio.

12. Conclusiones y recomendaciones

12.1 Conclusiones

1. Los pilotos de Tolemaida están en los rangos de edades de 24 a 44 años con una media de 32 años, sus horas de vuelo tienen una media de 1684 horas con un valor mínimo de 100 y un máximo de 4310 y su último vuelo tienen una media de 43 días con un rango que va desde 1 a 730 días.
2. Los pilotos de Bogotá se encuentran en los rangos de edades de 24 a 45 años con una media de 33 años, tienen una media de 2230 horas de vuelo con un rango que va desde 150 a 5150 horas.
3. Los rangos de las medias de los espesores corneales centrales para ambos ojos en los pilotos según área geográfica fueron:
 - a) Tolemaida: 552.20 micras \pm 33.40 DS para el OD y 553.86 micras \pm 33.14 DS para el OI.
 - b) Bogotá: 544.27 micras \pm 35.24 DS para el OD y 544.93 micras \pm 35.67 DS para el OI.
4. No hay diferencias significativas en las mediciones de los espesores corneales centrales de los pilotos de Tolemaida y Bogotá con respecto a sus grupos correspondientes de personal en tierra, edad, horas de vuelo, último vuelo, ambiente de cabina y flota.
5. No hay asociación entre los espesores corneales centrales y las variables cuantitativas continuas (edad, horas de vuelo y último vuelo).
6. El estado refractivo de mayor prevalencia en la población general son los emétopes con un 67.4%. El 81.3% de los pilotos de ala rotatoria son emétopes y los de ala fija corresponden a un 47.1%.
7. El trastorno refractivo de mayor prevalencia es el astigmatismo con un 19.1% de la población total estudiada, en pilotos es el trastorno con mayor porcentaje en helicópteros corresponde a un 16.5% y en ala fija es el 34.5%.

8. Los espesores corneales centrales en relación con los estados refractivos tuvieron diferencias significativas en sus medias en CACSA II para ambos ojos cuando se comparan la emetropía con el astigmatismo y la hipermetropía con el astigmatismo. Las medias de los espesores corneales para ambos ojos son mayores en la hipermetropía, seguida de la emetropía y la menor corresponde al astigmatismo (Ver tabla 10-48).
9. No hay interacción entre la variable función del personal en comparación con los estados refractivos. (OD: $F=0.657$, $p=0.853$; OI: $F=0.751$, $p=0.758$) en relación con los espesores corneales centrales.

12.2 Recomendaciones

Para la realización de próximos trabajos de investigación se recomienda utilizar el mismo instrumento de medición. Si se realiza por paquimetría ultrasónica debe ser realizado por la misma persona, utilizar la misma técnica de búsqueda del centro de la córnea en todos los pacientes, excluir y repetir las mediciones con más de 5 DS, colocar una sola gota del anestésico tópico y estandarizar el tiempo de espera luego de la aplicación de las gotas.

Actualmente el Ejército Nacional de Colombia cuenta para la evaluación del personal de aviación con un neumotonopaquímetro que está ubicado en Bogotá. Para preservar la variable geográfica y diferencias de altura se recomendaría tener otro equipo igual en Tolemaida.

Realizar nuevas paquimetrías o topografía corneal al personal que vuela Black Hawk, Huey y King que presentaron medidas del espesor corneal central extremas con el fin de corroborar estos valores.

Los espesores corneales centrales para los pilotos de Bogotá y Tolemaida divulgados en este trabajo, pueden ser utilizados como valores de referencia para hacer ajustes para la medición de la PIO, evolucionar pacientes con cambios en el grosor corneal hacia el adelgazamiento por sospecha de cirugía refractiva previa o queratocono, y hacia el aumento por edema de córnea secundario a hipoxia o uso de medicamentos oculares o sistémicos que afecten la fisiología corneal

La paquimetría de los espesores centrales de la córnea son un parámetro ocular muy importante que tiene una base genética asociada por lo que debería ser medido de forma sistemática en la práctica clínica en el medio aeronáutico.

Seguir haciendo apertura para realizar más estudios de investigación que puedan profundizar en el conocimiento de medicina de aviación.

Se necesitan hacer más estudios con una población censal para definir los rangos del espesor corneal central en la población aeronáutica militar

A. Anexo: Estructura Organizacional de Aviación del Ejército de Colombia

Figura de anexo A 1. Organización del Departamento de Alistamiento para el Combate y Seguridad de Aviación

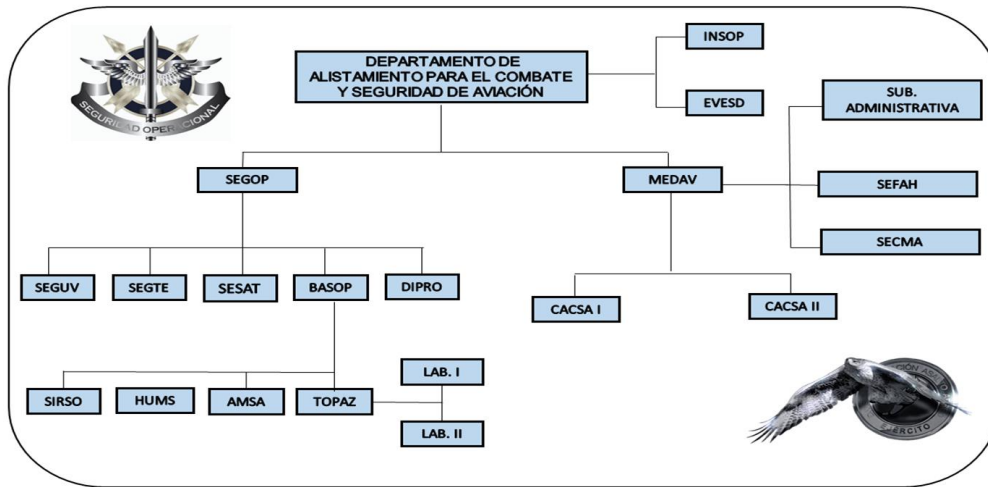


Figura de anexo A 2. Significado de abreviaturas

ABREVIATURA	SIGNIFICADO
DACSA	DEPARTAMENTO DE ALISTAMIENTO PARA EL COMBATE Y SEGURIDAD DE AVIACIÓN
INSOP	INVESTIGACIÓN DE SEGURIDAD OPERACIONAL
EVESD	EVALUACIÓN Y ESTADÍSTICA DE SEGURIDAD
MEDAV	MEDICINA DE AVIACIÓN
CACSA I	CENTRO DE ALISTAMIENTO PARA EL COMBATE I (TOLEMAIDA)
CACSA II	CENTRO DE ALISTAMIENTO PARA EL COMBATE II (BOGOTÁ)
SEFAH	SECCIÓN DE FACTORES HUMANOS
SECMA	SECCIÓN CIENTÍFICA DE MEDICINA DE AVIACIÓN
SEGOP	SEGURIDAD OPERACIONAL
SEGUUV	SEGURIDAD DE VUELO
SEGTE	SEGURIDAD TERRESTRE
SESAT	SEGURIDAD Y SALUD EN EL TRABAJO
BASOP	BÚSQUEDA Y ANÁLISIS DE SISTEMAS OPERATIVOS
DIPRO	DIFUSIÓN Y PROMOCIÓN
SIRSO	SISTEMA INTEGRADO DE REPORTES DE SEGURIDAD OPERACIONAL
HUMS	SISTEMA DE MONITOREO DE USO
AMSA	ANÁLISIS MILITAR PARA LA SEGURIDAD DE AVIACIÓN
TOPAZ	COMPLEJO TERRESTRE PARA EL ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN DE VUELO

Fuente: http://www.aviacionejercito.mil.co/recursos_user/imagenes//editores/223888/Imagen3.png

B. Anexo: Funciones del MEDAV (Medicina de Aviación del EJC)

Fuente: http://www.aviacionejercito.mil.co/recursos_user/imagenes//editores/223888/Imagen3.png

El MEDAV tiene las siguientes funciones dentro del Ejército Nacional de Colombia:

- 1) Realizar el proceso de selección a los aspirantes de las diferentes especialidades de aviación, mediante la realización de exámenes médicos y psicológicos que determinen la aptitud psicofísica de los aspirantes basados en la Directiva 025/2010.
- 2) Identificar en forma clara y oportuna los riesgos médicos y psicológicos de la población de la División de Aviación Asalto Aéreo, aplicando una acción correctiva basada en la promoción y prevención.
- 3) Realizar el proceso de certificación médica al personal de la Aviación del Ejército, de acuerdo a las diferentes categorías, con el fin de garantizar la continuidad de las tripulaciones y minimizar los riesgos en el desarrollo de operaciones aéreas.
- 4) Participar en los comités y juntas de evaluación de aviación, emitiendo conceptos médicos y psicológicos del personal, que faciliten la toma de decisiones del Comando Superior.

C. Anexo: Tipo de aeronaves y techo operacional.

Los equipos aéreos que operan, están divididos en 2 tipos:

- Ala fija (Ubicados en CACSA II): Beechcraft King Air, Turbo Commander, Antonov 32, Casa 212, Grand Caravan.
- Ala rotatoria (Ubicados en CACSA I): Sikorsky UH-60L (Black Hawk), Sikorsky UH-60M (Black Hawk), MI-17, Bell UH-1N/H, HUEY II.

Tabla de anexo C 1. Distribución del techo operacional por aeronave

AERONAVE	TECHO OPERACIONAL
Beechcraft King Air	30,000 ft (9,144 m).
Turbo Commander	31,000 ft (9,448 m)
Antonov 32	31,165 ft (9,500 m)
Casa 212	26,000 ft (7,925 m)
Grand Caravan (Cessna 208B)	25,000 ft (7,620 m)
UH-60L (Black Hawk)	19,000 ft (5,790 m)
UH-60M (India)	15,180 ft (4,626 m)
MI-17	19,690 ft (6,000 m)
Bell UH- 1N (Twin Huey)	17,300 ft (5,273 m)
Bell UH- 1H Iroquois (Huey)	19,390 ft (5,910 m)
Bell Huey II	16,100 ft (4,878 m)

D. Anexo: Neumotonopaquímetro Canon TX-20/TX-20p.

Figura de anexo D 1. Neumotonopaquímetro Canon TX-20



Fuente: https://www.canon-europe.com/images/canon_brochure_tx-20p_tcm13-1010276.pdf

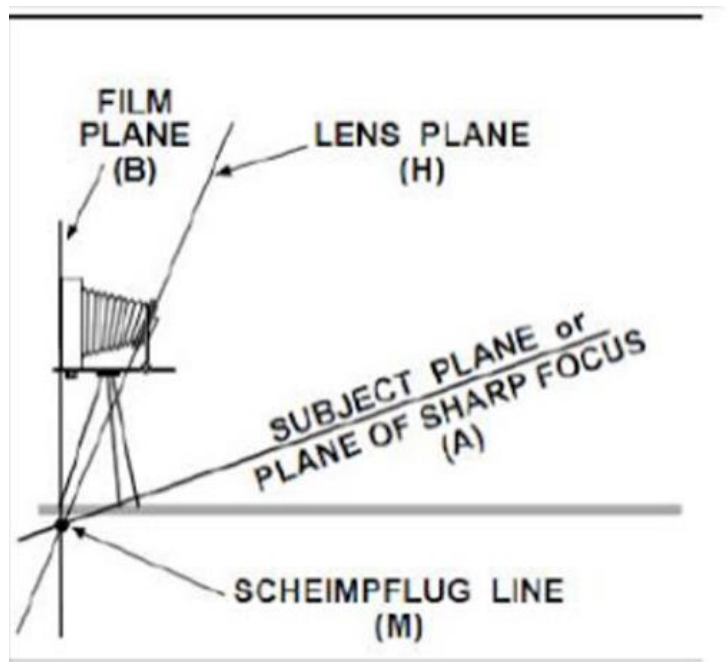
E. Anexo: Principio de Scheimpflug.

Este principio debe su nombre a Theodoro Scheimpflug (1865-1911) pionero de la fotografía aérea y propone instrucciones sobre cómo debe inclinarse el plano del objetivo de una cámara fotográfica (y/o el plano de la película) para enfocar un plano que no es paralelo a la película. Se debe prolongar una tangente desde el plano de la película y otra desde el plano de la lente y encontrar el punto de intersección de ambas. Entonces, para conseguir el enfoque correcto de un objeto, el plano que engloba la zona crítica de enfoque debe prolongarse para pasar por el punto descrito. Este principio en la aplicación da una imagen con mayor profundidad de enfoque y más precisión a la hora de realizar las medidas.

El principio de Scheimpflug fue introducido en el ámbito de la oftalmología en los años 1970 por un grupo de investigadores de cataratas. Actualmente dos de los modelos de cámaras rotatorias de Scheimpflug son EAS 100 (Eye Analysis System) y el Oculus Pentacam, el cual es el único instrumento que proporciona diferentes opciones de medida para el segmento anterior que incluyen la paquimetría, topografía corneal, curvatura corneal anterior y posterior, valores de la cámara anterior (volumen, profundidad, ángulo)

(14)

Figura de anexo E 1. Principio de Scheimpflug



Fuente: American Academy of Ophthalmology. The Eye M.D. Association.

F Anexo: consentimiento informado

Estudio observacional del espesor corneal central en pilotos del Ejército Nacional de Colombia, sedes Bogotá y Tolemaida periodos 2015-2016.

Medicina Aeroespacial, Departamento de Oftalmología, Universidad Nacional de Colombia (UNAL) y Ejército Nacional de Colombia (EJC) CACSA I y CACSA II.

Investigadores responsables: Víctor Tejera (Médico, residente). Líderes del grupo: Dr. Crisanto Moreno (Médico oftalmólogo UNAL), Dr. Edgar Prieto (Médico, estadístico UNAL), CT. Gina Puentes (Optómetra EJC) y Dra. Liliana Jiménez (Médico Aeroespacial, EJC).

INFORMACIÓN PARA EL PACIENTE

Información del estudio

Se le hace conocer que en el presente estudio se harán mediciones del espesor corneal de ambos ojos con un método no invasivo y no doloroso llamado paquímetro ultrasónico debido a que se han encontrado casos de personal aeronáutico con aumento o disminución del grosor corneal sin una causa conocida. De esta forma es importante el diagnóstico para mejorar las medidas de tratamiento y prevención. Usted ingresará al estudio si es un piloto o personal de tierra del CACSA I y II.

Antes de otorgar su consentimiento para participar en este estudio, es importante que usted lea y comprenda lo siguiente:

Participación voluntaria

La participación en este estudio es voluntaria, y usted es libre de retirarse en cualquier momento del estudio. En caso de que no acepte participar o desee retirarse su atención medica no se verá afectada.

Procedimientos

- Se hará una encuesta para registrar sus datos personales, tales como: edad, lugar de residencia, antecedentes de enfermedad ocular o sistémica, estado de salud ocular, antecedente de cirugías oculares, entre otros.
- Se le colocará un anestésico local en ambos ojos (1 gotas en cada ojo).
- Se procederá a la medición del espesor corneal con una sonda que hará contacto leve con su córnea. El resultado de la medición se informará de forma inmediata.

- Los pilotos con espesor corneal muy aumentado o disminuido seguirán control en oftalmología si fuese necesario.

El estudio permitirá identificar las caracterizaciones de la córnea en el medio aeronáutico y se podrá ver su comportamiento frente a variables como la exposición a hipoxia, altura, tipo de aeronave y edad. En un futuro, los resultados podrán indicar si hay necesidad de la medición de la paquimetría al personal aeronáutico en cada renovación de su certificado de vuelo para tomar medidas preventivas de enfermedades secundarias al cambio de espesor corneal.

Dado que se trata de un estudio que se realiza por primera vez en la región y la información en el medio aeronáutico es escasa su participación será de gran importancia para su país.

Beneficios y riesgos para el participante

Los participantes de este estudio no tendrán beneficios distintos a los recibidos por aquellas personas que no participen en el estudio, se les realizará una medición del espesor corneal y en caso de tener medidas extremas se les suministrará control en oftalmología. La toma de la medición por ser no invasiva no tiene riesgos. Las personas que le tomarán las mediciones han sido entrenadas para que sea lo más rápido y preciso posible. En caso de hacer reacción alérgica al anestésico tópico se tomarán las medidas necesarias para cuadros alérgicos según las normas del Ministerio de Salud de Colombia.

Confidencialidad

Toda la información que usted nos suministre en la encuesta y los resultados de los análisis, será guardada de manera confidencial por los investigadores. En ningún momento su nombre aparecerá en ninguno de los documentos que se produzcan en esta investigación.

Personas a contactar para información

Usted tiene derecho a poseer una copia del presente documento y a que se le respondan satisfactoriamente todas las preguntas, respecto al presente estudio, que se le ocurran ahora o en cualquier momento. Para esto podrá contactar al personal del Grupo de investigación: **VÍCTOR TEJERA (Médico, Celular 3016490991), DR. CRISANTO MORENO (Oftalmología, UNAL, Celular: 3187118317), CT. GINA PUENTES (Optometría, EJC, Teléfono 3115227430), LILIANA JIMENEZ (Médico, EJC, Tel: 3114406806).**

Esta propuesta ha sido revisada y aprobada por el Comité de Ética de la Facultad de Medicina, Universidad Nacional de Colombia. Este es un Comité que verifica que los participantes del estudio estén protegidos de cualquier daño. Si desea conocer algo más acerca de este comité, puede ponerse en contacto, (**Nombre del presidente del comité de ética, institución y teléfono**).

Aceptación de la participación

Yo he sido invitado a participar en el estudio. Se me ha informado que los riesgos son mínimos. Soy consciente que no habrá ningún beneficio económico. Se me ha

proporcionado el nombre de un investigador que puede ser fácilmente contactado usando el número que me dieron. He leído la información anterior, o se me ha leído. He tenido la oportunidad de hacer preguntas sobre el estudio y cualquier pregunta que he hecho, me ha sido contestada a mi total satisfacción. Doy mi consentimiento voluntariamente para participar en este estudio y entiendo que tengo el derecho de retirarme del estudio en cualquier momento sin afectar de ninguna manera mi atención médica.

Manifiesto que no he recibido presiones verbales, escritas o con gestos o signos para participar en el estudio; que esta decisión de participar en el estudio la tomo en pleno uso de mis facultades mentales, sin encontrarme bajo efectos de medicamentos, drogas o bebidas alcohólicas, consciente y libremente.

Nombre del participante: _____

Firma: _____

Huella del participante (si no sabe firmar):

Testigos de la firma: He sido testigo de la lectura exacta del documento de consentimiento al candidato a participante, y el ciudadano ha tenido la oportunidad de hacer preguntas. Confirmando que el individuo ha dado consentimiento libremente.

Nombre del testigo 1: _____ Dirección: _____

Firma del testigo 1: _____ Cédula: _____

Parentesco con el participante: _____

Nombre del testigo 2: _____ Dirección: _____

Firma del testigo 2: _____ Cédula: _____

Parentesco con el participante: _____

Responsable Grupo de Investigación: He explicado al participante toda la información consignada en este documento y le he entregado una copia del mismo.

Nombre: _____ Firma: _____

Bibliografía

1. Guyton y Hall ea. Tratado de Fisiología Médica. décimo segunda ed. España: El Servier; 2011.
2. Morris W,ea. Corneal Thickness at High Altitude. *Cornea*. 2007; 26: p. 308-311.
3. Nebbioso M,ea. Hypobaric Hypoxia: Effects on Intraocular Pressure and Corneal Thickness. *The Scientific World Journal*. 2014; 2014.
4. Polse KA,ea. Hypoxic effects on corneal morphology and function. *Invest Ophthalmol Vis Sci*. 1990; 31(8): p. 1542-54.
5. Yanoff & Duker. *Ophthalmology*. In. British: Mosby El Servier; 2009. p. 335.
6. Gradwell DP, Rainford DJ. *Ernsting's Aviation and Space Medicine*. 5th ed. Taylor & Francis Group L, editor. London: CRC Press; 2016.
7. Levin L, Nilsson S, Ver Hoeve J, Wu S. *Adler's physiology of the eye*. Onceava ed. Gabbedy R, editor. Londres: EIServier; 2011.
8. Mahelkova G, Korynta J, Moravova A, Novotna J, cols y. Chages of Extracellular Matrix of Rat Cornea after Exposure to Hypoxia. *Physiol. Res*. 2008; 57: p. 73-80.
9. Willmann G,ea. Impact of Acute Exposure to High Altitude on Anterior Chamber Geometry. *Invest Ophthalmol Vis Sci*. 2013; 54: p. 4241-4248.
10. Yasir JK, Qasim FK. Central corneal thickness of Iraqui population in relation to age, gender, refractive errors, and corneal curvature: a hospital-based cross-sectional study. *Clinical Ophthalmology*. 2016; 10: p. 2369-2376.
11. Pesconsolido N, Barbato A, Di Blasio D. Hypobaric hypoxia: effects on contrast sensitivity in high altitude environments. *Aerosp Med Hum Perform*. 2015; 86(2): p. 118-24.

12. Karakucuk S,ea. Response of the human eye against oxidative stress at high altitudes. Crete; Greece.: European Association for Vision and Eye Research (EVER) Annual Meeting; 2010.
13. Rayman RB, Davenport ED, Dominguez-Mompell R, Gitlow S. Rayman's Clinical Aviation Medicine. 5th ed. New York: Castle Connolly Graduate Medical Publishing, LTD; 2013.
14. Verhoeven V, Hysi P, Wojciechowski R, Fan Q. Genome-wide meta-analyses of multi-ancestry cohorts identify multiple new susceptibility loci for refractive error and myopia. *Nat Genet.* 2013; 45(3): p. 314-18.
15. Miller RE, O'Neal MR, Woessner WM, Dennis RJ, Green RP. The prevalence of spectacle wear and incidence of refractive error in USAF aircrew. Unclassified. Texas.; 1990. Report No.: USAFSAM-TR-89-28.
16. Salamanca MA, Fajardo HA. Estimación del Perfil de Morbilidad en el Personal de la Aviación Civil en Colombia. *Rev. Salud Pública.* 2009; 11(3): p. 425-431.
17. WHO. Global Data on visual Impairments 2010. Geneva, Switzerland: World Health Organization; 2012.
18. Derek W,ea. Anatomy and physiology of the cornea. *J Cataract Refract Surg.* 2011; 37: p. 588-598.
19. Dua H,ea. Human corneal anatomy redefined: a novel pre-Descemet's layer (Dua's layer). *Ophthalmology.* 2013; 120(9): p. 1778-85.
20. Yee R,ea. Changes in the normal corneal endothelial cellular pattern as a function of age. *Curr Eye Res.* 1985; 4: p. 671-678.
21. Shapiro B, Feiz V. Corneal edema. In Mannis MJ, Holland EJ. *Cornea Fundamentals, Diagnosis and Management.* 4th ed. USA: Elsevier; 2017.
22. Sánchez-Tocino H,ea. Correlation between intraocular pressure, pachymetry and keratometry in a normal population. *Arch Soc Esp Oftalmol.* 2007; 82: p. 267-72.
23. Gilger B,a. Corneal thickness measured by ultrasonic pachymetry in cats. *American Journal of Veterinary Research.* 1991; 52: p. 1570-1572.
24. Kafarnik C,ea. In vivo confocal microscopy in the normal corneas of cat, dogs, and birds. *Veterinary Ophthalmology.* 2007; 10: p. 222-230.

25. Nemesure B, et al. Corneal Thickness and intraocular pressure in the Barbados eye studies. *Arch Ophthalmol*. 2003; 121(2): p. 240-4.
26. Wang X, et al. Corneal thickness, epithelial thickness and axial length differences in normal and high myopia. *BMC Ophthalmol*. 2015; 15(49): p. 5.
27. Strobbe E, et al. Influence of age and gender on corneal biomechanical properties in a healthy Italian population. *Cornea*. 2014;: p. 968-72.
28. Tayyab A, et al. Central Corneal Thickness and its Relationship to Intra-Ocular and Epidemiological Determinants. *J Coll Physicians Surg Pak*. 2016; 26(6): p. 494-7.
29. Plummer C, et al. Assessment of corneal thickness, intraocular pressure, optical corneal diameter, and axial globe dimensions in Miniature Horses. *American Journal of Veterinary Research*. 2003; 64: p. 661-665.
30. Romero PC, Suárez LH, Aguayo AB, Huidobro AG, et al. Grosor corneal en una muestra de adultos de la población chilena. *Rev Hosp Clin Univ Chile*. 2011; 22: p. 97-103.
31. Brandt J, et al. Central corneal thickness in the Ocular Hypertension Treatment Study (OHTS). *Ophthalmology*. 2001; 108: p. 1779-88.
32. Chan-Ling T, et al. Diurnal variation of corneal thickness in the cat. *Investigative Ophthalmology Visual Science*. 1985; 26: p. 102-105.
33. Madigan M, et al. Corneal thickness changes following sleep and overnight contact lens wear in the primate (*Macaca fascicularis*). *Current Eye Research*. 1987; 6: p. 809-815.
34. Harper C, et al. Diurnal variations in human corneal thickness. *The British Journal of Ophthalmology*. 1996; 80: p. 1068-1072.
35. Klyce S. Stromal lactate accumulation can account for corneal oedema osmotically following epithelial hypoxia in the rabbit. *J Physiol*. 1981; 321: p. 49-64.
36. Parafita M, et al. Paquimetría: técnicas y aplicación clínica. España: Ulleye, Xátiva; 2000.
37. Busted N, et al. Clinical observations on the corneal thickness and the corneal endothelium in diabetes mellitus. *The British Journal of Ophthalmology*. 1981; 65: p. 687-690.
38. Gwendolyn L, et al. The effect of elective phacofragmentation on central corneal thickness in the dog. *Veterinary Ophthalmology*. 2006; 9: p. 303-310.

39. Doughty M,ea. Human corneal thickness and its impact on intraocular pressure measures: a review and meta-analysis approach. *Surv Ophthalmol.* 2000; 44: p. 367-408.
40. Gromacki S,ea. Central and peripheral corneal thickness in keratoconus and normal patient groups. *Optometry and Vision Science.* 1994; 71: p. 437-441.
41. Hovding G. The central corneal thickness in keratoconjunctivitis sicca. *Acta ophthalmologica (Copenhagen).* 1992; 70: p. 108-110.
42. Seiler T,yc. Iatrogenic keratectasia after laser in situ keratomileusis. *J Refract Sug.* 1998; 14: p. 312-317.
43. Fraunfelder F. Corneal toxicity from topical ocular and systemic medications. *Cornea.* 2006; 25(10): p. 1133-8.
44. Grueb M, Rohrbach J. Effect of timolol on central corneal thickness. *Eur J Ophthalmol.* 2013; 23(6): p. 784-8.
45. Nielsen C, Nielsen P. Effect of alpha- and beta-receptor active drugs on corneal thickness. *Acta Ophthalmol (Copenh).* 1985; 63(3): p. 351-4.
46. Gao L, Fan H, Cheng A, Wang Z, Lam D. The effects of eye drops on corneal thickness in adult myopia. *Cornea.* 2006; 25(4): p. 404-7.
47. Asensio I, Rahhal S, Alonso L, Palanca-Sanfrancisco J, Sanchis-Gimeno J. Corneal thickness values before and after oxybuprocaine 0.4% eye drops. *Cornea.* 2003; 22(6): p. 527-32.
48. Nam S, Lee H, Kim E, Seo K. Comparison of corneal thickness after the instillation of topical anesthetics: proparacaine versus oxybuprocaine. *Cornea.* 2006; 25(1): p. 51-4.
49. Rosa N, De Bernardo M, Borrelli M, Filosa ML, Lanza M. Effect of oxybuprocaine eye drops on corneal volume and thickness measurements. *Optom Vis Sci.* 2011; 88(5): p. 640-4.
50. Bosch M,ea. New insights into changes in corneal thickness in healthy mountaineers during a very-high-altitude climb to Mount Muztagh Ata. *Arch Ophthalmol.* 2010; 128: p. 184-189.

51. Dolbun K. ea. Investigation Of The Relationship Between Central Corneal Thickness And Some Oxidation System Parameters At High Altitude.. In XXII nd National Biochemistry Congress ; 2010; Eskisehir.
52. Mastropasqua L,ea. Ultrastructural changes in rat cornea after prolonged hypobaric hypoxia. *J Submicrosc Cytol Pathol.* 1998; 30(2): p. 285-93.
53. Karadag R,ea. Age-related differences in central corneal thickness alterations caused by short-term hypobaric hypoxia. *Cornea.* 2009; 28(2): p. 136-9.
54. Di Blasio D,ea. *Aviat Space Environ Med.* 2011; 82(333).
55. O'Leary D,ea. The effect of anoxia on the human corneal epithelium. *Am J Optom Physiol Opt.* 1981; 58: p. 472-476.
56. Wilson G,ea. Thickness of the corneal epithelium during anoxia. *Am J Optom Physiol Opt.* 1980; 57: p. 409-412.
57. Bosh M,ea. New Insights Into Changes in Corneal Thickness in Healthy Mountaineers During a Very-High-Altitude Climb to Mount Muztagh Ata. *Arch Ophthalmol.* 2010b; 128(2): p. 184-189.
58. Polse K,ea. Hypoxic effects on corneal morphology and function. *Invest Ophthalmol Vis Sci.* 1990; 31: p. 1542-1554.
59. Sagdik HM,ea. Comparison of ultrasonic pachymetry, with a new optical biometry and tono-pachymetry. *Medicine Science / International Medical Journal.* 2016; 0.
60. Pierro L, Lorenzo L, Marco G, Ambrosi A. Central corneal thickness reproducibility among ten different instruments. *Optometry and vision science.* 2016; 93(11): p. 1371-1379.
61. Kuerten D, Plange N, Walter P. Author reply: central corneal thickness determination in corneal edema. *Graefe's Archive for Clinical and Experimental Ophthalmology.* 2017; 255(6): p. 1253-1254.
62. Ou TH,ea. Comparison of central corneal thickness measurements by ultrasonic pachymetry, Orbscan II, and SP3000P in eyes with glaucoma or glaucoma suspect. *Chang Gung Med J.* 2012; 35(3): p. 255-62.
63. Marsich MM. The repeatability of corneal thickness measures. *Cornea.* 2000; 19: p. 792-795.
64. Peyman M, Tai Y, Khaw KW, Ng CM. Accutome PachPen handheld ultrasonic pachymeter: intraobserver repeatability and interobserver reproducibility by

- personnel of different training grades. *International Ophthalmology*. 2015; 35(5): p. 651-655.
65. García-Resúa C,ea. Reability of the non-contact tono-pachymeter Tonopachy NT-530P in healthy eyes. *clinical and experimental optometry*. 2013; 96: p. 286-294.
66. Lomoriello DS,ea. Repeatability of intra-ocular pressure and central corneal thickness measurements provided by a non-contact method of tonometry and pachymetry. *Graefes Arch Clin Exp Ophthalmol*. 2011; 249: p. 429-434.
67. O'Donnell C,ea. Agreement and repeatability of central thickness measurement in normal corenas using ultrasound pachymetry and the OCULUS Pentacam. *Cornea*. 2005; 24(8): p. 920-924.
68. Barkana Y,ea. Central corneal thickness measurement with the Pantacam Scheimpflug system, optical low-coherence relectometry pachymeter, and ultrasound pachymetry. *J Cataract Refract Surg*. 2005; 31(9): p. 1729-1735.
69. García-Resua C,ea. Accuracy and repeatability of a new tono-pachymeter for measuring central corneal thickness. *Eye Contact Lens*. 2012; 38(3): p. 158-63.
70. Hahn S,ea. Los Angeles Latino Eye Study Group. Central corneal thickness in Latinos. *Invest Ophthalmol Vis Sci*. 2003; 44: p. 1508-1512.
71. Hoffmann EM, Lamparter J, Mirshahi A, Elflein H. Distribution of central corneal thickness and its association with ocular parameters in a large central european cohort: The Gutenberg Health Study. *PLoS ONE*. 2013; 8(8): p. e66158.
72. Davis JR, Johnson R, Stepanek J, Fogarty JA. *Fundamentals of aerospace medicine*. fourth edition ed.: Lippincott Williams & Wilkins; 2008.
73. Gómez-Contreras A, Cuadros A. *Qué es un helicóptero y cómo se vuela?* Segunda ed. Colombia: Barquero Impresores Ltda; 1996.
74. DGH Technology, Inc. *Pachette 3 DGH 555*.: Emergo Europe; 2012. Available from: <http://dghtechnology.com/wp-content/uploads/2015/04/555-INS-OMSPA-R2-Operators-Manual-Spanish1.pdf>.
75. Isaza CA, Isaza GM, Fuentes JG, Marulanda TM. *Fundamentos de farmacología en terapéutica*. Sexta edición ed. Bogotá: Editorial Médica CELSUS; 2014.
76. Machado JE, Cárdenas ML, Ramos-Rodríguez A. *Farmacopendio Bogotá*: Editorial Médica Celsus.; 2015.

77. Ortiz S, Mena L, San Cristobal AR, Martín R. Relationships between central and peripheral corneal thickness in different degrees of myopia. *J Optom.* 2014; 7(1): p. 44-50.
78. Chen YC, Kasuga T, Lee HJ, Lee SH. Correlation between central corneal thickness and myopia in Taiwan. *The Kaohsiung Journal of Medical Sciences.* 2014; 30(1): p. 20-24.
79. AlMahmoud T, Priest D, Munger R, Jackson WB. Correlation between refractive error, corneal power, and thickness in a large population with a wide range of ametropia. *Investigative ophthalmology & visual science.* 2011; 52: p. 1235-1242.
80. West JB, Schoene RB, Luks AM, Milledge JS. *High altitude medicine and physiology.* 5th ed. Group T&F, editor.: CRC Press; 2013.
81. Jha KN. High altitude and the eye. *Asia-Pac J Ophthalmol.* 2012; 1: p. 166-169.
82. Zhao MH, Wu Q, Jia LI, Hu P. Changes in central corneal thickness and refractive error after thin-flap laser in situ keratomileusis in Chinese eyes. *BMC Ophthalmol.* 2015; 15: p. 86.
83. Kaiserman I, Zadok D, Lukovetsky S, Pokroy R. Progression of myopia and astigmatism in aircrew. *Aviation, Space, and Environmental medicine.* 2010 March; 81(3): p. 282.
84. Williams K, Verhoeven V, Cumberland P, Bertelsen G. Prevalence of refractive error in Europe: the European eye epidemiology (E(3)) consortium. *Eur J Epidemiol.* 2015; 30(4): p. 305-15.
85. Pan C, Dirani M, Cheng C, Wong T. The age-specific prevalence of myopia in Asia: a meta-analysis. *Otom Vis Sci.* 2015; 92(3): p. 258-66.
86. Pelegriño F, Pflugfelder S, De Paiva C. Low humidity environmental challenge causes barrier disruption and cornification of the mouse corneal epithelium in mice via a c-jun N-terminal kinase 2 (JNK2) pathway. *Exp Eye Res.* 2012; 94(1): p. 150-156.
87. McCarty D, McCarty C. Survey of dry eye symptoms in Australian pilots. *Clin Exp Ophthalmol.* 2000; 28(3): p. 169-71.
88. Cui X, Hong J, Wang F, Deng SX. Assessment of corneal epithelial thickness in dry eye patients. *Optom Vis Sci.* 2015; 9(12): p. 1446-1454.

89. Liyasova M, Li B, Schopfer LM, Nachon F. Exposure to tri-o-cresyl phosphate detected in jet airplanes passengers. *Toxicol Appl Pharmacol.* 2012; 256(3): p. 337-347.
90. Atebara NH,ea. Óptica Clínica. In Moreno GR, editor. *Curso de Ciencias Básicas y Clínicas.* Primera ed. Barcelona: ElServier; 2011-2012. p. 353.
91. Gilger B,ea. Canine corneal thickness measured by ultrasonic pachymetry. *American Journal of Veterinary Research.* 1991; 52: p. 1570-1572.
92. Pita Fernández S. Determinación del tamaño muestral. *Cad Aten Primaria.* 1996; 3: p. 138-14.
93. Alezzandrini A,ea. Estudio Comparativo de Medición del Espesor Corneal Central Utilizando Paquimetría Ultrasónica y Pentacam. *Archivos de oftalmología de Buenos Aires.* 2009; 80(2): p. 71-73.
94. Davson H. Hydration of the cornea. *J Physiol.* 1954; 125: p. 15-16.