



Universidad
Técnica de
Cotopaxi

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI
FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERIA Y APLICADAS
CARRERA DE INGENIERIA INDUSTRIAL

PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

**“FACTOR ANTROPOMÉTRICO APLICADO AL DISEÑO DE MONTURAS
OFTÁLMICAS MEDIANTE ESCANEEO E IMPRESIÓN 3D”**

Proyecto de Titulación presentado previo a la obtención del Título de Ingeniero
Industrial

Autores:

Sarzosa García Karina Elizabeth

Vallejo Armas Carlos David

Tutor:

Ing. MSc. Ángel Hidalgo Oñate

Latacunga – Ecuador

Febrero 2019



Universidad
Técnica de
Cotopaxi




Ingeniería
Industrial

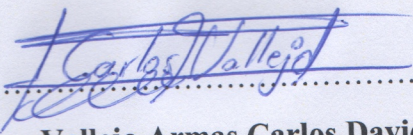
DECLARATORIA DE AUTORIA

Yo, SARZOSA GARCÍA KARINA ELIZABETH y VALLEJO ARMAS CARLOS DAVID declaramos ser autores del presente proyecto de investigación: **“FACTOR ANTROPOMÉTRICO APLICADO AL DISEÑO DE MONTURAS OFTÁLMICAS MEDIANTE ESCANEADO E IMPRESIÓN 3D”**, siendo el Ing. MSc. Ángel Hidalgo Oñate, tutor del presente trabajo; y eximimos expresamente a la Universidad Técnica de Cotopaxi y a sus representantes legales de posibles reclamos o acciones legales.

Además, certificamos que las ideas, conceptos, procedimientos y resultados vertidos en el presente trabajo investigativo, son de nuestra exclusiva responsabilidad.


.....
Sarzosa García Karina Elizabeth

CC: 050398862-8


.....
Vallejo Armas Carlos David

CC: 050322721-7



APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE TITULACIÓN

AVAL DEL TUTOR DE PROYECTO DE TITULACIÓN

En calidad de Tutor del Trabajo de Investigación sobre el título: **“FACTOR ANTROPOMÉTRICO APLICADO AL DISEÑO DE MONTURAS OFTÁLMICAS MEDIANTE ESCANEADO E IMPRESIÓN 3D”**, de SARZOSA GARCÍA KARINA ELIZABETH y VALLEJO ARMAS CARLOS DAVID, de la Carrera de Ingeniería Industrial, considero que dicho Informe Investigativo cumple con los requerimientos metodológicos y aportes científico-técnicos suficientes para ser sometidos a la evaluación del Tribunal de Validación de Proyecto que el Consejo Directivo de la Facultad de Ciencias de la Ingeniería y Aplicadas de la Universidad Técnica de Cotopaxi designe, para su correspondiente estudio y calificación.

Latacunga, febrero del 2019

.....
Ing. MSc. Ángel Guillermo Hidalgo Oñate
CC: 050325740-4



Universidad
Técnica de
Cotopaxi



Ingeniería
Industrial

APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE TITULACIÓN

En calidad de tribunal de Lectores, aprueban el presente Informe de Investigación de acuerdo a las disposiciones reglamentarias emitidas por la Universidad Técnica de Cotopaxi, y por la Facultad de Ciencias de la Ingeniería y Aplicadas; por cuanto, los postulantes: SARZOSA GARCÍA KARINA ELIZABETH y VALLEJO ARMAS CARLOS DAVID, con el título de Proyecto de titulación: “FACTOR ANTROPOMÉTRICO APLICADO AL DISEÑO DE MONTURAS OFTÁLMICAS MEDIANTE ESCaneo E IMPRESIÓN 3D”. Han considerado las recomendaciones emitidas oportunamente y reúne los méritos suficientes para ser sometido al acto de Sustentación de Proyecto.

Por lo antes expuesto, se autoriza realizar los empastados correspondientes, según la normativa institucional.

Latacunga, febrero del 2019

Para constancia firman:

.....
Lector 1 (Presidente)
Nombre: Ing. Medardo Ulloa
CC: 100097032-5

.....
Lector 2
Nombre: Ing. Raúl Andrango
CC: 171752625-3

.....
Lector 3
Nombre: Ing. Carolina Villa
CC: 180307119-8

AGRADECIMIENTO

Agradecemos a los docentes y estudiantes de la Facultad de Ciencias de la Ingeniería y Aplicadas de la Universidad Técnica de Cotopaxi, en especial al Ing. Ramiro Vargas, ex-tutor del proyecto de investigación y al Ing. Ángel Hidalgo, actual tutor; por guiar esta investigación y formar parte de otro objetivo alcanzado.

Agradecemos a nuestros padres por brindar esa motivación tan importante para realizar esta investigación y superar todos los momentos más difíciles durante la vida universitaria.

Karina S. y David V.

DEDICATORIA

Dedicamos este trabajo a nuestro querido amigo Ing. Ramiro Vargas, por ser el impulsador de esta idea y por apoyarnos en cada uno de los pasos realizados en este proceso, los cuales nos permitieron obtener un logro importante a nivel internacional.

“La medida de lo que somos, es lo que hacemos con lo que tenemos.”

GRACIAS.

Karina S. y David V.

ÍNDICE GENERAL

DECLARATORIA DE AUTORIA	ii
AVAL DEL TUTOR DE PROYECTO DE TITULACIÓN	iii
APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE TITULACIÓN	iv
AGRADECIMIENTO	v
DEDICATORIA	vi
RESUMEN	xiv
ABSTRACT.....	xv
AVAL DE TRADUCCIÓN.....	xvi
1. INFORMACIÓN GENERAL.....	1
2. DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO	2
3. JUSTIFICACIÓN DEL PROYECTO	3
4. BENEFICIARIOS DEL PROYECTO.....	4
4.1 Directos	4
4.2 Indirectos	4
5. EL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN	4
5.1 Situación Problemática	5
6. OBJETIVOS	5
6.1 General.....	5
6.2 Específicos	5
7. ACTIVIDADES Y SISTEMA DE TAREAS EN RELACIÓN A LOS OBJETIVOS PLANTEADOS	6
8. FUNDAMENTACIÓN CIENTÍFICO TÉCNICA	8
8.1 Ergonomía.....	8
8.2 Antropometría	8
8.3 La variabilidad humana	8
8.4 La variabilidad antropométrica	9
8.4.1 La herencia genética	9
8.4.2 El sexo.....	9
8.4.3 La edad.....	9
8.5 Tipología del rostro.....	9
8.6 Relación de la tipología del rostro con respecto a las monturas oftálmicas	10
8.5.1 Rostro redondo.....	10

8.5.2 Rostro ovalado	11
8.5.3 Rostro cuadrado	11
8.5.4 Rostro romboidal	12
8.5.3 Rostro triangular	12
8.6 Medidas faciales	13
8.7 Gafa Oftálmica.....	15
8.7.1 Lente Oftálmico	15
8.7.2 Montura Oftálmica.....	15
8.7.2.1 Montura Metálica.....	15
8.7.2.2 Montura Plástica	16
8.12 Sistema de Medidas de la Montura.....	17
8.12.1 Sistema Boxing	17
8.12.2 Sistema Datum.....	18
8.12.3 Sistema Gomac	19
8.13 Parámetros de Adaptación de la Montura al Usuario	20
8.13.1 Ángulo pantoscópico	20
8.13.2 Triángulo de contacto	20
8.13.3 Ángulo del talón.....	21
8.14 Tercera Dimensión.....	21
8.15 Diseño 3D	22
8.16 Software	22
8.17 Escaneo 3D	22
8.18 Impresión 3D	23
8.19 Materiales de Impresión.....	24
9. HIPÓTESIS	25
9.1 Hipótesis Alternativa (H1).....	25
9.2 Hipótesis Nula (H0).....	25
9.3 Variable Independiente	25
9.4 Variable Dependiente	25
10. METODOLOGÍA	25
10.1 Tipo de investigación.....	25
10.2 Método	25
10.3 Técnicas	26
10.3.1 Encuesta	26
10.3.2 Medidas faciales	26

10.3.3 Retroalimentación	26
10.4 Instrumentos.....	26
10.4.1 Cuestionario	26
10.4.2 Software	26
10.4.3 Entrevista	26
11. ANÁLISIS DE RESULTADOS	27
11.1 Objetivo1: Definir los criterios de selección y requerimientos del usuario con respecto a la montura oftálmica para conocer las necesidades del mismo.	27
11.1.1 Segmentación de la población	27
11.1.2 Cuantificación de la muestra.....	27
11.1.3 Criterios de selección, requerimientos, necesidades y dificultades	28
11.2 Objetivo 2: Diseñar un prototipo de montura oftálmica en base a escaneo e impresión 3D para solucionar los problemas del sujeto de prueba.....	33
11.2.1 Escaneo 3D del sujeto de prueba	33
11.2.2 Medidas antropométricas de la cabeza y rostro	35
11.2.3 Modelado 3D de la montura oftálmica	38
11.2.4 Impresión 3D de la montura oftálmica	40
11.3 Objetivo 3: Comparar los resultados obtenidos de la montura oftálmica personalizada con la montura oftálmica estándar para conocer la adaptabilidad del producto en la persona.	44
11.3.1 Comparación de medidas y peso entre la montura oftálmica personalizada y la estándar.	44
11.3.2 Comparación del peso de las monturas oftálmicas	49
11.3.3 Retroalimentación del producto	50
12. IMPACTOS	52
12.1 Impacto tecnológico.....	52
12.2 Impacto económico.....	52
12.3 Impacto ambiental.....	52
12.4 Impacto social	52
13. PRESUPUESTO PARA LA ELABORACIÓN DEL PROYECTO	53
14. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	54
14.1 Conclusiones.....	54
14.2 Recomendaciones	55
15. BIBLIOGRAFÍA	56
ANEXOS	58

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Áreas del conocimiento	2
Tabla 2: Beneficiarios directos	4
Tabla 3: Beneficiarios indirectos.....	4
Tabla 4: Actividades y sistema de tareas en relación a los objetivos planteados.....	6
Tabla 5: Medidas fundamentales del rostro	14
Tabla 6: Medidas faciales habituales.	14
Tabla 7: Población.....	27
Tabla 8: Medidas antropométricas frontales	36
Tabla 9: Medidas antropométricas laterales	36
Tabla 10: Comparación de medidas faciales frontales.....	46
Tabla 11: Comparación de medidas faciales frontales.....	47
Tabla 12: Dimensiones sistema boxing.....	49
Tabla 13: Comparación del peso de las monturas	50
Tabla 14: Presupuesto	53

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Fases de la estructura facial	10
Figura 2: Rostro redondo.....	10
Figura 3: Rostro ovalado	11
Figura 4: Rostro cuadrado	11
Figura 5: Rostro romboidal	12
Figura 6: Rostro triangular	12
Figura 7: Medidas faciales frontales.....	13
Figura 8: Medidas faciales de perfil	14
Figura 9: Montura metálica	15
Figura 10: Componentes montura metálica.....	16
Figura 11: Montura plástica	16
Figura 12: Montura plástica	17
Figura 13: Sistema Boxing	18
Figura 14: Sistema Datum.....	19
Figura 15: Sistema Gomac	19
Figura 16: Ángulo pantoscópico	20
Figura 17: Triángulo de contacto	20
Figura 18: Ángulo del talón.....	21
Figura 19: Objeto tridimensional	21
Figura 20: Diseño 3D objeto	22
Figura 21: Objeto escaneado	23
Figura 22: Impresión 3D	23
Figura 23: Pregunta 1	28
Figura 24: Pregunta 2	29
Figura 25: Pregunta 3	29
Figura 26: Pregunta 4	30
Figura 27: Pregunta 5	30
Figura 28: Pregunta 6	31

Figura 29: Pregunta 7	32
Figura 30: Pregunta 8	32
Figura 31: Pregunta 9	33
Figura 32: Escaneo 3D del sujeto de prueba	34
Figura 33: Modelo 3D del sujeto de prueba	34
Figura 34: Vistas laterales del modelo 3D	35
Figura 35: Medidas antropométricas frontales	35
Figura 36: Medidas antropométricas laterales.....	36
Figura 37: Diferencia de altura de orejas	37
Figura 38: Tipo del rostro del sujeto de prueba.....	37
Figura 39: Boceto N°1 montura oftálmica.....	38
Figura 40: Bisagras en la parte frontal boceto N°1	38
Figura 41: Bisagras en la varilla boceto N°1	38
Figura 42: Boceto N°2 montura oftálmica.....	39
Figura 43: Diseño de ensamblaje parte frontal boceto N°2	39
Figura 44: Ensamblaje de varillas boceto N°2	39
Figura 45: Bisagra prototipo N°1	40
Figura 46: Ensamblaje prototipo N°1	40
Figura 47: Prototipo N°1	41
Figura 48: Bisagra de prototipo fallido	41
Figura 49: Bisagras parte frontal prototipo N°2	42
Figura 50: Bisagras varilla prototipo N°2.....	42
Figura 51: Ensamblaje prototipo N°2	43
Figura 52: Prototipo N°2	43
Figura 53: Grosor de la varilla derecha	44
Figura 54: Medidas faciales frontales de la montura estándar	44
Figura 55: Medidas faciales frontales de la montura personalizada.....	45
Figura 56: Medidas faciales frontales parte superior de la montura estándar	45
Figura 57: Medidas faciales frontales parte superior de la montura personalizada	46
Figura 58: Medidas laterales de la montura estándar	47

Figura 59: Medidas laterales de la montura personalizada	47
Figura 60: Sistema boxing montura estándar	48
Figura 61: Sistema boxing montura personalizada	48
Figura 62: Peso de la montura estándar.....	49
Figura 63: Peso de la montura personalizada	49
Figura 64: Antes y después uso de las monturas oftálmicas	50
Figura 65: Deformación de la montura	51
Figura 66: Montura personalizada.....	51

ÍNDICE DE ECUACIONES

Ecuación 1: Tamaño de la muestra.....	27
---------------------------------------	----

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI

FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA Y APLICADAS

TITULO: “FACTOR ANTROPOMÉTRICO APLICADO AL DISEÑO DE MONTURAS OFTÁLMICAS MEDIANTE ESCANEEO E IMPRESIÓN 3D”.

Autores: SARZOSA GARCÍA KARINA ELIZABETH
VALLEJO ARMAS CARLOS DAVID

RESUMEN

El presente proyecto está enfocado a los estudiantes y docentes de la Facultad de Ciencias de la Ingeniería y Aplicadas de la Universidad Técnica de Cotopaxi de la ciudad de Latacunga-Ecuador, quienes mayoritariamente requieren el uso constante de lentes por diversas razones. Al ser un producto de uso permanente se evidencian varios problemas causados específicamente por el tamaño y peso de los mismos, debido a que estos productos son fabricados con medidas estándar. Esto ocasiona molestias como, dolor y enrojecimiento en las zonas del rostro y cabeza (hueso nasal, hueso temporal, sien y nuca). El proyecto tiene como objetivo diseñar un prototipo de montura oftálmica en base al factor antropométrico mediante escaneo e impresión 3D (tridimensional), utilizando la metodología con un enfoque de tipo exploratoria, que permitió conocer las necesidades y requerimientos de las personas a través de una encuesta. Posteriormente se eligió a un sujeto de prueba para determinar las causas de los problemas que presentaba al utilizar una montura oftálmica estándar, esto tomando las medidas mediante el escaneo 3D para obtener datos reales de la forma de rostro y cabeza, logrando así determinar las medidas precisas necesarias como condición para la fabricación del producto. Continuando con el diseño del prototipo de la montura oftálmica por medio de una herramienta virtual que permitió cumplir con todos los requerimientos de diseño como: color, tamaño, estética y forma, plasmando el boceto virtual en un producto real utilizando la impresión 3D y finalmente se desarrolló una retroalimentación, donde se detectó que la persona presentaba una característica facial no simétrica, misma que fue solucionada a través de la tecnología antes mencionada y también se comparó las dos monturas obteniendo diferenciación de medidas notorias llegando así a la conclusión de que esta era la raíz de los problemas que padecía al principio de esta investigación.

PALABRAS CLAVE: Escaneo 3D, impresión 3D, montura oftálmica, personalización, tecnología.

COTOPAXI TECHNICAL UNIVERSITY

FACULTY OF ENGINEERING SCIENCES AND APPLIED

TOPIC: “ANTHROPOMETRIC FACTOR APPLIED TO THE DESIGN OF OPTHALMIC MOUNTS BY SCANNING AND 3D PRINTING”.

**Authors: SARZOSA GARCÍA KARINA ELIZABETH
VALLEJO ARMAS CARLOS DAVID**

ABSTRACT

The following project focuses on students and teachers from Applied Sciences and Engineering Department in Cotopaxi Technical University in Latacunga city Ecuador. The majority of them require a regular use of glasses due to multiple vision issues. Since glasses are a device used frequently, it is evident various specific problems they can cause. This fact, due to the standard size and weight under which glasses are manufactured. It results in discomforts such as pain and pressure marks over face areas and the head (nasal bone, temporal bone, temple and nape). The project aims to design a prototype of eyeglasses frame based on anthropometric factors taken from three dimensional (3D) scanning. One of the methodologies used was a survey to clearly understand the customer's needs. Once the survey was completed, a person was selected to determine the roots of his problems due to the commercial frame he usually uses. To do so, a 3D scanning was run with the person to acquire real measurements. At the end of the process, the new frame fitted precisely the head shape of the individual. Part of the process involved a software package where several parameters for the design were chosen (color, size, customizing). After the draft version of the frame was obtained using a 3D printer, the feedback was applied with the individual. Basically, from the 3D scanning, a nonsymmetrical facial characteristic was detected. By comparing the commercial eyeglasses frame with the customized one, the origin of the problem was concluded.

KEYWORDS: 3D printing and scanning, eyeglasses frame, personalization, technology.



Título: "FACTORES ANTROPOMÉTRICOS APLICADOS AL DISEÑO DE MONTURAS OFTÁLMICAS MEDIANTE ESCANEADO E IMPRESIÓN 3D".

Fecha: Abril del 2018.

AVAL DE TRADUCCIÓN

Fecha de Emisión: Marzo del 2019.

En calidad de Docente del Idioma Inglés del Centro de Idiomas de la Universidad Técnica de Cotopaxi; en forma legal **CERTIFICO** que: La traducción del resumen de tesis al Idioma Inglés presentado por el señores Egresados: **SARZOSA GARCÍA KARINA ELIZABETH** y **VALLEJO ARMAS CARLOS DAVID** de la Carrera de **INGENIERÍA INDUSTRIAL** de la Unidad Académica de **CIENCIAS DE LA INGENIERIA Y APLICADAS**, cuyo título versa **"FACTOR ANTROPOMÉTRICO APLICADO AL DISEÑO DE MONTURAS OFTÁLMICAS MEDIANTE ESCANEADO E IMPRESIÓN 3D"**, lo realizaron bajo mi supervisión y cumple con una correcta estructura gramatical del Idioma.

En fe de Verdad y en Honor a la Verdad:

Es todo cuanto puedo certificar en honor a la verdad y autorizo a los peticionarios hacer uso del presente certificado de la manera ética que estimaren conveniente.

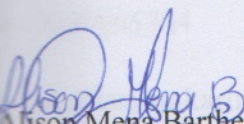
Fecha: 2019-02-01

Correo Electrónico: argel.hidalgo@utc.edu.ec

Latacunga, febrero del 2019

Atentamente, Investigador:

Sarzos García Karina Elizabeth


MSc. Alison Mena Barthelotty
DOCENTE CENTRO DE IDIOMAS
C.C. 050180125-2

Investigador:

Vallejo Armas Carlos David

Fecha: 2019-02-01



1. INFORMACIÓN GENERAL

Título del Proyecto: “FACTORES ANTROPOMÉTRICOS APLICADOS AL DISEÑO DE MONTURAS OFTÁLMICAS MEDIANTE ESCANEEO E IMPRESIÓN 3D”.

Fecha de inicio: Abril del 2018.

Fecha de finalización: Marzo del 2019.

Lugar de ejecución: Universidad Técnica de Cotopaxi, Barrio San Felipe, Parroquia Juan Montalvo, Cantón Latacunga, Provincia de Cotopaxi, Zona 3.

Facultad que auspicia: Ciencias de la Ingeniería y Aplicadas.

Carrera que auspicia: Ingeniería Industrial.

Equipo de Trabajo:

Tutor del Proyecto de Investigación:

Nombre: MSc. Ing. Ángel Guillermo Hidalgo Oñate

Celular: 0998536700

Correo electrónico: angel.hidalgo@utc.edu.ec

Estudiante investigador:

Nombre: Sarzosa García Karina Elizabeth

Celular: 0998965704

Correo electrónico: karina.sarzosa8628@utc.edu.ec

Estudiante investigador:

Nombre: Vallejo Armas Carlos David

Celular: 0995243205

Correo electrónico: carlos.vallejo7217@utc.edu.ec

Área de Conocimiento:

Las áreas de conocimiento que se muestran en la Tabla 1, de acuerdo con los campos de educación y capacitación CINE de la UNESCO.

Tabla 1: Áreas del conocimiento

Campo	Disciplinas	Subdisciplinas
240000 CIENCIAS DE LA VIDA	2402 Antropología	240203 Antropometría
330000 CIENCIAS TECNOLÓGICAS	3310 Tecnología Industrial	331003 Procesos Industriales

Fuente: UNESCO (2014)

Línea de investigación de la Universidad Técnica de Cotopaxi:

La línea de investigación de la Universidad Técnica de Cotopaxi que se apega a la elaboración del presente proyecto es:

Línea 4.- Procesos industriales.

Sublínea de investigación de la carrera de Ingeniería Industrial:

La sublínea de la carrera es:

Sublínea 2.- Administración y gestión de la producción - Diseño y desarrollo de productos.

2. DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO

El presente proyecto nació del problema de visión que padecen varios estudiantes y docentes de la Facultad de Ciencias de la Ingeniería y Aplicadas de la Universidad Técnica de Cotopaxi de la ciudad de Latacunga-Ecuador, los mismos que tienen molestias en el hueso nasal, hueso temporal, sien y nuca, lo que como consecuencia genera dolores de cabeza en los usuarios, en especial en quienes inician con el uso de este producto.

Este proyecto se basó en la personalización de la montura oftálmica a través de la tecnología 3D, como es el Escaneo e Impresión.

Es así que la tecnología 3D, en este caso el escaneo permitió crear un boceto virtual de la cabeza y rostro del usuario, con la finalidad de determinar las medidas exactas que la persona tiene para posteriormente diseñar el producto mediante un software.

El diseño del prototipo de montura oftálmica se lo realizó en base a los datos del escaneo, tomando en consideración los requerimientos de un usuario, es decir el color, tamaño, estética, forma y peso. En esta herramienta virtual el cliente pudo visualizar la montura y realizó cambios en la misma. Posteriormente al diseño se realizó la impresión 3D, la misma que realiza trabajos con un material plástico como es el acrilonitrilo butadieno estireno (ABS).

Como resultado final se obtuvo un producto que cumplió con todos los requerimientos y necesidades de un usuario y eliminó los problemas que presentaba al inicio.

3. JUSTIFICACIÓN DEL PROYECTO

El presente proyecto tiene como finalidad dar soluciones ergonómicas basadas en tecnología de prototipado rápido 3D, por lo tanto permite ayudar a las personas que presenten diferencias genéticas y como consecuencia transformar de forma positiva la calidad de vida de los estudiantes y docentes de la facultad de CIYA de la Universidad Técnica de Cotopaxi, ya que el 85% de este grupo utilizan gafas oftálmicas para desempeñar sus actividades diarias, los mismos que presentan diferentes molestias en las zonas del rostro provocando que el usuario se adapte al objeto, de esta manera se quebranta el principio básico de la ergonomía. Este producto brinda la sujeción ergonómica de los lentes oftálmicos con el objetivo de que el usuario corrija su problema de visión.

La Carrera de Ingeniería Industrial abarca varias áreas del conocimiento, las mismas que se relacionan de manera directa con el proyecto, y varias de estas son: Ergonomía, Elaboración y evaluación de proyectos, Calidad, Administración de la producción y Sistemas Computer Aided Design, “Diseño Asistido por Computador” (CAD), mismas que facilitaron la elaboración del presente proyecto de investigación.

4. BENEFICIARIOS DEL PROYECTO

4.1 Directos

Tabla 2: Beneficiarios directos

Carreras de CIYA	Número
Ingeniería Eléctrica	546
Ingeniería Industrial	574
Ingeniería Electromecánica	548
Ingeniería Sistemas de información	475
Total estudiantes	2143
Total docentes	81
TOTAL	2224

Fuente: Secretaría de la Facultad de CIYA

Los beneficiarios del presente proyecto son el 85% entre estudiantes y docentes de la Facultad de Ciencias de la Ingeniería y Aplicadas de la Universidad Técnica de Cotopaxi (Tabla 2) de la ciudad de Latacunga.

4.2 Indirectos

Tabla 3: Beneficiarios indirectos

Empresas	Ciudad
TESLA 3D	Latacunga
McTronic	Latacunga
Tecnovast	Latacunga
KLAR impresiones 3D	Latacunga
IDEE 3D	Latacunga
Creaciones ED	Latacunga
Devol Cotopaxi	Latacunga

Fuente: Autores

Los beneficiarios indirectos son aquellas empresas que brindan el servicio de impresión 3D en la provincia de Cotopaxi, como se muestra en la Tabla 3.

5. EL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

La inexistencia de soluciones ergonómicas en base al factor antropométrico para la creación de un prototipo de montura oftálmica ocasiona dolor y enrojecimiento en las zonas del rostro y cabeza: hueso nasal, hueso temporal, sien y nuca.

5.1 Situación Problemática

A nivel mundial se estima que existen 1.800 millones de personas que utilizan lentes, y se proyecta que para el año 2020 alcancen los 2.300 millones, esto quiere decir que estas cifras tienen una tendencia creciente en cuanto exista un aumento poblacional (Escobar, 2014).

En Ecuador aproximadamente el 62% de la población usa lentes (Hernández, 2012), debido a que los lentes se han convertido actualmente en uno de los accesorios más importantes para la visión, y también para la moda popular.

Según (Mejor Visión, 2012) los lentes y gafas han adoptado sus diseños y formas actuales con el pasar de los años. Hoy en día, estos se pueden encontrar en diferentes diseños y materiales con medidas estándar, y es por esta razón que se vuelve complicado encontrar monturas oftálmicas que cumplan con las necesidades de las personas.

En la Universidad Técnica de Cotopaxi de la Facultad de CIYA, existe un 85 % entre estudiantes y docentes que utilizan lentes, a los que se les presenta varios problemas ergonómicos al momento de usarlos, esto debido a que este tipo de productos no se adaptan al usuario, sino todo lo contrario, el usuario se adapta al producto, contradiciendo uno de los principios básicos de la ergonomía.

6. OBJETIVOS

6.1 General

Diseñar un prototipo de montura oftálmica en base al factor antropométrico mediante escaneo e impresión 3D para disminuir las molestias que se presentan en las zonas del rostro y cabeza.

6.2 Específicos

- Definir los criterios de selección y requerimientos del usuario con respecto a la montura oftálmica para conocer las necesidades del mismo.
- Diseñar un prototipo de montura oftálmica en base a escaneo e impresión 3D para solucionar los problemas del sujeto de prueba.
- Comparar los resultados obtenidos de la montura oftálmica personalizada con la montura oftálmica estándar para conocer la adaptabilidad del producto en la persona.

7. ACTIVIDADES Y SISTEMA DE TAREAS EN RELACIÓN A LOS OBJETIVOS PLANTEADOS

Tabla 4: Actividades y sistema de tareas en relación a los objetivos planteados

Objetivo	Actividad (tareas)	Resultado de la actividad	Descripción de la actividad (técnicas e instrumentos)
<p>1. Definir los criterios de selección y requerimientos del usuario con respecto a la montura oftálmica para conocer las necesidades del mismo.</p>	<p>1.1 Determinar la población hacia la cual está direccionado el proyecto. 1.2 Calcular la muestra de la población. 1.3 Elaborar y aplicar la encuesta para conocer los criterios de selección y requerimientos del usuario a la muestra obtenida.</p>	<p>1.1.1 Segmentación de la población. 1.2.1 Muestra cuantificada. 1.3.1 Criterios de selección, requerimientos, necesidades y dificultades de los encuestados.</p>	<p>1.1.1.1 Se tomó datos oficiales del número de estudiantes y docentes en la secretaria de la facultad de CIYA. 1.2.1.1 Se realizó el cálculo de la muestra mediante la fórmula. 1.3.1.1 Se utilizó los formularios de google, una aplicación vía internet que permitió validar el ingreso de datos de los estudiantes y docentes a través de los correos institucionales. Técnica: Encuesta Instrumento: Cuestionario</p>
<p>2 Diseñar un prototipo de montura oftálmica en base a escaneo e impresión 3D para solucionar los problemas del sujeto de prueba.</p>	<p>2.1 Realizar escaneo 3D a un sujeto de prueba. 2.2 Determinar las medidas antropométricas del sujeto de prueba. 2.3 Diseñar la montura oftálmica en base a las medidas obtenidas. 2.4 Imprimir la montura oftálmica.</p>	<p>2.1.1 Modelado 3D del sujeto de prueba. 2.2.1 Medidas antropométricas exactas de la cabeza y rostro. 2.3.1 Modelado 3D de la montura oftálmica. 2.4.1 Montura oftálmica impresa.</p>	<p>2.1.1.1 Se realizó el escaneo al sujeto de prueba empleando el software de escaneo Skanect 1.9.1 y el hardware Kinect V 1.8.0. 2.2.1.1 Se tomó medidas del modelo 3D del sujeto de prueba en el software Inventor. 2.3.1.1 Se usó el software Inventor para el modelado. 2.4.1.1 Se realizó la impresión 3D. Técnica: Medidas faciales Instrumento: Software Inventor</p>

<p>3 Comparar los resultados obtenidos de la montura oftálmica personalizada con la montura oftálmica estándar para conocer la adaptabilidad del producto en la persona.</p>	<p>3.1 Comparar las medidas entre el prototipo y el estándar.</p> <p>3.2 Comparar el peso de las monturas oftálmicas.</p> <p>3.3 Realizar una retroalimentación del producto.</p>	<p>3.1.1 Diferenciación de medidas entre la monturas.</p> <p>3.2.1 Diferenciación del peso de las monturas oftálmicas.</p> <p>3.3.1 Adaptabilidad del producto.</p>	<p>3.1.1.1 Se tomó medidas mediante el software, basándose en las medidas faciales y en el sistema de medidas para monturas Boxing.</p> <p>3.2.1.1 Se comparó el peso de las monturas utilizando una balanza de bolsillo.</p> <p>3.3.1.1 Se realizó una retroalimentación mediante un seguimiento, esto aplicando una entrevista al sujeto de prueba acerca del uso del prototipo. Técnica: Retroalimentación Instrumento: Entrevista</p>
--	---	---	---

Fuente: Autores

8. FUNDAMENTACIÓN CIENTÍFICO TÉCNICA

8.1 Ergonomía

Ergonomía es la ciencia que asocia las interacciones entre los seres humanos y otros elementos de un sistema, es decir es la disciplina que aplica la teoría, lineamientos, herramientas ideales, métodos al diseño del lugar de trabajo (Sánchez, 2016), con la finalidad de que la persona desarrolle sus funciones en un lugar agradable y a su vez optimizar su bienestar.

La ergonomía tiene como objetivo dar lineamientos al diseñador para mejorar el rendimiento y desempeño a realizar por el conjunto hombre – objeto (Gómez, 2004), ya que para poder conseguirlo el ser humano desarrolla sus ideas, mientras el objeto se adapta a las características del mismo.

8.2 Antropometría

La antropometría es la ciencia que calcula y designa las medidas del cuerpo humano, ya sea en reposo o en movimiento, las mismas que están determinadas por la longitud de los huesos, músculos y de la forma de las articulaciones (Sánchez, 2016), además que ayuda a establecer datos antropométricos para la creación de objetos que se ajusten a las características físicas de las personas.

El cuerpo humano tiene dimensiones de dos tipos: estructurales y funcionales. Las estructurales son la cabeza, tronco y extremidades mientras que las funcionales son las que involucran el movimiento realizado por el cuerpo dentro de una actividad específica (Lescay, 2017). En la antropometría estructural se consideran las medidas del cuerpo humano cuando este se encuentre en posición fija y en la antropometría funcional se toman las medidas cuando el cuerpo este en movimiento. Las medidas antropométricas varían entre personas, ya sea por la raza, edad, sexo, etc.

8.3 La variabilidad humana

En el mundo existen muchos individuos de diferente sexo, edad, raza y condición socioeconómica, y estos a su vez poseen distintas características físicas, por lo que varía su forma, tamaño, proporción, color de piel, tipo de cabello, etc. (Lescay, 2017). Esto se da por la evolución biológica del hombre y por la diferenciación de grupos poblacionales existentes en todo el mundo.

8.4 La variabilidad antropométrica

La variabilidad antropométrica de una población está determinada, principalmente, por tres tipos de factores:

8.4.1 La herencia genética

Los diferentes grupos de la especie humana desarrollaron diferentes características físicas, esto con la finalidad de adaptarse a las cambiantes condiciones climáticas en las diferentes zonas geográficas (Lescay, 2017), y desde entonces han ido evolucionado varias generaciones humanas y a la vez han transmitido la genética a cada una de ellas.

8.4.2 El sexo

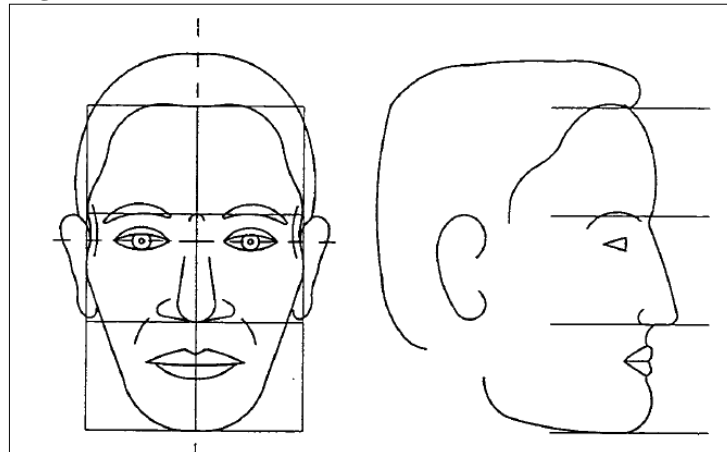
El sexo es el factor que diferencia a los hombres de las mujeres, debido a que la estructura y composición esquelética y muscular del hombre es diferente a la de la mujer, esto debido a los distintos roles que juegan cada uno de ellos en la reproducción biológica (Lescay, 2017). Los hombres por lo general poseen mayor estatura que las mujeres, y ellas a su vez tienen la anchura de la cadera más pronunciada con relación a la del sexo opuesto.

8.4.3 La edad

El cuerpo humano tiene dimensiones que con el pasar del tiempo van presentado cambios, estos pueden ser en estatura, longitud y anchura de los miembros del cuerpo, (Lescay, 2017). En base a la edad de la persona el cuerpo humano puede ir creciendo como también disminuyendo, es decir una persona puede crecer hasta los 24 años de edad y pasado los 50 años tendrá una reducción de su cuerpo.

8.5 Tipología del rostro

La tipología del rostro muestra la estructura facial del ser humano (Figura 1), ya que la forma de la cara de las personas varía y esto ocasiona diferenciación entre ellas (Castro, 2015). Esto hace que al momento de elegir cualquier objeto para uso personal sea más fácil para el individuo ya que según su tipo de rostro se puede facilitar el proceso de selección de los mismos.

Figura 1: Fases de la estructura facial

Fuente: (Aregay, Salvadó, Fransoy, Flores , Hernández, & Royo, 2001)

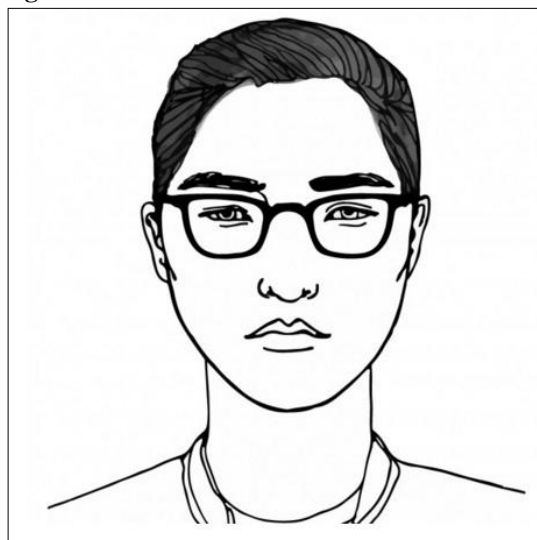
Existen elementos característicos que poseen las personas debido a la edad, los rasgos genéticos y las diferentes razas, los mismos que sirven al momento de analizar un rostro (Aregay, Salvadó, Fransoy, Flores , Hernández, & Royo, 2001). Dichos elementos característicos tienen formas y medidas específicas en cada uno de los rostros y demuestra que los seres humanos somos asimétricos.

8.6 Relación de la tipología del rostro con respecto a las monturas oftálmicas

A continuación se detalla los tipos de rostro y las formas adecuadas de monturas oftálmicas.

8.5.1 Rostro redondo

Las monturas cuadradas es la mejor opción para este tipo de rostro (Aregay, Salvadó, Fransoy, Flores , Hernández, & Royo, 2001), esto permite resaltar los ángulos de la cara y que esta luzca menos redonda, como se muestra en la Figura 2.

Figura 2: Rostro redondo

Fuente: <https://www.roberts.com.mx/el-armazon-perfecto-segun-tu-tipo-de-rostro/>

8.5.2 Rostro ovalado

Las monturas del tipo cuadrado y rectangular son las adecuadas para este rostro (Aregay, Salvadó, Fransoy, Flores , Hernández, & Royo, 2001), un opción correcta debido al contraste de estructuras, como se muestra en la Figura 3.

Figura 3: Rostro ovalado



Fuente: <https://www.roberts.com.mx/el-armazon-perfecto-segun-tu-tipo-de-rostro/>

8.5.3 Rostro cuadrado

Para este rostro se puede utilizar monturas de tipo redonda y más ligeros (Aregay, Salvadó, Fransoy, Flores , Hernández, & Royo, 2001), de esta manera se equilibra su estructura realizando un contraste de formas, como se muestra en la Figura 4.

Figura 4: Rostro cuadrado



Fuente: <https://www.roberts.com.mx/el-armazon-perfecto-segun-tu-tipo-de-rostro/>

8.5.4 Rostro romboidal

Para equilibrar este rostro se recomienda utilizar monturas ovaladas (Aregay, Salvadó, Fransoy, Flores , Hernández, & Royo, 2001), lo que se busca es suavizar los pómulos y nivelar la frente con respecto a la barbilla, como se muestra en la Figura 5.

Figura 5: Rostro romboidal



Fuente: <https://www.roberts.com.mx/el-armazon-perfecto-segun-tu-tipo-de-rostro/>

8.5.3 Rostro triangular

El rostro triangular se compone de una frente ancha, por tal motivo de formas cuadradas o redondas que sean de formas ligeras (Aregay, Salvadó, Fransoy, Flores , Hernández, & Royo, 2001), como se muestra en la Figura 6.

Figura 6: Rostro triangular



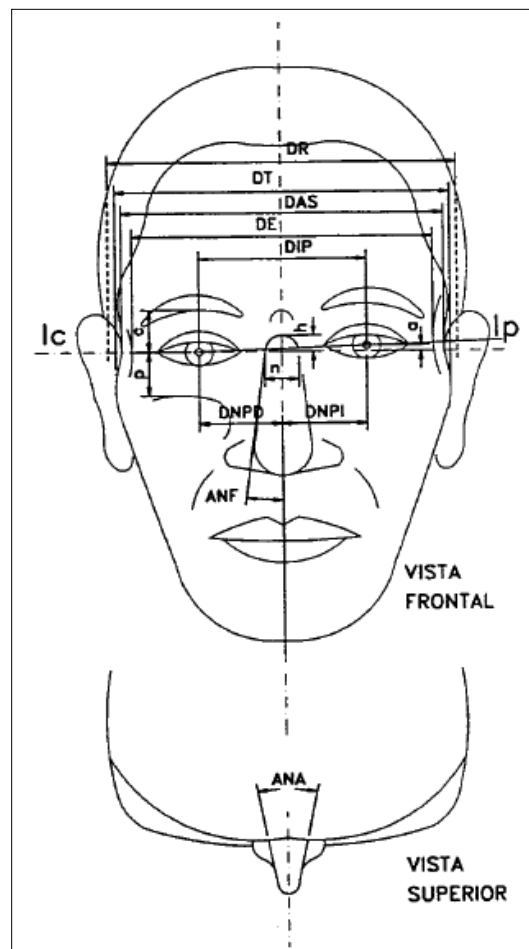
Fuente: <https://www.roberts.com.mx/el-armazon-perfecto-segun-tu-tipo-de-rostro/>

8.6 Medidas faciales

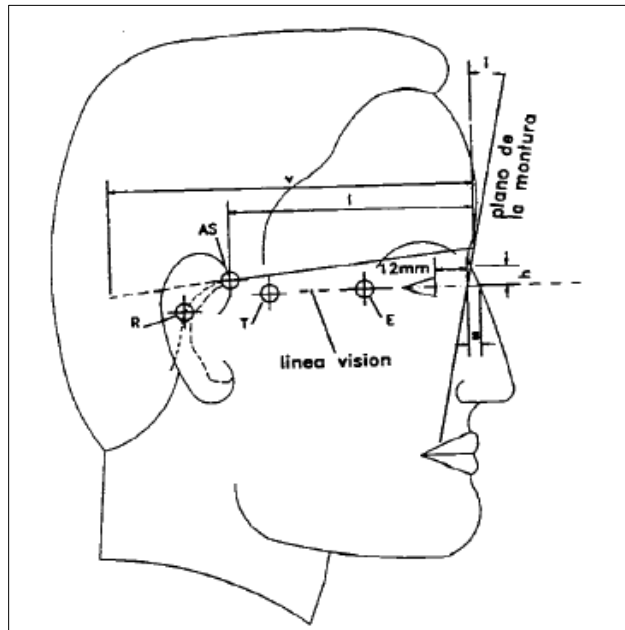
Las medidas faciales son las que indican al ser humano la montura oftálmica a elegir, en este caso para que se adapten las monturas de forma adecuada la zona más importante es la cercana a los ojos (Aregay, Salvadó, Fransoy, Flores , Hernández, & Royo, 2001). Estas medidas aseguran que se pueda proveer un buen montaje a los lentes y este objeto pueda adaptarse de forma adecuada al usuario.

De este modo se trabaja con el plano frontal del rostro, adaptándole el plano de la montura que nos ayudara a definir unas medidas frontales (Figura 7) y también algunas de perfil (Figura 8). En la Tabla 5 se presenta un resumen de las medidas fundamentales del rostro, tanto principales como complementarias, y la Tabla 6 se muestra un ejemplo de medidas faciales habituales.

Figura 7: Medidas faciales frontales



Fuente: (Aregay, Salvadó, Fransoy, Flores, Hernández, & Royo, 2001)

Figura 8: Medidas faciales de perfil

Fuente: (Aregay, Salvadó, Fransoy, Flores, Hernández, & Royo, 2001)

Tabla 5: Medidas fundamentales del rostro

Medidas frontales principales	
DE	distancia esfenoidal
DT	distancia temporal
ANF	ángulo nasal frontal
Medidas frontales relativas al plano de la montura	
a	ancho nasal
Medidas de perfil	
i	ángulo de inclinación del plano de la montura
l	longitud de la varilla
v	longitud total de la varilla (nominal)

Fuente: (Castro, 2015)

Tabla 6: Medidas faciales habituales.

Dimensión	Hombres		Mujeres	
	Rango	Valor medio	Rango	Valor medio
DE	110 a 125 mm	120	105 a 120 mm	110
ANA	0 a 50°	22°	0 a 50°	25°

Fuente: (Castro, 2015)

8.7 Gafa Oftálmica

Las gafas oftálmicas son objetos que se utilizan para corregir problemas de visión que padecen los seres humanos (Arroyo, 2017). Este tipo de objetos se han convertido en artículos de uso diario y en algunos casos como accesorios para la moda popular. Los componentes de una gafa oftálmica son: el lente y la montura oftálmica.

8.7.1 Lente Oftálmico

La lente oftálmica es un objeto transparente, que sirve para focalizar la imagen de los objetos lejanos o para corregir algún padecimiento de visión de las personas (Arroyo, 2017). La lente oftálmica ayuda a desviar los rayos solares para cambiar la trayectoria de los mismos y de esta manera formar una imagen en otro punto distinto.

8.7.2 Montura Oftálmica

Es un armazón que sirve para acoplar los cristales o lunas correctoras de visión y estos se apoyan sobre la nariz y orejas del ser humano (Alfaro & Aragón , 2014). Este tipo de estructuras son muy utilizadas hoy en día por personas que padecen problemas en su visión y también porque se han convertido en objetos de moda.

8.7.2.1 Montura Metálica

Esta montura como su nombre lo dice está fabricada por materiales metálicos (Figura 9). (Galindo & Villegas, 2001), y la misma está constituida por varias acoples y piezas que conforman este modelo.

Figura 9: Montura metálica



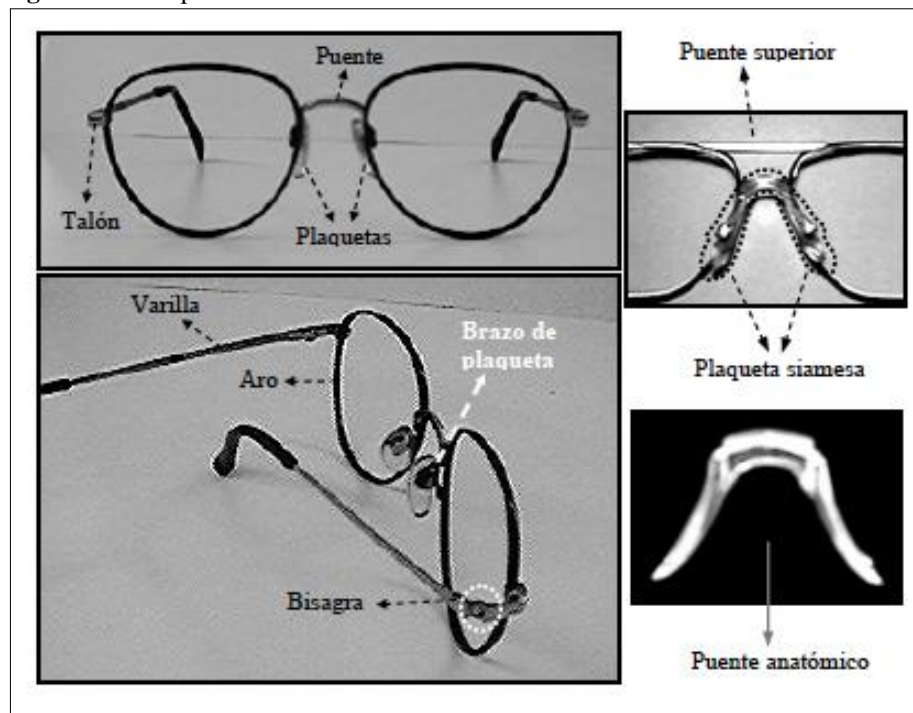
Fuente: (Aregay, Salvadó, Fransoy, Flores , Hernández, & Royo, 2001)

Los componentes de la montura metálica se muestran en la Figura 10 y se menciona a continuación:

- **Cierre de aro:** área donde se abre o se cierra el aro con un tornillo.
- **Puente superior:** este puente se encuentra en algunas monturas por encima del habitual y sirve para mejorar la estética.

- **Puente anatómico:** este puente se acopla a la montura metálica y es de material plástico, además que sigue la forma de la nariz.
- **Plaqueta:** es una almohadilla de material plástico que sirve para apoyar la nariz y dar comodidad.
- **Plaqueta siamesa:** son dos plaquetas unidas por la parte superior y estas forman una sola, y sirven para apoyar la nariz.

Figura 10: Componentes montura metálica



Fuente: (Galindo & Villegas, 2001)

8.7.2.2 Montura Plástica

Esta montura está fabricada de material plástico y constituida en un solo cuerpo (Galindo & Villegas, 2001), y por tal razón no necesita de otros accesorios para su conformación (Figura 11).

Figura 11: Montura plástica

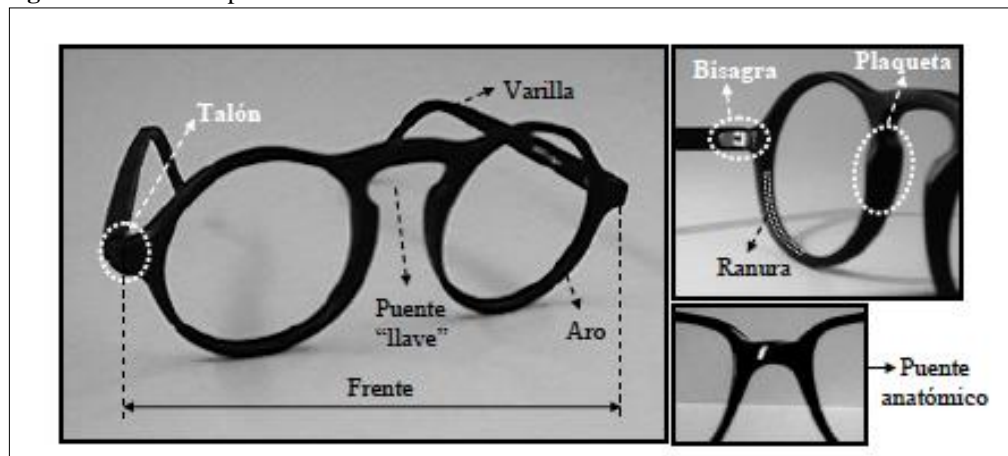


Fuente: (Aregay, Salvadó, Fransoy, Flores, Hernández, & Royo, 2001)

Los componentes de la montura plástica se muestran en la Figura 12 y se menciona a continuación:

- **Puente anatómico:** este puente es el más utilizado en monturas plásticas especialmente por la comodidad que brinda al usuario.
- **Puente “llave”:** este puente tiene la particularidad de que en la parte superior del mismo no sigue la forma de la nariz y por ende no es muy utilizado.

Figura 12: Montura plástica



Fuente: (Galindo & Villegas, 2001)

8.12 Sistema de Medidas de la Montura

Existen tres sistemas de medidas correspondientes a la norma UNE-EN-ISO 8624: 2011 “Óptica e instrumentos de óptica. Óptica Oftálmica. Sistema de medida de monturas de gafas”:

8.12.1 Sistema Boxing

Para este sistema se toma en consideración las medidas globales del calibre de la lente, su altura y anchos máximos, conformando una caja de referencia (Galindo & Villegas, 2001), como se muestra en la Figura 13. Por tal razón el centro de esta estructura corresponde al centro geométrico de dicho rectángulo.

THL: Tamaño horizontal del lente

TVL: Tamaño vertical del lente

CB: Centro Boxing

DEC: Distancia entre Centros

DEL: Distancia entre Centros

MLH: Máxima Largura Horizontal

AP: Altura del Puente

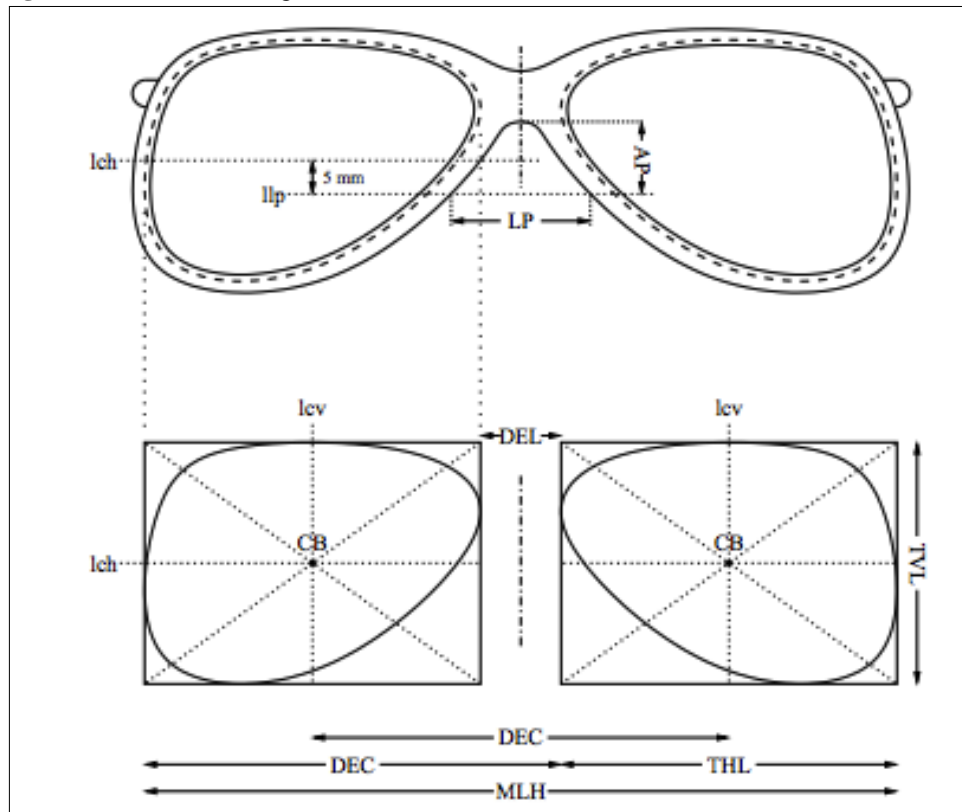
LP: Largura del Puente

lch: línea del centrado horizontal

lcv: línea del centrado vertical

llp: línea del ancho del puente

Figura 13: Sistema Boxing



Fuente: (Prieto, 2009)

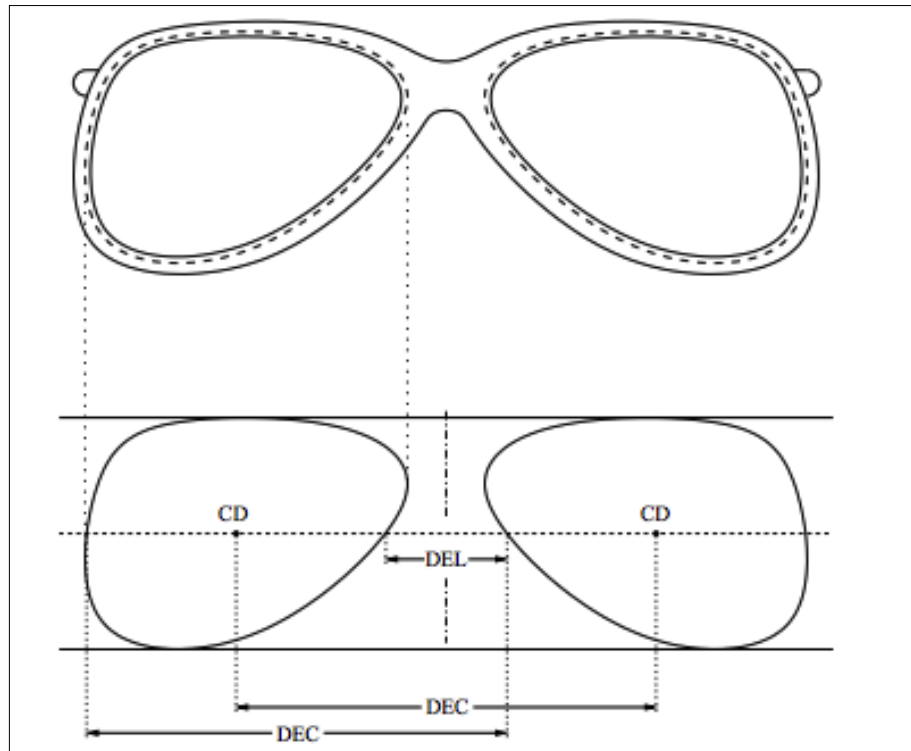
8.12.2 Sistema Datum

En este sistema las medidas están formadas en base del eje horizontal que se forma a media altura del calibre (Castro, 2015), como se muestra en la Figura 14. Por lo tanto estas medidas serán paralelas a dicho eje y las mismas para cada lente.

CD: Centro Datum

DEC: Distancia entre centros

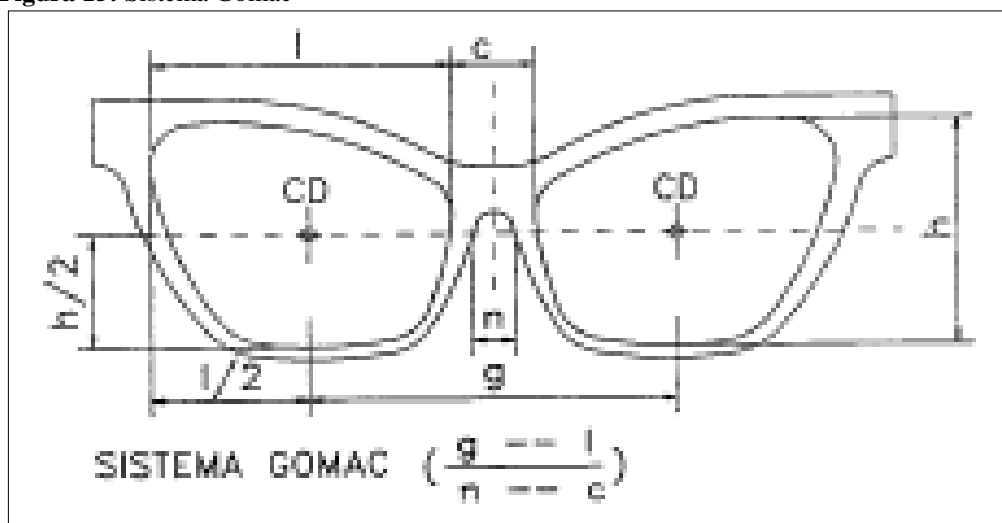
DEL: Distancia entre lentes

Figura 14: Sistema Datum

Fuente: (Prieto, 2009)

8.12.3 Sistema Gomac

Este sistema es un resumen de los dos sistemas boxing y datum, incluyendo la medida que corresponde a la anchura del arco del puente a la altura del eje horizontal (Galindo & Villegas, 2001), como se muestra en la. Por esta razón este sistema es un poco complejo al momento de interpretar y es muy poco utilizado para la elaboración de este tipo de objetos.

Figura 15: Sistema Gomac

Fuente: (Aregay, Salvadó, Fransoy, Flores , Hernández, & Royo, 2001)

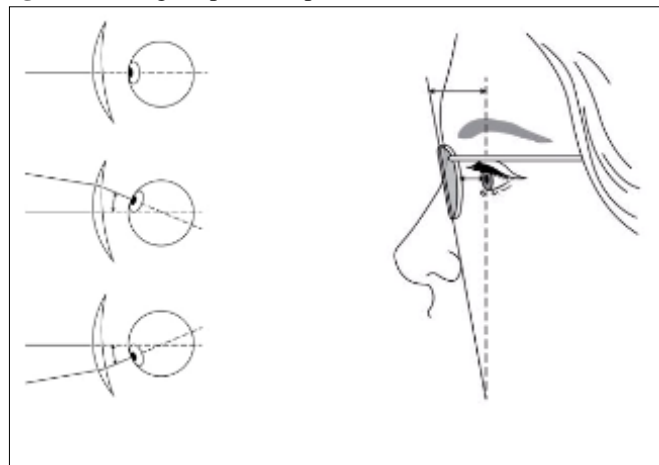
8.13 Parámetros de Adaptación de la Montura al Usuario

La adaptación anatómica al usuario se basa en tres parámetros de adaptación:

8.13.1 Ángulo pantoscópico

Este ángulo está formado por el plano del lente y la vertical medida en grados, es decir el extremo inferior del lente con respecto a la cara de la persona (Guerra, Piñero, & Basulto, 2017), como se muestra Figura 16. Al formarse este ángulo se incrementa el campo visual y también mejora el aspecto de las gafas.

Figura 16: Ángulo pantoscópico

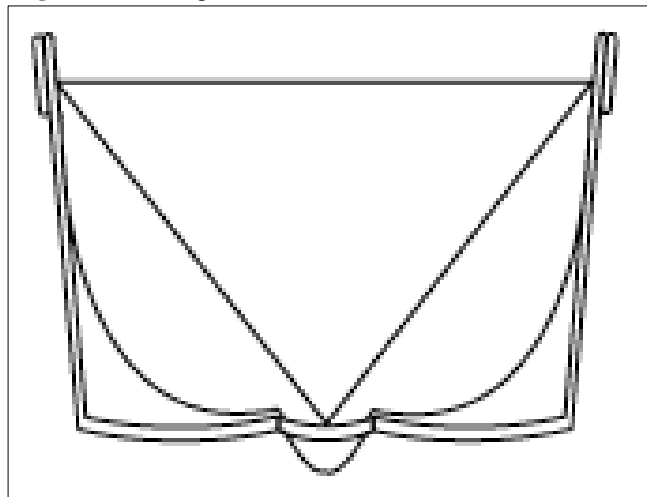


Fuente: <http://www.crossbowsoptical.com/es/glass-lenses/design-features/>

8.13.2 Triángulo de contacto

El peso de las gafas se reparte en 3 puntos principales de la cabeza, en las dos orejas y en el hueso nasal (Rodríguez, 2014), como se muestra en la Figura 17. Es así que cuando la persona se encuentra con la cabeza recta, el hueso nasal soporta dos tercios del peso del lente.

Figura 17: Triángulo de contacto

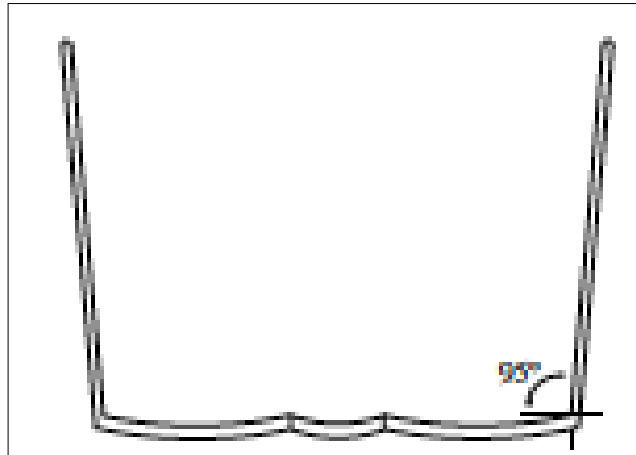


Fuente: (Aregay, Salvadó, Fransoy, Flores , Hernández, & Royo, 2001)

8.13.3 Ángulo del talón

Este ángulo está formado entre el frente del lente y las varillas del mismo (Castaño, 2014). Además el valor del ángulo debe ser aproximadamente de 95° , como se muestra Figura 18.

Figura 18: Ángulo del talón

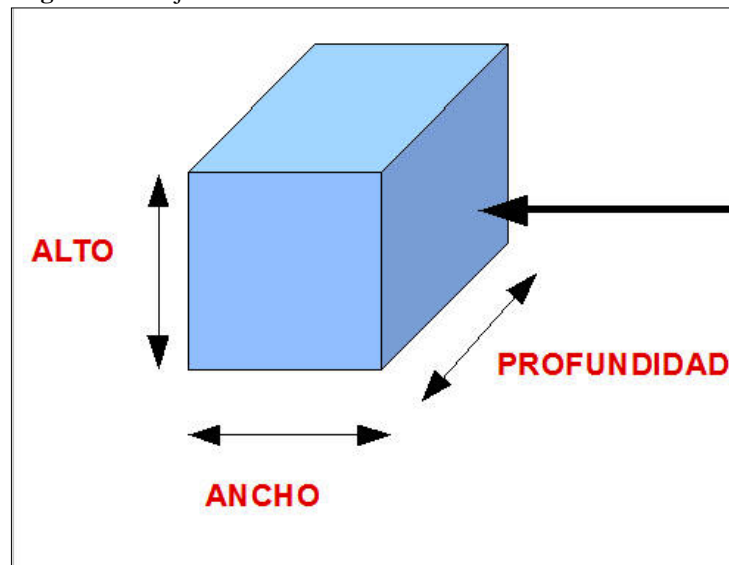


Fuente: (Aregay, Salvadó, Fransoy, Flores , Hernández, & Royo, 2001)

8.14 Tercera Dimensión

La tercera dimensión (3D) es una técnica que nos permite reproducir información visual en tres dimensiones como son anchura, altura y profundidad (Morataya, 2015), como se muestra en la Figura 19. Con la tercera dimensión se puede proyectar cualquier objeto o cuerpo en su forma real.

Figura 19: Objeto tridimensional

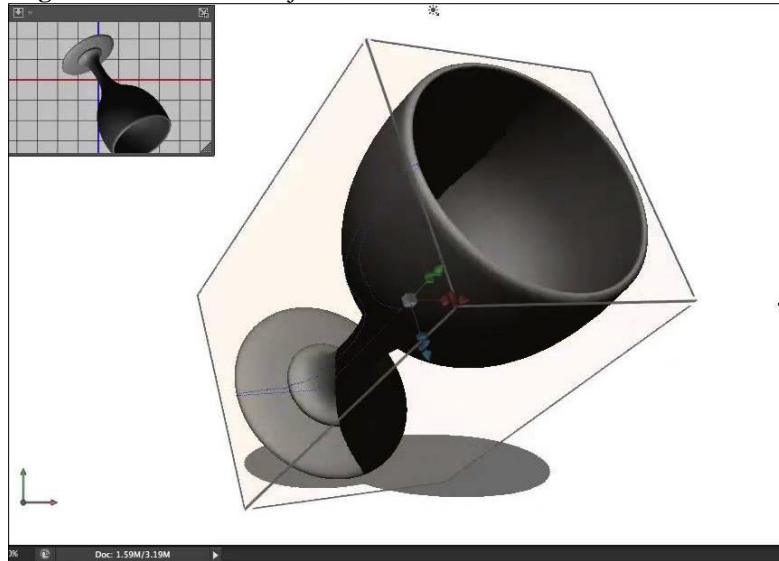


Fuente: <http://roble.pntic.mec.es/janb0012/TEORICABALLERA.html>

8.15 Diseño 3D

El diseño 3D permite realizar un objeto en las tres dimensiones (ancho, alto, profundidad) a través de software, y de esta manera obtener las vistas del objeto de forma más simple (Alarte, 2014), como se muestra en la (Figura 20). En los programas de diseño 3D se puede apreciar los objetos en planta, alzados y perfiles.

Figura 20: Diseño 3D objeto



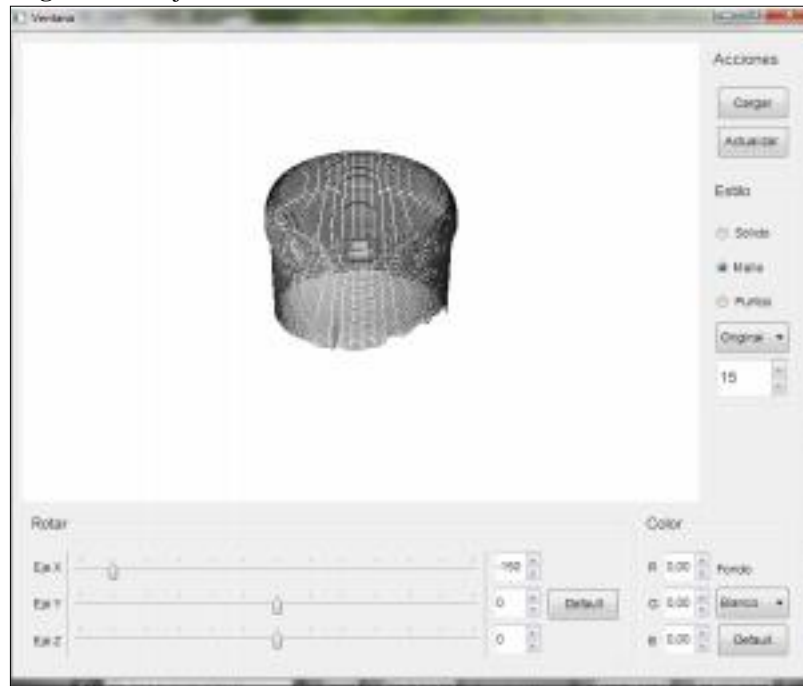
Fuente: <http://www.creativecommons.uy/como-cumplir-con-la-atribucion-de-objetos-3d-impresos/>

8.16 Software

El software es un soporte lógico de un sistema informático que permite diseñar cualquier objeto, los software más utilizados en la modelación y diseño 3D son: Blender 3D, CURA, SolidWorks, Inventor (Mejía, 2016). Los software de diseño plasman un objeto de dos dimensiones a tres dimensiones, para posteriormente enviar información a un hardware e imprimirlo.

8.17 Escaneo 3D

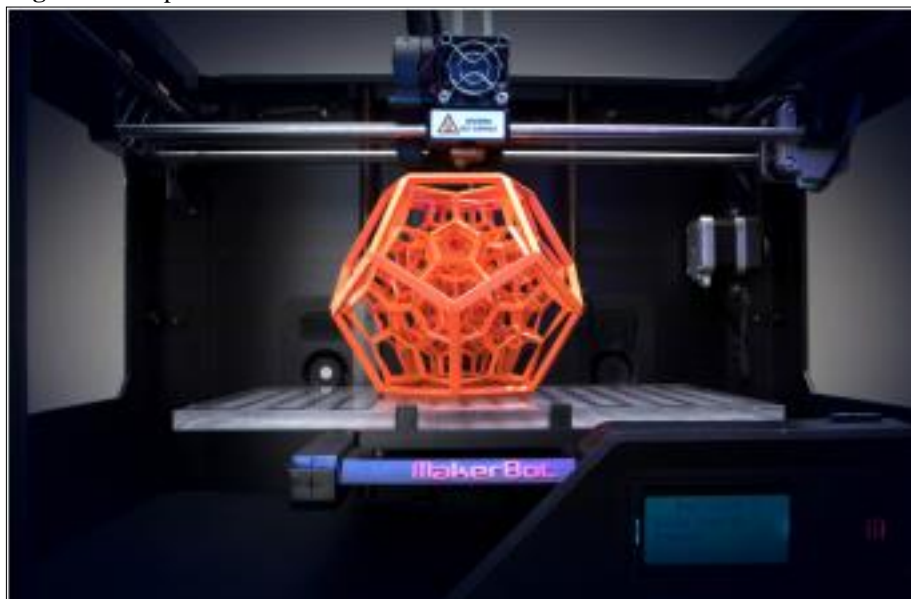
Mediante el escaneo 3D se puede analizar un objeto para reunir datos de su forma. La información que se obtiene es utilizada para crear modelos digitales en tres dimensiones (Crespo & Fernández, 2014). La manera en la que se va creando la imagen es mediante la formación de una infinidad de puntos sobre una malla o superficie de un objeto como se muestra en la (Figura 21).

Figura 21: Objeto escaneado

Fuente: (Crespo & Fernández , 2014)

8.18 Impresión 3D

La impresión 3D es una tecnología que permite crear un producto mediante la adición de capas sucesivas de material (Morataya, 2015), como se muestra en la (Figura 22). Con este tipo de tecnología es posible elaborar elementos de forma más sencilla y rápida en sus tres dimensiones.

Figura 22: Impresión 3D

Fuente: (Morataya, 2015)

8.19 Materiales de Impresión

- **Acrilonitrilo Butadieno Estireno (ABS):** Es un material termoplástico compuesto de acrilonitrilo, butadieno y estireno. El ABS es soluble en acetona y su densidad es 1,05 g.cm⁻³. Para trabajar con este material el cabezal debe estar entre 230 y 245°C y la bandeja necesita una temperatura de 110°C (Mejía, 2016). El acrilonitrilo proporciona dureza a grandes temperaturas, el butadieno provee firmeza en temperaturas bajas y protección contra impacto.
- **Poliácido Láctico (PLA):** Este material está hecho de ácido láctico, el cual es el mismo fluido que se genera cuando el cuerpo se encuentra en actividad física (Morataya, 2015). Dicho material es más fuerte y se derrite a una temperatura más baja que el termoplástico ABS.
- **Acetato de Polivinilo (PVA):** Es también conocido como alcohol de polivinilo, y se usa generalmente como soporte para fabricar las piezas, ya que se disuelve con agua. (Morataya, 2015)
- **NYLON:** Este material se caracteriza por ser muy pegajoso y absorber mucha humedad, es por tal razón que debe ser secado en un horno antes de ser usado, además tiende a encogerse y no se adhiere firmemente a otros materiales como el aluminio y el cristal (Mejía, 2016). Cabe recalcar que es un material que tiene un muy buen acabado, de poca viscosidad y sobre todo resistente a altas temperaturas.
- **Polietileno de Alta Densidad (PEAD):** Es un material resistente a pegamentos y disolventes, además de ser un polietileno de fácil compactación este se imprime a la temperatura de 225°C (Mejía, 2016).

9. HIPÓTESIS

9.1 Hipótesis Alternativa (H1)

El diseño ergonómico de un prototipo de montura oftálmica basado en medidas antropométricas, disminuirá el dolor y enrojecimiento en zonas del rostro y cabeza (hueso nasal, hueso temporal, sien y nuca) en los estudiantes y docentes de la Facultad de Ciencias de la Ingeniería y Aplicadas.

9.2 Hipótesis Nula (H0)

El diseño ergonómico de un prototipo de montura oftálmica basado en medidas antropométricas, aumentará el dolor y enrojecimiento en zonas del rostro y cabeza (hueso nasal, hueso temporal, sien y nuca) en los estudiantes y docentes de la Facultad de Ciencias de la Ingeniería y Aplicadas.

9.3 Variable Independiente

Diseño de un prototipo de montura oftálmica mediante escaneo e impresión 3D.

9.4 Variable Dependiente

Dolor y enrojecimiento en zonas del rostro y cabeza.

10. METODOLOGÍA

10.1 Tipo de investigación

En el presente proyecto se utilizó el tipo de investigación exploratoria debido a que las soluciones ergonómicas a través de la tecnología 3D es un tema poco estudiado, por lo que se necesita obtener la información adecuada para la elaboración de monturas oftálmicas personalizadas, así como también se realizó pruebas para encontrar los acoples ideales para el funcionamiento de este producto.

10.2 Método

Se utilizó el método analítico sintético en la elaboración del marco teórico científico, luego usamos el método inductivo para conocer las necesidades y requerimientos del grupo de estudio a través de una encuesta. Posteriormente se eligió a un sujeto de prueba para determinar las causas de los problemas al utilizar una montura oftálmica estándar, tomando

las medidas mediante el escaneo 3D para analizar su antropometría y diseñar un prototipo ajustado a sus condiciones mediante la impresión 3D. Y finalmente se realizó la síntesis con una retroalimentación para comprobar si las molestias fueron resueltas.

10.3 Técnicas

10.3.1 Encuesta

Esta técnica permitió recopilar información acerca de los criterios de selección, requerimientos y problemas que el usuario presenta con respecto al uso de las monturas oftálmicas.

10.3.2 Medidas faciales

A través de esta técnica se pudo determinar las medidas exactas a partir del modelo 3D que se obtuvo con el escaneo del sujeto de prueba, estos basados en las medidas faciales del ser humano. Posteriormente se aplicó dichas medidas para el diseño de la montura oftálmica.

10.3.3 Retroalimentación

La retroalimentación (feedback), se aplicó después de la creación del producto, misma que permite realizar un seguimiento del uso de la montura oftálmica personalizada.

10.4 Instrumentos

10.4.1 Cuestionario

Este instrumento consiste en un conjunto de nueve preguntas (Anexo 1) que abarcan temas como: frecuencia de uso del producto, tipo de incomodidades que presenta, factores de selección del producto y tipo de producto que utilizan las personas. Para esto se utilizó los formularios de google, una aplicación vía internet que nos permite validar el ingreso de datos de los estudiantes y docentes a través de los correos institucionales (Anexo 2).

10.4.2 Software

El software Inventor permitió determinar con exactitud las medidas necesarias, para el diseño 3D de un prototipo de montura oftálmica.

10.4.3 Entrevista

La entrevista es un instrumento dirigido hacia el sujeto de prueba, docente de la Facultad de CIYA, con la finalidad de conocer la adaptabilidad del prototipo de montura oftálmica con relación al usuario.

11. ANÁLISIS DE RESULTADOS

11.1 Objetivo1: Definir los criterios de selección y requerimientos del usuario con respecto a la montura oftálmica para conocer las necesidades del mismo.

11.1.1 Segmentación de la población

La población está direccionada a los docentes y estudiantes de primero a décimo semestre de la Facultad de Ciencias de la Ingeniería y Aplicadas, como se muestra en la Tabla 7.

Tabla 7: Población

Carreras de CIYA	Número
Ingeniería Eléctrica	546
Ingeniería Industrial	574
Ingeniería Electromecánica	548
Ingeniería Sistemas de información	475
Total estudiantes	2143
Total docentes	81
TOTAL	2224

Fuente: Secretaría de la Facultad de CIYA

11.1.2 Cuantificación de la muestra

Para obtener el tamaño de la muestra a continuación se aplica la fórmula que se muestra a continuación (Ecuación 1).

Ecuación 1: Tamaño de la muestra

$$n = \frac{Z^2 pqN}{NE^2 + Z^2 pq}$$

$$n = \frac{(1.96)^2 (0.5)(0.5)2224}{2224(0.05)^2 + (1.96)^2(0.5)(0.5)}$$

$$n = 327$$

n = Tamaño de la muestra

Z = 95% (1.96) Nivel de confiabilidad

p = 0.5 Probabilidad de ocurrencia

q = 0.5 Probabilidad de no ocurrencia

E = 5% (0.05) Error de muestra

N = 2224 Tamaño de la población

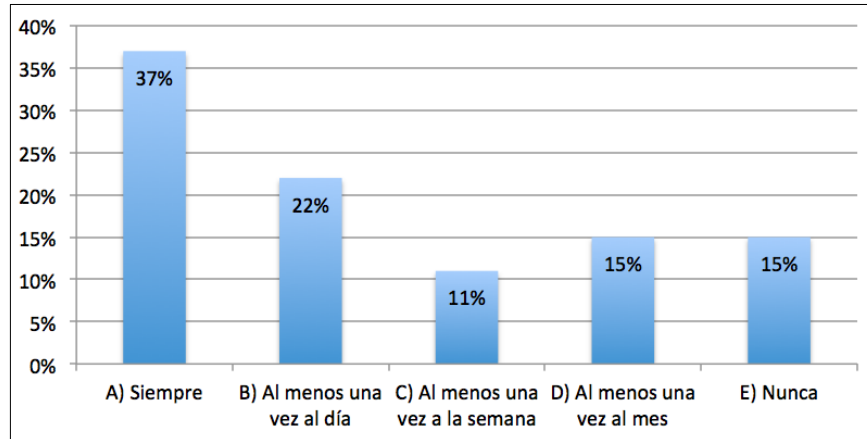
Tamaño de la muestra= 327 datos muestrales.

11.1.3 Criterios de selección, requerimientos, necesidades y dificultades

Una vez obtenida la muestra se procedió a aplicar la encuesta a 327 personas, mediante los formularios de google, donde se obtuvo los siguientes resultados:

1. ¿Con qué frecuencia utiliza Ud. lentes?

Figura 23: Pregunta 1



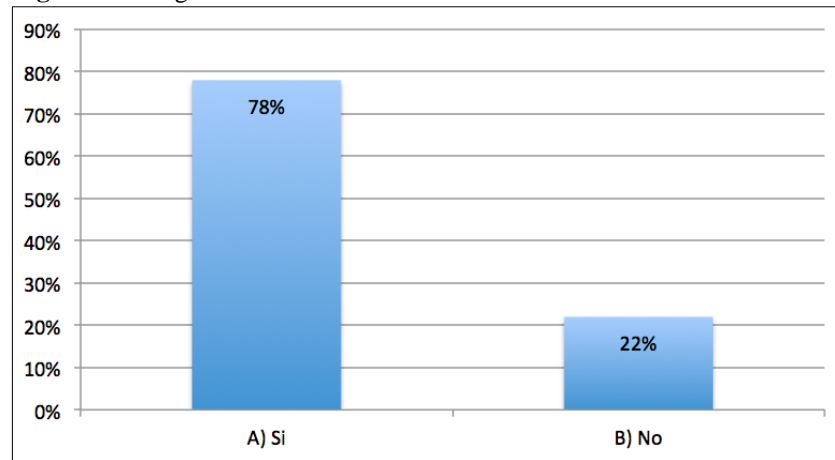
Fuente: Autores

Interpretación de resultados:

La pregunta número 1 muestra la frecuencia con la que los encuestados utilizan lentes; se obtuvo como resultado que el 15 % nunca los han utilizado, otro 15% los han utilizado al menos una vez al mes, el 11% los han utilizado al menos una vez a la semana, el 22% los han utilizado al menos una vez al día y el 37% los utilizan siempre, por ende el 85 % de los encuestados han utilizado este producto con diferente frecuencia, como se indica en la Figura 23. Por lo tanto 279 encuestados siguen respondiendo el cuestionario planteado.

2. ¿Siente o ha sentido alguna vez cierto tipo de incomodidad al utilizar lentes?

Figura 24: Pregunta 2



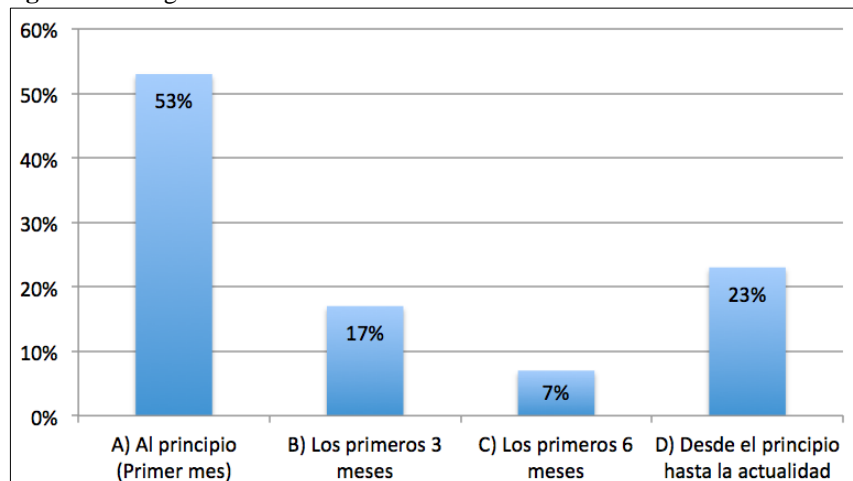
Fuente: Autores

Interpretación de resultados:

En la pregunta número 2 se evidencia si el usuario ha sentido algún tipo de incomodidad al utilizar lentes, a lo que responden que el 78 % si lo ha padecido y el 22% no lo han padecido, de un total de 279 encuestados como se muestra en la Figura 24. Por lo tanto 218 encuestados continúan el cuestionario debido a la restricción de cada pregunta.

3. ¿En qué etapa del uso de sus lentes sintió esta incomodidad?

Figura 25: Pregunta 3



Fuente: Autores

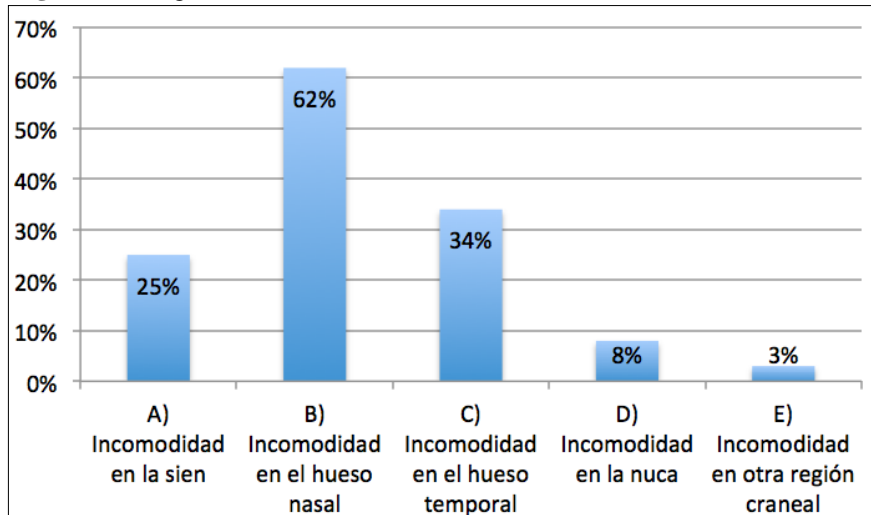
Interpretación de resultados:

Los 218 encuestados respondieron a la pregunta número 3, en donde el 53% mencionaron que sintieron molestias al primer mes de uso, el 17% lo sintió en los primeros 3 meses, el 7% en

los primeros 6 meses y el 23% siguen presentando molestias hasta la actualidad, como se indica en la Figura 25.

4. ¿Cuál de las siguientes molestias ha experimentado?

Figura 26: Pregunta 4



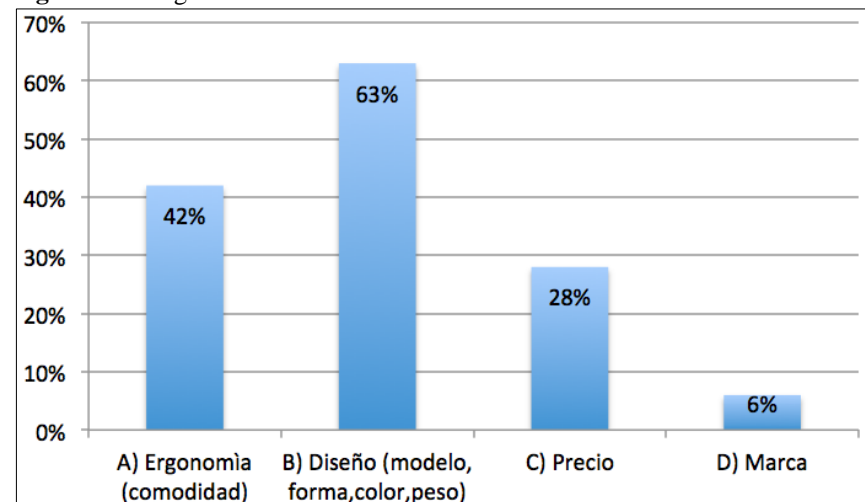
Fuente: Autores

Interpretación de resultados:

En la pregunta número 4 se puede observar el tipo de incomodidades que se presentan en los encuestados, donde el 62% padece incomodidad en el hueso nasal, el 34% incomodidad en el hueso temporal, el 25 % incomodidad en la sien, el 8 % incomodidad en la nuca y el 3 % en otra región craneal, como se muestra en el Figura 26.

5. ¿Cuál fue su criterio el momento de seleccionar la montura de sus lentes?

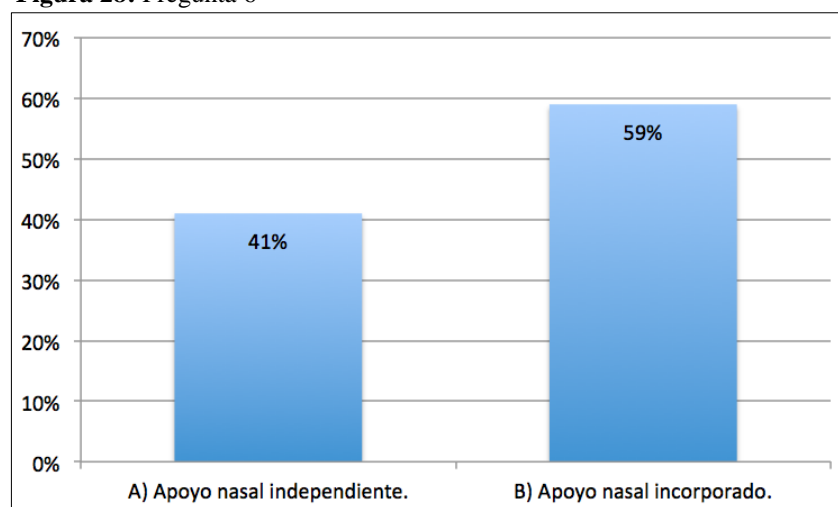
Figura 27: Pregunta 5



Fuente: Autores

Interpretación de resultados:

La pregunta número 5 muestra que para la selección de una montura oftálmica se toman en cuenta algunos criterios en donde el 63% de los encuestados respondieron por el diseño, el 42% por la ergonomía, el 28% por el precio y solamente el 6% por la marca, como se muestra en la Figura 27.

6. En base al apoyo nasal, ¿Cuál de los siguientes tipos de monturas describen sus lentes?**Figura 28:** Pregunta 6

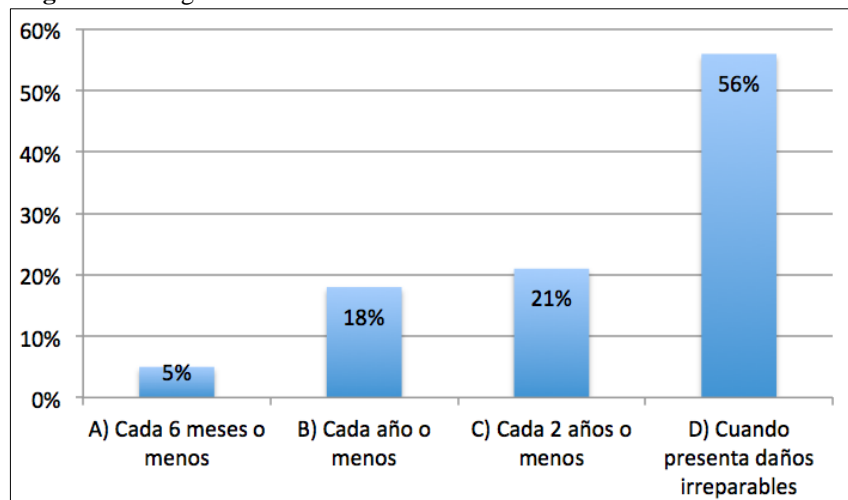
Fuente: Autores

Interpretación de resultados:

En la pregunta número 6 se indica que en base al apoyo nasal el 41% prefiere el apoyo nasal independiente y el 59% el apoyo nasal incorporado (Figura 28).

7. ¿Con qué frecuencia reemplaza sus lentes por unos nuevos?

Figura 29: Pregunta 7



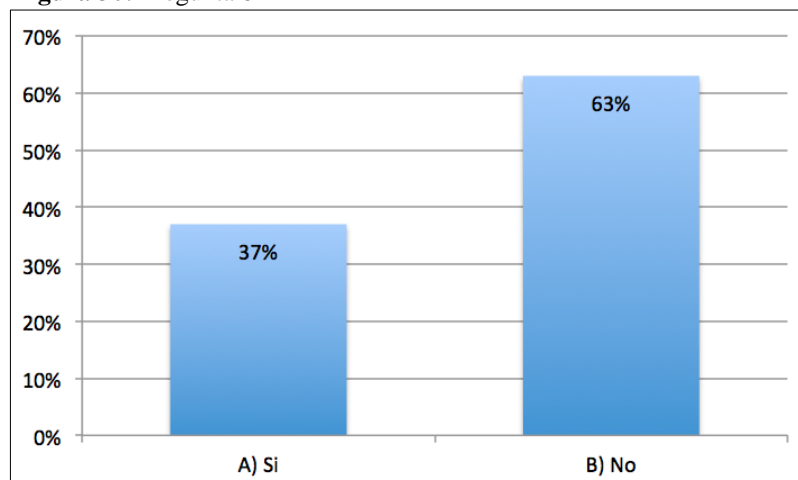
Fuente: Autores

Interpretación de resultados:

En la pregunta número 7, el 5% los reemplazan sus monturas cada 6 meses o menos, el 18% los reemplazan cada año o menos, el 21% los reemplazan cada 2 años o menos y finalmente el 56% reemplazan sus lentes cuando estos presentan daños irreparables, como se muestra en la Figura 29.

8. ¿Conoce alguna posibilidad de personalizar la montura de sus lentes acorde a su necesidad?

Figura 30: Pregunta 8



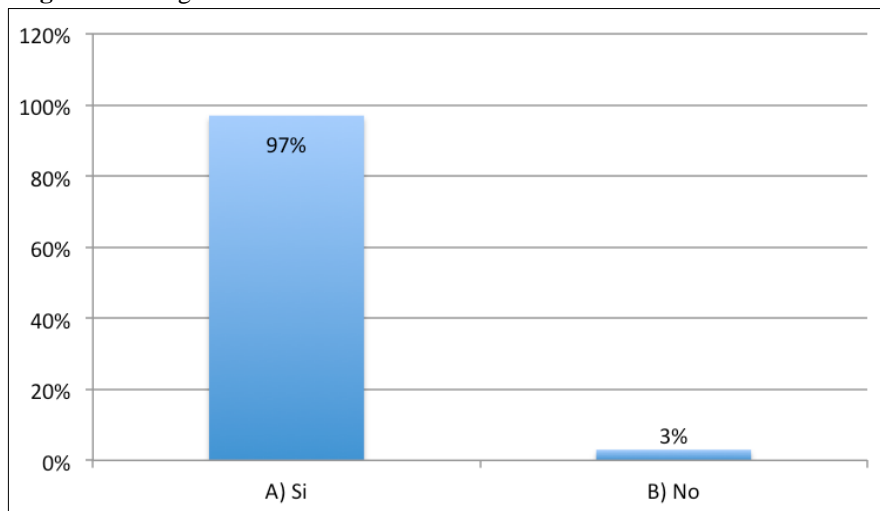
Fuente: Autores

Interpretación de resultados:

En la pregunta número 8 se muestra la posibilidad de personalizar la montura oftálmica acorde a la necesidad del cliente, a lo que responden que el 37 % si lo conocen y el 63% lo desconocen, como se muestra en la Figura 30.

9. ¿Le gustaría adquirir monturas oftálmicas ergonómicamente personalizadas a su necesidad a un costo moderado?

Figura 31: Pregunta 9



Fuente: Autores

Interpretación de resultados:

En la pregunta número 9 se indica si al usuario le gustaría adquirir monturas oftálmicas personalizadas a un costo moderado, en donde responde el 97% de los encuestados lo adquirirían y el 3% no lo harían (Figura 31).

11.2 Objetivo 2: Diseñar un prototipo de montura oftálmica en base a escaneo e impresión 3D para solucionar los problemas del sujeto de prueba.

11.2.1 Escaneo 3D del sujeto de prueba

Se realizó el escaneo 3D al sujeto de prueba mediante el software Skanect 1.9.1 y el hardware Kinect V 1.8.0, como se muestra en la Figura 32.

Figura 32: Escaneo 3D del sujeto de prueba



Fuente: Autores

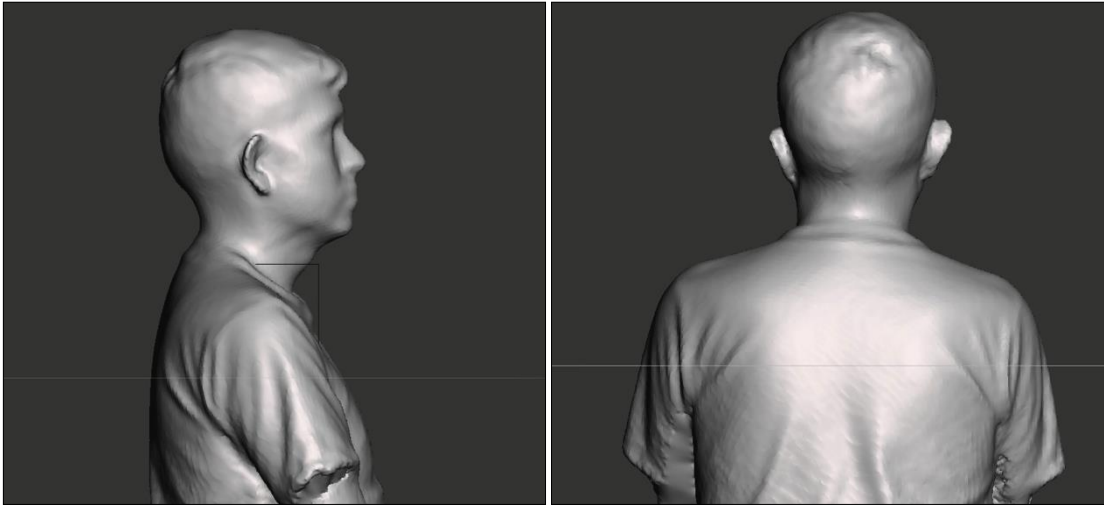
Como resultado se obtuvo el modelo en 3D del sujeto de prueba, como se muestra en las Figura 33 y Figura 34, el mismo que se puede visualizar en el software.

Figura 33: Modelo 3D del sujeto de prueba



Fuente: Autores

Figura 34: Vistas laterales del modelo 3D

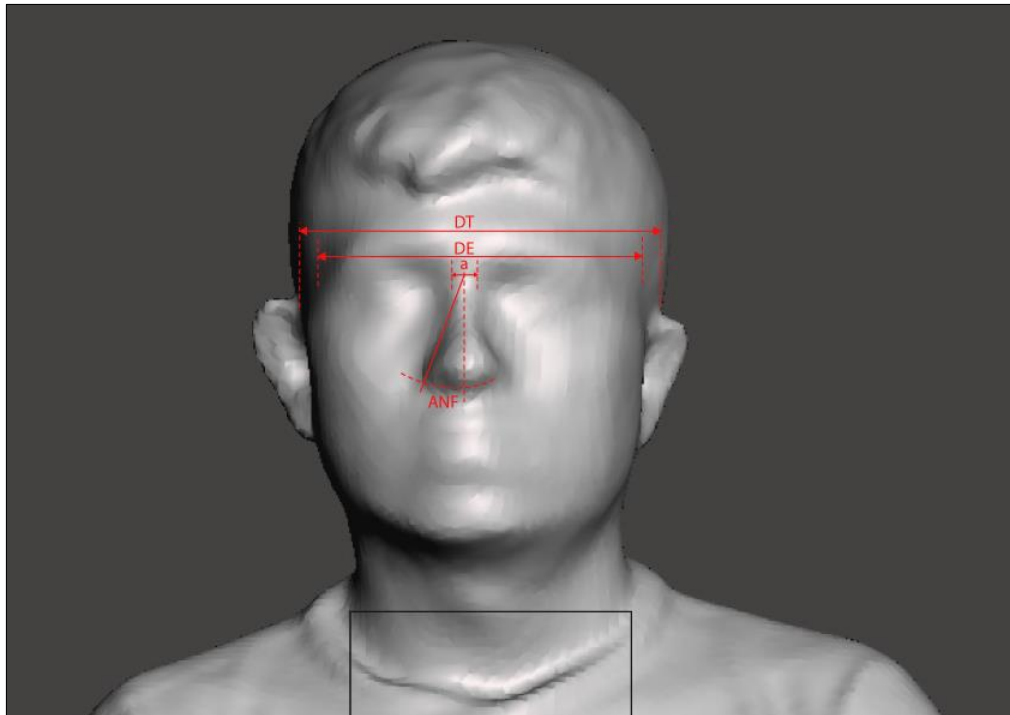


Fuente: Autores

11.2.2 Medidas antropométricas de la cabeza y rostro

Mediante el programa Inventor se obtuvo las medidas antropométricas frontales (Figura 35 y Tabla 8) y laterales (Figura 36 y Tabla 9) del usuario y los requerimientos de diseño para la fabricación de la montura oftálmica.

Figura 35: Medidas antropométricas frontales

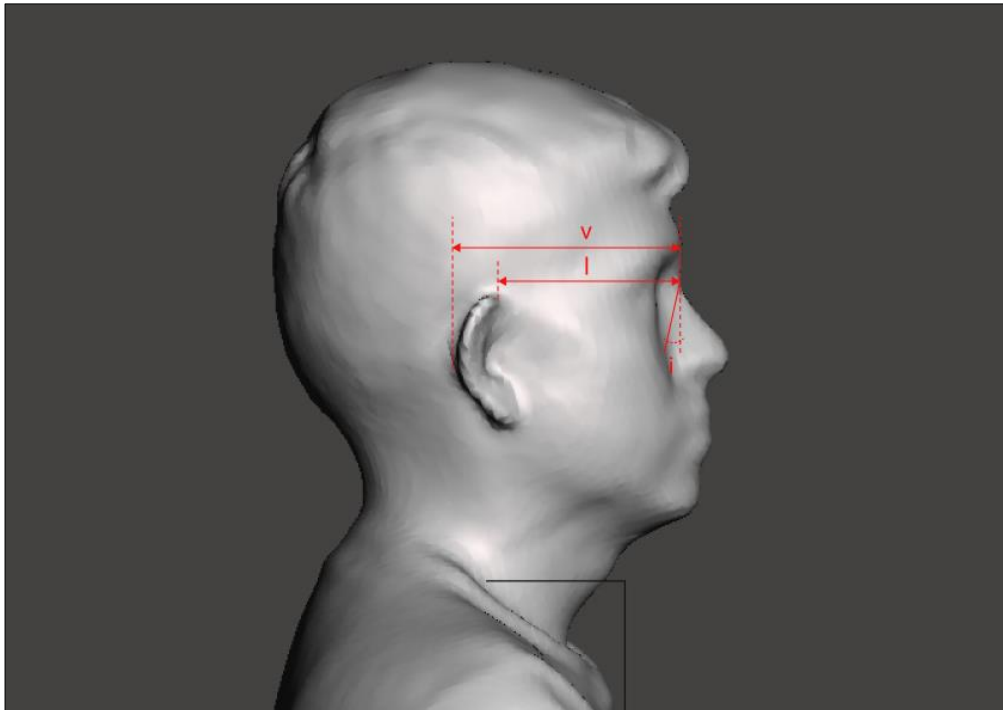


Fuente: Autores

Tabla 8: Medidas antropométricas frontales

Sigla	Descripción	Medidas sujeto de prueba
DE	Distancia esfenoidal	14,3 cm
DT	Distancia temporal	15,7 cm
a	Ancho nasal	0,96 cm
ANF	Ángulo nasal frontal	24°

Fuente: Autores

Figura 36: Medidas antropométricas laterales

Fuente: Autores

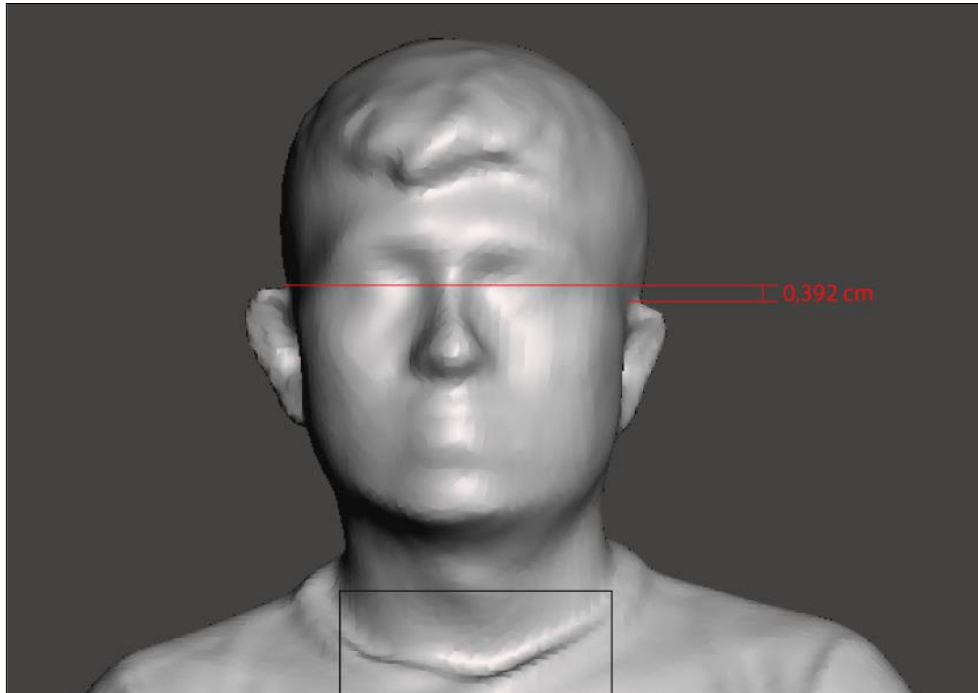
Tabla 9: Medidas antropométricas laterales

Sigla	Descripción	Medidas sujeto de prueba
v	Longitud total de la varilla	13,5 cm
l	Longitud varilla	9,8 cm
i	Ángulo pantoscópico	12°

Fuente: Autores

En la Figura 37 se puede observar que el sujeto de prueba tiene una diferencia genética con respecto a la posición de sus orejas, es decir, la oreja derecha se encuentra ubicada más arriba que la oreja izquierda, obteniendo un contraste de altura de 0,392 cm.

Figura 37: Diferencia de altura de orejas



Fuente: Autores

Para realizar el diseño de la montura oftálmica personalizada se tomó como referencia la forma del rostro del sujeto de prueba, como se puede observar en la Figura 38 su cara es ovalada, por lo tanto se eligió la montura de formas cuadrada o rectangular ya que las mismas por estética van acorde a su fisionomía.

Figura 38: Tipo del rostro del sujeto de prueba



Fuente: Autores

11.2.3 Modelado 3D de la montura oftálmica

Se procedió a modelar en Inventor el boceto virtual de la montura oftálmica con las medidas antropométricas frontales y laterales recopiladas como: distancia esfenoïdal, distancia temporal, ancho nasal, ángulo nasal frontal, ángulo pantoscópico, longitud de la varilla y longitud total de la varilla.

Se realizó un primer boceto, donde su forma era cuadrada como se muestra en la Figura 39.

Figura 39: Boceto N°1 montura oftálmica



Fuente: Autores

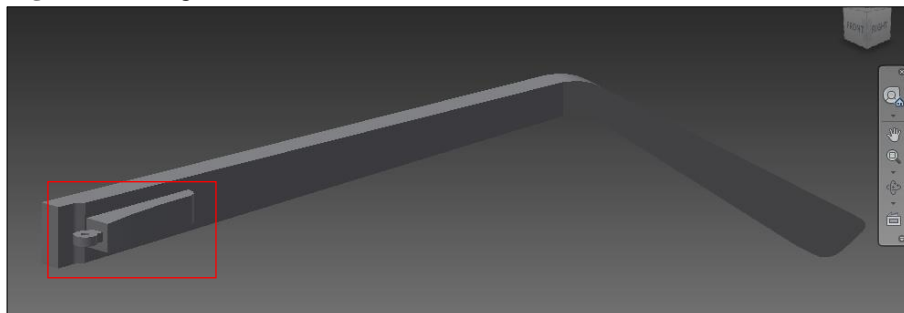
Las bisagras de la montura oftálmica fueron diseñadas en un mismo cuerpo con la parte frontal (Figura 40) y en las varillas (Figura 41) para su posterior ensamblaje.

Figura 40: Bisagras en la parte frontal boceto N°1



Fuente: Autores

Figura 41: Bisagras en la varilla boceto N°1



Fuente: Autores

En el segundo boceto se diseñó una montura de forma rectangular (Figura 42) debido a que el usuario deseaba que en la parte frontal sean de menor dimensión.

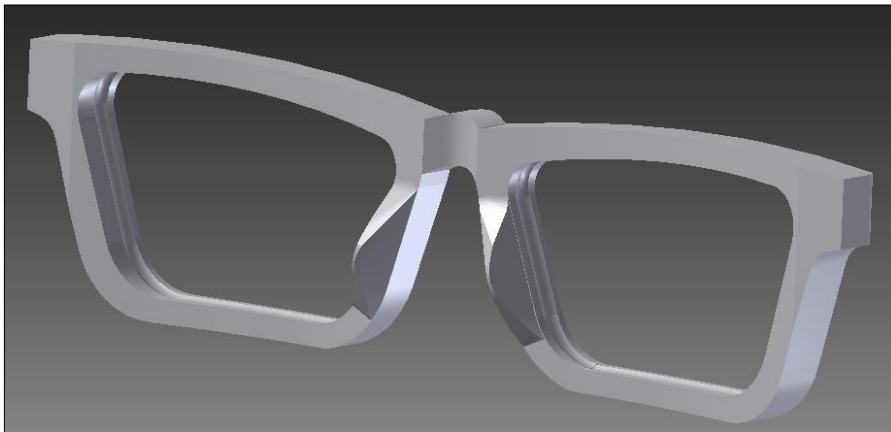
Figura 42: Boceto N°2 montura oftálmica



Fuente: Autores

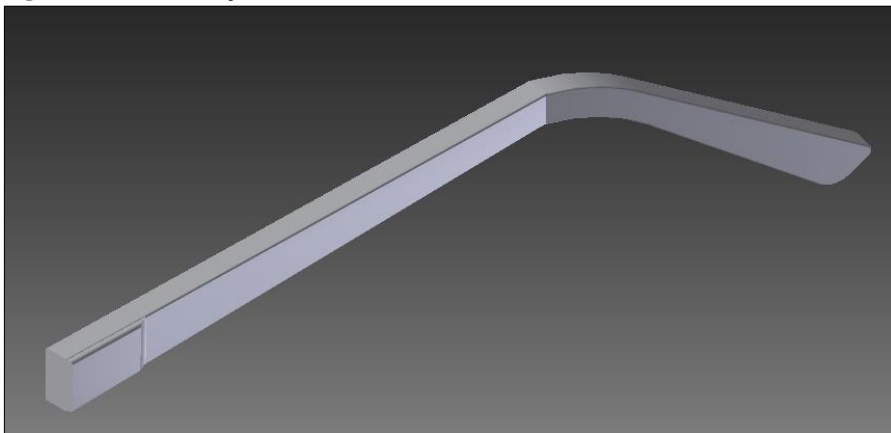
En este modelo se diseñó sin las bisagras, como se muestra en la Figura 43 y Figura 44, debido a que estas piezas al fabricarlas en plástico son demasiado frágiles para su uso.

Figura 43: Diseño de ensamblaje parte frontal boceto N°2



Fuente: Autores

Figura 44: Ensamblaje de varillas boceto N°2



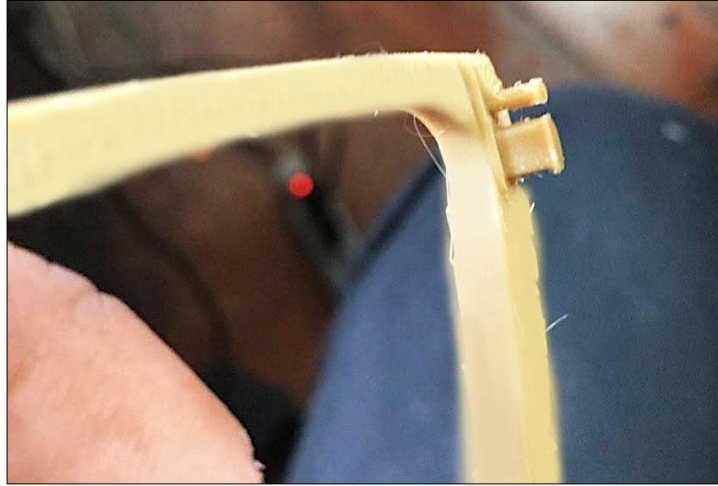
Fuente: Autores

11.2.4 Impresión 3D de la montura oftálmica

El archivo a escala real fue impreso en material ABS ya que posee las características de dureza, liviandad y resistencia adecuadas para el producto.

La impresión se realizó en 3 partes, el cuerpo frontal y las dos varillas, en donde las bisagras estaban incluidas en cada una de las partes como se muestra en la Figura 45.

Figura 45: Bisagra prototipo N°1



Fuente: Autores

Se realizó el ensamblaje con tornillos de metal que se acoplaron a las bisagras diseñadas, como se muestra en la Figura 46.

Figura 46: Ensamblaje prototipo N°1



Fuente: Autores

Y se obtuvo como resultado lo que se muestra en la Figura 47.

Figura 47: Prototipo N°1



Fuente: Autores

Las bisagras con el uso constante se destruyeron, debido a que el material plástico en dimensiones pequeños se vuelve frágil, se como se muestra Figura 48.

Figura 48: Bisagra de prototipo fallido



Fuente: Autores

Por lo tanto en el siguiente prototipo se procedió a insertar a presión piezas metálicas en la prona frontal de la montura (Figura 49) y en las varillas (Figura 50), las mismas que con el uso no presentan deterioro.

Figura 49: Bisagras parte frontal prototipo N°2



Fuente: Autores

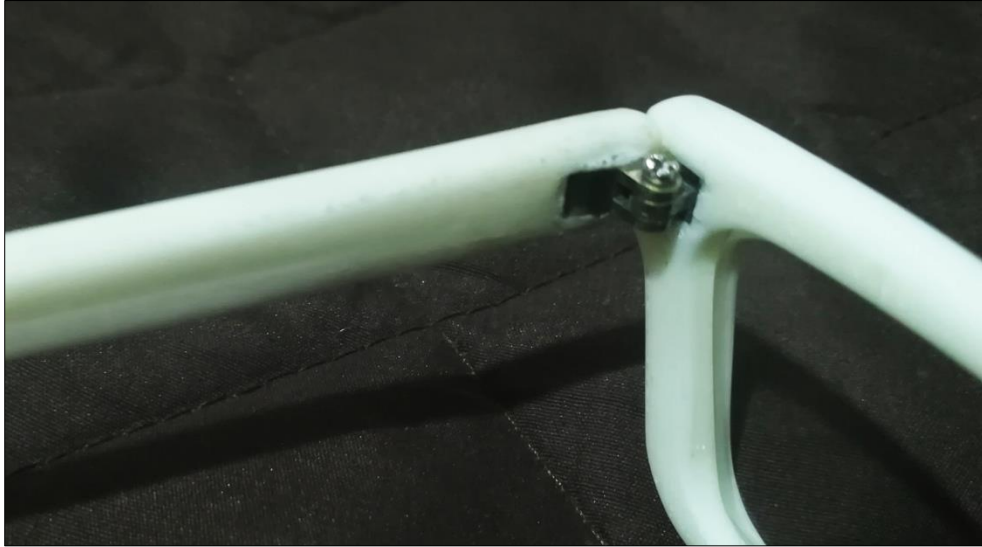
Figura 50: Bisagras varilla prototipo N°2



Fuente: Autores

El ensamblaje se realizó con tornillos de metal (Figura 51) lo que permite la apertura y cierre correcto de las varillas.

Figura 51: Ensamblaje prototipo N°2



Fuente: Autores

Como resultado final se obtuvo un producto resistente al uso diario, donde también fueron colocados los lentes oftálmicos, como se muestra en la Figura 52.

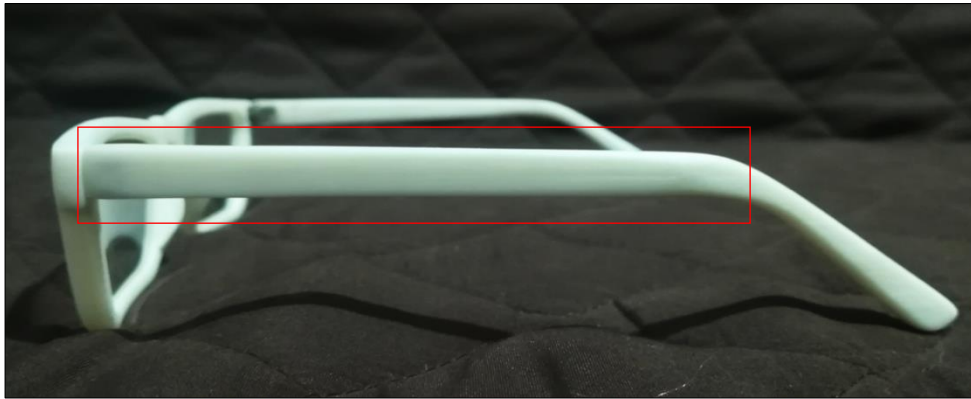
Figura 52: Prototipo N°2



Fuente: Autores

Con respecto al problema presentado debido a la desnivelación de las orejas del sujeto de prueba se realizó una modificación en la varilla derecha aumentando su grosor en 0,392 cm (Figura 53), de esta manera estará nivelada la montura oftálmica y no sufrirá modificaciones a largo plazo.

Figura 53: Grosor de la varilla derecha



Fuente: Autores

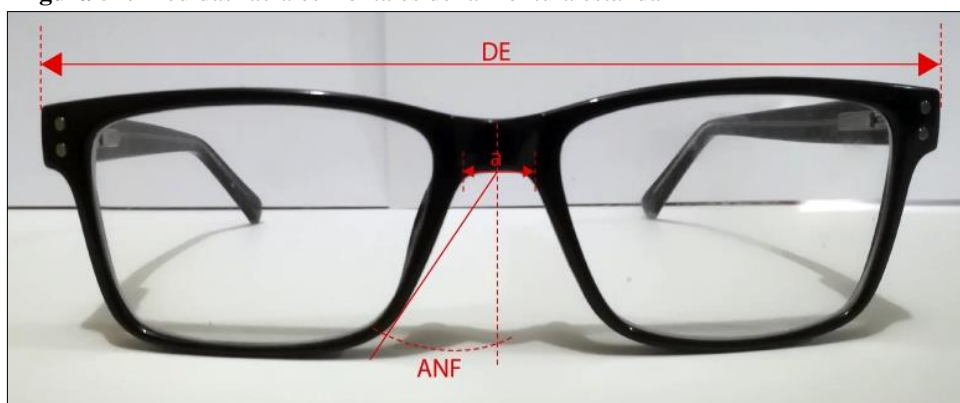
11.3 Objetivo 3: Comparar los resultados obtenidos de la montura oftálmica personalizada con la montura oftálmica estándar para conocer la adaptabilidad del producto en la persona.

11.3.1 Comparación de medidas y peso entre la montura oftálmica personalizada y la estándar.

Se realizó una comparación de medidas entre la montura oftálmica estándar y personalizada, basados en las medidas faciales y en el sistema de medidas de monturas Boxing.

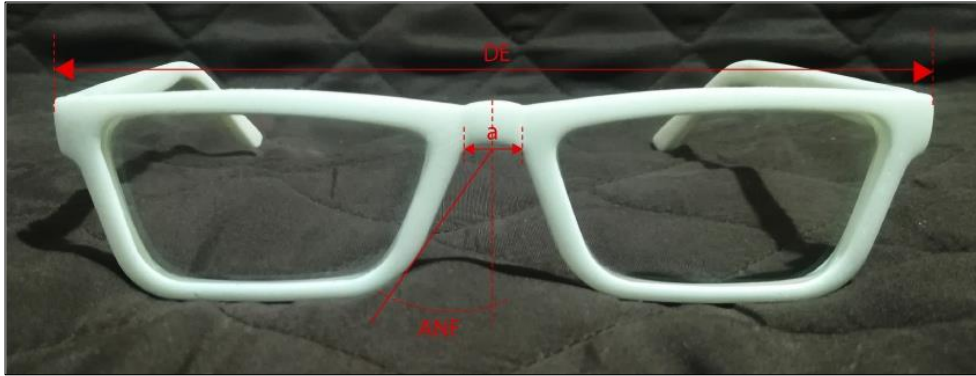
Se inició tomando las medidas faciales frontales, donde se obtuvo las dimensiones externas de las monturas como se muestra en la Figura 54, Figura 55, Figura 56 y Figura 57.

Figura 54: Medidas faciales frontales de la montura estándar



Fuente: Autores

Figura 55: Medidas faciales frontales de la montura personalizada

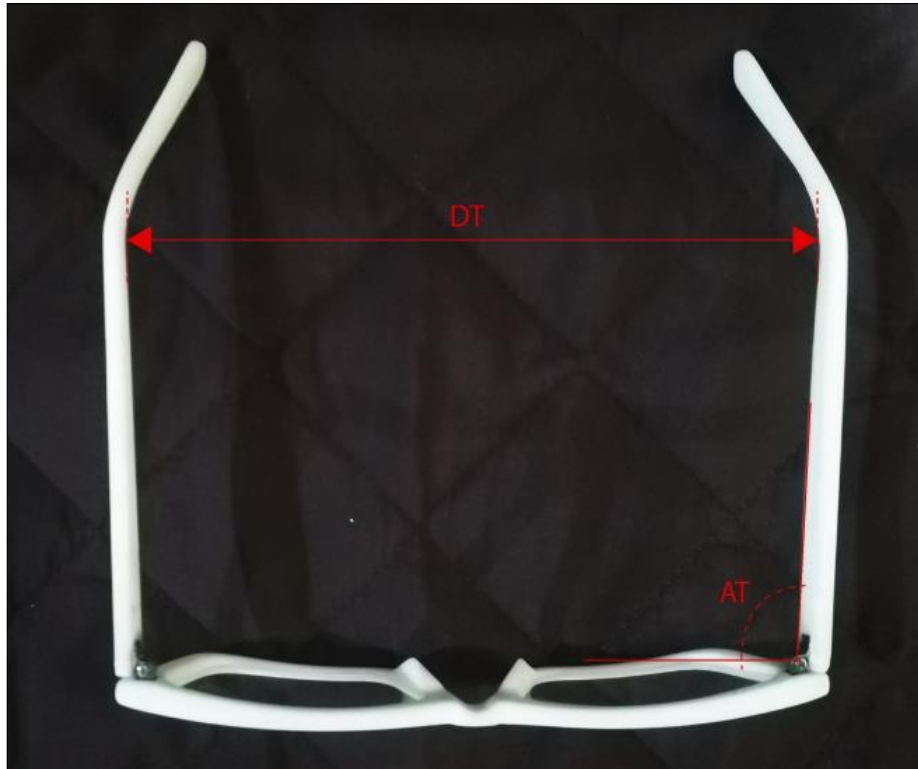


Fuente: Autores

Figura 56: Medidas faciales frontales parte superior de la montura estándar



Fuente: Autores

Figura 57: Medidas faciales frontales parte superior de la montura personalizada

Fuente: Autores

Debido a que la distancia temporal (DT) y distancia esfenoidal (DE) que tiene el sujeto de prueba es mayor a la DT y DE de la montura oftálmica estándar, con estas dos medidas se forma el ángulo de talón el cual tiene una diferencia de 5° , el usuario ha tenido incomodidad en el hueso temporal, dolor, enrojecimiento y marcas de las varillas. Otro problema que se evidenció es con respecto a la medida del ancho nasal, ya que esta es menor al de la montura estándar y como consecuencia, la misma tiene tendencia a resbalar sobre su hueso nasal, presentando incomodidad al momento de ponerlo en su lugar, esta medida es muy importante en el triángulo de contacto, ya que es el que soporta el peso una vez que la cabeza se moviliza hacia abajo. Estas medidas se puede observar en la Tabla 10.

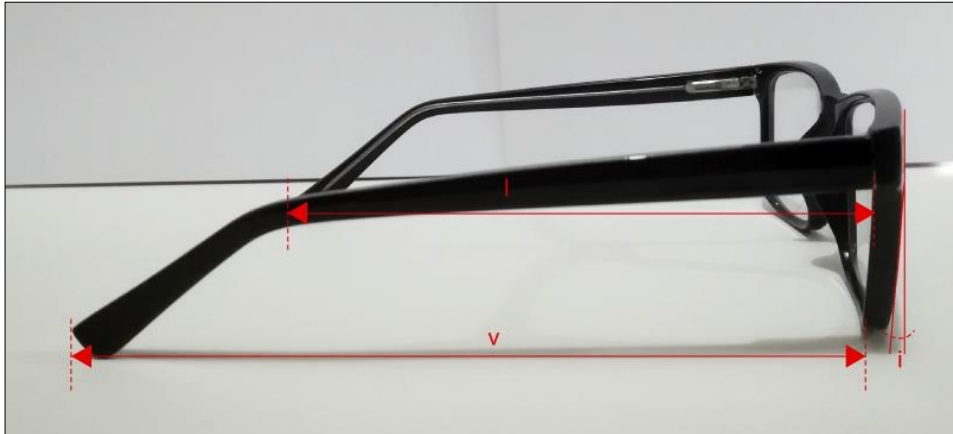
Tabla 10: Comparación de medidas faciales frontales

Sigla	Descripción	Medidas montura estándar	Medidas montura personalizada
DE	Distancia esfenoidal	13,7 cm	14,3 cm
DT	Distancia temporal	13,7 cm	15,7 cm
A	Ancho nasal	1,1 cm	0,96 cm
ANF	Ángulo nasal frontal	35°	24°
AT	Ángulo de talón	90°	95°

Fuente: Autores

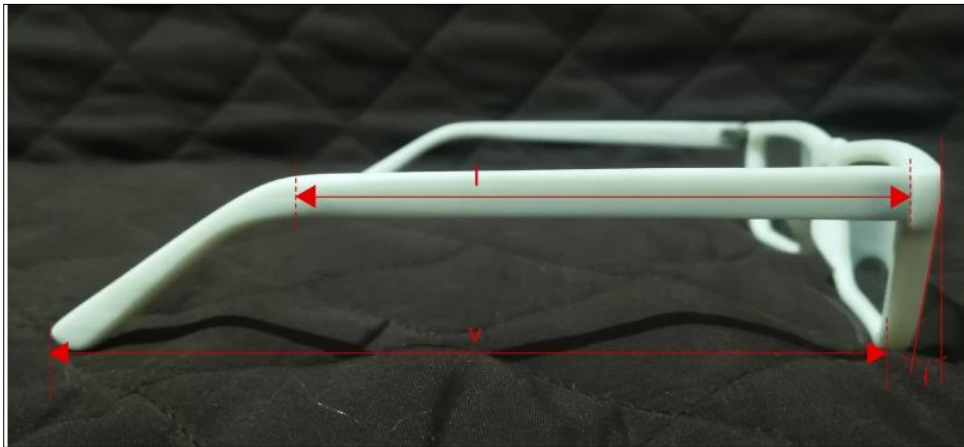
Se procedió a tomar las medidas faciales laterales como se muestra en la Figura 58 y Figura 59.

Figura 58: Medidas laterales de la montura estándar



Fuente: Autores

Figura 59: Medidas laterales de la montura personalizada



Fuente: Autores

El ángulo pantoscópico varía en 2° (Tabla 11), lo que permite tener una mejor visualización con respecto al suelo.

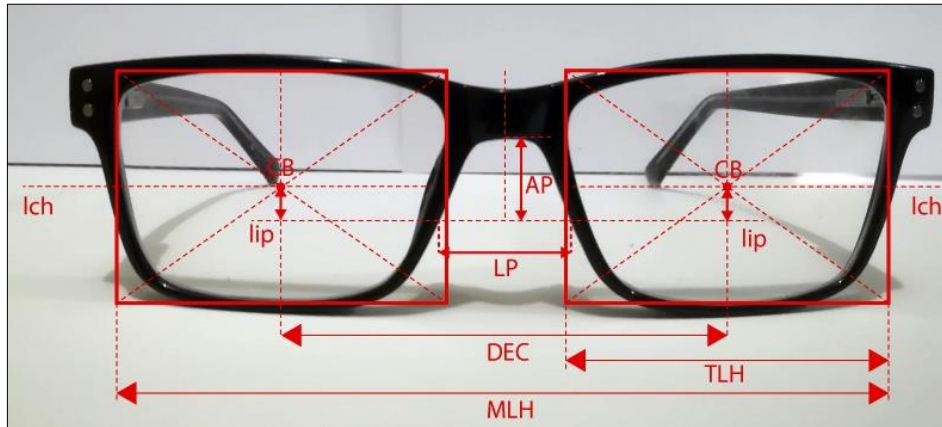
Tabla 11: Comparación de medidas faciales frontales

Sigla	Descripción	Medidas montura estándar	Medidas montura personalizada
v	Longitud total de la varilla	13,3 cm	13,5 cm
l	Longitud varilla	9,1 cm	9,1 cm
i	Ángulo pantoscópico	10°	12°

Fuente: Autores

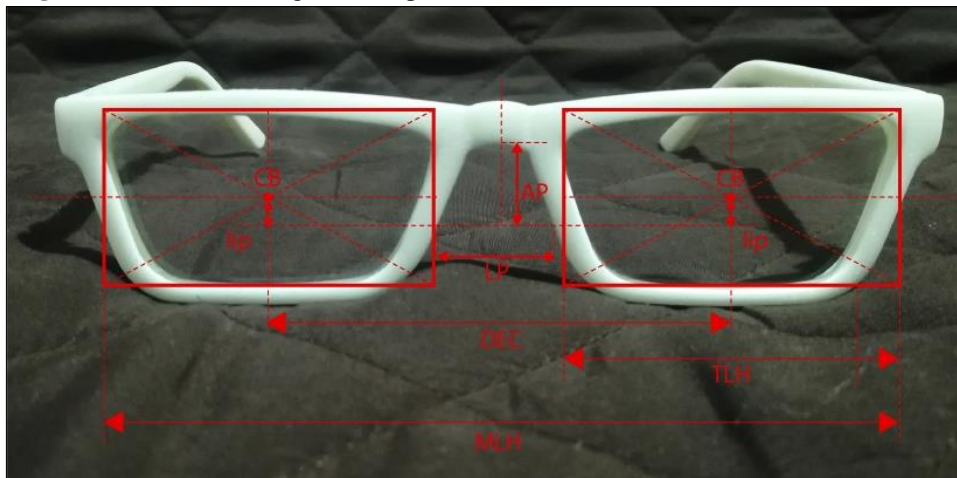
A través del sistema de medidas de monturas Boxing, se pudo obtener dimensiones internas del objeto en base de los lentes oftálmicos, como se muestra en la Figura 60 y Figura 61.

Figura 60: Sistema boxing montura estándar



Fuente: Autores

Figura 61: Sistema boxing montura personalizada



Fuente: Autores

En la Tabla 12 se puede observar que tiene un incremento de medida en la distancia entre centros, tamaño horizontal del lente y máxima largura horizontal de la montura personalizada con respecto a la estándar, lo que no sucede con la largura del puente, ya que esta presenta un decremento.

Tabla 12: Dimensiones sistema boxing

Sigla	Descripción	Medidas montura estándar	Medidas montura personalizada
LP	Largura del puente	2,1 cm	1,8 cm
DEC	Distancia entre centros	7,1 cm	7,5 cm
TLH	Tamaño horizontal del lente	5,3 cm	5,4 cm
MLH	Máxima largura horizontal	12,2 cm	12,6 cm

Fuente: Autores

11.3.2 Comparación del peso de las monturas oftálmicas

Para realizar la comparación del peso se utilizó una balanza de bolsillo, la cual permitió obtener resultados en gramos y hasta un decimal como se muestra en la Figura 62 y Figura 63.

Figura 62: Peso de la montura estándar

Fuente: Autores

Figura 63: Peso de la montura personalizada

Fuente: Autores

La montura personalizada es más ligera a diferencia de la estándar, como se muestra en la Tabla 13, se obtuvo una diferencia de 87 gramos, lo que permite que el producto de estudio brinde la característica de liviandad.

Tabla 13: Comparación del peso de las monturas

Monturas oftálmicas	Peso (g)
Montura estándar	364,3
Montura personalizada	277,3

Fuente: Autores

11.3.3 Retroalimentación del producto

Debido a la diferencia genética que nuestro sujeto de prueba presenta, la montura estándar no cubre en su totalidad el ojo derecho del usuario, presentando así una desnivelación notoria del objeto con respecto al rostro como se muestra en la Figura 64 y se observa un antes (izquierda) y después (derecha) del uso de las monturas oftálmicas.

Figura 64: Antes y después uso de las monturas oftálmicas



Fuente: Autores

La desnivelación de las orejas causó que la montura oftálmica del sujeto de prueba con el tiempo se deforme, como se muestra en la Figura 65.

Figura 65: Deformación de la montura



Fuente: Autores

En el tiempo de uso de la montura personalizada no presentaron ninguna modificación, como se muestra en la Figura 66.

Figura 66: Montura personalizada



Fuente: Autores

Entrevista realizada al Ing. Ramiro Vargas.

Se realizó una entrevista (Anexo 3) basada en un cuestionario de 7 preguntas al sujeto de prueba, donde menciona que con la utilización diaria de este prototipo de montura oftálmica durante una semana el sujeto de prueba tuvo un cambio bastante notorio debido a que las molestias presentadas en el hueso temporal y nasal desaparecieron. Por otro lado mencionó que era la primera vez que sentía comodidad al momento de utilizar esta montura oftálmica personalizada, ya que este objeto es fabricado en base a sus medidas faciales obtenidas a través del escaneo 3D. Finalmente sintió satisfacción con relación a los requerimientos, debido a que pudo elegir un diseño adecuado a su forma del rostro lo que permitió mejorar la estética del mismo y dar una solución favorable al defecto genético encontrado en sus orejas.

12. IMPACTOS

12.1 Impacto tecnológico

La tecnología 3D tiene como objetivo desarrollar productos que transformen de forma positiva la calidad de vida de los seres humanos, por tal razón se realizó el diseño y construcción de un prototipo de montura oftálmica pero acoplada a las medidas antropométricas de la persona, la misma que ayuda a eliminar los problemas ergonómicos que presentaba la misma al momento de utilizar este tipo de objetos.

12.2 Impacto económico

Con la impresión 3D es posible crear prototipos de objetos en varios materiales y una de las ventajas de este tipo de ciencia es que el costo de fabricación de estos productos son relativamente bajos; convirtiéndose así en una tecnología a la cual la mayoría de personas pueden acceder fácilmente.

12.3 Impacto ambiental

Con el uso de la tecnología 3D se puede reducir la emisión de gases, además que para la fabricación de un producto los residuos que se generan son mínimos, por la razón de que se va creando capa sobre capa hasta completar la elaboración del mismo y esto evitará tener material sobrante, disminuyendo la contaminación.

12.4 Impacto social

El proyecto busca aportar un sentido de responsabilidad social con este tipo de ideas a los estudiantes y docentes de las carreras de Ingeniería, con la finalidad de ayudar a las personas que presenten diferencias genéticas, ya que esto mejorará las condiciones de vida y también de autoestima.

13. PRESUPUESTO PARA LA ELABORACIÓN DEL PROYECTO

Tabla 14: Presupuesto

CANTIDAD	DETALLE	VALOR UNITARIO (USD)	VALOR TOTAL (USD)
COSTOS DIRECTOS			
Mano de obra directa			
1	Escaneo 3D	\$ 30	\$ 30
2	Impresión 3D	\$ 22.50	\$ 45
Materia prima directa			
2	Juegos de bisagras	\$ 0.25	\$ 0.50
1	Licencia del software Inventor	\$2110	\$2110
Total Costos Directos			\$2185.50
COSTOS INDIRECTOS			
Mano de obra indirecta			
1	Colocación de lentes oftálmicos	\$ 30	\$ 30
Materia prima indirecta			
1	Lija de agua 400	\$ 0.50	\$ 0.50
Total Costos Indirectos			\$30.50
SUBTOTAL			\$ 2216
IMPREVISTOS 10%			\$ 221.60
COSTO TOTAL			\$ 2437.60

Fuente: Autores

El presupuesto para la realización del proyecto es de \$ 2437.60.

14. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

14.1 Conclusiones

- Los estudiantes y docentes que usan lentes son el 85% de la Facultad de CIYA, y el 53% del mismo aún siguen experimentado incomodidades al momento de usarlos. Las zonas donde se generan más dolor y enrojecimiento son el hueso nasal y hueso temporal, por lo tanto estos requerimientos fueron necesarios para el diseño del prototipo de montura oftálmica y los criterios de selección primordiales para los encuestados fueron la ergonomía, el diseño y el precio.
- La impresión y escaneo 3D permitió diseñar una montura oftálmica personalizada en base a las medidas antropométricas y requerimientos del sujeto de prueba, donde se detectó un defecto genético, al cual se le dio solución mediante el software de modelado y de esta manera se logró eliminar los problemas que sobrellevaba el usuario cuando este utilizaba la montura estándar.
- Las medidas de la cabeza y rostro del sujeto de prueba variaron con respecto a las medidas de la montura oftálmica estándar demostrando que la personalización a través de la tecnología 3D es necesaria para crear productos que se adapten adecuadamente al usuario.

14.2 Recomendaciones

- Para el diseño de un producto, se debe investigar los requerimientos y necesidades del usuario a través de instrumentos como la encuesta, y en base a los mismos plantear las posibles soluciones.
- Para la selección de una montura oftálmica es primordial que el usuario tome en consideración si el producto cumple con los requerimientos de uso, es decir si se ajusta al tamaño de su cabeza y a su tipo de rostro, si el color es el ideal, si la forma es la adecuada y el peso es apropiado.
- Es necesario contrastar resultados y realizar una retroalimentación durante un tiempo establecido para determinar si el producto diseñado se adaptó satisfactoriamente al usuario.

15. BIBLIOGRAFÍA

- Alarte, A. (2014). *Diseño e impresión 3d. Aplicaciones a la docencia*. San Vicente del Raspeig: Universidad de Alicante.
- Alfaro, A., & Aragón, J. (2014). *Análisis de factibilidad de una red de abastecimiento para la importación de monturas y lentes oftálmicos estándares, con el fin de reducir los costos de arte óptico*. Bogotá: Pontificia Universidad Javeriana.
- Arroyo, R. (2017). *Medida y clasificación de lentes oftálmicas de adición progresiva*. Madrid: Universidad Complutense de Madrid.
- Aregay, J. C., Salvadó, J., Fransoy, M., Flores, J., Hernández, C., & Royo, S. (2001). *Tecnología óptica: lentes oftálmicas, diseño y adaptación*. Barcelona: Universidad Técnica de Catalunya.
- Asociación Uruguaya de Oftalmólogos. (2013). *Manual de lentes progresivas*. Montevideo: Indo.
- Castaño, M. d. (2014). *Producción y comercialización de gafas de sol de materiales naturales, piedra y madera*. Madrid: Universidad Pontificia de Comillas.
- Castro, A. E. (2015). *Análisis comparativo de las normas de ergonomía, los aspectos clínico-optométricos y oftálmicos en el trabajo con pantallas de video terminales (vdt)*. Bogotá: Universidad Distrital Francisco José de Caldas.
- Crespo, C., & Fernández, E. (2014). *Diseño e implementación de un escáner 3D para prototipado y modelado geométrico de objetos*. Barranquilla: Universidad Autónoma del Caribe.
- Escobar, B. (2014). *Impacto emocional generado por la presbicia en los consumidores de la ciudad de Quito*. Quito: Universidad Internacional del Ecuador.
- Galindo, A. B., & Villegas, E. (2001). *Montaje y aplicaciones de lentes oftálmicas*. Murcia: Universidad de Murcia.
- Gómez, J. A. (2004). *Principios de Ergonomía*. (U. J. Lozano, Ed.) Bogotá.
- Guerra, C., Piñero, D., & Basulto, M. (2017). Evaluación de la calidad de vida en usuarios de lentes oftálmicas progresivas. *Gaceta de Optometría y Óptica Oftálmica* (530), 42-50.

- Hernández, L. (2012). *Maximización de utilidades a través de proyecciones financieras para el sector oftalmológico en el Ecuador*. Quito: Pontificia Universidad Católica del Ecuador.
- Lanza, F. d. (2016). *Diseño de un escáner 3D de bajo coste*. Santander: Universidad de Cantabria.
- Lescay, R. (2017). *Antropometría. Análisis comparativo de las tecnologías para la captación de las dimensiones antropométricas*. Habana-Cuba: Instituto Superior Politécnico José Antonio Echeverría.
- Mejía, H. (2016). Ventajas y desventajas de las impresoras 3D. *Revista Tecnológica* , 12 (18), 30-34.
- Mejor Visión. (01 de Enero de 2012). La historia de las gafas. *ZEISS* .
- Morataya, J. (2015). *Proceso de la impresión 3D como aporte al Diseño Gráfico*. Guatemala de La Asunción: Universidad Rafael Landívar.
- Prieto, J. (2009). *Centrado de lentes*. Santiago de compostela: Universidad de Santiago de Compostela.
- Rodríguez, J. I. (2014). *Adaptación de monturas*. Santiago de Compostela: Universidad Santiago de Compostela.
- Sánchez, M. G. (2016). *Fundamentos de ergonomía*. México: Grupo Editorial Patria.

ANEXOS

Anexo 1

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI

FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA Y APLICADAS

Tu dirección de correo electrónico (**karina.sarzosa8628@utc.edu.ec**) se registrará cuando envíes este formulario. ¿No es tuya esta dirección?

***Obligatorio**

INGENIERÍA INDUSTRIAL



Factor antropométrico aplicado al diseño de monturas oftálmicas mediante escaneo e impresión 3D.

Encuesta dirigida a los estudiantes y docentes de la Facultad Ciencias de la Ingeniería y Aplicadas

Indicaciones Generales:

- Lea detenidamente cada una de las preguntas formuladas.
- En las preguntas que se determinen como selección múltiple, más de una respuesta es posible, en aquellas determinadas como cerradas solo una respuesta es posible.
- Agradecemos su gentil colaboración.

1. ¿Con qué frecuencia utiliza Ud. lentes? *

*Si su respuesta es: Nunca, la encuesta ha terminado.

- A) Siempre
- B) Al menos una vez al día.
- C) Al menos una vez a la semana.
- D) Al menos una vez al mes.
- E) Nunca.

2. ¿Siente o ha sentido alguna vez cierto tipo de incomodidad al utilizar lentes? (Referentes al ajuste de la montura oftálmica, no a la luna o medida ocular)

*Si su respuesta es: No, la encuesta ha terminado.

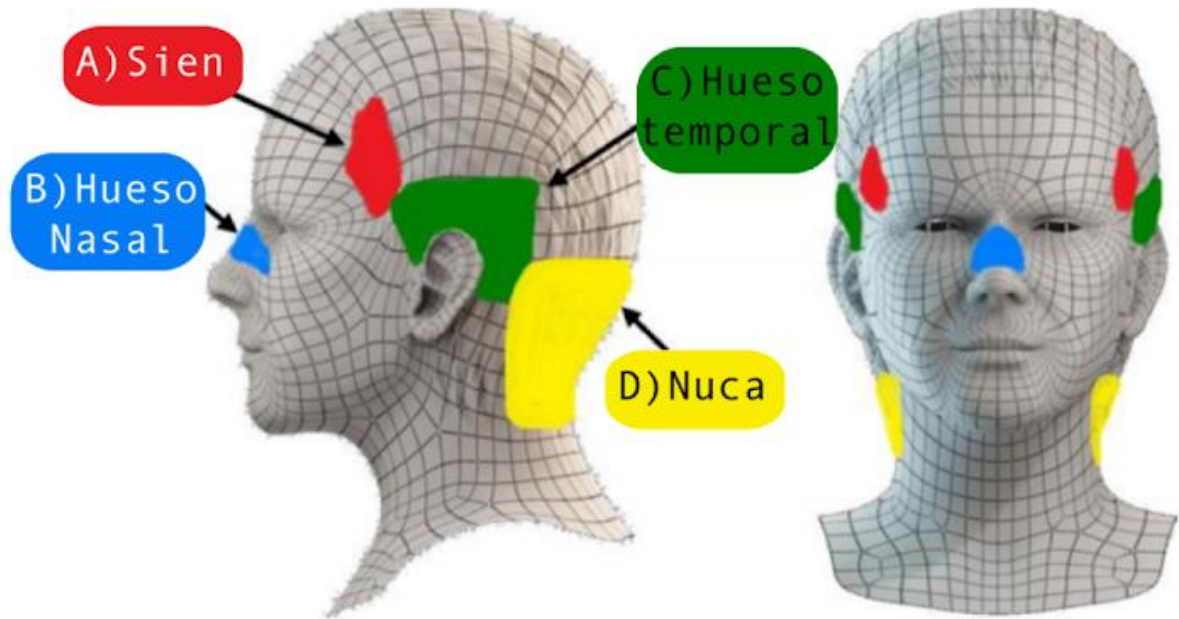
- A) Sí
- B) No

3. ¿En qué etapa del uso de sus lentes sintió esta incomodidad?

- A) Al principio (Primer mes).
- B) Los primeros 3 meses.
- C) Los primeros 6 meses.
- D) Desde el principio hasta la actualidad.

4. ¿Cuál de las siguientes molestias ha experimentado?

Selecciona una o más



- A) Incomodidad en la sien
- B) Incomodidad en el hueso nasal
- C) Incomodidad en el hueso temporal.
- D) Incomodidad en la nuca.
- E) Incomodidad en otra región craneal.

5. ¿Cuál fue su criterio el momento de seleccionar la montura de sus lentes? *

Seleccione una o más respuestas.

- A) Ergonomía (comodidad).
- B) Diseño (modelo, forma, color, peso).
- C) Precio.
- D) Marca.

6. En base al apoyo nasal, ¿Cuál de los siguientes tipos de monturas describen sus lentes?



A) Apoyo nasal independiente.

B) Apoyo nasal incorporado.

7. ¿Con qué frecuencia reemplaza sus lentes por unos nuevos?

A) Cada 6 meses o menos

B) Cada año o menos

C) Cada 2 años o menos

D) Cuando presenta daños irreparables

8. ¿Conoce alguna posibilidad de personalizar las monturas de sus lentes acorde a su necesidad?

A) Sí

B) No

9. ¿Le gustaría adquirir monturas oftálmicas ergonómicamente personalizadas a su necesidad a un costo moderado?

A) Sí

B) No

Anexo 2

Correos electrónicos de los encuestados

ghislaine.campoverde3602@utc.edu.ec
vanesa.quishpe6902@utc.edu.ec
darwin.toaquiza9891@utc.edu.ec
edwin.toapanta7@utc.edu.ec
lenin.moreno1123@utc.edu.ec
norma.sangoquiza4017@utc.edu.ec
luis.haro2070@utc.edu.ec
leslie.tocagon8589@utc.edu.ec
cristian.torres6324@utc.edu.ec
vianka.cruz9183@utc.edu.ec
erika.chuqui8809@utc.edu.ec
renato.bermeo1216@utc.edu.ec
johana.sanchez0565@utc.edu.ec
dennise.bautista6871@utc.edu.ec
ginger.delabastida6630@utc.edu.ec
juan.vargas0@utc.edu.ec
maycol.vergara0173@utc.edu.ec
kevin.chasiguasin2@utc.edu.ec
alexis.cando6762@utc.edu.ec
jonathan.santo6709@utc.edu.ec
glenda.romero6@utc.edu.ec
gissela.capuz5004@utc.edu.ec
edwin.oto8669@utc.edu.ec
bryan.ichina7554@utc.edu.ec
marcos.dutra0780@utc.edu.ec
marlon.yugcha6@utc.edu.ec
erika.yauli9512@utc.edu.ec
fabricio.cardenas7909@utc.edu.ec
cristian.cocha6@utc.edu.ec
alison.cajas6@utc.edu.ec
mayra.iza2@utc.edu.ec
kevin.gallegos2194@utc.edu.ec
michael.viteri9367@utc.edu.ec
michelle.nunez2914@utc.edu.ec
jenny.alban6508@utc.edu.ec
mirian.pullay5@utc.edu.ec
daniel.haro9@utc.edu.ec
diego.albarracin9@utc.edu.ec
olger.quindigalle6@utc.edu.ec
alex.portero9533@utc.edu.ec
neptali.chiluisa9@utc.edu.ec
katherine.chancusig8798@utc.edu.ec
luis.ayala0378@utc.edu.ec
valeria.mitiap6@utc.edu.ec
sandra.cabascango8@utc.edu.ec
diego.falconi4@utc.edu.ec
robinson.briones0@utc.edu.ec
jorge.pilataxi0180@utc.edu.ec
enma.marquinez8598@utc.edu.ec
indira.ponce5833@utc.edu.ec
bryan.cando8297@utc.edu.ec
patricio.sangopanta8434@utc.edu.ec
olguer.villacis2162@utc.edu.ec
alex.zhinin8708@utc.edu.ec
kevin.caiza0208@utc.edu.ec
richard.galarza5080@utc.edu.ec
carlos.mina6183@utc.edu.ec
jimena.condor6@utc.edu.ec
juan.lacalle@utc.edu.ec
darwin.taco@utc.edu.ec
cristobal.calero2@utc.edu.ec
jhoe.zambrano1189@utc.edu.ec
carlos.alcasig6026@utc.edu.ec
willian.vargas4138@utc.edu.ec
bryan.zapata7919@utc.edu.ec
marcia.vasconez9051@utc.edu.ec
jessica.guanoquiza7@utc.edu.ec
johanna.medina0@utc.edu.ec
henry.nunez3410@utc.edu.ec
angel.tapia6005@utc.edu.ec
pablo.palomo2@utc.edu.ec
stefany.viracocha8@utc.edu.ec
kelly.vargas4@utc.edu.ec
christian.jerez7674@utc.edu.ec
jairo.arellano3517@utc.edu.ec
alex.iza0@utc.edu.ec
carlos.cordova2000@utc.edu.ec
jefferson.topton0993@utc.edu.ec
sasha.calazan0484@utc.edu.ec
evelyn.tipanluisa9487@utc.edu.ec
mauricio.tapia2@utc.edu.ec
david.ruiz9475@utc.edu.ec
sergio.viera7402@utc.edu.ec
erika.chicaiza9202@utc.edu.ec
myriam.tayo3247@utc.edu.ec
jordan.luje8548@utc.edu.ec
sergio.andrango0267@utc.edu.ec
carlos.taipa9025@utc.edu.ec
eliana.cordova0656@utc.edu.ec
maria.escobar2082@utc.edu.ec
fredy.pilatasig5588@utc.edu.ec
ginger.jaramillo5054@utc.edu.ec
jairo.reyes1942@utc.edu.ec
soraya.cocha6481@utc.edu.ec

vilma.chicaiza5295@utc.edu.ec
cristian.cordova7177@utc.edu.ec
jhonny.mena7755@utc.edu.ec
diego.gavilanes8343@utc.edu.ec
diana.angamarca5131@utc.edu.ec
david.quishpe2577@utc.edu.ec
ronny.arauz3082@utc.edu.ec
diana.cando2592@utc.edu.ec
jefferson.ramirez9289@utc.edu.ec
andrea.vergara9707@utc.edu.ec
selenamaguana0902@utc.edu.ec
cristian.molina7896@utc.edu.ec
gloria.gualpa8748@utc.edu.ec
nelson.quinatoa7@utc.edu.ec
jhon.abrigo1057@utc.edu.ec
jonathan.chiguano7220@utc.edu.ec
walter.quimbita2@utc.edu.ec
jessica.alcaciega9@utc.edu.ec
alexander.atavallo0@utc.edu.ec
oscar.rocano5@utc.edu.ec
xavier.torres9191@utc.edu.ec
santiago.ninahualpa3489@utc.edu.ec
david.iza4388@utc.edu.ec
cristhian.yupangui9315@utc.edu.ec
maria.telenchana4141@utc.edu.ec
anthony.arroyo1854@utc.edu.ec
bryan.sangoluisa6974@utc.edu.ec
heidy.haro6455@utc.edu.ec
jonathan.venegas0916@utc.edu.ec
marjorie.caicedo5714@utc.edu.ec
jefferson.tutillo4@utc.edu.ec
nataly.endara1@utc.edu.ec
veronica.taipe9221@utc.edu.ec
paola.farinango7292@utc.edu.ec
geomaira.guilcazo4575@utc.edu.ec
yadira.quilligana6538@utc.edu.ec
luis.caillagua1468@utc.edu.ec
paola.caisatoa7103@utc.edu.ec
franklin.caiza0128@utc.edu.ec
cinthya.montes9127@utc.edu.ec
klever.guamushig8@utc.edu.ec
paulo.ponce5858@utc.edu.ec
andrea.zhina0@utc.edu.ec
katherine.flores8282@utc.edu.ec
kevin.guala6868@utc.edu.ec
jairo.cando7599@utc.edu.ec
bryan.merelo8546@utc.edu.ec
jose.macas7534@utc.edu.ec
silvia.cardenas8@utc.edu.ec
brayan.calderon3464@utc.edu.ec

jessica.jaya1191@utc.edu.ec
franklin.toctaguano4@utc.edu.ec
sandy.castelo0782@utc.edu.ec
jefferson.moreno2313@utc.edu.ec
miryan.guaraca0716@utc.edu.ec
nathaly.merizalde6453@utc.edu.ec
nicole.romero6665@utc.edu.ec
byron.ona8426@utc.edu.ec
wilson.latacunga9587@utc.edu.ec
patricia.maldonado8216@utc.edu.ec
edwin.chicaiza7877@utc.edu.ec
karla.zapata7558@utc.edu.ec
alex.vaca6676@utc.edu.ec
johana.criollo3306@utc.edu.ec
cristian.acosta4503@utc.edu.ec
tatiana.gutierrez0377@utc.edu.ec
kevin.venegas8@utc.edu.ec
neyda.changoluisa0807@utc.edu.ec
wilson.valenzuela6150@utc.edu.ec
estefania.yanez9449@utc.edu.ec
jhon.chavez2815@utc.edu.ec
jaime.segovia6954@utc.edu.ec
manuel.arteaga7042@utc.edu.ec
cristian.rengifo9793@utc.edu.ec
daniela.diaz1109@utc.edu.ec
johnny.anarumba9641@utc.edu.ec
diana.rojas4653@utc.edu.ec
rodrigo.calvache0478@utc.edu.ec
bryan.chavez2780@utc.edu.ec
cristian.angueta8881@utc.edu.ec
jefferson.zapata6731@utc.edu.ec
judin.cacuango1965@utc.edu.ec
cinthya.chanaluisa8363@utc.edu.ec
karen.cedeno4836@utc.edu.ec
erika.paredes8786@utc.edu.ec
nataly.celin1604@utc.edu.ec
jessenia.chiluiza6738@utc.edu.ec
bryan.toapanta6788@utc.edu.ec
brayner.ron7340@utc.edu.ec
brayan.lisintuna7595@utc.edu.ec
juan.valencia0276@utc.edu.ec
bryan.tarco0918@utc.edu.ec
cristobal.tapia@utc.edu.ec
angel.murillo8670@utc.edu.ec
bryan.sango3336@utc.edu.ec
darwin.alarcon2122@utc.edu.ec
karen.moreno6353@utc.edu.ec
nathaly.castillo7661@utc.edu.ec
leonel.moya9457@utc.edu.ec
celida.azogue2@utc.edu.ec

maria.barragan3692@utc.edu.ec
kevin.villafuerte1480@utc.edu.ec
fausto.acosta3@utc.edu.ec
luis.sigcha0920@utc.edu.ec
melissa.romero4954@utc.edu.ec
karla.rodriuez2467@utc.edu.ec
dylan.mena3115@utc.edu.ec
jonathan.villamarin3494@utc.edu.ec
erik.molina6291@utc.edu.ec
sergio.guevara3685@utc.edu.ec
julio.moya4748@utc.edu.ec
marco.sosa8@utc.edu.ec
luis.tutillo0485@utc.edu.ec
luis.tiselema7474@utc.edu.ec
jessica.lasluisa4286@utc.edu.ec
nelson.mopocita3266@utc.edu.ec
alexis.pogo1078@utc.edu.ec
cristian.gutierrez4018@utc.edu.ec
jessica.armijos1700@utc.edu.ec
jorge.sanchez9900@utc.edu.ec
cristian.tarco2@utc.edu.ec
elizabeth.cruz0941@utc.edu.ec
franklin.farinango9@utc.edu.ec
paul.montaleza2536@utc.edu.ec
angel.espinosa6@utc.edu.ec
jonathan.ramos0478@utc.edu.ec
marco.espinosa3@utc.edu.ec
alvaro.alarcon0772@utc.edu.ec
bryan.hidalgo8109@utc.edu.ec

andrea.vizuite3713@utc.edu.ec
denis.pacheco6802@utc.edu.ec
wendy.llore4499@utc.edu.ec
dayana.salazar4351@utc.edu.ec
max.real@utc.edu.ec
jefferson.chicaiza0135@utc.edu.ec
mayra.duran4872@utc.edu.ec
jazmin.reyes4964@utc.edu.ec
jhony.santamaria2@utc.edu.ec
bryan.herrera1163@utc.edu.ec
francis.acosta8272@utc.edu.ec
johana.iza2765@utc.edu.ec
blanca.aguaiza2@utc.edu.ec
lenin.moya0689@utc.edu.ec
alan.castro7252@utc.edu.ec
jorge.pluas2902@utc.edu.ec
yajaira.vaca2940@utc.edu.ec
bryan.lumiquinga0139@utc.edu.ec
pedro.cruz1884@utc.edu.ec
digna.quizhpe9356@utc.edu.ec
ronny.vega5521@utc.edu.ec
dany.jimenez4150@utc.edu.ec
luis.gallardo1875@utc.edu.ec
wilson.cordova3844@utc.edu.ec
jimmy.maiza0955@utc.edu.ec
dennis.martinez9997@utc.edu.ec
karina.sarzosa8628@utc.edu.ec
german.jimenez6@utc.edu.ec
carlos.vallejo7217@utc.edu.ec

Anexo 3

Entrevista realizada al Ing. Ramiro Vargas

1. ¿Cómo se sintió al utilizar la montura oftálmica personalizada?

Verdaderamente fue un cambio bastante notorio porque me sentí muy cómodo al utilizarlos en todo este tiempo.

2. ¿Cuál fue el tiempo de uso de la montura oftálmica personalizada?

Lo usé durante una semana, con una frecuencia diaria.

3. ¿Las molestias localizadas en el hueso nasal desaparecieron?

Sí, desaparecieron en su totalidad y además puedo acotar que es la primera vez que tengo una montura muy cómoda que se acople a mi nariz de forma ideal.

4. ¿Las molestias localizadas en el hueso temporal desaparecieron?

De igual forma, las molestias que se presentaban en mi hueso temporal desaparecieron en su totalidad, además que sentí total de relajación al utilizar este prototipo.

5. ¿Presentó en algún momento otro tipo de molestia?

No, puedo decir que ninguna molestia porque siento que esta montura si está acoplada a mi rostro y cabeza.

6. ¿Le gustó el diseño de su montura oftálmica?

Claro que sí, además porque siempre he deseado tener un diseño como este, y también porque nunca había encontrado un modelo que sea de mi estilo y cumpla con mis requerimientos de uso.

7. ¿Cree que este tipo de productos mejoran la calidad de vida de las personas?

Desde luego que sí, ya que en mi caso al tener el defecto genético en las orejas, algo que no lo conocía, mejora mi seguridad para seguir utilizando este producto, que es de uso diario y me siento contento con la estética de mi rostro.

Anexo 4

Hoja de vida del autor

DATOS PERSONALES

NOMBRE: Karina Elizabeth Sarzosa García

NACIONALIDAD: Ecuatoriana.

ESTADO CIVIL: Soltera.

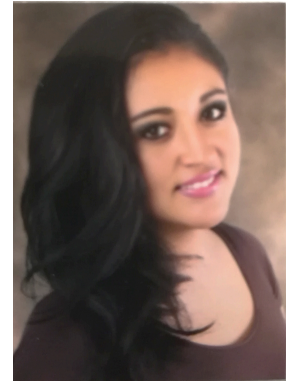
FECHA DE NACIMIENTO: 26 de Marzo de 1993.

CÉDULA DE CIUDADANÍA: 0503988628.

TELÉFONOS: 0998965704.

CORREO ELECTRÓNICO: karina.sarzosa8628@utc.edu.ec

DIRECCIÓN: Pujilí, Calle Antonio José de Sucre y Av. Velasco Ibarra



ESTUDIOS REALIZADOS

Primaria: Unidad Educativa Santa Marianita de Jesús

Secundaria: Unidad Educativa Hermano Miguel

Superior: Pontificia Universidad Católica del Ecuador Sede Ambato

Universidad Técnica de Cotopaxi

EXPERIENCIA LABORAL

EMPRESA: GlobalParts S.A. Planta Latacunga

CARGO: Polifuncional

FUNCIÓN: Asistencia al Jefe de Operaciones, mensajería.

TIEMPO: 12 meses.

INSTITUCIÓN: Corporación Ecuatoriana de Aluminio S.A. (CEDAL)

CARGO: Pasante.

FUNCIÓN: Departamento de Fundición, control de producción y control de inventarios.

TIEMPO: 6 meses

Hoja de vida del autor

DATOS PERSONALES

NOMBRE: Carlos David Vallejo Armas.

NACIONALIDAD: Ecuatoriana.

ESTADO CIVIL: Soltero.

FECHA DE NACIMIENTO: 18 - Octubre - 1992.

CÉDULA DE CIUDADANÍA: 050322721-7.

TELÉFONOS: 0995243205.

CORREO ELECTRÓNICO: carlitosdavid1992@hotmail.com

DIRECCIÓN: Pujilí, Barrio Jesús de Nazareth.



ESTUDIOS REALIZADOS

Primaria: Unidad Educativa Experimental FAE N° 5.

Secundaria: Unidad Educativa Experimental FAE N° 5.

Superior: Universidad de las Fuerzas Armadas – ESPE, UGT.
Universidad Técnica de Cotopaxi

EXPERIENCIA LABORAL

EMPRESA: GlobalParts S.A. Planta Latacunga

CARGO: Mecánico

FUNCIÓN: Sección mantenimiento compactadores de carga lateral sistema THEMAC, Tareas de mantenimiento automotriz Mercedes Benz.

TIEMPO: 14 meses.

INSTITUCIÓN: Corporación Ecuatoriana de Aluminio S.A. (CEDAL)

CARGO: Pasante.

FUNCIÓN: Departamento de Fundición, control de producción y control de inventarios.

TIEMPO: 6 meses