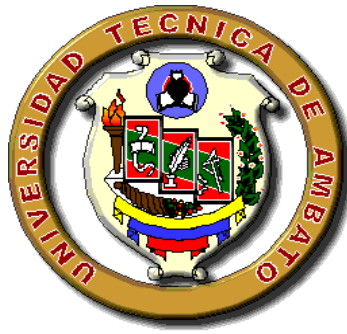




UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO

FACULTAD DISEÑO Y ARQUITECTURA

INGENIERIA EN DISEÑO INDUSTRIAL

“Diseño de mangos para brochas cosméticas a partir de residuos de cuero generados en las empresas de calzado de Tungurahua.”

Modalidad: Proyecto Integrador

Trabajo de Titulación, proyecto integrador previo a la obtención del Título de Ingeniera en Diseño Industrial, otorgado por la Universidad Técnica de Ambato

Autora: Morocho Dutan Evelyn Thalia

Tutora: Ing. Patricia Montenegro

Ambato - Ecuador

Diciembre - 2025

APROBACIÓN DEL TUTOR

En mi calidad de Tutor del Trabajo de Titulación sobre el tema:

“Diseño de mangos para brochas cosméticas a partir de residuos de cuero generados en las empresas de calzado de Tungurahua.” de la alumna Morocho Dutan Evelyn Thalia, estudiante de la carrera de Ingeniería en Diseño Ingeniera en Diseño Industrial, considero que dicho Trabajo de Titulación bajo la Modalidad de Integrados ha sido revisado en su totalidad, el mismo que responde a las normas establecidas en el Reglamento para la Titulación de Grado en la Universidad Técnica de Ambato.

Por lo tanto, autorizo la presentación del mismo, ante el organismo pertinente para ser sometido a la evaluación de los profesores calificadores designado por el H. Consejo Directivo de la Facultad.

Ambato, diciembre de 2025



.....

Ing. Patricia Montenegro

C.C.: 1804375507

TUTORA

AUTORÍA DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

Yo, Evelyn Thalia Morocho Dutan con cédula de ciudadanía No180535929-4, declaro que los criterios emitidos en el trabajo de titulación, modalidad integrador bajo el tema: “Diseño de mangos para brochas cosméticas a partir de residuos de cuero generados en las empresas de calzado de Tungurahua. ” así como también los contenidos presentados, ideas, análisis, síntesis de datos y conclusiones, son de exclusiva responsabilidad de mi persona, como autora de este trabajo de Titulación

Ambato, diciembre 2025



Morocho Dutan Evelyn Thalia

C.C.: 180535929-4

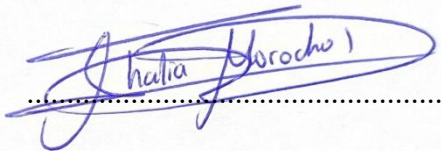
AUTORA

DERECHOS DE AUTOR

Yo, Morocho Dutan Evelyn Thalia con C.C.: 180535929-4 en calidad de autora y titular de los derechos morales y patrimoniales del trabajo de titulación TEMA **“DISEÑO DE MANGOS PARA BROCHAS COSMÉTICAS A PARTIR DE RESIDUOS DE CUERO GENERADOS EN LAS EMPRESAS DE CALZADO DE TUNGURAHUA.”**, autorizo a la Universidad Técnica de Ambato, para que haga de este trabajo de titulación o parte de él, un documento disponible con fines netamente académicos para su lectura, consulta y procesos de investigación.

Cedo una licencia gratuita e intransferible, así como los derechos patrimoniales de mi Trabajo de Titulación a favor de la Universidad Técnica de Ambato con fines de difusión pública; y se realice su publicación en el repositorio institucional de conformidad a lo dispuesto en el Art. 144 de la Ley Orgánica de Educación Superior, siempre y cuando no suponga una ganancia económica y se realice respetando mis derechos de autora.

Ambato, diciembre de 2025



Morocho Dutan Evelyn Thalia

C.C.: 180535929-4

AUTORA

TRIBUNAL DE GRADO

Los miembros del Tribunal de Grado del Trabajo de Titulación, Modalidad de Integrador sobre el **“DISEÑO DE MANGOS PARA BROCHAS COSMÉTICAS A PARTIR DE RESIDUOS DE CUERO GENERADOS EN LAS EMPRESAS DE CALZADO DE TUNGURAHUA.”** de Morocho Dutan Evelyn Thalia , estudiante de la carrera de Ingeniería en Diseño Industrial, de la Facultad de Diseño Industrial de conformidad con el Reglamento para la Titulación de Grado para obtener el título terminal de Tercer Nivel de la Universidad Técnica de Ambato, una vez revisado y calificado

Ambato, diciembre de 2025

Para constancia firman:

Título. Nombres y Apellidos

PRESIDENTE

C.C.:

Título. Nombres Apellidos

MIEMBRO TRIBUNAL DE GRADO

C.C.:

Título. Nombres Apellidos

MIEMBRO TRIBUNAL DE GRADO

C.C.:

DEDICATORIA

A Dios, quien en silencio guio mi corazón y fortaleció mis manos para llegar hasta aquí.

A la memoria eterna de mi Padre, quien, aun desde su ausencia física, ha sido mi guía más firme en cada etapa de este camino. Tu luz me acompañó y me sostuvo, sé que te sientes orgulloso

A mi querido hijo, Dorian, mi pequeño motor y la inspiración más pura de mi vida. Gracias por tu amor incondicional, por tus sonrisas que iluminaron mis días y por convertir cada esfuerzo en una motivación aún más grande. Eres mi razón más hermosa para seguir creciendo.

A mi Madre, mi pilar, mi impulso y mi más fiel compañía. Tu fuerza, tus sacrificios y tu fe inagotable fueron el soporte que me permitió llegar hasta aquí. Con todo mi amor, esta meta también te pertenece; la construimos juntas

A mi Cristian, mi amor; gracias por tu apoyo constante, por ser mi mano derecha y mi refugio en los momentos difíciles. Gracias por tu nobleza, por creer en mí incluso cuando yo dudé, por sostenerme, por darme tu tiempo, tu paciencia y tu corazón. Nuestro camino, de la mano y guiados por Dios, hizo posible este sueño juntos.

A mis Hermanos, Luis y Andrea que caminaron este trayecto conmigo, animándome y cuidando de que nunca perdiera la fe. Gracias por su apoyo genuino y esa complicidad que siempre me impulsa.

A mi querida cuñada, Fernanda, por tu bondad, tu apoyo desinteresado y por hacer que los momentos difíciles fueran más ligeros.

A mis sobrinos, Sebastián, Alessandro y Elian quienes llenaron mi vida y este largo recorrido de ternura, alegría y amor auténtico. Ustedes hicieron que cada día valiera la pena.

Con amor, Ingeniera Thalia Morocho

AGRADECIMIENTO

A L'artist, mi segunda familia, a Aly y Kath, por su ejemplo de liderazgo, esfuerzo y perseverancia, por su cariño, complicidad y un espacio que permitió el desarrollo y ejecución de esta investigación.

A mis docentes de toda la Facultad, y en especial a aquellos del área de Diseño Industrial, por compartir sus conocimientos con dedicación, fomentar mi pasión por la disciplina.

A mi Ing. Andrés, amigo, colega y consejero, gracias por guiar mis pasos, corregir mis errores y celebrar mis aciertos. He aprendido muchísimo a tu lado, y valoro profundamente tu apoyo.

A mis ingenieras tutora y acompañantes de tesis: Patricia, Mayrita y Cristina. Gracias por su guía constante, por la claridad con la que orientaron cada una de mis etapas y por su apoyo incondicional en los momentos de mayor desafío.

Al Ing. Will, un gran docente y amigo, gracias por compartir su conocimiento con tanta claridad y por ser una guía constante en mi formación. Le deseo todos los éxitos del mundo.

A Esteban y Mayrita, por su apoyo esencial en la gestión administrativa y por su amistad sincera. Gracias por su disposición constante, su paciencia y buena voluntad.

A mi Verito, Adrián, Mateo, Susana, Patricio y Víctor, gracias por su apoyo incondicional, por ser un ejemplo de perseverancia, por su cariño y por abrirme las puertas de su hogar.

A mi ASO, mi familia y mi segundo hogar. Fue un privilegio servir como su presidenta y formar parte de una comunidad tan valiosa. A mis amigos, sin excluir a ninguno los que he conocido en toda la carrera universitaria y en mi vida, gracias por cada palabra de ánimo, por acompañar mis desahogos y por compartir tantas historias juntos, nunca dejen de apoyar a las personas que nos necesitan, siempre estaré aquí para apoyarlos. Cierro este ciclo con profundo agradecimiento por la amistad, el apoyo y la lealtad que construimos juntos.

Con amor, Ingeniera Thalia Morocho

ÍNDICE GENERAL

PORTADA.....	i
.....	ii
APROBACIÓN DEL TUTOR.....	3
AUTORÍA DEL TRABAJO DE TITULACIÓN	4
DERECHOS DE AUTOR.....	5
TRIBUNAL DE GRADO.....	6
DEDICATORIA	7
AGRADECIMIENTO.....	8
RESUMEN EJECUTIVO.....	17
ABSTRACT	18
INTRODUCCIÓN.....	19

CAPITULO I

ANTECEDENTES GENERALES

1.1. Tema	20
1.2. Planteamiento del problema.....	20
1.2.1. Contextualización.....	20
1.2.3. Enunciado del problema.....	22

CAPITULO II

2.1. Categorías fundamentales	25
2.2. Red conceptual	26

2.3.	Antecedentes de la investigación	28
2.4.	Marco Teórico	32
2.4.1.	Concepto y evolución del diseño Industrial	32
2.4.2.	Diseño centrado en el usuario (DCU) y su impacto en herramientas de precisión	36
2.4.3.	Ergonomía aplicada al diseño de mangos	38
2.4.4.	El factor mano: zona de vecindad y prensión	42
2.4.5.	Antropometría de la mano: medidas relevantes para mangos de precisión	45
2.4.6.	Geometría funcional del mango: diámetro, longitud, radios y centro de equilibrio	52
2.4.7.	Fatiga muscular en tareas repetitivas de precisión.....	54
2.4.8.	Diseño de brochas cosméticas: estética, higiene e inocuidad	59
2.4.9.	Ecodiseño y circularidad aplicados al mango	63
2.4.10.	Materia prima y propiedades del material.....	66
2.4.11.	Procesamiento del material compuesto y fabricación.....	69

Capítulo III

3.1.	Análisis Pestel	72
3.2.	Análisis FODA	74

CAPÍTULO IV

MARCO METODOLÓGICO

4.1.	Método	74
------	--------------	----

4.3.	Modalidad	76
4.4.	Nivel de investigación.....	77
4.5.	Diseño de la investigation	78
4.6.	Operacionalización de las variables	79
4.7.	Población y Muestra.....	81
4.7.1.	Muestra.....	81
4.7.2.	Sección de muestra.....	83

CAPITULO V

PROPUESTA	108
5.2. Fase 1: Descubrir.....	109
5.2.1. Insights	110
5.2.3. Análisis de Brochas existentes en el mercado.	112
5.3. Fase 2: Definir.....	117
5.3.1. Síntesis de Insights	118
5.3.2. Ficha de usuario.....	119
5.3.3. Necesidades del usuario	120
5.3.4. Criterios del diseño.....	121
5.3.5. Requisitos del producto	122
5.4. Fase 3: Desarrollar	124
5.4.1 Ergonomía aplicada en el diseño	124
5.4.2. Ideación	127

5.4.2 Experimentación con el material	133
5.5. Fase 4: Entregar	142
5.5.1. Prototipo de brochas	143
5.5.2. Modo de uso de brochas	144
5.5.3. Validación del producto	146
5.5.4. Implementación del producto	148

CAPÍTULO VI

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	149
Conclusiones	149
Recomendaciones	150
Bibliografía	151
Anexos	154

ÍNDICE DE TABLA

Tabla 1 Materiales Compuestos.....	28
Tabla 2 Materiales Compuestos.....	29
Tabla 3 Gestión de residuos de la industria del cuero	30
Tabla 4 Brocha de maquillaje, método y aparato para su fabricación.	31
Tabla 5 Variable Independiente	79
Tabla 6 Variable Dependiente	80
Tabla 7 Criterios ergonómicos para el diseño del mago.....	126
Tabla 8 Características de resina	135

ÍNDICE DE FIGURA

Figura 1. Árbol de problema	21
Figura 2. Variable dependiente	25
Figura 3. Variable independiente.....	25
Figura 4. Variable dependiente	26
Figura 5. Variable independiente.....	27
Figura 6. Aplicación de producto de resina	28
Figura 7 Agarre de mano y forma	29
Figura 8. Product with color variants, render with Rhinoceros 7 software.....	30
Figura 9. Partes de las brochas	31
Figura 10. Diferentes posturas de las manos y muñecas.....	40
Figura 11. Tabla con las principales medidas de la mano (Según Norma DIN 33402, parte 2).	46
Figura 12. Tabla con las medidas del perfil de la mano (Según Norma DIN 33402, parte 2).	47
Figura 13. Arcos descriptos por los movimientos de la muñeca y la mano, teniendo en cuenta la articulación del codo y sin tener en cuenta a ella. (Según Stier y Meyer).....	48
Figura 14. Tabla con las medidas del perfil de la mano (Según Norma DIN 33402, parte 2).	49
Figura 15. Medidas de la mano (Según Norma DIN 33402, parte 2).	50

Figura 16. Movimientos de brazos y hombros	51
Figura 17. La mano humana cerrada forma un ángulo de 70° entre la horizontal y el eje normal.....	53
Figura 18. La mano humana cerrada forma un ángulo de 70° entre la horizontal y el eje normal.	55
Figura 19. Problemas de piel, musculo y tendones	56
Figura 20. Problemas de huesos y articulaciones.....	57
Figura 21. Divisiones de una brocha.....	60
Figura 22. Análisis PESTEL	72
Figura 23. Análisis FODA.....	74
Figura 24. Diseño de investigación	78
Figura 25. Localidades de maquillistas en Ambato.....	84
Figura 26. Equipo L'artist.....	85
Figura 27. Análisis de entrevista maquillista 1	102
Figura 28. Análisis de resultados maquillista 2.....	103
Figura 29. Análisis de resultados maquillista 3.....	104
Figura 30. Análisis de resultados maquillista 4.....	105
Figura 31. Design council	108
Figura 32. Insights generales.....	110
Figura 33. Insights maquillistas	111
Figura 34. Análisis de brochas	112
Figura 35. Análisis de brocha Jessup	113
Figura 36. Análisis de brocha Docolor.	114
Figura 37. Análisis de brocha MAC.....	115

Figura 38. Análisis de brochas BobbiBrow.....	116
Figura 39. Síntesis de Insights.....	118
Figura 40. Ficha de usuario	119
Figura 41. Partes que componen una brocha.....	122
Figura 42. Brief de diseño	127
Figura 43. Concepto del nombre del producto	128
Figura 44. Bocetos preliminares.....	129
Figura 45. Bocetos finales	130
Figura 46. Boceto final.....	131
Figura 47. Moodboard.....	132
Figura 48. Prueba de materiales	133
Figura 49. Probetas de textura.....	134
Figura 50. Render brocha difuminadora	136
Figura 51. Render brocha de base	137
Figura 52. Planos técnicos de brochas de base.....	138
Figura 53. Planos técnicos de brocha difuminadora	139
Figura 54. Proceso de fabricación	140
Figura 55. Análisis de brochas	141
Figura 56. Prototipos de brochas.....	143
Figura 57. Modo de uso brochas Alisson Llivirumbay	144
Figura 58. Modo de uso brochas Ross Viteri	145
Figura 59. Validación Alisson Llivirumbay	146
Figura 60. Validación de Ross Viteri.....	147

Figura 61. Implementación del producto	148
Figura 62. Plano de vistas de brocha base.....	154
Figura 63. Plano constructivos de brocha de base	155
Figura 64. Plano de detalle de brocha base	156
Figura 65. Planos de vistas brocha difuminadora	157
Figura 66. Planos constructivos de brocha difuminadora	158
Figura 67. Planos de detalle brocha difuminadora	159

RESUMEN EJECUTIVO

La presente investigación desarrolla el diseño de mangos para brochas cosméticas a partir de residuos de cuero generados por la industria del calzado en la provincia de Tungurahua, integrando criterios de ergonomía y diseño centrado en el usuario. El estudio responde a la limitada adaptación ergonómica de brochas convencionales y a la necesidad de transformar el residuo en un componente funcional. Se adopta un enfoque proyectual aplicado con metodología mixta: observación estructurada, entrevistas a usuarios y análisis dimensional del producto. El proceso se organiza con el modelo del Doble Diamante, que guía la definición de requisitos, la exploración formal y la validación del prototipo. El mango se fabrica con un material compuesto que encapsula residuos de cuero en una matriz de resina, seleccionada por su estabilidad y capacidad de moldeo. La presencia del cuero aporta textura y respuesta táctil, mejorando agarre, control y precisión. El diseño se fundamenta en criterios antropométricos de la mano y en el agarre tipo lápiz propio del maquillaje profesional. La validación evidenció mejoras en comodidad, control gestual y precisión frente a brochas convencionales, confirmando la viabilidad técnica y proyectual de la propuesta local.

Palabras clave: DISEÑO INDUSTRIAL, ERGONOMÍA, RESIDUOS DE CUERO, MATERIAL COMPUESTO, BROCHAS COSMÉTICAS.

ABSTRACT

This research develops the design of handles for cosmetic brushes using leather waste generated by the footwear industry in the province of Tungurahua, integrating ergonomic and user-centered design criteria. The study addresses the limited ergonomic adaptation of conventional brushes and the need to transform this waste into a functional component. A mixed-methods design approach is adopted, employing structured observation, user interviews, and dimensional analysis of the product. The process is organized using the Double Diamond model, which guides the definition of requirements, formal exploration, and prototype validation. The handle is manufactured from a composite material that encapsulates leather waste in a resin matrix, selected for its stability and moldability. The presence of the leather provides texture and tactile feedback, improving grip, control, and precision. The design is based on anthropometric criteria of the hand and the pencil-like grip typical of professional makeup application. Validation demonstrated improvements in comfort, gesture control, and precision compared to conventional brushes, confirming the technical and design viability of the local proposal.

Keywords: *INDUSTRIAL DESIGN, ERGONOMICS, LEATHER WASTE, COMPOSITE MATERIAL, COSMETIC BRUSHES.*

INTRODUCCIÓN

En la actualidad, el diseño industrial enfrenta el desafío de desarrollar productos que respondan de manera simultánea a las necesidades funcionales del usuario, a criterios ergonómicos y a una gestión responsable de los materiales. En este contexto, la industria del calzado genera grandes volúmenes de residuos de cuero que, en muchos casos, son descartados sin procesos de aprovechamiento adecuados, provocando impactos ambientales y el desaprovechamiento de un material con alto potencial de uso. De forma paralela, el mercado de herramientas cosméticas, particularmente las brochas de maquillaje, presenta diseños estandarizados que priorizan aspectos estéticos o productivos, relegando la adaptación ergonómica y la experiencia real de uso. Esta situación adquiere mayor relevancia si se considera que el uso prolongado de brochas exige precisión, control gestual y comodidad, especialmente en contextos profesionales caracterizados por movimientos repetitivos.

Ante este escenario, la presente investigación propone el diseño de mangos para brochas cosméticas elaborados a partir de residuos de cuero generados en la industria del calzado de la provincia de Tungurahua. La propuesta se fundamenta en la integración de criterios de ergonomía, diseño centrado en el usuario y experimentación material, orientados al desarrollo de un producto funcional y técnicamente viable. El proyecto adopta un enfoque proyectual aplicado, mediante el cual el diseño se concibe como una herramienta capaz de articular materialidad, funcionalidad y experiencia de uso. De este modo, la investigación busca aportar al campo del diseño industrial con una solución contextualizada que evidencia el potencial del diseño para transformar residuos en productos de valor.

CAPITULO I

ANTECEDENTES GENERALES

1.1.Tema

“DISEÑO DE MANGOS PARA BROCHAS COSMÉTICAS A PARTIR DE RESIDUOS DE CUERO GENERADOS EN LAS EMPRESAS DE CALZADO DE TUNGURAHUA.”

1.2.Planteamiento del problema

1.2.1. Contextualización

La industria cosmética global se encuentra en estado de transformación a prácticas sostenibles, incorporando el ecodiseño en herramientas de belleza, envases sostenibles o productos de uso cotidiano que permiten dejar de contribuir con el deterioro ambiental, en la actualidad el usuario prefiere material ecológico reutilizable, degradable e innovador que reduzcan el uso de plástico virgen reduciendo la contaminación del ecosistema (LLorens & Hernandis, 2025). No obstante, el residuo de cuero es un problema global relevante entre el 20% y 30% del mal patronaje o virutas de piel en curtiembres son descartados sin tratamientos idóneos generando contaminación del suelo por componentes como el cromo (Paucar et al., 2024). En vista de contribuir con el aporte sostenible del ambiente se han generados varias propuestas de materiales compuestos de polímeros con retales de cuero y polímeros reciclados como EVA o TPU para la elaboración de productos diseñados de manera adecuada y material sostenible (Sharma et al., 2023).

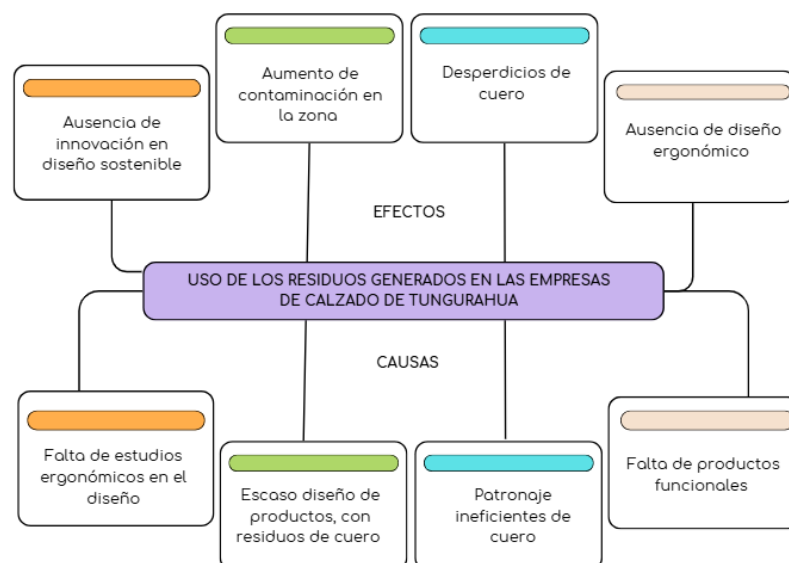
En el Ecuador el eje productivo más grande es la industria de cuero y calzado, concentrándose en la provincia de Tungurahua. Sin embargo, así mismo en varios países, la gestión de retales de cuero sigue siendo limitante por falta del contenedor de reciclaje y escasa económica circular (Acosta, 2025). Mientras tanto, el mercado

nacional acepta el aumento de productos eco amigables, donde el usuario busca diferentes alternativas, responsables con el ambiente, dando así oportunidades para los microemprendimientos innovando con el diseño sostenible como competencia con los demás (Chicaiza, 2024).

Tungurahua es una provincia que genera alto volúmenes de retales que no se reutilizan para la economía circular (Herrería & Leon, 2018) .Esta realidad aumenta el problema medioambiental, pero permite pensar en nuevas oportunidades de generar nuevos materiales. En paralelo, el mercado de brochas cosméticas de maquillaje importadas con mangos comunes no tiene una base de estudios antropométricos de la población ecuatoriana, estudios explican la necesidad de definir medidas para optimizar el diseño de mangos de herramientas manuales, con longitud mínimas de 100mm, diámetro de 30 a 40mm (Wang & Cai, 2017). La ausencia de productos que se adapten al usuario local emite una inconformidad física que es prolongada por no realizar estudios necesarios.

1.2.2. Árbol de problema

Figura 1. Árbol de problema



1.2.3. Enunciado del problema

En el mercado de brochas cosméticas se rigen al uso de materiales vírgenes en sus mangos como plásticos o madera sin consideran el agarre ergonómico ni antropométrico, generando malestar con el uso prolongado en el usuario. La falta de mentalidad del mercado local entre lo sostenible y lo ergonomía en productos ha limitado la competitividad en el mercado eco amigable, generando perdidas para micro y pequeñas empresas en el sector (Chicaiza, 2024). Además, la provincia de Tungurahua genera de manera constante alto residuo de cuero por el mal patronaje, retales con lacras y virutas que son procesados de manera inadecuada, provocando impactos ambientales asociados al cromo, contaminación de suelos y fuentes hídricas Paucar et al. (2024). Esta situación refleja la ausencia de procesos para transformar residuos en productos útiles convirtiendo los residuos en otros productos (Acosta, 2025). En conclusión, el problema no solo se encuentra en la contaminación ambiente, sino en la también en la falta de funciones para el usuario, evidenciando la necesidad de diseños que engloben el ecodiseño, ergonomía, antropometría y la economía circular.

1.3. Justificación

El mercado cosmético experimenta crecimiento en envases o productos eco amigables, en Tungurahua aun predominan las brochas importadas con mangos regulares de plástico virgen y madera que no consideran sostenibilidad, ni parámetros ergonómicos ni antropométricos del agarre de la mano (Wang & Cai, 2017). Estas deficiencias limitan la comodidad y uso prolongad en el usuario de manera inadecuada al momento de utilizarlas, también restringiendo la competitividad de las ofertas locales que valoran la sostenibilidad, diseño y funcionalidad.

El diseño de brochas cosméticas a partir de residuos de cuero responde a la necesidad de reducir el impacto ambiental en las empresas de calzado y mejorar la funcionalidad de utensilios cosméticos, proyectando futuros beneficios en varias dimensiones ambientales, disminución de desechos, y aprovechar los residuos entre curtiembres, calzado, diseñadores y talleres artesanales. Tungurahua, fortaleciendo la economía y la identidad productiva cuenta con toda la materia primera residual en abundancia, dentro de las investigaciones se cuenta con validaciones de cuero con polímeros reciclados como EVA o TPU (Sharma et al., 2023). Estos elementos garantizan que la propuesta no solo es viable desde el punto de vista técnico y productivo, sino también pertinente y alineada con la ergonomía aplicada al diseño de herramientas.

El problema de desperdicios de residuos de cuero en las empresas de calzado tiene raíces históricas generan grandes volúmenes que no son reincorporados en ciclos. En Tungurahua se concentra aproximadamente el 60% la producción nacional del calzado equivalente a un promedio de 1.914 empresas activas que producen el 30% y el 45% de desperdicios de piel que terminando en botaderos o incinerados, aumentando el nivel de contaminación por compuestos derivados del curtido al cromo. A pesar de su potencial como insumo secundario, la aceptación y escasas tecnologías accesibles han dado a entender que el cuero residual es simplemente un desecho, más no materia prima alternativa. (Acosta, 2025; Paucar et al., 2024)

1.4. Objetivo

1.4.1. Objetivo General

Diseñar mangos de brochas cosméticas ergonómicos a partir de residuos de cuero, fomentando prácticas de aprovechamiento de materiales de la industria del calzado de Tungurahua.

1.4.2. Objetivo Específicos

- **Identificar** las características, tipos y volúmenes de residuos de cuero generados en empresas artesanales de calzado en Tungurahua.
- **Establecer** criterios de aprovechamiento de residuo, ergonomía y estética para la elaboración del mango de brochas a partir de residuos.
- **Prototipar** mangos de brochas ergonómicos utilizando técnicas de reciclaje aplicadas al cuero reciclado.

1.5. Línea de investigación

La investigación se adscribe a la línea de investigación “Diseño, materiales y producción”, perteneciente al dominio institucional “Optimización de los sistemas productivos, técnicos-tecnológicos y desarrollo urbanístico” de la Universidad Técnica de Ambato. Permite el abordaje de soluciones proyectuales orientadas a la innovación y la sostenibilidad mediante el aprovechamiento de residuos industriales y la optimización de procesos productivos. En este marco, el proyecto titulado “Diseño de mangos para brochas cosméticas a partir de residuos de cuero generados en las empresas de calzado de Tungurahua” se vincula a la mencionada línea, al proponer el desarrollo de un producto con enfoque de ecodiseño y economía circular, que contribuye a la reducción de la contaminación por desechos de cuero y a la generación de alternativas sostenibles para la industria cosmética local.

CAPITULO II

CAPÍTULO II

MARCO REFERENCIAL

2.1.Categorías fundamentales

Figura 2. Variable dependiente

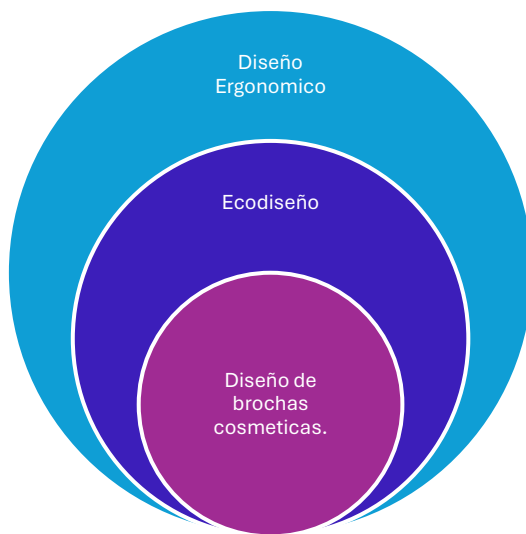
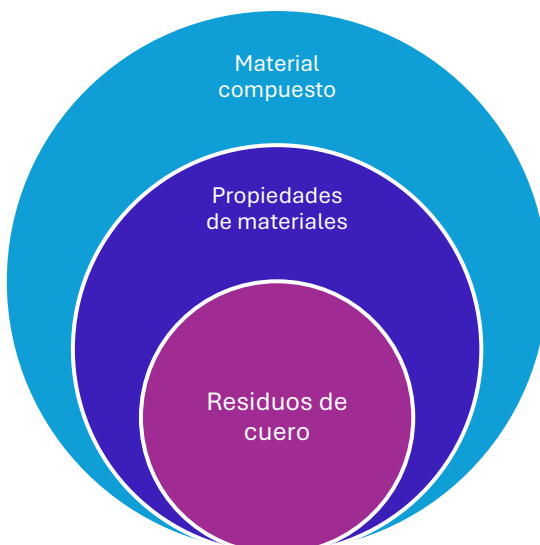


Figura 3. Variable independiente



2.2. Red conceptual

Figura 4. Variable dependiente

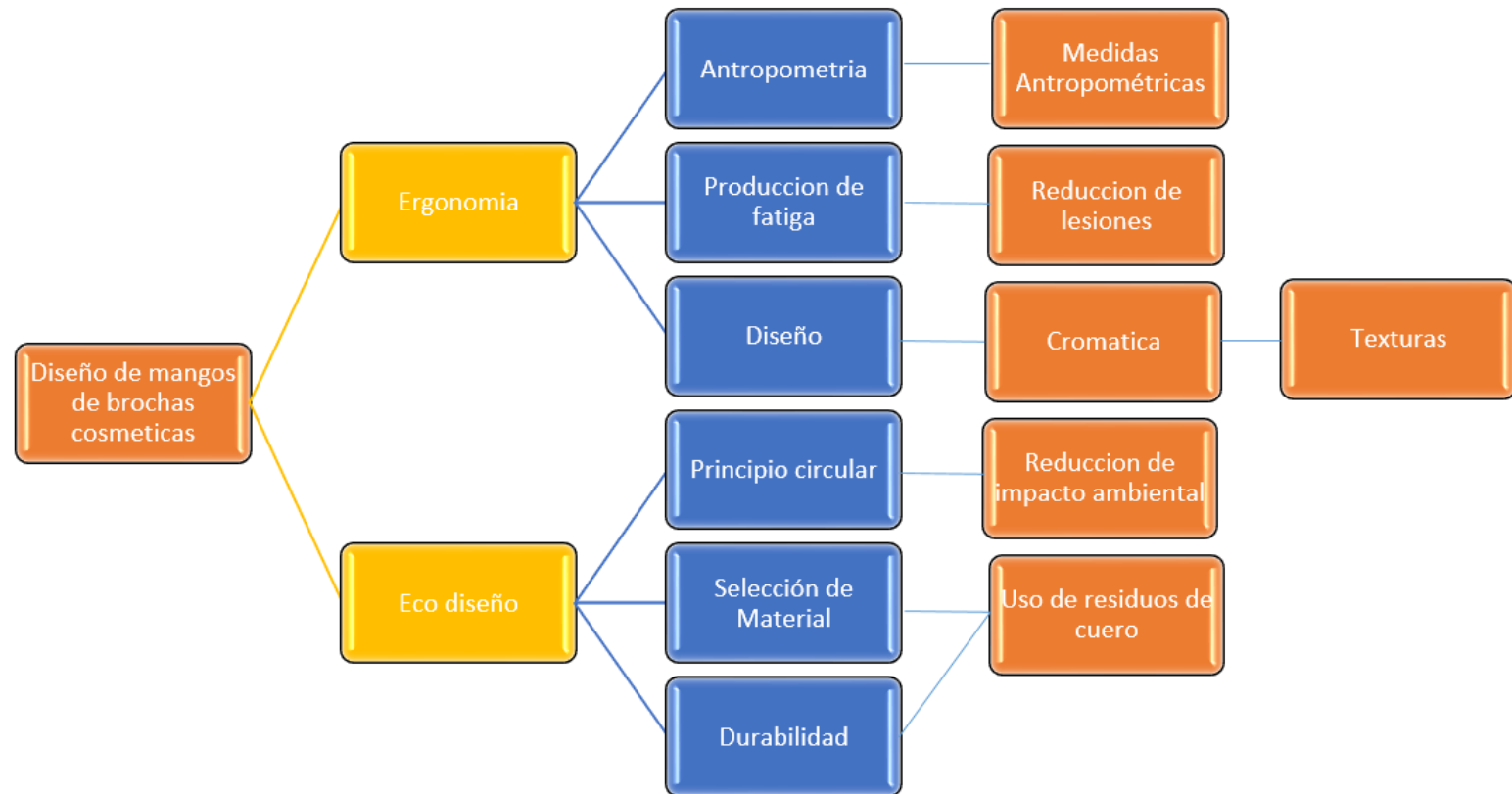
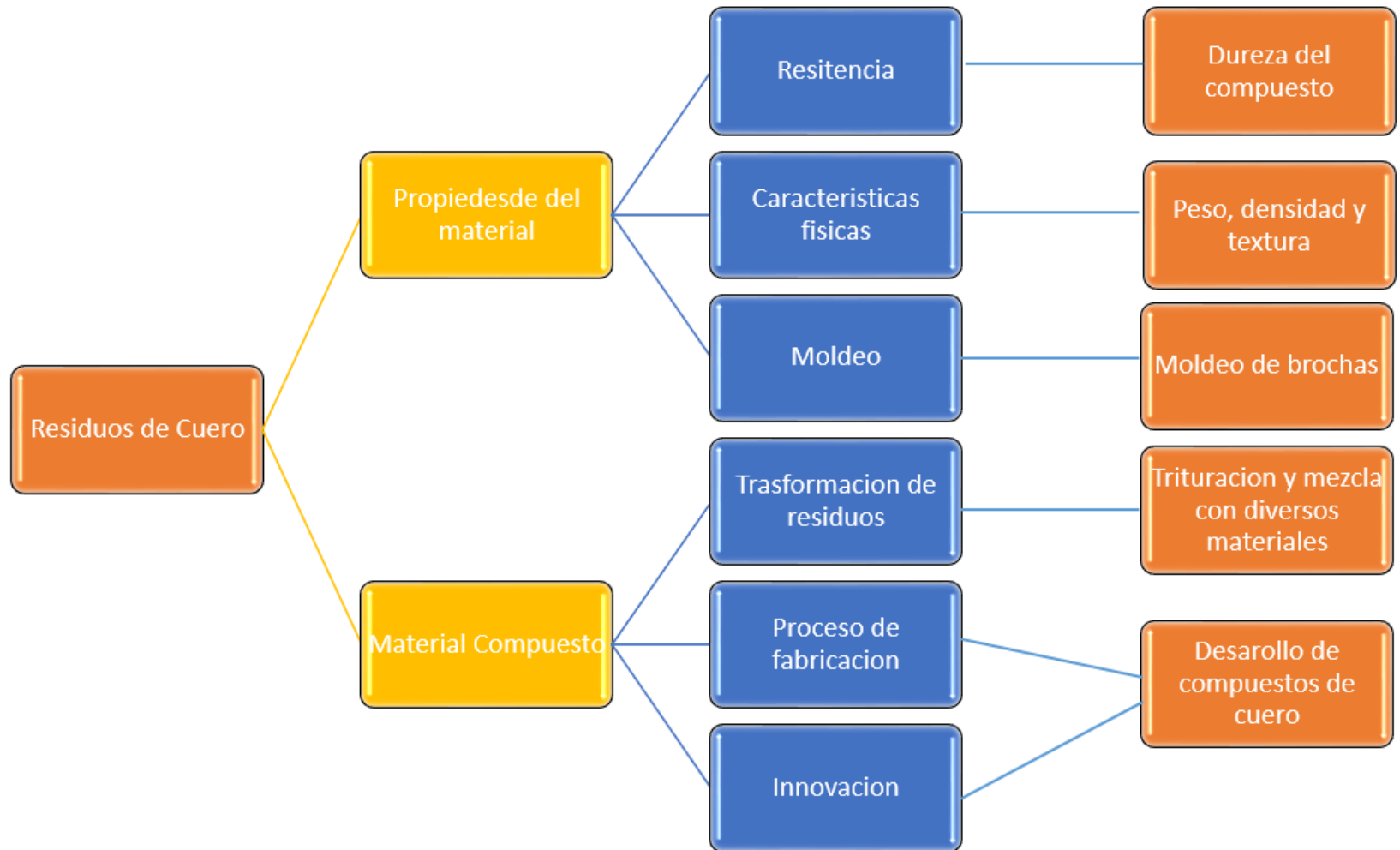


Figura 5. Variable independiente



2.3. Antecedentes de la investigación

Tabla 1 Materiales Compuestos

Imagen de referencia	Ver figura
Tema de investigación	Estudio experimental con residuos de cuero obtenidos en la industria de marroquinería para el desarrollo de materiales compuestos reciclados y nuevos productos
Autor	Ester Pina Mariscal
Problemática	Grandes cantidades de residuos por el mal patronaje je en industrias de bolsos y accesorios en España
Resumen	Adaptar de mejor solución los residuos de cuero en la industria de la marroquinería por el mal patronajes, mediante de la experimentación de materiales para obtener materiales compuestos para productos útiles, comerciales decorativos y aislantes destinados a constructoras, proyectos de diseño de interiores y arquitectónicos.
Características	<ul style="list-style-type: none"> • Elasticidad baja • Resistencia mecánica alta • No absorbe líquidos es impermeable • Textura Lisa. • No se deforma. • No presenta ningún olor. • Apariencia elegante y sencilla.
Conclusión de referente	El material de la probeta R.1 con resina de poliéster de carácter rígido, tiene buenos acabado de apariencia sencilla y elegante, generando hexágonos exactos y dando la oportunidad para trabajar en nuevos materiales

Figura 6. Aplicación de producto de resina

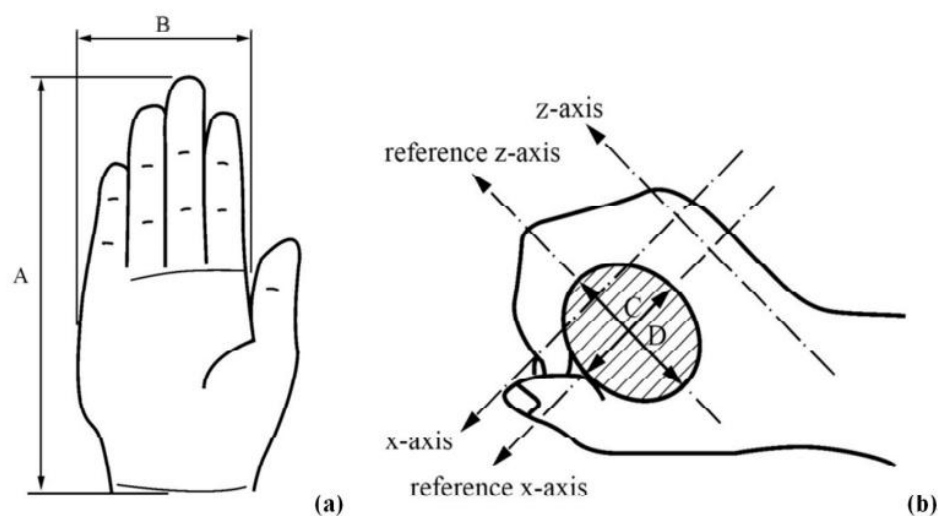


Nota: Datos adaptados de (Pina, 2020)

Tabla 2 *Materiales Compuestos*

Imagen de referencia	Ver figura
Tema de investigación	Diseño de mangos de herramientas manuales basado en medidas de la mano
Autor	Ching-yi Wang y Deng-chuan Cai
Problemática	El mal uso de las herramientas afecta a los problemas en las extremidades superiores
Resumen	Proporciona una guía para diseño de herramientas de uso manual basado en medidas del agarre de la mano.
Características	<ul style="list-style-type: none"> • El diseño depende del ancho y longitud de la mano. • Longitud mínima del mango es de 100mm. • La sección transversal del mango con forma elíptica es mejor para el agarre. • Diseño cilíndrico o elíptico, para comodidad.
Conclusión de referente	Presenta una guía para diseño de mangos de brochas en bases antropométricas de la mano, permitiendo el diseño de mangos cómodos y adecuados ergonómicamente.

Figura 7 *Agarre de mano y forma*



Nota: Datos adaptados de Wang & Cai (2017)

Tabla 3 Gestión de residuos de la industria del cuero

Imagen de referencia	Ver figura
Tema de investigación	Leather Industry Waste Management for Architectural Design
Autores	Mayra Alejandra Paucar Samaniego, Jorge Luis Santamaría Aguirre, Pablo Amancha and Marcelo Pilamunga Poveda
Problemática	El proceso de curtido del cuero genera grandes volúmenes de residuos sólidos (virutas, recortes, lodos), líquidos y gaseosos que ocasionan impactos ambientales y actualmente se depositan en botaderos o rellenos sanitarios, sin aprovecharse en nuevos procesos productivos
Resumen	El estudio plantea estrategias de diseño estratégico y economía circular para reutilizar virutas de cuero en la fabricación de bloques decorativos para arquitectura. El prototipo alcanzó resistencia a la compresión de 15,72 MPa, densidad de 2,14 g/cm³ y fue validado bajo normas ASTM, demostrando viabilidad técnica, económica y ambiental
Características	<ul style="list-style-type: none">• Bloque modular con dimensiones de 150 × 75 × 35 mm.• Peso: 300 g.• Composición: 35 % virutas de cuero + 65 % material cerámico.• Densidad: 2,14 g/cm³.• Concentración de cromo: 0,74 mg/kg (muy por debajo del límite de 3000 mg/kg).• Costo de producción competitivo: 43,29 USD/m
Conclusión de referente	La investigación evidencia que los residuos de cuero pueden transformarse en productos sostenibles y funcionales , reduciendo el impacto ambiental de la curtiembre, generando valor económico y nuevas oportunidades en el sector de la construcción. Se demuestra la viabilidad de un modelo de diseño estratégico y economía circular , aplicable también a otros contextos productivos

Figura 8. Product with color variants, render with Rhinoceros 7 software.

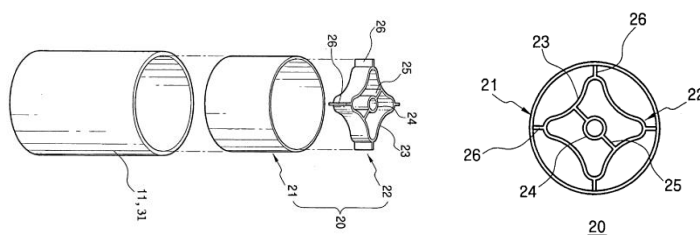


Nota: Datos adaptados de (Paucar et al., 2024)

Tabla 4 Brocha de maquillaje, método y aparato para su fabricación.

Imagen de referencia	Ver figura 4
Tema de investigación	MAKEUP BRUSH, METHOD AND APPARATUS FOR MANUFACTURING THEREOF” (US2008/0169002 A1)
Autores	Jae Kwang Hwang – FS. Korea Industries Inc. (Corea del Sur)
Problemática	Las brochas de maquillaje tradicionales suelen estar hechas de un único material o color, lo que limita la variedad de formas, texturas y propiedades al aplicar cosméticos. Esto restringe la innovación en la experiencia de uso y reduce el potencial de diferenciación para las marcas
Resumen	La invención describe una brocha que combina fibras sintéticas y pelo natural, o fibras de diferentes colores, dispuestas estratégicamente para crear diseños (figuras, letras, signos) y modificar propiedades físicas como elasticidad, flexibilidad o sensación al tacto. También incluye el método y aparato de fabricación: uso de un anillo exterior y un miembro divisor que permite insertar y organizar mechones distintos dentro del cuerpo de la brocha.
Características	<ul style="list-style-type: none"> • Cuerpo (mango) de resina sintética o madera. • Posibilidad de integrar compartimentos internos para almacenar cosméticos. • Fibras sintéticas alrededor (elasticidad y soporte). • Método de fabricación: montaje de anillo exterior, divisor interno, inserción de fibras y posterior fijación
Conclusión de referente	La propuesta ofrece brochas innovadoras con diseños personalizados y propiedades táctiles diferenciadas. Esto incrementa el valor percibido del producto, mejora la experiencia del usuario y permite a las marcas utilizar la brocha como herramienta de marketing, identidad visual y funcionalidad mejorada

Figura 9. Partes de las brochas



Nota: Datos adaptados de (Hwang, 2008)

2.4.Marco Teórico

2.4.1. Concepto y evolución del diseño Industrial

El diseño industrial es la disciplina que incluye las formas, las funciones y las condiciones de producción de los productos para dar lugar a su uso humano, hay que tener en cuenta que, dado un producto diseñado, además de cumplir con la función práctica también debe atender las limitaciones físicas, cognitivas y contextuales del usuario. Así, en el diseño industrial se articulan propiedades formales externas e internas con criterios funcionales, productivos, estéticos que permiten dar soluciones con productos completamente estéticos y coherentes. Es evidente que se ha pasado en el diseño industrial de una visión orientada hacia la eficiencia de la producción a otra centrada en la capacidad de las personas, las acciones humanas y la sostenibilidad.

Esto también es cierto para los escalones de metodologías y formas de valorar el "buen diseño". En el diseño industrial los aspectos funcionales y físicos de los objetos se entrelazan con el usuario, no solo se han de decir las funciones prácticas sino también las respuestas a limitaciones físicas, cognitivas y contextuales del usuario sumando productos coherentes y soluciones estéticas completas. En esta dirección, el diseño de "brolletas" de mangos de brochas cosméticas requiere pasar más allá de una imagen estética o de marca, articulando forma, materiales, ergonómicos y contexto de utilización (Villarreal, 2001).

La innovación de las herramientas manuales se basa precisamente en una buena comprensión de la mano humana como un órgano complejo constituido por huesos, músculos, tendones y receptores que permiten realizar movimientos de precisión, ya que la herramienta es efectiva solo si respeta la manera natural del cuerpo y se convierte en una extensión vívida de esa condición. La mano tiene veintisiete huesos y más de treinta músculos que permiten movimientos como apretar, señalar, pinchar,

desplazar o girar hasta milimétricas precisiones, de modo que obviar dicha complejidad hace que el gesto pierda su efectividad. Teóricamente, de acuerdo con lo expuesto por (Melo, 2010) la calidad de un diseño va en función de su compatibilidad con la biomecánica natural del usuario, esto es, el hecho de que exista una ruptura entre una forma dada y el movimiento respecto a ella produce tensión, incomodidad y pérdida del control sobre el gesto.

Por lo tanto, la innovación desde esta escala no es crear objetos por crear objetos, sino diseñar respuestas que optimicen la convergencia entre anatomía, tarea y entorno. Subrayando que la innovación en el diseño de las herramientas manuales también se apoya sobre un modelo sistémico de trabajo humano ergonómico que no sólo tiene en cuenta factores mecánicos, sino que considera aspectos cognitivos como la atención, la memoria motriz o el control motor anticipado.

Dado esto, cada vez que una herramienta puede forzar las posiciones del cuerpo, forzar las hiperflexiones de las articulaciones o hacer trabajar la mano a través de patrones motores que no son propios del diseño ergonómico de la herramienta, el sujeto activa sus contracciones, añade esfuerzos atencionales que no son equivalentes a los ya descritos y va viendo progresivamente disminuida su precisión y aumentada su fatiga a medida que se alargan las tareas en el tiempo, a medida que se incrementan las repeticiones de las mismas tareas. Según Puentes, Mojica y Arango (2017) hacen mención de que “pequeñas variaciones en el mango pueden modificar de forma significativa la estabilidad y el control”, lo que pone de manifiesto el factor variable y sensible que tiene el cuerpo frente a pequeñas alteraciones geométricas. Por lo tanto, innovar desde lo macro implica desarrollar un diseño de herramientas que integre físico-perceptivo-confort como un único sistema.

Por último, dentro de esta perspectiva se advierte que la innovación ha de suponer la necesidad de optimizar la acción del cuerpo humano, la herramienta y el fin de uso en términos de cuerpo humano, la herramienta y el fin de uso en términos del cuerpo que expresa el significado y la versatilidad del mismo: no hay herramientas de trabajo verdaderamente eficaz sino hace disminuir la carga física, si no hace liberación de los recursos de la cognición o si la mano no impera la manilla es el rango de movimiento natural, la innovación en la gran escala no radica en incorporar nuevas funciones, sino en que las herramientas sirva de compresión. De acompañamiento y de aumento de habilidad de las personas sin oponerse a su accionar o bien sin inquietar dicha acción. Este equilibrio de la relación constitutiva del cuerpo humano y el objeto viene a del punto de llegada a una serie de niveles de análisis más específicos de herramientas de trabajo.

El uso de del mango se entiende como ele elemento de mayo incidencia de eficacia de una herramienta manual, primordialmente por realizar el contacto directo entre el usuario y el objeto. Las dimensiones, como el diámetro, la longitud útil, la forma de la sección transversal, el nivel de rugosidad, el peso y el balance son determinantes para la posición articular, la fuerza desarrollada para sostener las herramientas y la estabilidad del trazo. La evidencia incide que pequeñas variaciones en estas dimensiones transforman la percepción del control total. Según Puentes et al.(2017) sostienen que incluso una leve modificación del acabado o la geometría altera la estabilidad del movimiento y la confianza perceptual del usuario.

Hay que mencionar que la experiencia del usuario no solamente se define a partir de la forma del mango sino también por las señales hápticas que va transmitiendo en el uso, la textura, la fricción, la temperatura que se percibe van ofreciendo referencias sensoriales que guían a manera de inconsciencia el posicionamiento de los dedos y la

fuerza del agarre. En este sentido una superficie excesivamente lisa lleva a micro deslizamiento que obligan a aumentar la fuerza del cierre, mientras que una textura agresivamente elevada puede llevar al malestar o a la aparición de puntos de presión, realizando cambios mínimos en la textura podría presentar cambios inclusive en las respuestas sensoriales y el control muy fino de la herramienta. reafirmando la importancia de los detalles así la textura y el peso juegan un papel importante para reducir la fatiga y maximizar la precisión (César F & Maia Campos P M B, 2020)

Finalmente, la innovación en el diseño de los utensilios de mano ha de tener en cuenta la variabilidad entre los usuarios y la necesidad de poder emplear distintos tipos de agarre, sin perder estabilidad, lo que supone incorporar conicidades suaves, perfiles ovalados que favorecen la direccionalidad, zonas antideslizantes sutiles y un centro de gravedad calibrado que saca la necesidad de girar la muñeca y así no solo perseguir únicamente la maquina estética del mango, sino que se transforma en el objeto propio sistema que responde a las demandas reales del movimiento humano.

Es necesario decir en las brochas cosméticas la innovación consiste en conseguir una mejora de micro gestos muy finos que son propios de las actividades como difuminar, sombrear, delinear, aplicar base y polvos a partir del manejo fino de pigmentos. En el caso de las brochas cosméticas el mango debería permite saltar de un estilo de manejo a otro sin cortocircuitar postura ni introducir cambios bruscos en la fuerza de la presión. Esto supone incorporar también unos puntos de referencia táctil, con elevaciones sutiles, con tracciones suaves, con textura de control, que oriente la colocación de los dedos, sin instructivos de su propia naturaleza. Cuando el radio y la transición distribuye bien la presión, la mano adopta una postura natural y estable y se reduce la carga sobre articulaciones pequeñas. Por lo tanto, en la innovación micro

ergonómica, se busca la habilidad de la precisión sin el condicionante de rigidez (Melo, 2010).

Hay que mencionar, además. Sobre la precepción táctil aplicada al diseño de productos cosméticos, la textura está relacionada con la precepción subjetiva de seguridad del usuario y su control para realizar un movimiento contino del trazo. Según César & Maia Campos (2020) indican que “la propiedad táctil determina en gran medida la confianza del usuario en la maniobra fina” (p. 2) lo que agrava en las condiciones de las cuales la piel esta húmeda, sudorosa, aceitosa o con restos del producto de maquillaje. Así que, el centro de gravedad jugaría un papel determinante, puesto que una masa mal distribuida obligara a realizar constantes correcciones en el trazo, un nuevo diseño debería facilitar equilibrio, tacto, estabilidad y ergonomía en el manejo de las brochas, la experiencia sensorial y la llegada a la expresión personal del usuario manteniendo el control técnico, transformándolo en una herramienta precisa, cómoda y adaptable a las existencias de brochas del mercado.

2.4.2. Diseño centrado en el usuario (DCU) y su impacto en herramientas de precisión

El diseño centrado en el usuario forma una metodología global que, a partir de conocimientos de las capacidades y limitaciones, expectativas y condiciones reales de uso del usuario, da lugar a la formulación de soluciones de diseño. Comienza asemejándose a un proceso de recogida de datos, pero posteriormente estructura un proceso interactivo que incluye la observación y el análisis de las tareas, la realización de una evaluación ergonómica y la validación con prototipos funciones. Tal como indica Hernández Escobar (2015), este enfoque permite “alinear los requisitos técnicos con las condicionantes humanas que definen la usabilidad de la herramienta” (p. 38). Esto nos demuestra que el diseño de herramientas precisas no debe basarse en una

intuición o norma general, sino que debe apoyarse en la información verificable que expresa el comportamiento real del usuario marcando una interfaz entre el diseño, la ergonomía, la psicología cognitiva y la biomecánica marcando las pautas para la toma de decisiones sobre el confort, la eficiencia y la seguridad.

La herramientas manuales en el diseño centrado en el usuario es clave, por cuanto estas son inseparables de la anatomía funcional de la mano y del requerimiento de tareas que exigen el control en aplicaciones finas donde el éxito del desempeño se debe a que hay un equilibrio entre la forma de la herramienta y el patrón moto natural del usuario, entendiendo como el usuario dijera manipula y ajusta la herramienta de modo intermitente sea una manera de descomprimir las cargas musculares acumulativas , garantizando el requerimiento ergonómico a partir de la primera etapa lo que hará que innovación en herramientas de precisión sea algo inseparable con el comportamiento humano.

Para concluir se asegura que la herramienta no solo sea funcional, sino que también aumente la calidad de la experiencia de uso, la satisfacción de la tarea disminuye la posibilidad de la fatiga, reduzca la posibilidad de lesiones y mejore la eficiencia del gesto. Esto permite que el diseño de la herramienta responda con soluciones inclusivas y adaptadas a las condiciones reales del entorno principalmente cuando está en uso prolongado.

Es importante conocer la relación con el usuario del mango, núcleo funcional de la cualquier herramienta de precisión. Las características geométricas del mango diámetro, longitud útil, forma de sección, posición del centro de gravedad han de ser deducidas del estudio antropométrico, de los análisis de las posturas de prensión, de la evaluación de las cargas musculares provocadas en la ejecución de tareas repetitivas. Indican López Hernández Andres (2020) que la adaptación de estas variables puede

dar lugar a una disminución de hasta un 27 % de la fatiga acumulada en movimientos manuales de precisión, consolidando así su importancia ergonómica. Por ello proyecta patrones de uso reales y los traduce en requisitos que son mensurables, garantizando un correcto funcionamiento de la herramienta independientemente del estilo de agarre, del nivel de la experiencia o de las condiciones cambiantes del medio, limitando así que el diseño final dependa de supuestos e idealizaciones.

En conclusión, la caracterización de la sujeción de la herramienta, y especialmente en las brochas cosméticas, por medio del enfoque del diseño centrado en el usuario, permite situar el mango de la herramienta como un sistema ergonómico integral basado en datos de uso reales. La herramienta no es un objeto estáticamente unificado, sino que conforma una extensión del cuerpo que acompaña la creatividad del usuario y, a la vez, reduce la fatiga perceptual y promueve la exactitud en los microgestos, asegurando que el diseño cumpla objetivos funcionales, estéticos y ergonómicos de forma simultánea, es decir, que genere herramientas que valoren la complejidad del uso real y que aumente la calidad del desempeño cosmético.

2.4.3. Ergonomía aplicada al diseño de mangos

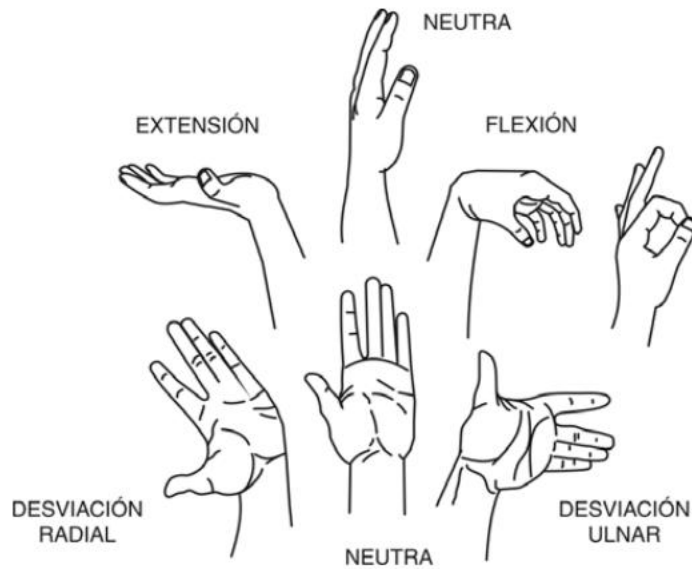
La ergonomía es una ciencia aplicada que intenta modificar productos, sistemas y entornos a las capacidades y limitaciones humanas para conseguir un mayor rendimiento, mayor bienestar y menor riesgo en el uso. Dicho de otro modo, el diseño ergonómico no mira sólo a la forma exterior del objeto, sino que se apoya en aspectos biomecánicos, en aspectos que evocan al sentido del tacto, en aspectos cognitivos o en alguna característica del contexto que inciden en la realización de una tarea. Cuando el campo de estudio es un mango para realizar actividades de precisión la ergonomía toma carácter de disciplina que analizará proporciones, superficies, masas y estímulos hápticos para dejar que el gesto manual se realice con la menor carga muscular y con

el mayor control direccional. Como dice (Salvendy G, 2012) “la ergonomía debe hacer coincidir el diseño y la funcionalidad natural del cuerpo humano”, con lo que se corrobora que la ergonomía no es algo accesorio porque así es y así ha de ser para los utensilios que requieren ser precisos.

Por otra parte, los factores humanos intervinientes en el uso de mangos de precisión se distribuyen en cuatro dimensiones: la física, la sensorial, la cognitiva y la contextual. En cuanto a la dimensión física, el diseño tiene que adaptarse a la fuerza de prensión, la postura articular, la repetición del movimiento y la duración de la tarea; en lo sensorial, el tacto, la fricción percibida, la temperatura de la superficie y la textura determinan de un modo importante la seguridad del agarre; por su parte, la dimensión cognitiva implica la cantidad de atención que se dedica a sostener y dirigir la herramienta; y, por último, en la dimensión contextual se incluyen condiciones de humedad, de residuos cosméticos, variaciones térmicas y frecuencia de limpieza.

Por otro lado, la suficiente evidencia concluye que obviar uno de los factores intervinientes otorga compensaciones corporales que dan lugar a un buen rendimiento. Por consiguiente, el diseño de los mangos hay que considerarlo como una hipótesis funcional que hay que contrastar empíricamente con usuarios reales. Según Wang & Cai (2027). El diseño de empuñaduras basados en las dimensiones de la mano reduce la variación del gesto y aumenta la estabilización del movimiento. Las variables diámetro, longitud útil, radios de transición y centro de gravedad tienen que establecerse en base a percentiles locales que aseguren la compatibilidad geométrica con la mayoría de las personas usuarias en su entorno y así evitar ajustes forzados, hiperflexiones o micro movimientos, consolidando la ergonomía como un principio de partida y no como una tardía.

Figura 10. *Diferentes posturas de las manos y muñecas*



Fuente: Adaptado de ergonomía aplicada a las herramientas

También, dentro de los factores físicos, cuatro ejes explican la mayor parte del comportamiento del usuario con un mango de precisión. Primero, la fuerza de presión necesaria para evitar el deslizamiento: si el diámetro es muy pequeño, exige hiperflexión y aumenta la fuerza; si es muy grande, fuerza extensión y reduce el control fino. Segundo, la postura de muñeca y falanges: radios insuficientes generan puntos de presión, mientras que transiciones generosas distribuyen carga en tejidos blandos. Tercero, la repetición y la duración: la tarea cosmética acumula ciclos cortos que si el agarre no es estable inducen fatiga temprano (Wang & Cai, 2017).

Hay que mencionar, además que los factores sensoriales en particular el tacto y la fricción percibida tienen un papel decisivo porque median la confianza con la que el usuario guía el instrumento. En cosmética, se ha demostrado que pequeñas variaciones en el acabado cambian la propiedad táctil y la respuesta sensorial del usuario; de hecho, una superficie calibrada puede aumentar la sensación de control sin comprometer la limpieza ni la coherencia visual del producto. Por lo tanto, la micro textura del mango,

sobre todo en la zona activa de la articulación entre el pulgar, el índice y el medio, tiene que proporcionar fricción estable y moderada en seco y en húmedo, evitando tanto el exceso de pulido como la creación de relieves muy agresivos que establecen zonas de presión. De esta forma, el tacto no es una adición estética, sino que es una variable funcional del diseño.

Además, los factores cognitivos afectan la calidad de la atención a la hora de trazar. Cuando la geometría guía el agarre mediante explicaciones hápticas discretas: las conicidades, los hombros mínimos, los radios que invitan a adoptar la postura, el usuario utiliza menos recursos cognitivos para sostener el instrumento y puede dedicar sus esfuerzos únicamente a la tarea. Este tipo de investigación aplicado a herramientas de precisión ha usado seguimiento ocular y métricas de tiempos de tareas para demostrar que ciertos ajustes estabilizan la mirada y movimiento fino con trayectorias con menor variación y carga percibida en los cuestionarios post uso (Puentes-Lagos et al., 2017). En este sentido, el diseño ergonómico no afecta sólo el brazo o la mano, sino que también libera de atención, que se convierte en un factor importante en determinadas aplicaciones cosméticas donde la simetría y la homogeneidad de los acabados dependen de micro movimientos controlados

Por eso, la definición de ergonomía para este proyecto incluye criterios de durabilidad del tacto y del color, así como protocolos de limpieza compatibles con el material del mango. Dicho de otro modo, la ergonomía es condición de borde del ciclo de vida: lo que no se conserva en el tiempo fricción, rugosidad, alineación del ensamble termina por erosionar la experiencia de uso, aunque la forma inicial sea correcta (César & Maia Campos, 2020) la definición de ergonomía debe declarar explícitamente los riesgos a mitigar y cómo el diseño los reduce. Entre los más destacados se encuentran: hiperflexión o extensión forzada debido a días malos erró

neos; puntos de presión debido a radios inferiores; micro deslizamiento debido a una textura o acabado inestables.

Con el fin de que la ergonomía de un mango cosmético se sitúa en la convergencia de tres dominios: el físico biomecánico, donde el encaje geométrico y el equilibrio de masas determinan el esfuerzo; el sensorial háptico, donde la micro textura regula la fricción percibida y la confianza, y el cognitivo-atencional, donde la forma que enseña a agarrar reduce la vigilancia permanente y aumenta la precisión. La evidencia disponible muestra que cuando el diseño nace desde la mano y se verifica con usabilidad, se obtiene una disminución de carga y una mejora de control “based on hand measurements” no es un eslogan, sino un método y que cuando el producto guía el gesto y estabiliza la mirada, baja la variabilidad y mejora la experiencia (Puentes-Lagos et al., 2017; Wang & Cai, 2017). En conclusión, la definición que adopta este proyecto fija variables de diseño, métricas de uso y condiciones de ensayo que permiten demostrar, con datos, que el mango resultante es verdaderamente ergonómico.

2.4.4. El factor mano: zona de vecindad y prensión

El factor mano indica la correspondiente relación que se da entre la anatomía funcional del pulgar, del índice y del medio respecto a la forma del mango en una zona próxima al punto de trabajo de la que se hace cargo el control del gesto fino, en la que intervienen pequeñas variaciones de diámetro, de longitud útil, de radios de transición y de forma de la sección transversal que alteran la distribución de presiones, la postura articular y la estabilidad direccional. Las guías de empuñaduras exponen que en el control del gesto fino es necesario mantener la muñeca alineada, despejar del todo torsiones, flexiones y posiciones innecesarias, y ganar herramientas cortas y ligeras, que mantenga su equilibrio en el punto de la prensión para que el momento se reduzca

y la precisión gane ventajas, de tal forma que la prensión eficaz surge de la coincidencia entre la forma y el balance del mango con la biomecánica natural de la mano y el antebrazo (Melo, 2010)

Para hablar de la forma transversal, ya se habla en términos de control y direccionalidad; dado que las secciones circulares pueden variar continuamente en la orientación (se pueden hacer, por ejemplo, trazos curvos, barridos); las secciones ovaladas suaves pueden guiar directamente en la dirección del trazo evitando aristas o puntos de presión. Esta lógica se presenta entonces combinada con bordes redondeados, superficies antideslizantes y pequeñas superficies terminales del pulgar que posteriormente permiten reproducir la postura con bajo esfuerzo y con una gran constancia de la pinza. Todas estas decisiones son transferibles a cualquier herramienta de precisión, pues permiten un acople mano herramienta que minimiza las compensaciones posturales y con ello el esfuerzo asociado a la repetición.

Del mismo modo, el tipo de superficie determina el nivel de fricción que se ejercitará en la zona activa de contacto, pero también la magnitud de la fuerza de cierre que el mango requerirá para que las fuerzas de fricción no arrojen deslizamientos imperceptibles durante el trazo. Las recomendaciones en ergonomía establecen el uso de recubrimientos de alto rozamiento y de texturas que sean capaces de facilitar la ventilación de la piel, y por lo que se refiere al agarre de la superficie de contacto, tanto en piel seca como si se presenta la superficie cubierto de residuos (o en consideraciones paralelas), sin ningún coste en la limpieza o la estabilidad térmica de la mano: la superficie ya no es solo un rasgo estético y de hecho pasa a conformarse como una variable funcional que a la vez permite la confianza háptica y frena el requerimiento del mismo esfuerzo muscular que se requiere durante la repetición.

Por otra lado, el diámetro regula a la vez la fuerza requerida y la ergonomía, encontrando en empuñaduras rectas valores cercanos a unos treinta y cuatro milímetros para poblaciones donde prevalecen las mujeres y treinta y ocho milímetros para poblaciones donde prevalecen los hombres, los cuales en el alcance ofrecen la más óptima y adecuada relación entre una prensión fuerte y poca fatiga, siempre que la herramienta de trabajo mantenga corta y el centro de gravedad de la herramienta esté situado en la zona de la empuñadura. Estas referencias sirven de base a partir de la cual se ajustan las medidas, tomando como referencia las medidas antropométricas locales, el tipo de tarea, asegurando que la muñeca se mantenga en posición neutral y que la prensión no induzca a una hiperflexión o hiperextensión de las falanges (Melo, 2010)

Además, la longitud útil y la colocación del peso influyen en la estabilidad fina del movimiento. Mantener corta la distancia entre la mano y el área de trabajo, y situar el equilibrio en el lugar de la prensión, reduce oscilaciones del extremo distal y disminuye las correcciones musculares continuas; por ello conviene incorporar conicidades suaves y topes discretos que permitan a usuarios con diferentes perímetros de mano autoajustar el punto de apoyo sin perder referencia táctil. En síntesis, la zona de vecindad se resuelve de manera robusta cuando el diseño codifica dónde sujetar y cómo dirigir el instrumento con mínimo esfuerzo.

Finalmente, una prensión saludable de comprobarse en uso. La medición de trayectorias, de tiempos de tarea y de carga percibida sumado a un protocolo de medición antropométrica con longitudes, anchos, espesores, circunferencias y un diámetro funcional del agarre permiten verificar que la zona de vecindad propuesta efectivamente reduzca el esfuerzo y aumente el control bajo situación real de trabajo (Valdés Álvarez M et al., 2024). Desde esta lectura, prensión, forma y superficie

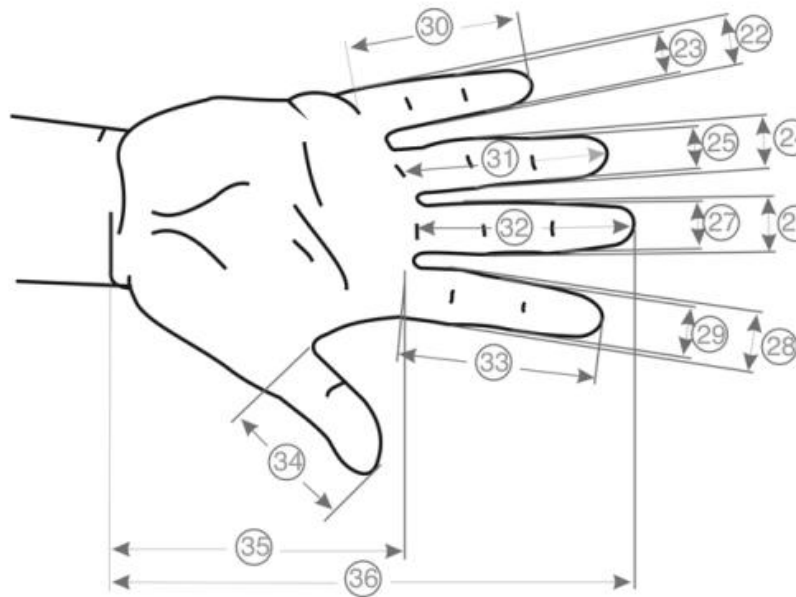
quedan interrelacionadas como un sistema de requisitos comprobables y no como recomendaciones independientes

2.4.5. Antropometría de la mano: medidas relevantes para mangos de precisión

La antropometría de la mano es la referencia objetiva del dimensionado de mangos para tareas de precisión porque traslada la variabilidad humana a parámetros de diseño medibles (longitudes, anchos, perímetros, rangos angulares, potencias de prensión) que se concretan en decisiones de diámetro, longitud efectiva de apoyo, radios de filete y posición del centro de gravedad del útil. En ergonomía aplicada a herramientas, una regla metodológica muy conocida es hacer un diseño que cubra al menos del percentil 5 al 95 de la población usuaria, de forma que personas pequeñas y personas grandes de ambos sexos lleguen a niveles equivalentes de confort y de control (Melo, 2010).

Este enfoque se basa en repertorios de discurso normativos como la DIN 33402, ya que incluyen tablas de las medidas de la mano (longitud total, anchos y espesores de zapatos de palma o dedos) y definen, además, rangos de "ángulos de confort" para muñeca, codo y hombro, que son de uso práctico para asegurar las posturas de prensión fina. En términos prácticos, el uso de percentiles y ángulos de confort permiten establecer "ventanas de diseño" para el mango: si la herramienta de trabajo exige una desviación tirada, cubital o radial sostenida, o si la longitud de la herramienta de trabajo hace que la longitud de los dedos exija hiperflexión, los riesgos de fatiga aumentan; en cambio, si el mismo agarre se logra con muñeca recta y los dedos de la muñeca flexionando sólo mínimamente, la tolerancia al esfuerzo y la precisión aumentan (Melo, 2010).

Figura 11. Tabla con las principales medidas de la mano (Según Norma DIN 33402, parte 2).



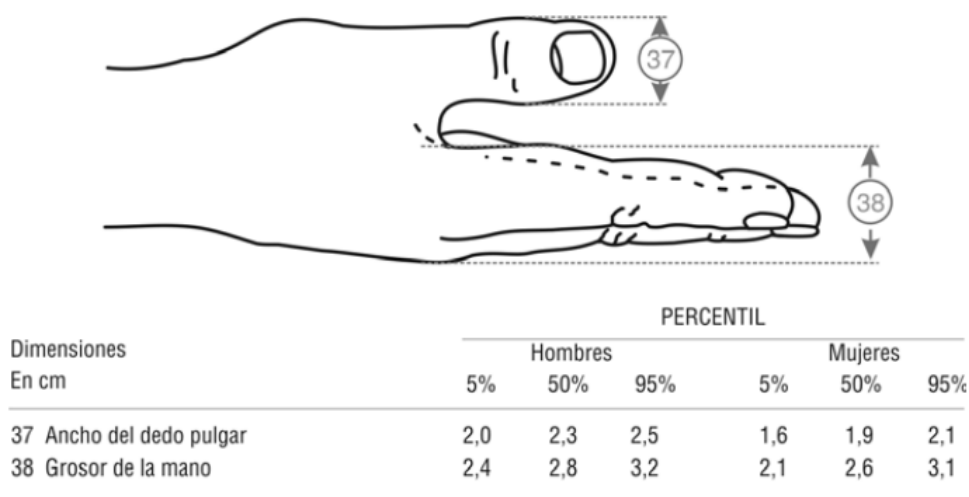
Dimensiones En cm	PERCENTIL					
	Hombres			Mujeres		
	5%	50%	95%	5%	50%	95%
22 Ancho del meñique en la palma de la mano	1,8	1,7	1,8	1,2	1,5	1,7
23 Ancho del meñique próximo de la yema	1,4	1,5	1,7	1,1	1,3	1,5
24 Ancho del dedo anular en la palma de la mano	1,8	2,0	2,1	1,5	1,6	1,8
25 Ancho del dedo anular próximo a la yema	1,5	1,7	1,9	1,3	1,4	1,6
26 Ancho del dedo mayor en la palma de la mano	1,9	2,1	2,3	1,6	1,8	2,0
27 Ancho del dedo mayor próximo a la yema	1,7	1,8	2,0	1,4	1,5	1,7
28 Ancho del dedo índice en la palma de la mano	1,9	2,1	2,3	1,6	1,8	2,0
29 Ancho del dedo índice próximo a la yema	1,7	1,8	2,0	1,3	1,5	1,7
30 Largo del dedo meñique	5,6	6,2	7,0	5,2	5,8	6,6
31 Largo del dedo anular	7,0	7,7	8,6	6,5	7,3	8,0
32 Largo del dedo mayor	7,5	8,3	9,2	6,9	7,7	8,5
33 Largo del dedo índice	6,8	7,5	8,3	6,2	6,9	7,6
34 Largo del dedo pulgar	6,0	6,7	7,6	5,2	6,0	6,9
35 Largo de la palma de la mano	10,1	10,9	11,7	9,1	10,0	10,8
36 Largo total de la mano	17,0	18,6	20,1	15,9	17,4	19,0

Fuente: Adaptado de ergonomía aplicada a las herramientas.

Ahora bien, las medidas primarias que más influyen en el ajuste de los mangos son: la longitud de la mano del pliegue proximal de la muñeca a la punta del dedo medio, el ancho de la base de la palma entre las eminencias tenar e hipotenar, el grosor palmar y los perímetros de agarre que guardan relación con los diámetros confortables. En este último caso, las guías de diseño de empuñaduras rectas especifican que, para tareas de atornillado y taladrado liviano, los diámetros que maximizan la fuerza con el

menor cansancio, además de recomendar superficies con recubrimientos viscoelásticos de alto rozamiento y texturas que promuevan la ventilación de la piel. Esos valores son un muy buen punto de partida para el ‘rango nominal’ del mango y a partir de estos valores pueden luego proponerse variantes que cubran percentiles de mujeres y hombres sin penalizar a ningún subgrupo. La guía también hace hincapié en mantener la muñeca recta y que los pares de torsión y flexión durante la tarea sean reducidos, con clara vinculación entre el diámetro y la postura articular y el agarre de la pinza (Melo, 2010).

Figura 12. Tabla con las medidas del perfil de la mano (Según Norma DIN 33402, parte 2).



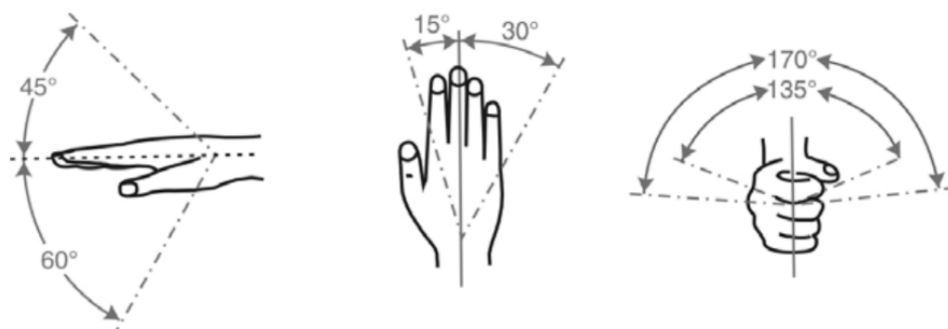
(37) medido en la articulación (Según Norma DIN 33 402. 2ª parte).
Valores medios X e intervalos de referencia 90º percentil. Estudio basado en 8000 hombres de 20 años y una muestra de control femenina realizada en Alemania por Jurgens.

Fuente: Adaptado de ergonomía aplicada a las herramientas.

Un análisis anatómico funcional demuestra que la mano es una parte "implícita" del antebrazo y la muñeca. Así, los movimientos de flexión extensión, la desviación cubital radial, la pronación-supinación no son independientes, sino que dependen de cadenas musculares que se inician en el antebrazo (los dos músculos flexores y extensores comunes, los interóseos y los lumbricales, así como la oposición del pulgar

función central en la pinza de precisión) forma parte de la fina coordinación de grupos musculares tenares el abductor corto, el oponente o el flexor corto. En términos de diseño del mango, esto se traduce en dos cosas: primero, proteger la oposición del pulgar evitando secciones de mango que "apunten" o corten el contacto en la almohadilla distal; segundo, cuidar las transiciones con radios de filete que no creen picos de presión sobre las falanges proximales. Una "posición funcional" previa a la prensión muñeca apenas en extensión, ligera inclinación cubital, dedos en flexión moderada y pulgar en semioposición se toma como referencia para ubicar zonas efectivas de contacto y por tanto para establecer los largos parciales de apoyo distancia entre topes y hombros del mango (Melo, 2010).

Figura 13. Arcos descritos por los movimientos de la muñeca y la mano, teniendo en cuenta la articulación del codo y sin tener en cuenta a ella. (Según Stier y Meyer).

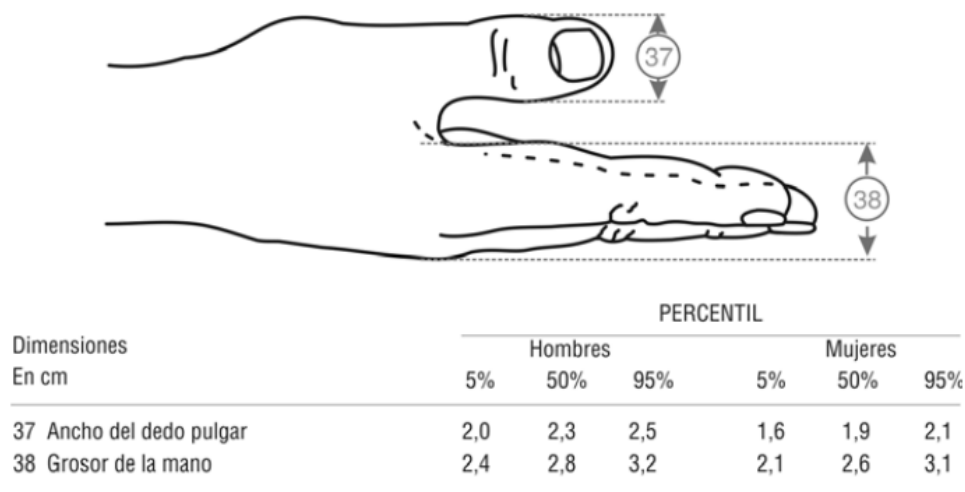


Fuente: Adaptado de ergonomía aplicada a las herramientas.

Junto con las medidas lineales, importan los rangos angulares de confort. En trabajos con herramientas manuales se recomienda sostener la muñeca en torno a la neutralidad, evitando extensiones sostenidas superiores a 35 a 50° o flexiones más allá de 35 a 50°, así como grandes desviaciones radiales/cubitales, ya que se asocian a fatiga muscular y compresión del nervio mediano. Por eso, cuando se definan hombros o abultamientos antideslizantes, conviene que guíen el agarre sin forzar una angulación indeseable; del mismo modo, las longitudes útiles deben permitir que índice y pulgar

estabilicen el instrumento sin “invadir” la zona de la virola ni empujar a una pinza hiperflexionada. En el mismo compendio se subraya el uso de percentiles 5 y 95.

Figura 14. Tabla con las medidas del perfil de la mano (Según Norma DIN 33402, parte 2).



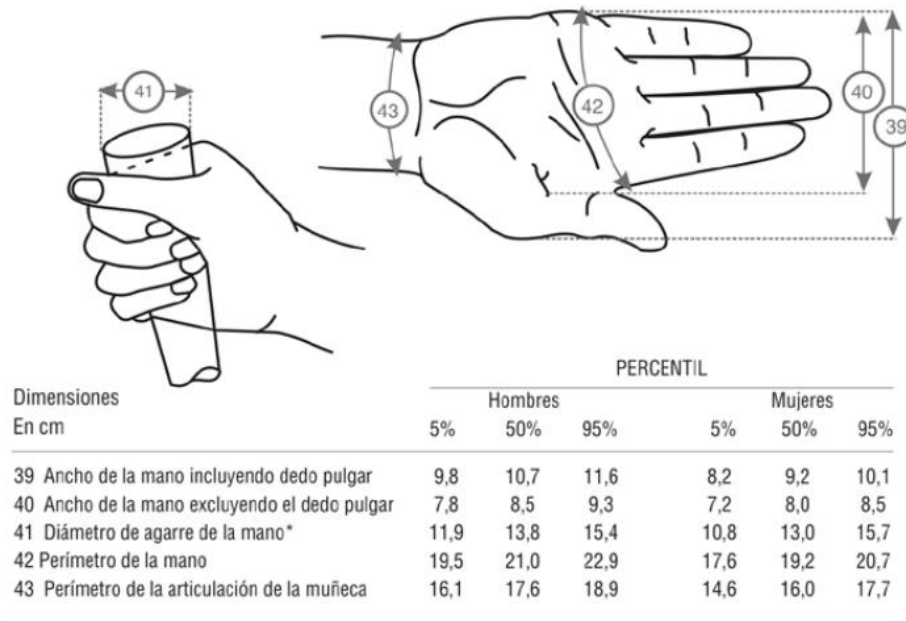
(37) medido en la articulación (Según Norma DIN 33402. 2ª parte).
Valores medios X e intervalos de referencia 90º percentil. Estudio basado en 8000 hombres de 20 años y una muestra de control femenina realizada en Alemania por Jurgens.

Fuente: Adaptado de ergonomía aplicada a las herramientas

La elección del diámetro está estrechamente relacionada al perímetro de la mano y el tipo de prensión que se lleve a cabo con mayor frecuencia. En prensión de potencia o de fuerza, por el hecho de actuar a mano plena, diámetros de mayor tamaño matizan la presión, generando una reducción de la fuerza de cierre; diámetros de tamaño mediano, en prensión de precisión o pinza de pinza pulgar-índice, favorecen el control fino y cuartil el riesgo de hiperextensión de las articulaciones interfalángicas. Como hay un corolario; las brochas cosméticas, que suelen requerir la alternancia de micro ajustes con trazados relativamente continuos, se favorecerían, aquí, utilizando perfiles ligeramente cónicos la multiplicidad de agarres sin perder referencias hápticas y permiten al usuario "migrar" en la zona de agarrar hacia la de mayor control según la técnica. Esta idea queda reforzada, por otro lado, por las recomendaciones que

establecen mantener la distancia entre mano y pieza de trabajo lo más pequeña posible, así como garantizar que el centro de masa se sitúe lo más cerca posible del agarre con el objetivo de reducir momentos en muñeca (Atlas Copco, 2024).

Figura 15. Medidas de la mano (Según Norma DIN 33402, parte 2).



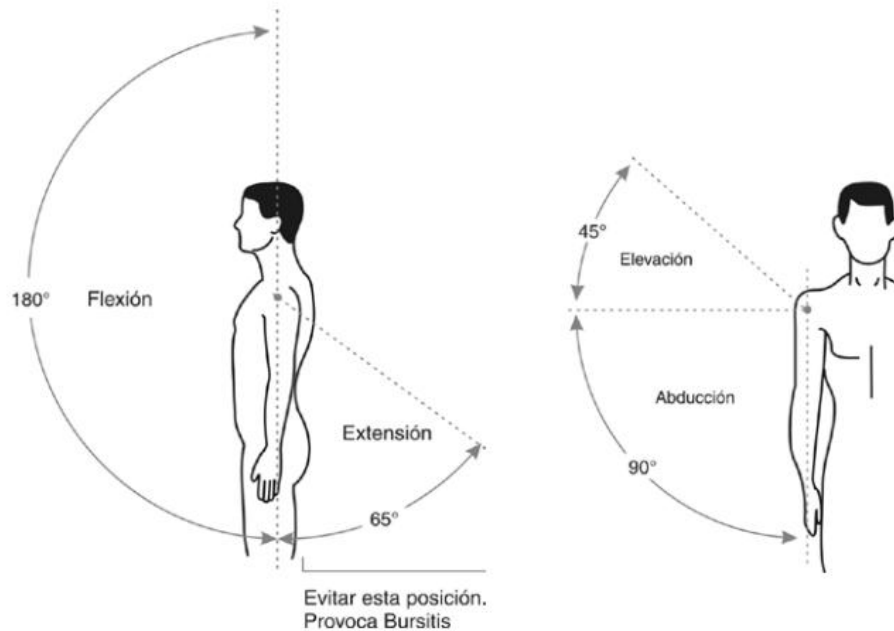
* Las medidas correspondan al anillo descrito por los dedos pulgar e índice

Fuente: Adaptado de ergonomía aplicada a las herramientas.

En lo que respecta a los anchos y espesor de palmas y dedos, los listados DIN - incluidos los largos y los cortos- ofrecen un repertorio de mínimos para proyectar espesores de acolchado o recubrimiento y para fijar tolerancias de montaje sin "desbordes" de material que rompa con la continuidad táctica como el ancho de la palma y el grosor de la parte blanda, en el borde de una eminencia tenar condicionan el radio de arista admisible a partir de la aparición de los puntos de presión. En ellos se complementan con los ángulos de confort para el codo y para el hombro; además para verificar que el uso típico del mango no impone elevaciones del brazo fuera del rango de 15 a 35° y el codo trabaja esta zona cercana de 80 a 160° sin esfuerzos

isométricos sostenidos. En suma, las medidas lineales fijan la compatibilidad geométrica y los rangos angulares determinan la compatibilidad postural.

Figura 16. Movimientos de brazos y hombros



Fuente: Ergonomía aplicada a las herramientas.

Finalmente, conviene condensar los datos que diseñan en una matriz de requisitos: diámetro nominal 34 a 38 mm (con variaciones por segmento de usuario), longitud efectiva que aloje una pinza con pulgar en semi oposición sin invadir la virola, radios mínimos en transiciones para mantener presiones de contacto subcríticas, sección preferente circular u oval suave que permita guiado direccional sin aristas, centro de gravedad próximo a la zona de agarre para reducir momentos, y superficies con textura fina y recubrimiento de alto rozamiento que mantengan el agarre con piel seca o con residuos de producto. Cada ítem se deriva de medidas y principios antropométricos percentiles DIN, ángulos de confort, tipologías de presión y se valida con pruebas dinámicas de uso, cerrando el ciclo medir, diseñar y verificar (Atlas Copco, 2024).

2.4.6. Geometría funcional del mango: diámetro, longitud, radios y centro de equilibrio

La geometría funcional del mango se articula en cuatro decisiones acopladas a las siguientes: el diámetro, la longitud del apoyo útil, los radios y las transiciones de la zona activa, y la localización del centro de equilibrio referida al punto de prensión, de manera que en la práctica un diámetro de unos treinta y cuatro milímetros en poblaciones de usuarias y, de unos treinta y ocho milímetros en poblaciones de usuarios varones es suficiente para poder alcanzar un agarre fuerte y que no provoque un cansancio tan elevado, siempre que la herramienta sea corta y la postura del centro de equilibrio se sitúe en el lugar de la prensión. Estos valores no son reglas de oro; son valores que sirven como referencia a afinar con percentiles y a afinar en función de las especificaciones requeridas por la tarea

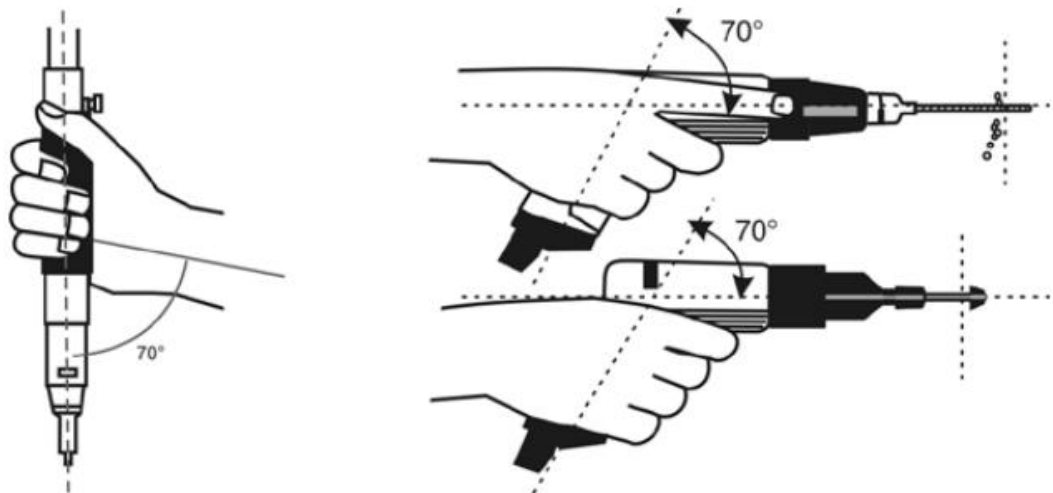
Además, para una longitud útil adecuada, tanto el pulgar como el índice deben obtener buena sujeción para aprovechar la totalidad de la longitud útil sin invadir interfaces, ni interrumpir la visibilidad del área de trabajo; en efecto, los diseños con conicidades suaves o hombros discretos actúan como topes hápticos que ayudan a posicionar el pulgar y a ensayar la postura; igualmente, las secciones ovaladas suaves ponen la dirección sin crear aristas ni concentrar las presiones; es recomendable conservar la cadena brazo muñeca alineada, así como minimizar los pares de torsión o de palanca, de tal modo que la longitud y la orientación del mango estabilicen las posturas neutrales durante el esfuerzo.

Del mismo modo, los radios y las transiciones en la zona de contacto son los que determinan el confort en la repetición. Bordes redondeados y filetes generosos eliminan las puntas de presión en las falanges y en la eminencia tenar; a su vez, una superficie con capacidad antideslizante ayuda a estabilizar la pinza con una menor

fuerza de cierre, lo que resulta especialmente útil en condiciones de humedecimiento o residuos en la piel. Las guías añaden que el uso de recubrimientos de alto rozamiento y texturas ventiladas incrementan la fricción y el confort, así como que mantienen el agarre en tareas de precisión sin comprometer la limpieza (Melo, 2010).

Dicho lo anterior, la ubicación del centro de equilibrio es un modulador crítico del control. Colocar el equilibrio en el lugar de la prensión disminuye el momento en la muñeca, reduce oscilaciones del extremo distal y facilita los micro ajustes finos; de manera concomitante, mantener corta la distancia entre la mano y la pieza de trabajo contribuye a una gestión estable del esfuerzo. En aplicaciones que alternan empuje y torsión, conviene que el diseño permita pequeñas variaciones de agarre sin pérdida de referencia táctil, con el fin de modular la carga según el tipo de esfuerzo

Figura 17. La mano humana cerrada forma un ángulo de 70° entre la horizontal y el eje normal.



Fuente: Adaptado de ergonomía aplicada a las herramientas

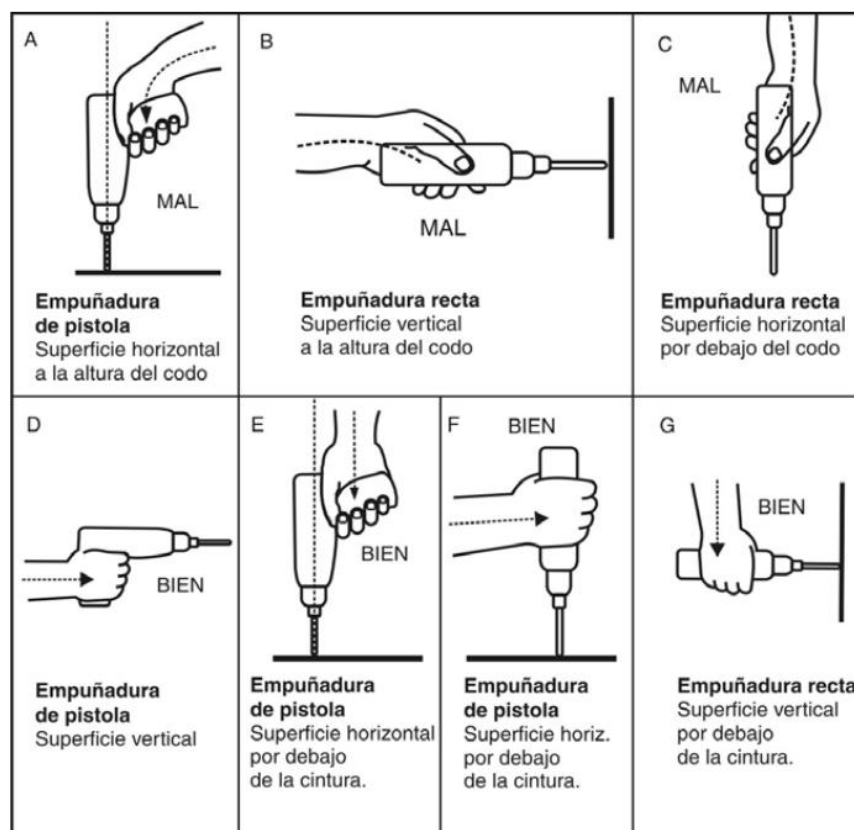
Luego, la compatibilidad geométrica con la mano se refuerza con datos antropométricos funcionales. Las medidas de longitud, de ancho, de espesor, de circunferencia y de un diámetro de agarre derivado de la postura trabajo permiten asociar la geometría del mango con el rendimiento del usuario y con su carga percibida,

siempre que se controle la postura de medición y la duración de las pruebas para evitar sesgos. De esta manera, la geometría deja de ser un conjunto de medidas deseables para convertirse en un sistema trazable a la evidencia de uso (Atlas Copco, 2024).

2.4.7. Fatiga muscular en tareas repetitivas de precisión

La fatiga muscular en tareas de precisión con herramientas de mano aparece cuando la fuerza de prensión, la postura articular de la muñeca y los micro ajustes de los dedos se sostienen durante periodos prolongados sin apoyo del diseño. En este contexto, tres disparadores se combinan y se potencian: primero, diámetros del mango que obligan a hiperflexión o hiperextensión de falanges; segundo, desequilibrios del centro de masa que incrementan el momento en la muñeca; y tercero, superficies con fricción insuficiente que fuerzan a “apretar de más” para evitar micro deslizamientos. Las guías prácticas de empuñaduras recomiendan mantener la muñeca alineada, reducir la torsión, y colocar el equilibrio del útil en el lugar de sujeción, precisamente para disminuir el brazo de palanca y, con ello la demanda muscular. Del mismo modo, se aconseja que los mangos sean lo más ligeros y cortos posible dentro de las exigencias funcionales, porque la masa añadida lejos de la mano aumenta el esfuerzo continuo de estabilización (Atlas Copco, 2024).

Figura 18. La mano humana cerrada forma un ángulo de 70° entre la horizontal y el eje normal.



Fuente: Adaptado de ergonomía aplicada a las herramientas

A continuación, es fundamental reconocer que la fatiga no depende solo de fuerza máxima, sino del modo de control fino que el usuario ejecuta una y otra vez. Cuando la sección del mango y sus radios de transición no reparten la presión en la zona activa de pulgar, índice y medio, se elevan los picos locales de carga, lo que acelera la sensación de cansancio y la aparición de molestias en tejidos blandos. Los manuales de ergonomía aplicada a herramientas recomiendan bordes redondeados, filetes generosos y superficies con capacidad antideslizante para disminuir la fuerza de cierre requerida, especialmente en condiciones de humedad o con residuos en la piel. Estas medidas no solo persiguen confort inmediato; actúan, sobre todo, sobre la pendiente de acumulación de fatiga: si el agarre se mantiene con fuerzas menores y posturas neutrales, el tiempo hasta la fatiga se prolonga y el desempeño se estabiliza en series largas (Melo, 2010).

Figura 19. Problemas de piel, músculo y tendones



Fuente: Ergonomía aplicada a las herramientas

Por otra parte, la repetición en tareas de precisión conlleva un coste cognitivo que se transforma en compensaciones musculares cuando el mango no guía suficientemente el agarre. Si la forma no respalda la forma de "agarrar", el usuario tiene que vigilar y corregir de manera continua y exhaustiva la postura de los dedos, aumentando la carga. Claramente, en el diseño de piezas manuales finas se ha puesto de manifiesto, a través de la aplicación de técnicas de usabilidad, que las configuraciones geométricas estables provocan una reducción de la variabilidad de la trayectoria asociada con los tiempos, que son indicadores indirectos de un menor

esfuerzo del control. De esta forma, la fatiga es tratada con un doble enfoque optimización biomecánica del agarre por un lado y la reducción del esfuerzo atencional a través de señales hápticas discretas dentro del diseño (Atlas Copco, 2024).

Figura 20. Problemas de huesos y articulaciones



Fuente: Adaptado de ergonomía aplicada a las herramientas

Seguidamente, la antropometría de la mano establece límites de diseño que favorecen la evitación de la fatiga, los diámetros funcionales devienen de los perímetros reales en postura de pinza, longitudes útiles que son las que no transitan por la zona de la virola y los radios mínimos en los cambios, todos ellos evitan posturas extremas y puntos de presión, los cuales son condicionantes del cansancio temprano. Además, la evidencia antropométrica local permite adaptar el rango para cubrir desde el percentil quinto hasta el percentil noventa y cinco de la población usuaria, como

consecuencia manos pequeñas y grandes alcanzan el resultado de una pinza estable sin excesos de fuerza. En términos operativos, a mayor proximidad del centro de gravedad a la zona de apoyo preferente, menor será el momento que la muñeca debe contrarrestar en los micro ajustes sucesivos y, en consecuencia, menor será la fatiga a igualdad de tiempos de exposición (Valdés Álvarez M et al., 2024).

Además, la calidad de las diversas superficies del mango determina el grado de Fatiga a través del coeficiente de fricción que el usuario pueda percibir. Superficies con demasiado coeficiente de fricción en seco, o principalmente en húmedo, degradarán el agarre; ante esta premisa, el usuario aumentará la fuerza de cierre para anclar el instrumento y por lo tanto incrementando la actividad de los flexores y acortando el tiempo hasta llegar a la fatiga. En contraposición, recubrimientos con alto coeficiente de fricción y texturas ventiladas estabilizan la pinza con menos esfuerzo y con mejor confort térmico y por lo tanto son útiles en las condiciones que la piel transpira o que se transfiere productos cosméticos.

Hay que mencionar, además que la lógica expuesta sería suficiente en la base de la comprensión de todo lo que se ha expuesto hasta ahora, pero faltaría correlacionarla con mediciones comparables antes y después de ciclos de limpieza rutinaria, ya que la pérdida del micro relieve por el mantenimiento puede hacer que una textura eficaz hasta el momento se convierta en una clara superficie de contacto a plano resbaladizo, el cual aumenta el esfuerzo y por lo tanto también la fatiga a medio plazo.

Luego, la organización del trabajo y el método de uso implican la interacción en el diseño en cuanto al mantenimiento de la fatiga y la aproximación de esta. Las posiciones de muñeca alejadas de la neutralidad, los períodos prolongados sin pausas y las repeticiones de forma continua, sin variar el tipo de agarre, hacen que se incremente la carga de trabajo sobre los músculos intrínsecos de la mano, así como

sobre los flexores y extensores del antebrazo. Las guías de buena práctica sugieren que cuando sea posible se puede alternar el agarre, que se provean superficies de apoyo que favorezcan la relajación intermitente de la pinza y que, en el caso de tareas de empuje o torsión, se indiquen ángulos de empuñadura compatibles con el vector de fuerza dominante, de tal forma que la muñeca permanezca alineada (Melo, 2010).

Finalmente, el protocolo para la evaluación de la fatiga debe incluir las variables subjetivas y objetivas. En este sentido, es relevante medir el tiempo hasta la fatiga autorreportado, la carga percibida con escalas validadas, la precisión del trazo mantenida y la variabilidad de la trayectoria a lo largo de diversas repeticiones. Estos resultados deben contrastarse con las mediciones antropométricas funcionales y con la comparación entre las condiciones de la piel seca y húmeda, así como el estado del acabado superficial efectuando comparaciones antes y después de una serie de ciclos de limpieza. Cuando el diseño del mango disminuye la fuerza de cierre necesaria, mantiene la muñeca cercana a la neutralidad y conserva la fricción objetivo en el tiempo, la curva de fatiga se aplanan y la calidad del desempeño permanece estable, confirmando que la prevención de fatiga es un atributo de diseño y no un efecto colateral (Puentes-Lagos et al., 2017; Valdés Álvarez M et al., 2024).

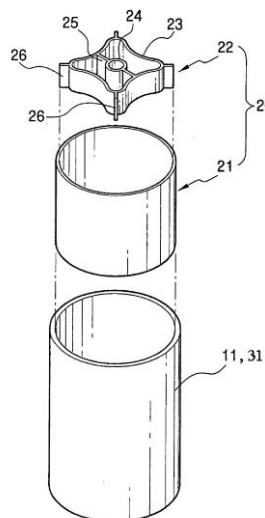
2.4.8. Diseño de brochas cosméticas: estética, higiene e inocuidad

En primer lugar, el diseño de brochas cosméticas es comprendido como la combinación congruente del sistema mango virola cerdas, en la que la forma visible sostiene la función de contacto con la piel; de ahí que el objetivo no se detenga en la morfología, sino que continúe de manera que la forma englobe también el tacto, el control y el mantenimiento. En este sentido, los repertorios técnicos del sector abordan las topologías de mango que presentan conicidades muy suaves, zonas de apoyo cilíndrico y hombros discretos que funcionan como topes para el pulgar, recursos

formales que orientan la presión y estabilizan el trazo sin apenar la limpieza (Park & Hyun-Jin, 2014). También, los procesos de fabricación de brochas vuelven a hacer hincapié en las transiciones suaves y en el control de la rugosidad que permitan repetir las sensaciones táctiles entre lotes, cerrando así la brecha que se abre entre el diseño y la producción. Por ello, el diseño debe plantearse la estética como morfología funcional; lo que se ve también debe mejorar cómo se utiliza y cómo se limpia.

Ahora bien, la estética y los acabados cumplen un papel decisivo en la percepción de calidad y en la confianza de uso, porque el usuario evalúa el instrumento por lo que ve y por lo que siente al tocarlo. De hecho, la literatura sensorial en cosmética demuestra que pequeñas variaciones de acabado se traducen en cambios perceptibles de tactilidad y de respuesta del usuario; en palabras de un estudio, los ajustes de formulación y superficie del producto. Una micro textura uniforme en la zona activa del mango puede elevar la sensación de control, mientras que una superficie excesivamente lisa puede reducir fricción y, por ende, disminuir la precisión (Hwang, 2008).

Figura 21. Divisiones de una brocha



Fuente: Adaptado de brocha de maquillaje, método y aparato para su fabricación

A continuación, el ensamble mango virola constituye el puente estructural y simbólico entre el agarre y el cabezal funcional, y su resolución incide tanto en la alineación del conjunto como en la higiene. En la documentación técnica de fabricación se describen soluciones para asegurar coaxialidad y fijación confiable sin aristas ni rebabas que atrapen residuo; además, se recomiendan tolerancias que garanticen repetibilidad del perfil y del acabado. A la par, los diseños clásicos de brochas presentan virolas que contienen la base de las cerdas y ofrecen superficies de transición con el mango, lo que facilita el guiado de los dedos y aporta un corte visual de calidad (Hwang, 2008). En suma, antes de elegir un color o un barniz, conviene fijar el árbol de tolerancias del ensamble y definir cómo se evitarán cavidades que acumulen producto o humedad.

Por otra parte, el modularidad se ha consolidado como estrategia que alarga la vida útil y facilita el mantenimiento sin sacrificar el gesto; por ejemplo, los sistemas de cabezales intercambiables permiten adaptar estilos de aplicación o reemplazar el bloque funcional sin modificar el agarre, beneficiando a la vez la higienización rutinaria (Park & Hyun-Jin, 2014). En términos de experiencia, esta arquitectura posibilita que “un mismo mango” conserve su consistencia táctil mientras el usuario intercambia cerdas para tareas específicas; en términos de sostenibilidad, la modularidad evita descartar el conjunto completo ante desgaste localizado. Por este motivo, un criterio de diseño relevante es prever mecanismos de intercambio robustos, discretos y compatibles con los agentes de limpieza definidos, tal que la vida útil hasta el uso y abuso del producto sin introducir holguras ni vibraciones. Además, cuando se contempla que el mango trae consigo residuos de cuero como parte del material, la higiene y la inocuidad se convertirán en parte de los ítems del pliego de requisitos específicos de la pieza, ya que la pieza en cuestión tiene contacto frecuente con la

piel de la cara. Por lo que , las revisión sobre reciclaje del cuero curtido al cromo son contundentes : hay que controlar la calidad química del residuo que se reintroducir í a en el ciclo y prevenir la formación de Cr(VI) a la hora de reutilizar , lo que nos obliga a vigilar el pH, las condiciones térmicas del proceso y la migración antes de cualquier uso, dicho de otra manera y trasladado al ámbito de la especificación vendrá a dado para concretar ciclos de limpieza compatibles con el material, verificar olor/volátiles tras uso repetido y validar que no hay fracciones extraíbles y transferibles al usuario. Por tanto, el diseño debe incorporarse desde un primer momento. un protocolo de higiene y criterios de inocuidad que conceden con el material y con el procedimiento de fabricación tomados.

Por otra parte, la limpieza influye de forma directa en el agarre y de esta manera el desempeño. Un acabado que pierda fricción tras lavados continuos hará que el control se pierda aun con la forma correcta, de modo que el diseño de acabados y texturas debe ser sometido a pruebas de durabilidad que simulen el mantenimiento real. Conviene entonces establecer un objetivo de limpieza y comprobar el cambio en fricción y en el color del mango además de comprobar el conjunto para detectar grietas o aflojamientos. En segundo lugar, los métodos de fabricación elegidos para el estudio de brochas tienen parámetros de acabado y alineación que ayudan a mantener la apariencia y el tacto en la vida útil (Hwang, 2008). En consecuencia, estética e higiene no son capítulos separados; sino que se condicionan mutuamente y han de validarse como un sistema.

En cuanto a la percepción de calidad, integra las señales visuales, las señales hápticas y las señales olfativas para realizar una evaluación instantánea cerca del instrumento; por lo tanto, si un lenguaje formal es coherente, el tacto es estable y no hay olores objetos tras una limpieza reforzarán la confianza y la satisfacción del

usuario. En el campo del diseño esto podría significar paletas de color no alinéales, brillos controlados y texturas con la narrativa de la marca, asegurándose a la vez de que el mango no cambia su fricción objetivo ni varía tras su uso. En términos de arquitectura del producto, el modularidad aporta un relato de separabilidad y cuidado, y el ensamble correcto ofrece un corte visual nítido entre mango y virola (Park & Hyun-Jin, 2014). En suma, una brocha bien diseñada luce, limpia y dura: integra decisiones formales, táctiles y sanitarias en un conjunto coherente y repetible en fabricación.

2.4.9. Ecodiseño y circularidad aplicados al mango

El ecodiseño en brochas cosméticas se orienta a evitar la generación de residuos y a reintroducir materiales en ciclos productivos con valor, de modo que el desempeño ambiental se sostenga con métricas verificables. En tal sentido, es aprovechar los residuos de cuero de la industria del calzado de Tungurahua y reconvertirlos en una propuesta innovadora, contando con porcentajes de material reciclado en la pieza, kilogramos de residuo desviados por unidad y un screening huella CO₂e, agua y energía por cada ruta de proceso. En este sentido, el conjunto de guías de aplicaciones específicas que se aplican al sector cuero es el de considerar las metas ante a alcance, para permitir documentar la trazabilidad del residuo a fin de justificar los procesos que se eligen conforme al impacto realizado y como a la calidad funcional alcanzada. Así, el ecodiseño pasa de ser un relato para convertirse en un sistema de requisitos para diseño, materiales y fabricación (Acosta, 2025).

A continuación, la circularidad requiere articular cadenas de valor capaces de abastecer residuo condicionado seco, con granulometría estable y sin contaminantes críticos y de absorberlo en formulaciones reproducibles. Iniciativas sectoriales señalan que la coordinación entre curtiembres, talleres de calzado y unidades de

transformación permite estabilizar volúmenes, especificar controles de pH y Cr (VI) cuando corresponda y reducir los costos de acondicionamiento por economía de escala.

Asimismo, incluir el residuo en un polímero para mangos teclado permite generar una demanda constante y predecible, lo que conlleva a la viabilidad del modelo de captura del residuo. En consecuencia, el mango ha de nacer con un acuerdo de suministro y un protocolo de control de entrada del residuo, ya que sin materia prima consistente no habrá circularidad creíble. Por otro lado, la experiencia del en cuero permite transformar recortes y mermas en productos con valor añadido a través de un control de la identidad de origen y un lenguaje de diseño que comunica dicho valor (Acosta, 2025; Paucar et al., 2024). A nadie le gusta más como idea de brochas, el mango no sólo lo que incorpora residuos, sino que lo visibiliza sutilmente a través de texturización, pigmentación o storytelling de marca, sin afectar la higiene y la estabilidad del acabado. Al mismo tiempo orientaciones de biosíntesis en el material y el producto proponen minimizar la complejidad multicomponente o favorecer la materialidad funcional todo lo que sea posible, así como poner en obra gradientes de textura desde el proceso, eludiendo en lo posible un recubrimiento (Chicaiza, 2024).

También, el eje de higiene e inocuidad influye en toda promesa sobre la circularidad cuando el material empleado es cuero curtido. Las revisiones sobre reciclaje de cuero al cromo hacen hincapié en la obligación de evitar la formación de Cr durante la revalorización, que hace necesario controlar temperaturas de proceso, pH y migraciones posibles antes de entrar en contacto con la piel, así como comprobar olor/volátiles después de los ciclos de uso y limpieza, dado el contacto frecuente del mango con la cara. Por tanto, el plan de ecodiseño deberá integrar, junto al ACV, un paquete de salvaguardas químicas y protocolos de limpieza en consonancia con el componente, para que sostenibilidad y salud avancen juntas y no en tensión.

Por otra parte, desde la perspectiva del ciclo de vida hay que requerir que el diseño del mango contemple desensamblaje fácil y modularidad cuando este aporte: en caso de que el cabezal (cerdas + virola) sea reemplazable, el mango que lleva el contenido reciclado puede continuar usándose un tiempo extra. Este diseño no solo hace más eficiente el uso del material recuperado, sino que también permite un mantenimiento adecuado (limpieza, secado) sin perjudicar la fricción objetivo del agarre. En la misma línea de la biosíntesis, interesa que las texturas funcionales pasen a formar parte del moldeado del mango para evitar recubrimientos que impidan el reciclaje y que produzcan variabilidad en la fricción. Así, el fin de vida ya está siendo diseñado cuando comenzamos: menos adhesivos, uniones mecánicas claras y codificación de materiales para reciclaje o reutilización. Después, la medición da soporte a la credibilidad del discurso. En términos técnicos, el proyecto puede aportar: 1 % de residuo de cuero en La masa del mango (balance de materia por lote); kg de residuo desviados/unidad, calculados a partir de la formulación y el rendimiento por pieza; y un screening de CO₂e, agua, energía que compare el compuesto con cuero respecto de un polímero comparador. Complementariamente, a nivel de gestión sectorial, los reportes mencionan el fijar objetivo tasas de rechazo máximas por variabilidad (Paucar et al., 2024). Por tanto, el dossier del mango deberá incluir una hoja de metas de circularidad y un plan de seguimiento para auditorías internas y comunicación transparente al mercado.

Finalmente, la narrativa de circularidad cobra fuerza cuando el producto “luce, limpia y dura” sin excusas. En concreto, un mango con 30 % de contenido reciclado, que desvía una fracción consistente de residuo por unidad, que soporta N ciclos de limpieza sin perder fricción ni color, y que permite reemplazar el cabezal cuando se desgasta, ofrece una propuesta de valor tangible para el usuario y para el territorio.

Como realmente afirman marcos de diseño aplicados a cuero, "las estrategias de diseño para la reducción de residuos" han de estar en relación con procesos y métricas, no quedarse en la mera propuesta (Acosta, 2025). En términos generales, el capítulo también concluye que el ecodiseño del mango hace un uso de abastecimiento trazable, de un material seguro, de una arquitectura modular y de una medición rigurosa, aspectos que hacen posible una economía circular concreta y verificable ((Parisi et al., 2021; Paucar et al., 2024)

2.4.10. Materia prima y propiedades del material

La materia prima del proyecto se define como los residuos de cuero generados por la cadena cuero-calzado de la provincia de Tungurahua, en particular recortes poscorte, virutas de rebajado y mermas de flor y descarte provenientes de curtiembres y talleres de calzado. El sustento territorial es claro: el subsector C15 de cueros y productos conexos está fuertemente representado en la provincia, con una estructura heterogénea de pequeñas, medianas y grandes tenerías, y una participación provincial muy alta dentro de la cadena cuero-calzado del país (Paucar et al., 2024). Este peso productivo implica altos volúmenes de subproductos sólidos y la necesidad de implementar estrategias de valorización que permitan a la vez reducir su descarte y los impactos ambientales evidenciados en agua, aire y suelo. En definitiva, se trata por tanto del flujo disponible, continuo y con una fuerte urgencia de encauce hacia un modelo más circular.

Por lo tanto, es importante tipificar el residuo y estandarizar su pretratamiento. La tipificación separa por tipo de curtido, por capa, por origen del proceso, puesto que cada combinación muestra una especificidad condicionante para la compatibilidad química y el desempeño del compuesto. El pretratamiento recomendado incluye secado a la humedad objetivo, molienda y tamizado, hasta dar como resultado una

granulometría estable, y la verificación básica del pH y la ausencia de agentes no deseados. En materiales que contengan cromo, la buena práctica internacional del diseño para la sostenibilidad avisa de realizar los controles oportunos para evitar oxidaciones no deseadas a lo largo de las fases térmicas de reciclaje, en coherencia con la gestión controlada de sustancias y el ciclo de vida (Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente, 2009).

Desde el enfoque material, el cuero puede interpretarse como una malla colágena con un comportamiento fibroso, suministrando carga de refuerzo y modulando el comportamiento háptico al incorporar a matrices poliméricas. La evidencia experimental del upcycling de recortes manifiesta que el tamaño de las partículas, la humedad y el porcentaje de cuero permiten definir tanto la transición de compuestos más rígidos a compuestos más flexibles como la calidad del acabado superficial; además, la dispersión homogénea es fundamental para evitar defectos visibles y pérdidas de desempeño. Siguiendo la misma línea, compilaciones técnicas sobre el material describen propiedades físicas y químicas capaces de permitir fijar ventanas de proceso y criterios de aceptación tanto al recibir el residuo como durante el compounding. La ruta de transformación del residuo se puede direccionar hacia fibra corta o bien hacia polvo, dependiendo del objetivo de rendimiento y de superficie. Como refuerzo no continuo en matrices termoplásticas, la fibra de cuero aumenta el módulo y rigidez específicos en unos rangos útiles para productos de consumo siempre que se controle el secado y la mezcla de forma que no se generen poro o zonas poco ricas en polímero (Pina, 2020). Cuando el objetivo del diseño sea el tacto micro texturado percibido, se tendrá que equilibrar el uso de agregados gruesos y un tacto sensorial con la facilidad de su limpieza evitando afloramientos que no generen micro

relieves deseados. En forma general la elección de polvo o fibra determina la reología, la viscosidad en proceso y la rugosidad transferida finalmente desde el molde.

En polímeros compuestos, todas las alternativas deben ser valoradas en función de la logística territorial y la aspiración de rendimiento. Por ejemplo, para las recetas que incorporan EVA reciclado, los estudios de valorización apuntan que el cuero puede funcionar como un filler funcional, en el sentido que proporciona rigidez y, al mismo tiempo, permitir regular la densidad, haciendo posible obtener piezas más ligeras sin comprometer la estabilidad dimensional; característica relevante para controlar la masa y el equilibrio de las piezas de mano. Ya en términos de adecuación territorial de la literatura de diseño estratégico de curtidurías de Ambato, podemos señalar un modelo de conexión entre curtiembres, manufactura y diseño para transformar residuos en inputs de nuevos productos con aspiraciones de reducir, de reutilizar y de reciclar dentro de la provincia. Por otro lado, las propiedades mecánicas controlan también la especificación del compuesto: dureza Shore, módulo y resistencia en flexión y resistencia al impacto. El aumento moderado de contenido de cuero tiende a incrementar la rigidez hasta un óptimo local; a partir de esta proporción surgen defectos de dispersión que disminuyen la sección y marcan superficie, así que se establece que la formulación deberá buscar el punto de máximo entre refuerzo y procesabilidad, con la verificación mediante ensayo y control estadístico. Las propiedades físicas, por el contrario, conducen el material al uso: densidad para controlar masa y balanceo de materiales, absorción de agua y estabilidad de color y olor mediante ciclos de limpieza. Así, los cuadros de propiedades del cuero y la descripción de procesos de curtidos e insumos permiten anticipar exigencias de secado y compatibilización para disminuir porosidad y preservar la sensorialidad (Pina, 2020).

las propiedades sensoriales y de fricción piel, material están determinadas por la microestructura del compuesto y la topografía de la cavidad de moldeado. Una mala dispersión puede aflorar a la superficie y variar el coeficiente de fricción, teniendo un impacto directo en el agarre y en la facilidad de limpieza del propio producto. Por lo tanto, en la receta hay que tener en cuenta la necesidad de aditivos que estabilicen color y olor, y el proceso debe ser capaz de reproducir una rugosidad objetivo resistente al mantenimiento del propio producto. En el contexto del diseño para la sostenibilidad, esta serie de decisiones debe encuadrarse en un diseño por ciclos de vida, teniendo en cuenta que los requisitos medioambientales y de seguridad van del propio diseño del material al final de la vida de este y su posible reincorporación en el ciclo (Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente, 2009).

Finalmente, la adecuación regional y la sostenibilidad se potencian mutuamente. La economía circular aplicada al cuero en Tungurahua implica pasar del esquema lineal de tomar, hacer y disponer a un esquema que recupere y reintroduzca flujos residuales en nuevos productos, con beneficios económicos, sociales y ambientales, entre ellos la reducción de residuos y de emisiones y el ahorro de energía. En este marco, la materia prima residuo de cuero deja de ser un pasivo para convertirse en un activo que, correctamente acondicionado, habilita compuestos con propiedades mecánicas, físicas y sensoriales aptas para productos de valor añadido (Acosta, 2025).

2.4.11. Procesamiento del material compuesto y fabricación

Para empezar, el proceso transforma el residuo acondicionado en un compuesto estable y, después, en una pieza con tolerancias y acabado reproducibles. Conviene estructurar la cadena en tres niveles: receta, que define matriz, porcentaje de cuero, aditivos y humedad; operación, que establece parámetros de compuestos y moldeo; y propiedades, que se verifican y retroalimentan. Este enfoque dialoga con el diseño para

la sostenibilidad al integrar desempeño ambiental y social, como eficiencia material y energética, reducción de rechazos y control de sustancias, a lo largo del ciclo de vida del producto (Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente, 2009).

Durante la fase de reacondicionamiento, interesa lograr un residuo seco, limpio y uniforme en cuanto a las características de las cargas. La pauta sugerida es seleccionar por tipo de curtido y procedencia, secar hasta el nivel de humedad objetivo, moler en un molino de cuchillas o martillos y tamizar hasta lograr una distribución de la granulometría compatible con la reología esperada en el extrusor. Esta línea de base disminuye la porosidad y estabiliza la absorción siguiente, y permite fijar especificaciones de recepción, como la humedad máxima y las mallas, relacionadas con criterios de aceptación de planta (Pina, 2020).

Los valores críticos son la temperatura de fusión, el tiempo de permanencia y el perfil de cizalla que hay que llevar a cabo. En el caso de cargas proteicas se requiere la suficiente energía para romper aglomerantes y mojar la fibra, sin llegar a los umbrales que causan degradación térmica que traiga consecuencias de color y olor. La evidencia de laboratorio en la valorización de cuero enfatiza la comparación de alternativas de ligantes y el uso de equipos que permitiesen modular la cizalla y la temperatura para estabilizar las propiedades y de superficie del material. En el caso que el destino sea moldeo por inyección o moldeo por compresión resulta interesante compactar posterior a la mezcla para asegurar una baja humedad y homogeneizar la distribución de las cargas antes de la conformación (Pina, 2020).

La elección del proceso en el conformado en función de la matriz y del acabado superficial deseado, inyección y extrusión permiten elevada repetibilidad geométrica y buena transferencia de micro texturas desde el molde, mientras que la compresión es apta para en lotes de pequeña cantidad o laminados cargados. Experiencias de diseño

estratégico en curtidurías de nuestra área también añaden la importancia del diseño de cavidades, la disposición de los puntos de inyección, la ventilación y el mantenimiento de moldes para conservar la rugosidad nominal o mitigar defectos como marcas de soldadura, piel de naranja o atrapamientos de aire de importancia directa en calidad percibida y estabilidad entre lotes (Paucar et al., 2024).

Al final, la defectología y el control de proceso deben anclarse a indicadores medibles. Un plan de calidad en línea puede tener en cuenta la humedad del pellet, la distribución granulométrica, el índice de fluidez en los casos que aplique, dureza Shore objetivo, densidad, módulo y resistencia a flexión, y parámetros superficiales en zonas funcionales. La combinación entre receta-operación-propiedades que asociaban proyectos académicos y tecnológicos sobre residuos de cuero permiten la transición de ensayos de laboratorio a pilas o pequeña serie en la medida que dando cuenta de la documentación de cada uno de los hitos (Acosta, 2025; Pina, 2020).

Del mismo modo, el escalado en Tungurahua demanda contar e integrar a la cadena de actores: curtiembres que proporcionan el residuo con el que, provista la transformación, transformadores que realizan el control, y manufactureros del moldeado con moldes y parámetros estables.

Pero las sinergias que generan el diseño para la sostenibilidad permiten establecer aquellos indicadores operativos y de resultado que conectan el proceso y la sostenibilidad. La evolución del ecodiseño al diseño para la sostenibilidad requiere tener un tipo de mirada que se aborde de una forma holística con la que acompañarlas; así, se integra los impactos ambientales, la viabilidad económica y los beneficios sociales a partir del desarrollo de productos, servicios y sistemas (Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente, 2009).

Capítulo III

3.1. Análisis Pestel

Figura 22. Análisis PESTEL

Análisis PESTEL	Factores	Muy negativo (-2)	Negativo (-1)	Neutro (0)	Positivo (1)	Muy positivo (2)	
Político	Ordenanza para la Gestión Integral de Residuos Sólidos en Ambato					2	
	Plan de Ordenamiento Territorial de Ambato				1		
	Estrategia Nacional de Economía Circular Inclusiva				1		
Económico	Aprovechamiento de materia prima retales de cuero				1		
	Costo por unidad de los mangos elevado frente a producciones masivas en plástico o		-1			2	
	Dependencia del suministro de residuos de cuero			0			
Social	Participación de actores locales en el aprovechamiento de residuos de cuero				1		
	Resistencia a adoptar productos hechos de residuos		-1				
	Impacto en sectores productivos de calzado y cosmética					2	
Tecnológico	Limitada infraestructura para transformar cuero residual carecen de maquinaria avanzada	-2					
	Limitaciones tecnológicas en curtiembres		-1				
	Nuevas tecnologías para integrar cuero triturado con polímeros reciclados					2	
Ecológico	Reducción de contaminación por acumulación de residuos de cuero					2	
	Impacto ambiental relacionado con el uso				1		
	Aprovechamiento de residuos industriales				1		
Legal	Código Orgánico del Ambiente (COA, 2017 – vigente)				1		
	Acuerdo Ministerial 061 (MAATE, 2015 – vigente)				1		
	Normas Técnicas INEN y Reglamentos del MAATE sobre residuos industriales				1		
	TOTAL	-2	-3	0	9	10	14
		100%	36				
			NEGATIVO	POSITIVO	PORCENTAJE	39%	
			-5	19			
			1,8	6,84			

El entorno de Tungurahua ofrece una ventana de oportunidad real para valorizar residuos de cuero en productos de mayor valor agregado. El balance global de la matriz es favorable (+14), con predominio de impulsores políticos, legales y ambientales que alinean el proyecto con la economía circular y la gestión responsable de residuos. La existencia de ordenanzas locales, marcos nacionales de circularidad y normas técnicas aplicables reduce la incertidumbre regulatoria y habilita instrumentos de apoyo.

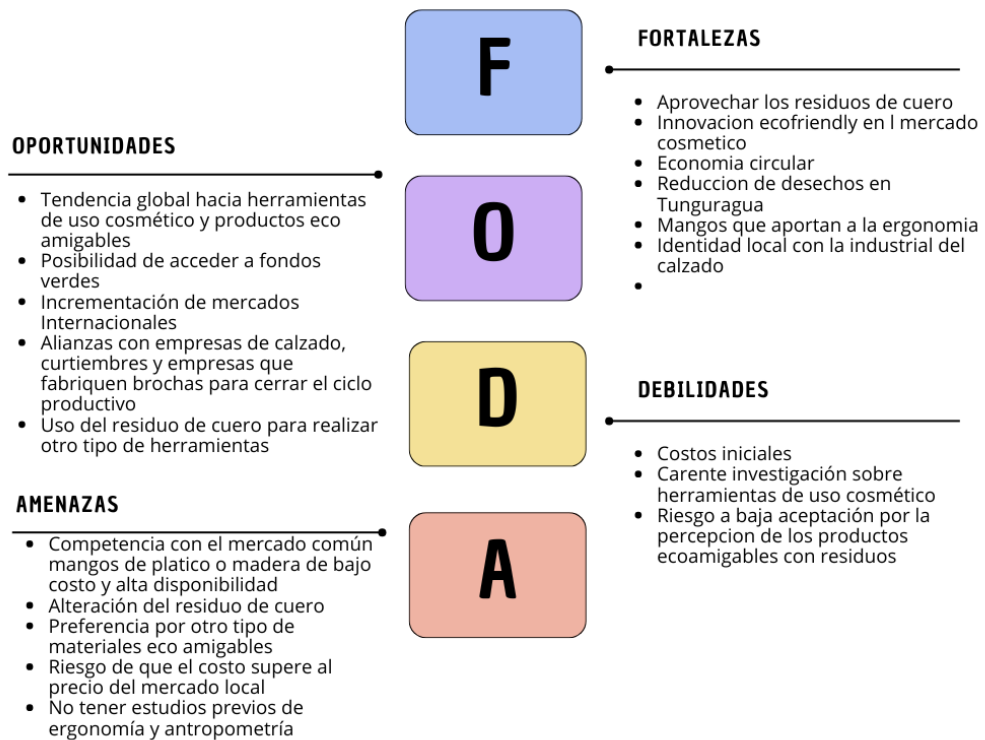
En el mismo sentido, para la dimensión ecológica existen beneficios directos de mitigación por desvío de residuos o de reducción de contaminación, lo que fortalece la argumentación socioambiental del proyecto.

Desde la perspectiva económica y social, el análisis pone al descubierto fortalezas explotables y retos controlables. La eterna disponibilidad de materia prima en la cadena de valor que liga al cuero con el calzado y la capacidad de encadenar localmente curtiembres y talleres favorecen a la abastecimiento. Pero hay tres brechas que persisten: el coste relativo con los plásticos de gran escala, la dificultad que tiene el mercado con los materiales reciclados y la dependencia lógica del residuo. En el cuadrante tecnológico, se focalizan los riesgos críticos: la limitada infraestructura del post-consumo del cuero, las restricciones de proceso en las curtiembres que pueden interferir en la continuidad y la calidad.

Por tanto, el PESTEL da cuenta de la viabilidad estratégica del proyecto: hay condiciones, institucionales y ambientales que lo empujan hacia delante y hay debilidades que son tratables atendiendo una hoja de ruta técnica de mercado de desarrollo. La prioridad es convertir el soporte regulatorio y ecológico en ventaja competitiva, cerrando las brechas de proceso, costo y adopción.

3.2. Análisis FODA

Figura 23. Análisis FODA



CAPÍTULO IV

MARCO METODOLÓGICO

4.1. Método

El método de investigación adoptado es de carácter proyectual, propio del diseño industrial, y se centra en la investigación del usuario, la experimentación con materiales y la validación iterativa de prototipos. La investigación del usuario permite identificar necesidades, hábitos de uso y criterios ergonómicos relevantes para el diseño de los mangos de brochas cosméticas, orientando las decisiones formales y funcionales del proyecto. Paralelamente, la experimentación con materiales se enfoca en el análisis y prueba de los residuos de cuero provenientes de la industria del calzado, con el fin de evaluar su comportamiento, viabilidad técnica y potencial de reutilización en la fabricación del producto. Finalmente, la validación

iterativa de prototipos posibilita la evaluación progresiva de las propuestas de diseño, permitiendo realizar ajustes sucesivos a partir de los resultados obtenidos, hasta alcanzar una solución que responda de manera integral a los requerimientos del usuario, del material y de la función del producto.

4.2.Enfoque de la investigación

El enfoque de la investigación es mixto, ya que integra de manera complementaria técnicas cualitativas y cuantitativas dentro de un proceso proyectual orientado al diseño de mangos para brochas cosméticas a partir de residuos de cuero generados en las empresas de calzado de la provincia de Tungurahua. Este enfoque permite abordar el problema de diseño desde una perspectiva integral, considerando tanto los aspectos vinculados al usuario y su experiencia de uso como las características técnicas, funcionales y ergonómicas del material y del producto desarrollado.

Desde el enfoque cualitativo, la investigación se centra en la comprensión de las percepciones, comportamientos y necesidades del usuario final, así como en el análisis del contexto de uso de las brochas cosméticas. A través de la observación y el análisis del uso del producto, se identifican criterios relacionados con el agarre, el confort, la estética y la interacción usuario producto, los cuales orientan las decisiones formales y funcionales durante el proceso de diseño. Este análisis cualitativo resulta fundamental para asegurar que la propuesta responda a expectativas reales y a condiciones de uso específicas.

El enfoque cuantitativo se aplica para el análisis y evaluación de las características físicas, ergonómicas y funcionales del material desarrollado a partir de residuos de cuero y de los prototipos de mango elaborados. Mediante mediciones, criterios y objetivos, se valoran aspectos como dimensiones,

resistencia, estabilidad, peso y adecuación ergonómica del producto, permitiendo verificar su viabilidad y funcionalidad.

4.3.Modalidad

La presente investigación se desarrolla bajo la modalidad de proyecto integrador de carácter práctico-aplicado, puesto que busca articular los conocimientos teóricos del diseño con su aplicación directa en la creación de un producto innovador y funcional. En este caso, la propuesta se enfoca en el diseño de mangos de brochas cosméticas elaborados a partir de residuos de cuero, aprovechando un material que, aunque descartado por la industria del calzado en la provincia de Tungurahua, posee un alto potencial de reutilización. Esta propuesta no solo supone rescatar un recurso escasamente utilizado, sino que también puede ayudar a la formulación de soluciones que son sostenibles en el campo del diseño responsable y de la economía circular. En función de este enfoque, la modalidad práctica que proponemos, en la que se resuelven problemáticas presentes en el medio real mediante investigación y experimentación proyectual, parte a la vez del análisis del contexto, del estudio del usuario y de la validación técnica del producto concretado.

A través de esta modalidad, la investigación adquiere un carácter transformador, ya que no se limita únicamente a describir o diagnosticar una situación, sino que busca intervenir activamente en ella mediante el diseño como herramienta de cambio. De esta forma, se logra un equilibrio entre la reflexión teórica y la práctica creativa, generando resultados concretos que aportan valor tanto al campo académico como al sector productivo local.

La elección de esta modalidad responde a la necesidad de vincular el conocimiento científico con la práctica del diseño sostenible, fomentando la aplicación de estrategias que promuevan la reutilización de materiales y la reducción del impacto ambiental. En

este contexto, el cuero residual se convierte en un elemento de exploración material, cuyo aprovechamiento se fundamenta en criterios de viabilidad técnica, estética y ergonómica. De igual modo, el enfoque práctico-aplicado permite validar experimentalmente las propiedades del material reciclado, garantizando que el producto propuesto cumpla con estándares de funcionalidad y confort para el usuario final.

4.4.Nivel de investigación

El nivel de investigación es exploratorio, descriptivo y aplicado, en correspondencia con las distintas etapas del proceso de diseño. En una primera fase, la investigación adopta un carácter exploratorio, orientado a indagar y comprender el contexto del problema, el comportamiento del usuario y las posibilidades de reutilización de los residuos de cuero generados por las empresas de calzado de la provincia de Tungurahua. Esta fase permite identificar variables relevantes, antecedentes y oportunidades de diseño, sin establecer hipótesis cerradas.

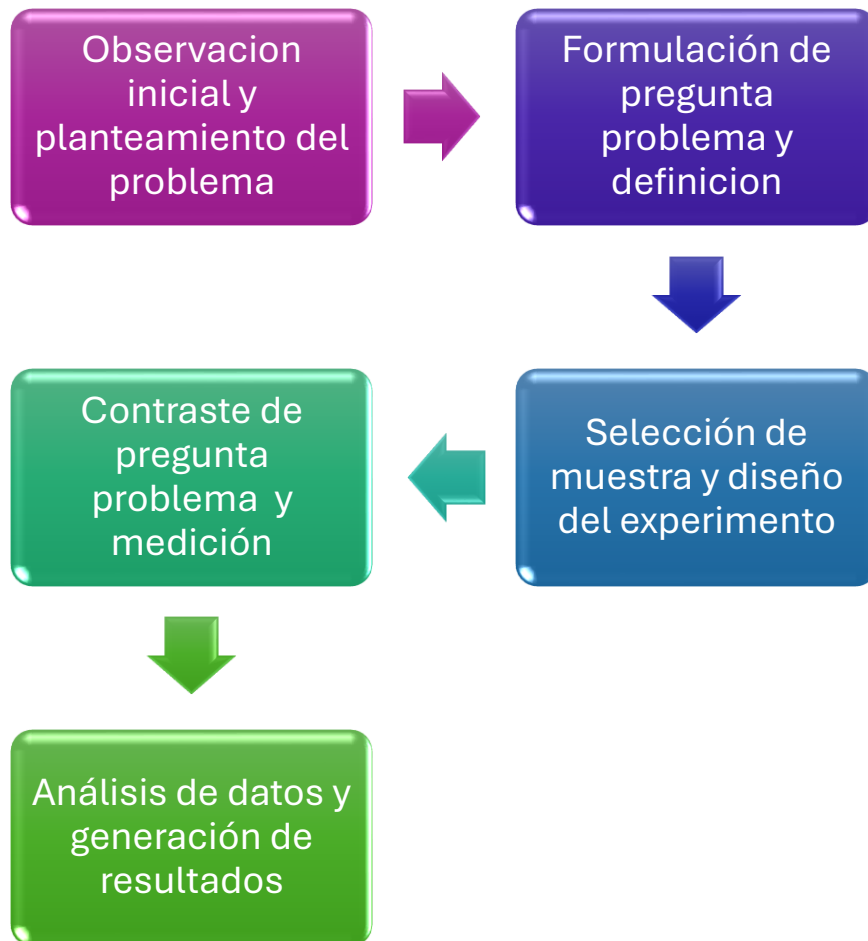
Posteriormente, la investigación adquiere un nivel descriptivo, ya que se analizan y caracterizan de manera sistemática las necesidades del usuario, así como las propiedades físicas, ergonómicas y funcionales del material y de los prototipos de mangos para brochas cosméticas. En esta etapa se describen las características observadas mediante registros, mediciones y criterios técnicos, con el fin de obtener una comprensión clara del comportamiento del material y del producto propuesto.

Finalmente, el nivel de investigación es aplicado, ya que los conocimientos obtenidos en las fases exploratoria y descriptiva se utilizan directamente en el proceso de diseño y desarrollo del prototipo. Esta etapa se enfoca en la materialización de una solución concreta mediante la experimentación, el prototipado y la validación iterativa,

orientada a resolver un problema real de diseño y a proponer una alternativa funcional y sostenible a partir del aprovechamiento de residuos de cuero.

4.5. Diseño de la investigación

Figura 24. Diseño de investigación



4.6.Operacionalización de las variables

Tabla 5 Variable Independiente

Dimensión	Indicadores	Escala- Unidad	Técnicas e Instrumentos	Criterio de aceptación
Generación y disponibilidad	Volumen mensual disponible	kg/mes	Pesaje in situ; auditoría de residuos	≥ 50 kg/mes estables
Captura y logística	% de residuo capturado vs. generado	%	Registros de producción; checklists	$\geq 60\%$ de captura sostenida
Condicionamiento	Contenido de humedad del residuo	%	Horno/termobalanza	6–12% antes de molido
Condicionamiento	pH del residuo	pH	Medidor pH superficial	3.5–5.5 (según origen)
Seguridad / inocuidad	Cr(VI) (presencia/ausencia)	mg/kg	Test colorimétrico / lab	Ausencia detectable
Seguridad / olor	Olor/volátiles tras secado	Panel 5 ptos	Panel sensorial, cámara	$\leq 2/5$ (sin molestia)
Transformación	Tamaño de partícula/fibra	μm / mm	Tamizado / microscopía	D50: 0.3– 0.8 mm
Formulación	% de cuero en el compuesto	% (w/w)	Balanza, ficha de lote	30–50%
Circularidad	% de contenido reciclado en mango	% (w/w)	Balance de masa	$\geq 30\%$ en pieza final
Circularidad	Residuos desviados por unidad	kg/unidad	Cálculo a partir de formulación	≥ 0.03 kg/unidad
Costos / viabilidad	Costo de acondicionado del residuo	USD/kg	Costeo ABC; registros	Dentro del costo meta
Variabilidad de suministro	CV del volumen mensual	%	Series mensuales (6–12 meses)	$\text{CV} \leq 25\%$

Tabla 6 Variable Dependiente

Dimensión	Indicadores	Escala- Unidad	Técnicas e Instrumentos	Criterio de aceptación (meta inicial)
Ergonomía – Antropometría	Diámetro del mango ($\emptyset$)	mm	Calibrador; plantilla antropométrica	$\emptyset$ objetivo 10–14 mm (según percentiles)
Ergonomía – Geometría	Longitud útil (L)	mm	Regla/Calibrador	L que no invada virola y asegure apoyo
Ergonomía – Geometría	Centro de gravedad (CG) a la virola	mm	Balanza/soporte; cálculo	$CG \leq 25$ mm desde la virola
Superficie/Agar re	Rugosidad (Ra/Rz) zona activa	μm	Perfilómetro	Ra 8–20 μm (microrelieve uniforme)
Superficie/Agar re	Coef. fricción piel– mango (seco/húmedo)	adimensional	Dispositivo simple/tribómetro	$\mu \geq 0.5$ seco y ≥ 0.4 húmedo
Desempeño en uso	Precisión del trazo	mm de desviación	Plantilla de patrones; análisis imagen	≤ 1.5 mm de desviación media
Desempeño en uso	Tiempo de tarea	s	Cronómetro / App	Igual o menor que control
Carga/Confort	Carga percibida (NASA-TLX)	0–100	Cuestionario NASA-TLX	$\downarrow$ 10–20 pts vs. control
Confort táctil	Confort/agarre percibido	Likert 1–7	Encuesta post- tarea	$\geq 5/7$ promedio
Higiene	Pérdida de fricción tras limpieza ($\Delta\mu$)	Δ adimensional	Ciclos limpieza estandarizados	$\Delta\mu \leq 0.05$ tras 20 ciclos
Higiene/Inocuid ad	Olor/volátiles post- ciclos	Panel 5 ptos	Panel sensorial	$\leq 2/5$
Inocuidad	Migración/superficie atípica	Presencia/ausencia	Lab/ensayo rápido	Ausencia detectable
Estética/Calidad	Estabilidad de color (ΔE^*)	ΔE^*	Colorímetro	$\Delta E^* \leq 2$ tras 20 ciclos
Durabilidad	Defectología de molde/ensamble	% de rechazo	Inspección visual; checklist QA	$\leq 2\%$ lote piloto

4.7.Población y Muestra

Para efectos del presente estudio, la población se define como el conjunto de usuarios reales y potenciales de brochas cosméticas, entendidos como individuos que utilizan herramientas de maquillaje de manera frecuente, ya sea en contextos personales o profesionales. Esta población es amplia y heterogénea, abarcando desde usuarias habituales hasta maquillistas formados o en formación.

Sin embargo, en estudios aplicados al diseño de herramientas manuales, la población relevante no se establece a partir de un universo general, sino del segmento específico que domina las prácticas de uso, dado que son ellos quienes poseen el nivel de experticia para identificar problemas ergonómicos, de textura, balance y funcionalidad del mango. Por esta razón, la población pertinente para este proyecto se compone de:

- Maquillistas profesionales
- Estudiantes de academias de maquillaje
- Usuarios frecuentes que realizan maquillaje de manera continua

Este grupo posee las competencias perceptivas, técnicas y gestuales necesarias para emitir juicios válidos sobre la ergonomía, comodidad, textura y control del mango, elementos indispensables en el diseño de herramientas de precisión como las brochas cosméticas.

4.7.1. Muestra

Dado que el estudio se orienta al diseño y validación ergonómica, no es metodológicamente necesario ni pertinente aplicar un muestreo probabilístico. En este tipo de proyectos se prioriza un muestreo que garantice experiencia, experticia y conocimiento contextual del uso. Por ello, se adopta un muestreo no probabilístico de

tipo intencional, seleccionando participantes que cumplen criterios estrictos de idoneidad para el análisis de uso.

Criterios de inclusión

- Haber utilizado brochas cosméticas de forma habitual durante al menos un año.
- Poseer formación o experiencia en técnicas de aplicación de maquillaje.
- Tener conocimientos o sensibilidad ergonómica derivados de la práctica repetitiva.

Grupo seleccionado

La muestra estuvo conformada por miembros de L' Artist Academy, una academia reconocida en el ámbito local por su formación especializada en maquillaje profesional. Este grupo resulta especialmente adecuado por las siguientes razones:

- Uso intensivo y constante de brochas, indispensable para detectar fatiga, incomodidad o ineficiencia del mango.
- Experiencia directa con múltiples diseños de brochas, lo que facilita la comparación entre el prototipo y herramientas existentes en el mercado.
- Dominio de técnicas avanzadas de maquillaje, lo que permite una evaluación precisa del control, balance y estabilidad del mango.

De este modo, la muestra seleccionada proporciona datos válidos, contextualizados y técnicamente significativos, alineados con los requerimientos del diseño ergonómico de herramientas manuales.

La elección de la muestra responde a criterios metodológicos propios de estudios en ergonomía aplicada al diseño de productos, donde el énfasis no se sitúa en la representatividad estadística, sino en la profundidad y calidad del análisis de uso. En

este tipo de investigaciones resulta fundamental evaluar variables como fuerzas musculares, cargas repetitivas, patrones de agarre, control gestual y sensibilidad táctil, aspectos que solo pueden ser identificados con precisión por usuarios con interacción frecuente e intensiva con el producto.

La validez del diseño propuesto depende principalmente del análisis cualitativo experto y no del tamaño de la muestra. Si bien el mercado de consumo de brochas cosméticas es amplio, la evaluación del prototipo requiere usuarios capaces de identificar diferencias sutiles en textura, peso, balance y ergonomía del mango, elementos clave durante los procesos de validación iterativa.

Por ello, la inclusión de maquillistas profesionales y estudiantes en formación avanzada garantiza una evaluación rigurosa del prototipo, ya que este grupo posee experiencia comparativa con diversas tipologías de brochas y una mayor conciencia gestual y ergonómica derivada de la práctica continua. Esta condición fortalece la toma de decisiones de diseño y asegura que los resultados obtenidos respondan a escenarios reales de uso.

4.7.2. Sección de muestra

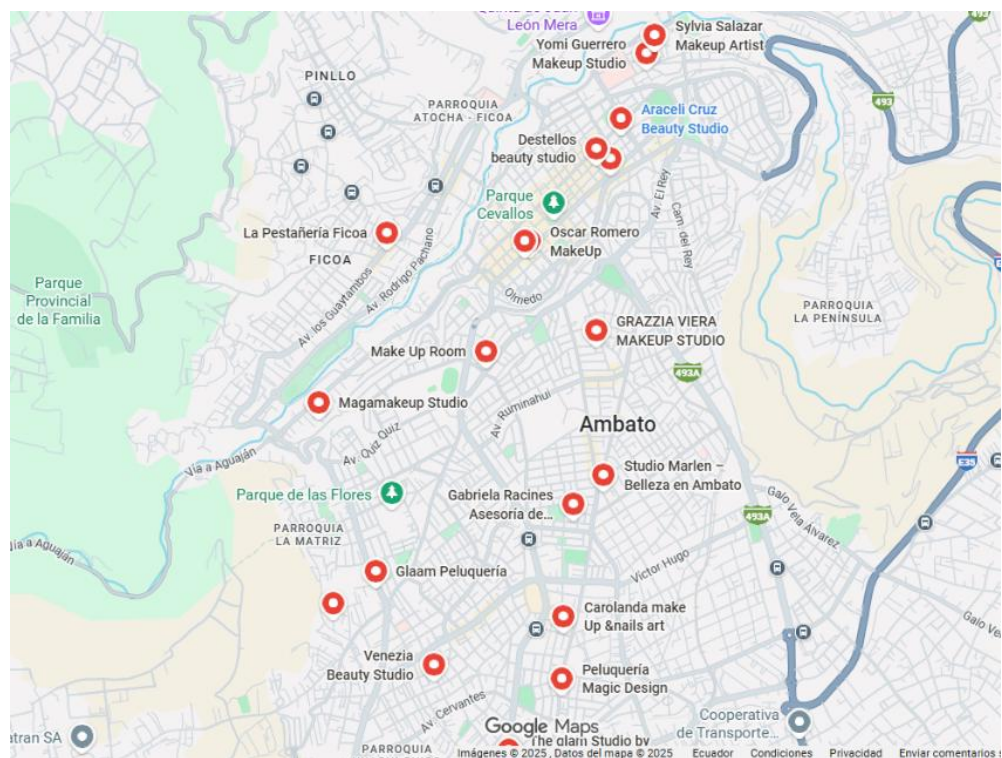
Maquillistas y Centros de Belleza Reconocidos en Ambato:

La elección de esta muestra intencional también se justifica por la necesidad de contar con una muestra representativa de consumidores que ya estén familiarizados con la industria de la belleza en Ecuador. Entre los maquillistas y centros de belleza más conocidos en Ambato y otras ciudades de Ecuador se encuentran:

- **Mur Makeup Studio:** Un centro muy conocido en Ambato, centrado en el maquillaje para bodas y eventos importantes.

- **L'Artist Makeup:** Produce maquillajes sociales y artísticos además de dar clases de automaquillaje.
- **MAGA Makeup Artist:** Un grupo experto en el maquillaje profesional destinado sobre todo para novias y quinceañeras.
- **Oscar Romero Makeup:** Maquillador con trayectoria consolidada a nivel nacional.
- **Yomi Guerrero Makeup:** Maquillador con enfoque en diseño de imagen personal y maquillaje artístico.

Figura 25. Localidades de maquillistas en Ambato



Fuente: Adaptado de Google maps

4.7.3. Grupo objetivo

Figura 26. Equipo L'artist



Fuente: Adaptado del archivo fotográfico L'artist

En el presente estudio se decidió trabajar con el grupo objetivo de L'Artist Academy, una de las academias de maquillaje más reconocidas en Tungurahua, conformada por jóvenes en formación profesional que practican de manera constante técnicas de belleza, preparación de piel y maquillaje artístico. Este público, que busca perfeccionar sus habilidades y utilizar herramientas más precisas y ergonómicas, resulta ideal para analizar, probar y validar el desarrollo de nuevas brochas cosméticas, debido a su experiencia práctica, su necesidad de mejorar sus resultados y su uso frecuente de instrumentos especializados.

4.8. Técnicas de estudio

- **Observación estructurada del uso**

Medición directa en tareas concretas: forma de agarre manual, postura que adoptan los dedos y la muñeca, presión aparente, cambios en el agarre y control o precisión; comodidad observada. Ficha de cotejo con la escala de 1 a 5 más notas cualitativas.

- **Entrevista estructurada a expertos**

Cuestionario de ítem cerrado a maquillistas con la finalidad de obtener dictámenes relativos a la viabilidad del residuo, requisitos ergonómicos del mango, textura, equilibrio, peso y balance, obstáculos tecnológicos y de implementación.

- **Encuesta estructurada a usuarios**

El instrumento consultaba sobre la comodidad y la fatiga percibida en torno a la manipulación o uso de la brocha, la textura preferida del mango y el acabado del mismo, el nivel de aceptación que se tiene hacia los materiales reciclados, la intención de compra y la disposición para recomendar el producto.

4.9. Modelo de instrumentos

4.9.1. Entrevista estructurada

Objetivo: Recoger criterios técnicos y estéticos sobre la viabilidad del uso de residuos de cuero, el uso y diseño ergonómico de brochas cosméticas.

Población:

Diseñadores industriales, maquilladores profesionales y artesanos del cuero.

Sección A: Datos generales del entrevistado

1. Nombre completo:

2. Profesión:

☐ Diseñador industrial

☐ Maquillador profesional

☐ Artesano del cuero

☐ Otro: _____

3. Años de experiencia en su campo:

☐ Menos de 2 años

☐ 2 a 5 años

☐ 6 a 10 años

☐ Más de 10 años

Sección B: Requisitos de ergonomía y funcionalidad del mango

¿Qué tan importante considera el diseño ergonómico en una brocha cosmética?

☐ Muy importante

☐ Importante

☐ Poco importante

☐ Nada importante

¿Cuál de los siguientes aspectos considera más relevante para la comodidad del usuario?

☐ Forma del mango

☐ Peso y equilibrio

☐ Textura y agarre

☐ Tamaño y longitud

¿Cree que un mango hecho con cuero reciclado podría mantener buena funcionalidad y comodidad?

☐ Sí, totalmente

☐ Posiblemente

☐ Difícilmente

☐ No

¿Qué textura considera más adecuada para un mango de brochas?

☐ Lisa

☐ Semirrugosa

☐ Rugosa

☐ Con relieves

Sección C: Percepción estética y aceptación del cuero reciclado

¿Le parece atractivo el uso de cuero reciclado en productos?

☐ Muy atractivo

☐ Atractivo

☐ Poco atractivo

☐ Nada atractivo

¿Considera que el cuero reciclado puede aportar una estética elegante o diferenciadora al diseño de una brocha?

☐ Sí, definitivamente

☐ No lo creo

¿Estaría dispuesto a recomendar o usar un producto cosmético con mango de cuero reciclado?

☐ Sí

☐ Tal vez

☐ No

4.9.2. Ficha de observación para analizar el uso y manejo de brochas actuales

Objetivo: Observar de forma directa los gestos, agarres y posiciones de usuarios al utilizar brochas cosméticas para identificar oportunidades de mejora ergonómica.

Población observada: Maquillistas o usuarios frecuentes de brochas.

Estructura

- **Sección A:** Contexto de la observación (lugar, duración, tipo de actividad al momento de maquillar).

Tema de tesis	
Nombre del observador:	
Variable	
Fecha de observación:	
Lugar:	
Duración aproximada:	
Tipo de actividad observada (automaquillaje, maquillaje a cliente, clase, etc.):	
Tipo de brocha utilizada (marca, material del mango, tamaño, etc.):	
Nivel de experiencia del usuario:	☐ Principiante ☐ Intermedio ☐ Profesional
Datos del experto nombre	

- **Sección B:** Comportamientos observados (agarre, presión, control, comodidad).

Escala: 1 = Deficiente - incómodo - 5 = Óptimo - ergonómico

Aspecto observado	Descripción cualitativa notas	Valoración (1–5)
Tipo de agarre (pinza, empuñadura, apoyo distal, etc.)		
Posición de la mano y dedos durante el uso		
Nivel de presión aplicada sobre el rostro		
Control y precisión de los movimientos		
Cambios frecuentes de agarre o postura		
Nivel aparente de comodidad durante el uso		
Postura general del brazo y muñeca		

- **Sección C:** Reacciones y comentarios espontáneos del usuario.

Ejemplos: “se siente pesada”, “resbala un poco”, “me gusta cómo se agarra”, “cansa la muñeca”, etc.

- **Observaciones del investigador:**

- **Sección D:** Valoración general (escala 1–5 de confort y funcionalidad).

Criterio	Escala (1–5)
Confort general del mango	☐ 1 ☐ 2 ☐ 3 ☐ 4 ☐ 5
Control y precisión en el manejo	☐ 1 ☐ 2 ☐ 3 ☐ 4 ☐ 5

Adaptación ergonómica (forma, tamaño, peso)	☐ 1 ☐ 2 ☐ 3 ☐ 4 ☐ 5
Atractivo visual o estético percibido	☐ 1 ☐ 2 ☐ 3 ☐ 4 ☐ 5
Funcionalidad global de la brocha	☐ 1 ☐ 2 ☐ 3 ☐ 4 ☐ 5

4.9.3. Entrevista estructurada a clientes / usuarias de brochas cosméticas

Objetivo: Conocer la percepción, preferencias y nivel de aceptación del uso de materiales reciclados (como el cuero) en el diseño de brochas cosméticas, así como identificar aspectos ergonómicos y estéticos valorados por las usuarias.

Población: Clientes o usuarias frecuentes de brochas cosméticas (uso personal o profesional).

Tipo: Entrevista estructurada (preguntas cerradas con opciones fijas).

Sección A. Datos generales

1. Edad:

☐ Menos de 20 años

☐ 20 a 30 años

☐ 31 a 40 años

☐ Más de 40 años

2. Nivel de experiencia en maquillaje:

☐ Principiante

☐ Intermedio

☐ Profesional

3. Frecuencia de uso de brochas cosméticas:

- ☐ Diario
- ☐ 2 a 3 veces por semana
- ☐ Ocasional
- ☐ Nunca

4. Tipo de brochas que usa con mayor frecuencia:

- ☐ Brochas para base
- ☐ Brochas para ojos
- ☐ Brochas para polvo o rubor
- ☐ Juego completo

Sección B. Experiencia de uso

5. ¿Qué tan cómoda le resulta la brocha que usa actualmente?

- ☐ Muy cómoda
- ☐ Cómoda
- ☐ Regular
- ☐ Incómoda

6. ¿Ha notado fatiga o molestia en la mano al usar sus brochas por tiempo prolongado?

- ☐ Sí, frecuentemente
- ☐ A veces
- ☐ Rara vez
- ☐ Nunca

7. ¿Qué aspecto considera más importante en el mango de una brocha?

☐ Forma ergonómica

☐ Peso equilibrado

☐ Textura o agarre

☐ Estilo y color

8. ¿Le gustaría que el mango tuviera una forma adaptada a la mano (ergonómica)?

☐ Sí

☐ No

Sección C. Materiales y sostenibilidad

9. ¿Conoce productos de belleza elaborados con materiales reciclados o ecológicos?

☐ Sí

☐ No

10. ¿Qué tan importante es para usted que una brocha esté hecha con materiales sostenibles?

☐ Muy importante

☐ Importante

☐ Poco importante

☐ Nada importante

11. ¿Ha usado productos que incluyan cuero natural o reciclado en su diseño?

☐ Sí

☐ No

Sección D. Estética y preferencia

13. ¿Qué tipo de acabado visual le resulta más atractivo en una brocha?

☐ Mate

☐ Brillante

☐ Texturizado

☐ Natural (color de material)

14. ¿Qué colores prefiere en el diseño de brochas?

☐ Tonos neutros (beige, gris, negro)

☐ Tonos metálicos (dorado, plateado, cobre)

☐ Tonos vivos (rosado, azul, verde)

☐ Combinaciones naturales o artesanales

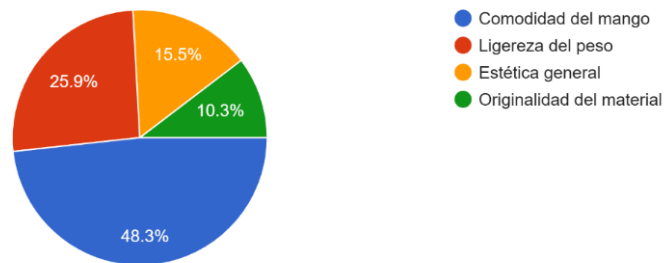
Sección E. Valoración general para usted en que rango es importante

Por favor califique del 1 al 5 (1 = Muy bajo / 5 = Muy alto):

Aspecto	1	2	3	4	5
Comodidad del mango					
Ligereza del peso					
Estética general					
Originalidad del material					
Valor percibido (calidad–precio)					

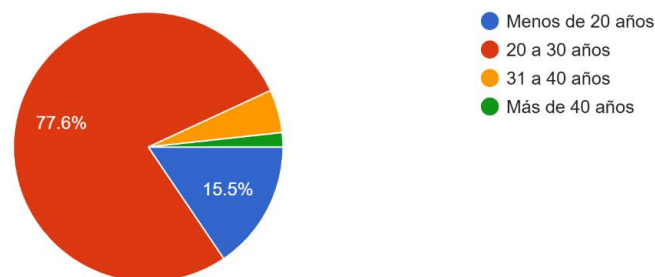
4.9.4. Análisis de resultados de encuestas usuarios y clientes

¿Qué aspecto es importante para usted en un mango de brochas ?
58 respuestas



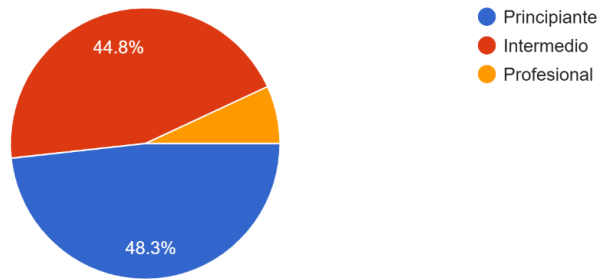
El aspecto más destacado en cuanto a la brocha es la comodidad del mango que ha sido votado por el 48.3 % de los individuos que participan de la prueba, lo que significa que la comodidad es un aspecto importante para casi la mitad de los usuarios, lo que indica que se debe de centrar el diseño del producto en la comodidad o ergonomía. Por último, el aspecto que se valora en la menor medida es el de la originalidad de los materiales, pues solo un 10.3% lo considera importante, por lo que puede inferirse que este aspecto tiene menor peso en la percepción del valor del producto.

Edad
58 respuestas



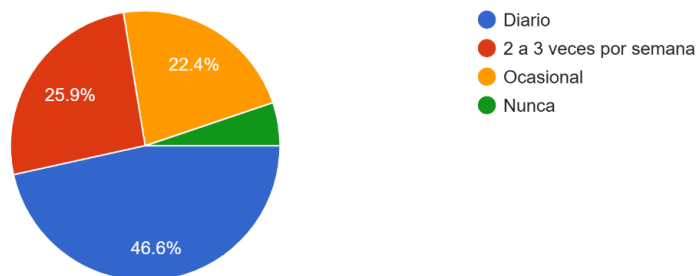
La gran parte del total de encuestados (77,6%) tiene una edad entre 20 y 30 años. Este hecho condiciona fuertemente el sentido de los resultados obtenidos. El grupo de encuestados de menos de 20 años es solo de un 15, 5%, mientras que el grupo de 31 - 40 años y el grupo de más de 40 años suman sola y exclusivamente un total de un 6, 9% es muy aproximado a la respuesta de 4 personas.

Nivel de experiencia en maquillaje
58 respuestas



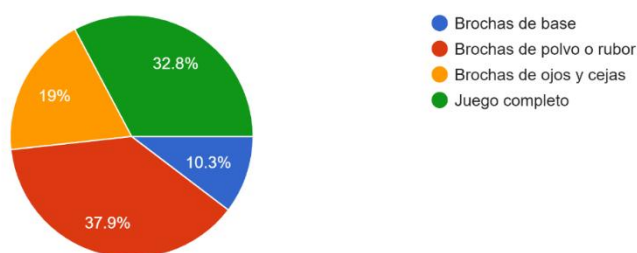
El análisis relevante a los 58 sujetos participantes puso de manifiesto que la mayoría de ellos se caracterizaba por identificarse como principiantes en el maquillaje (48,3%). Esto sugiere que la muestra estaba compuesta principalmente por usuarios más bien con experiencia básica o intermedia, lo que tiende a indicar que los productos preferidos pueden estar favorecidos por ser de uso fácil, accesible y cómodo para quienes aún se encuentran en el proceso de aprendizaje o práctica habitual.

Frecuencia de uso de brochas cosméticas
58 respuestas



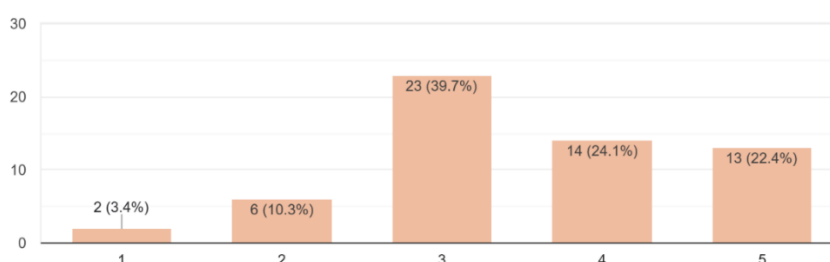
Conforme a los resultados, se detectó que el 46,6% de los participantes utilizaron brochas cosméticas cada día, seguido de un 25,9% que asocia su uso 2 a 3 veces cada semana. También se valorizó que un 22.4% emplea brochas cada muy a menudo, pero sólo un 5.2% reportó que jamás las emplea. En consecuencia, la mayoría de los casos ponen de manifiesto un uso habitual, y esto acentúa la necesidad de brochas con un uso asiduo, de tal manera que priman las características de comodidad, ergonomía y durabilidad.

Tipo de brochas que usa con mayor frecuencia
58 respuestas



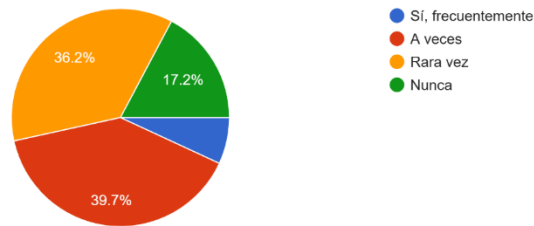
Los 58 encuestados eligen el tipo de brochas más utilizadas las brochas de polvo o rubor (37,9%), seguido de quienes se definen como un juego completo de brochas (32,8%), es decir, un uso más extendido o variado de las herramientas. En menor medida, un 19% usa de forma principal brochas de ojos y cejas, mientras que un 10,3% recurre a las brochas de base. Estos resultados dan cuenta de que las brochas de polvo o rubor y juegos completos son los productos más populares, probablemente por su versatilidad en la rutina de maquillaje.

¿Qué tan cómoda le resulta la brocha que usa actualmente?
58 respuestas



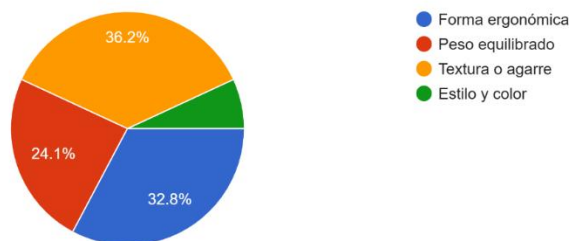
Al preguntar por la comodidad de la brocha que tienen en la actualidad, se puede observar que, para la mayoría de los encuestados, obtuvieron un valor medio con el 39.7 %, lo que indica que su experiencia con la brocha los lleva a la consideración de una experiencia neutral, es decir, satisfactoria de modo moderado. Y así, hay un 13,7% que considera una calificación baja , lo que hace evidente las posibilidades de mejora en el diseño actual.

¿Ha notado fatiga o molestia en la mano al usar sus brochas por tiempo prolongado?
58 respuestas



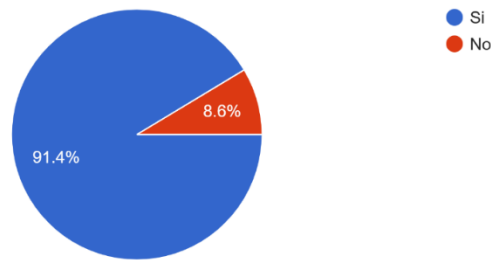
La mayoría de los encuestados suele contestar a veces (39,7 %); le sigue un 36. 2% que indicaba que lo hace raramente. Un 17, 2% manifestó no haber presentado molestias, mientras que un escaso 6, 9% refirió que sí las siente habitualmente, lo que sugiere que, aunque la mayoría de los participantes no siente molestias, más de la mitad sí había un sentido molestias en algunas ocasiones, lo que guardar coherencia con la importancia de mejorar el diseño ergonómico de las brochas para evitar la fatiga en el uso prolongado de estas herramientas.

¿Qué aspecto considera más importante en el mango de una brocha?
58 respuestas



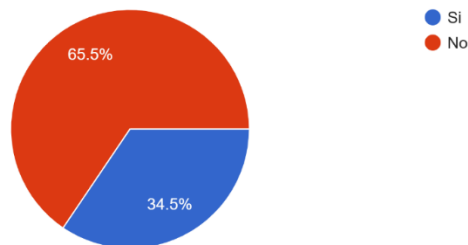
En el conducto de la encuesta, los objetos encuestados la textura o agarre (36.2%) y la forma ergonómica (32.8%) como los elementos más decisivos del mango, lo que evidenciaron su preferencia por la comodidad y el control de manejo. En cambio, el peso equilibrado fue valorado para el 6.1%, y sólo lo el 6.9% tuvo como prioritarios los aspectos de estilo y color; en este sentido, se reafirma que el diseño funcional agarre seguro y ergonomía condiciona en gran medida a los aspectos como estilo y color.

¿Le gustaría que el mango tuviera una forma adaptada a la mano para mejorar el uso?
58 respuestas



Una inmensa mayoría de los encuestados (91.4%) indicaron estar sí de acuerdo con que el mango de la brocha adopta una forma adaptada a la mano porque creen que esto mejorará su uso, en cambio, solo 8.6% dijo que no. Este resultado apoya fuertemente la necesidad de que los diseños ergonómicos queden incorporados en futuros desarrollos de brochas con finos cosméticos, confirmando que la comodidad y adaptabilidad del mango es una expectativa evidente por parte de los usuarios

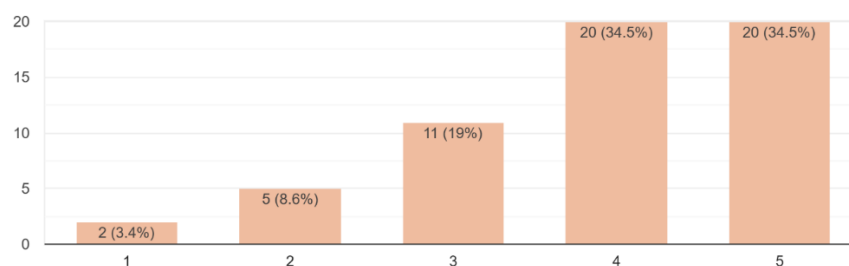
¿Conoce productos de belleza elaborados con materiales reciclados o ecológicos?
58 respuestas



Los resultados muestran que una mayoría del 65.5% de los encuestados desconoce los productos reciclados o ecoeficientes en belleza, y sólo un 34.5% mostró que sí que lo hacía. Esta falta de conocimiento podría suponer una gran oportunidad para mejorar la difusión, la educación y hacer visibles los productos sostenibles dentro de la cosmética. Además, esto podría sugerir que existe un mercado potencial interesado en alternativas más respetuosas con el medio ambiente, siempre que se dé a conocer correctamente las razones de la alternativa y los beneficios que se pueden obtener.

¿Qué tan importante es para usted que una brocha esté hecha con materiales sostenibles?

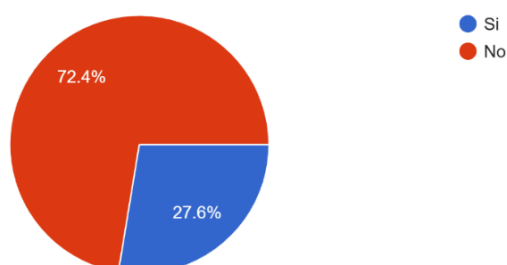
58 respuestas



Los resultados obtenidos dejan bastante claro que la sostenibilidad de brochas es un aspecto importante para los encuestados: un 69% de ellos puntuó este atributo y sólo un 12% de los encuestados le otorgó baja importancia y un 19% se mostró neutral. Esta situación muestra una clara tendencia hacia una alta conciencia medioambiental de parte de los usuarios y, a la vez, existe una gran oportunidad para que las marcas puedan desarrollar y comunicar opciones sostenibles.

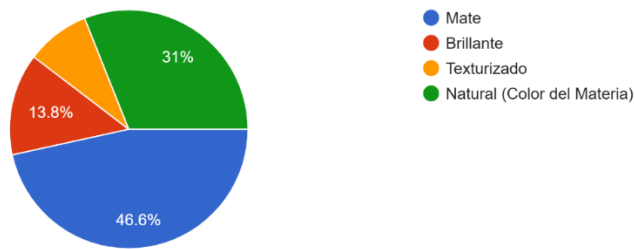
¿Ha usado productos que incluyan cuero natural o reciclado en su diseño?

58 respuestas



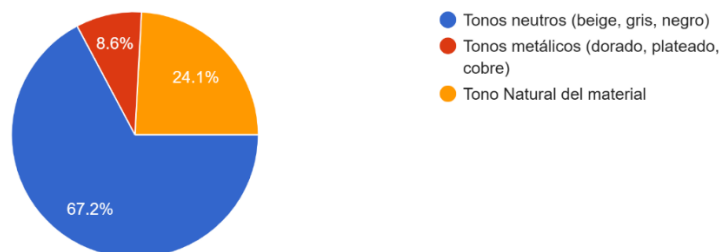
Los datos reflejan que un 72.4% de las personas encuestadas no han empleado productos que contengan cuero reciclado y un 27.6% de los encuestados manifiestan que sí lo han hecho. Este contraste tan significativo deja entrever que, aunque podemos considerar que existe un interés creciente por los materiales alternativos y sostenibles, el uso de cuero reciclado no es todavía suficientemente común ni ha sido integrado como materia prima en los productos de belleza.

¿Qué tipo de acabado visual le resulta más atractivo en una brocha?
58 respuestas



El acabado en mate es el más atractivo según los encuestados, puesto que es la opción seleccionada por el 46.6% de los encuestados. Continuó el acabado natural con un 31%, por lo que también se aboga por la sencillez y por la autenticidad. Por lo tanto, los resultados son bastante representativos de que se busca acabados más moderados y minimalistas en cuanto al diseño estético de las brochas, lo cual se puede poner en consideración a la hora de diseñar productos con una imagen más a la expectativa que tengo el consumidor más actual.

¿Qué colores prefiere en el diseño de brochas?
58 respuestas



El porcentaje de (67.2%) prefiere brochas que no alteren el tono natural del material, es decir, brochas de colores neutros como ser el beige, gris o negro, lo que por tanto denota una obediencia que prioriza diseños sobrios, elegantes y funcionales. Estos resultados sugieren que, de querer alinearse con las tendencias del mercado, los diseños de brochas han de priorizar los colores neutros o los tonos más naturales que transmiten un mensaje básico de simplicidad, formalidad, profesionalidad.

4.9.5. Análisis de resultados de profesionales

Figura 27. Análisis de entrevista maquillista 1

Diseño y ergonomía

Con años de trabajo, sé que la comodidad del mango es lo más importante. La forma y el peso deben adaptarse a la mano para mantener precisión y reducir el cansancio durante largas jornadas de maquillaje profesional.

Innovación y materiales

Considera posible que el cuero reciclado mantenga funcionalidad, lo que me parece acertado. Si se utiliza correctamente, puede ofrecer una textura firme, agradable y duradera, además de proyectar una estética moderna.

Marca favorita

Jessup

Valor estético y diferenciación

Coincide en que el cuero reciclado puede aportar elegancia, y lo respaldo totalmente. Este tipo de material eleva la percepción del producto, dándole una identidad única que combina lujo con responsabilidad ambiental.



Figura 28. Análisis de resultados maquillista 2



Samantha Santamaria
1 año
Maquillista Profesional

Diseño y ergonomía
Considero que el diseño de una brocha cosmética es muy importante, ya que influye directamente en la comodidad y la precisión al maquillar. Un mango bien diseñado permite un agarre natural y evita la fatiga durante su uso. La forma del mango, para mí, es esencial, pues define el equilibrio y la estabilidad de la herramienta.

Innovación y materiales
Me llama mucho la atención el uso del cuero reciclado como material. Creo que sí puede mantener funcionalidad y comodidad, y comparto esa idea. Creo que este tipo de materiales aporta una imagen ecológica, moderna y responsable, lo cual puede ser un gran diferenciador en el mercado.

Marca Favorita
ZOEVA

Valor estético y diferenciación
★
Prefiero una textura lisa, considerando que parece más profesional y fácil de limpiar, además de ofrecer una sensación agradable al tacto. La apariencia también contribuye a la presentación estética del producto.

Figura 29. Análisis de resultados maquillista 3

Diseño y ergonomía

Para mí, la ligereza es clave. El usuarios prioriza el peso del mango, lo que demuestra que buscamos comodidad para evitar la tensión en la mano. El equilibrio entre forma y peso garantiza un mejor control durante la aplicación.

Innovación y materiales

Considera atractivo el uso de cuero reciclado, y me incluyo entre ellos. Este material, bien trabajado, puede dar un toque de elegancia sin perder la practicidad que exige un producto profesional. Es una oportunidad para introducir conciencia ambiental en el ámbito cosmético.

Marca Favorita

docolor

Valor estético y diferenciación

Me crea intriga pero tengo aceptación de productos hechos con cuero reciclado, lo que demostrando su potencial comercial. Además, considero que aporta una estética diferenciadora, lo que reafirma su valor visual y simbólico en el mercado.



Figura 30. Análisis de resultados maquillista 4



Karen Carillo
5 años

Maquillista profesional

Diseño y ergonomía

La textura y el agarre son determinantes para la comodidad. Un mango con una superficie ligeramente rugosa o semirugosa mejora la estabilidad, evitando deslizamientos. Este detalle técnico puede marcar la diferencia entre una brocha común y una profesional.

Innovación y materiales

Considero posible que el cuero reciclado mantenga funcionalidad, lo que me parece acertado. Si se utiliza correctamente, puede ofrecer una textura firme, agradable y duradera, además de proyectar una estética moderna.

Favorite Brand

Beauty
Creations

Valor estético y diferenciación

El cuero reciclado puede aportar elegancia, y lo respaldo totalmente. Este tipo de material eleva la percepción del producto, dándole una identidad única que combina lujo con responsabilidad ambiental.+

4.9.6. Análisis de Fichas de observación



Brocha de skincare

Nombre: Lengua de gato

Durante la preparación de la piel se emplea una brocha tipo lengua de gato, la cual requiere que el antebrazo permanezca en una posición estática.

Durante la preparación de skincare. El dedo pulgar realiza movimientos circulares en coordinación con el dedo índice mientras que el medio funciona como punto de apoyo. El agarre es similar al de un lápiz, involucrando tanto la acción muscular como el movimiento de las falanges. a piel se emplea una brocha tipo lengua de gato, la cual requiere que el antebrazo permanezca en una posición estática.

Brocha de difuminado

Nombre: Sobra de ojos

Durante aplican el color en los ojos se emplea una brocha de sombra difuminadoras, la cual requiere que el antebrazo permanezca en una posición estática con un apoyo y extensión del ojo con la mano contraria y el ddo pulgar.

Durante la preparación de skincare. El dedo pulgar realiza movimientos circulares en coordinación con el dedo índice, mientras que el medio funciona como punto de apoyo. El agarre es similar al de un lápiz, involucrando tanto la acción muscular como el movimiento de las falanges a piel se emplea una brocha tipo lengua de gato, la cual requiere que el antebrazo permanezca en una posición estática.

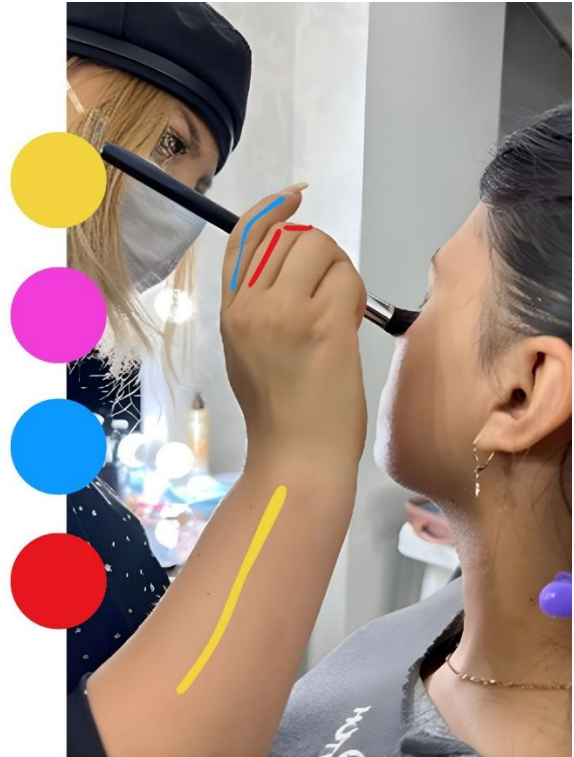


Brocha de base

Nombre: Brocha de base

Durante la aplicación de la base, el antebrazo debe mantenerse en una posición estática, mientras que la muñeca ejecuta movimientos constantes para garantizar una distribución uniforme del producto.

Durante la aplicación de la base se realizan movimientos circulares acompañados de ligeros arrastres hacia abajo, evitando retirar producto y asegurando un contacto homogéneo con la piel. Estos movimientos permiten mantener un acabado prolijo, utilizando los tres dedos principales (pulgar, índice y medio) posicionados entre el final de la férula y el inicio del mango.



Brocha de ceja

Nombre: Brocha de ceja

Las cejas se trabajan con una brocha muy fina, de cerdas artificiales y tamaño reducido, que permite realizar trazos delicados y precisos.

Durante la ejecución de los movimientos se realizan trazos cortos, de menos de 0.7 mm, tipo one stroke fino. Para controlar la precisión se emplean el pulgar, el índice y el dedo medio, sujetando la herramienta desde el centro del mango para evitar ejercer demasiada presión sobre el trazo.



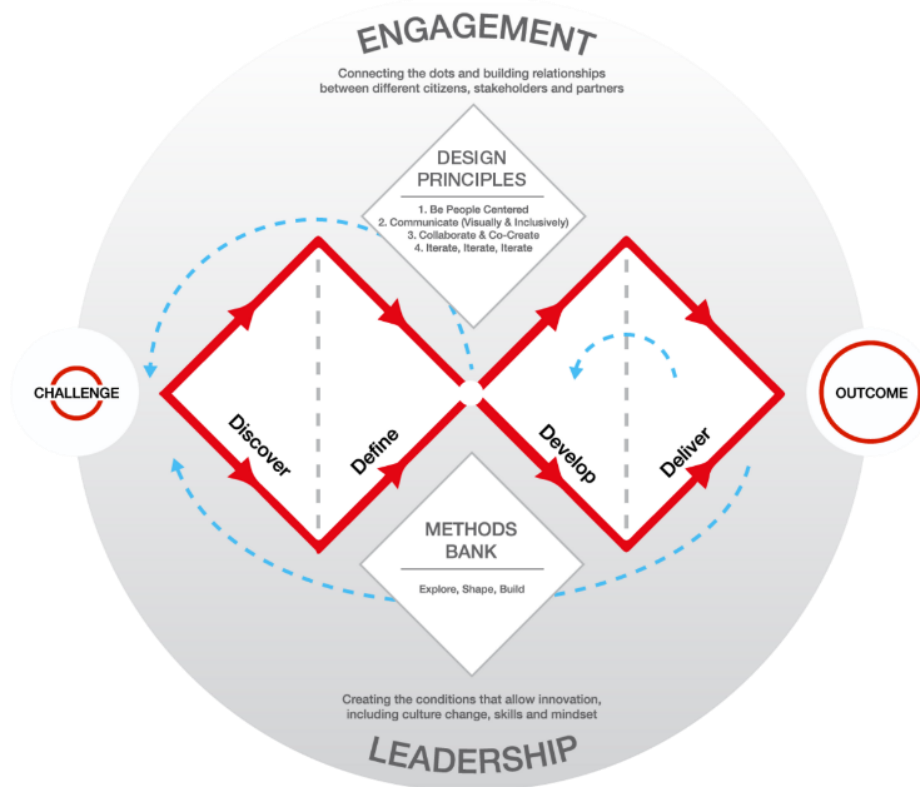
CAPITULO V

PROPUESTA

5.1. Metodología proyectual

La metodología proyectual constituye el conjunto de procedimientos, estrategias y técnicas que guían el proceso de diseño con el fin de resolver un problema específico a través de la integración del pensamiento creativo, el conocimiento científico y la aplicación práctica. De acuerdo con lo expuesto por Bonsiepe (2012), el diseño proyectual se sustenta en una lógica de acción donde la reflexión, la experimentación y la materialización confluyen en la construcción de soluciones que responden a necesidades concretas. En este sentido, la metodología de diseño no se concibe como un proceso lineal, sino como un sistema iterativo, flexible y dinámico, que permite la exploración, validación y mejora constante de las propuestas generadas.

Figura 31. Design council



Fuente: Adaptado de (GammaUX, 2020)

En el caso del presente estudio, la metodología proyectual se estructura bajo el modelo del Doble Diamante de este modelo representa una de las herramientas más reconocidas dentro de los procesos de innovación y desarrollo de productos, ya que ofrece una visión clara del recorrido que sigue un proyecto desde la identificación del problema hasta la entrega de la solución. Su fuerza radica en su naturaleza visual, flexible, porque estructura el proceso creativo a partir de cuatro fases principales: Descubrir, Definir, Desarrollar y Entregar. Estas fases dan lugar a una serie de instantes de pensamiento divergente y de pensamiento convergente, es decir, alternan unos momentos de apertura hacia nuevas posibilidades y momentos de focalización hacia las soluciones que se muestran más viables (Design Council, 2025)

Desde la perspectiva teórica, el Doble Diamante se apoya en los principios del Design Thinking como corriente que considera el diseño como un tipo de razonamiento aplicado a la fundamentación de la solución de problemas humanos y sociales. El diseño es un proceso racional mediante el cual se pasa de una situación existente a una situación deseada. Posteriormente, desarrollan esta visión añadiendo la empatía, la creación y la experimentación continua como elementos fundamentales del proceso creativo retomando estas ideas para poner en marcha un modelo metodológico que combina la investigación y la práctica en la innovación de productos, servicios y experiencias.

5.2. Fase 1: Descubrir

La primera etapa del modelo, denominada Descubrir, se orienta a la exploración profunda del problema de diseño. En esta fase, el objetivo principal es comprender el contexto, identificar las necesidades del usuario y recopilar información relevante que permita establecer una base sólida para el desarrollo del proyecto. Esta fase se caracteriza por su enfoque divergente, es decir, por la apertura hacia la mayor cantidad

de perspectivas posibles, el diseñador actúa como investigador y observador, aplicando técnicas como entrevistas, encuestas, análisis de contexto y fichas de observación. En el marco del presente proyecto, en una fase que ya hemos avanzado, esta fase sirvió para comprender el problema del manejo de residuos de cuero que produce la industria del calzado que se presenta en la provincia de Tungurahua con el sentido de conocer el impacto ambiental de estos desechos y las posibilidades de aprovechamiento desde el área del diseño (Design Council, 2025).

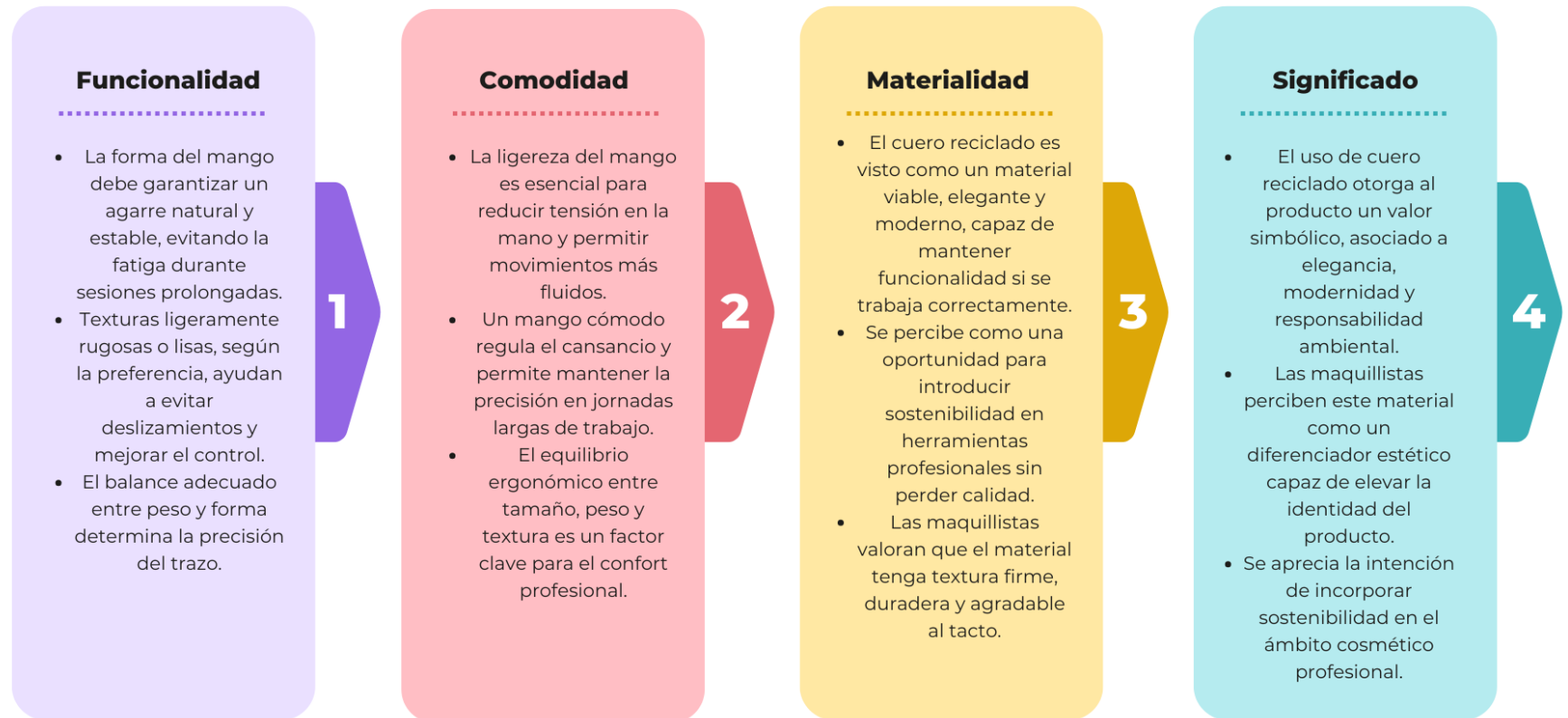
También se investigó la forma de ver de los diferentes usuarios en relación con la sostenibilidad y la aceptación de productos producidos con materiales reciclados, proporcionando información cualitativa fundamental para caer en aspectos que pueden prevenir el posterior enfoque irreversible, la trascendencia de esta etapa tiene que ver con que establece la base del proyecto, a mayor profundidad de investigación sobre la materia, mejor será la solución propuesta.

5.2.1. Insights

Figura 32. Insights generales



Figura 33. Insights maquillistas



5.2.3. Análisis de Brochas existentes en el mercado.

Figura 34. Análisis de brochas



Figura 35. Análisis de brocha Jessup



Figura 36. Análisis de brocha Docolor.



Figura 37. Análisis de brocha MAC



Figura 38. Análisis de brochas BobbiBrown



5.3. Fase 2: Definir

Una vez recopilada la información necesaria, se avanza hacia la fase de Definición, la cual representa el punto de convergencia del primer diamante. En esta etapa, los hallazgos obtenidos en la fase anterior se analizan, comparan y sintetizan para establecer un planteamiento claro del problema de diseño. Aquí el diseñador delimita los objetivos, los criterios de evaluación y los requerimientos del producto a desarrollar. En este paso en tanto que vía de síntesis crítica, donde se va depurando la información más pertinente y se convierte en una oportunidad de diseño concreta. En el caso del proyecto que se presenta, esta fase pasó a definir como el problema fundamental el aprovechamiento de residuos de cuero para la creación de mangos ergonómicos de brochas cosméticas, producto que se propone satisfacer las necesidades funcionales del usuario y los principios de la sostenibilidad medioambiental.

En esta etapa se desarrollaron mapas conceptuales, diagramas de afinidad y matrices de relación, los cuales ayudaron a organizar la información y encontrar patrones significativos. Además, se desarrollaron criterios de diseño unos basados en la ergonomía, en la estética, en la viabilidad técnica del material reciclado. De este modo, la etapa de la definición ayudó a acotar un amplio problema de diseño a un reto de diseño concreto y asumible, que acompañaría el desarrollo posterior del proyecto. En esta etapa se desarrollaron mapas conceptuales, diagramas de afinidad y matrices de relación, los cuales ayudaron a organizar la información y encontrar patrones significativos. Además, se desarrollaron criterios de diseño unos basados en la ergonomía, en la estética, en la viabilidad técnica del material reciclado

5.3.1. Síntesis de Insights

Figura 39. Síntesis de Insights



5.3.2. Ficha de usuario

Figura 40. Ficha de usuario

Descripción del usuario

Alisson es una maquillista profesional que trabaja tanto en estudio como en eventos sociales. Su rutina diaria incluye el uso constante de brochas cosméticas para crear acabados precisos, difuminados suaves y trazos finos. Debido a la demanda de su trabajo, requiere herramientas que le brinden comodidad, control y fiabilidad. Mantiene un estilo minimalista y profesional, y suele interesarse por productos de buena estética, durabilidad y, cada vez más, por materiales sostenibles, siempre que estos no comprometan su rendimiento.

Comportamientos

- Usa brochas durante largas jornadas en sesiones continuas.
- Adopta principalmente el agarre tipo lápiz para mayor precisión.
- Alterna constantemente brochas de base, ojos, difuminado y cejas.
- Evalúa la calidad de una brocha por su control gestual y estabilidad.
- Prefiere herramientas de peso ligero y bien balanceado.
- Presta atención a la textura del mango, ya que el sudor o el movimiento pueden hacerlo resbaloso.

Frustraciones

- Fatiga en dedos y muñeca después de varias horas de trabajo.
- Mangos resbalosos o demasiado delgados que dificultan control.
- Brochas con peso mal distribuido que afectan la precisión.
- Falta de opciones sostenibles con estética profesional.
- Pérdida de agarre o desgaste rápido del material del mango.

Motivación

- * Edad: 27 años
- * Ocupación: Maquillista profesional
- * Experiencia: 6 años en maquillaje social, novias y fotografía
- * Ubicación: Ambato, Ecuador
- * Nivel de uso de brochas: Intensivo — usa brochas entre 3 a 6 horas al día

Necesidades

- Un mango de brocha ergonómico, cómodo y adaptado a su anatomía.
- Texturas que aseguren un agarre firme incluso en movimientos rápidos.
- Peso equilibrado que facilite precisión en trazos finos.
- Material resistente, de tacto agradable y sostenible.
- Herramientas que acompañen su estilo profesional minimalista.

Objetivos

- Reducir la fatiga muscular durante sesiones prolongadas.
- Usar brochas que se sientan como una extensión natural de la mano.
- Lograr trazos finos, estables y controlados.
- Trabajar con productos sostenibles sin sacrificar funcionalidad.

Alisson
Livingmbay



5.3.3. Necesidades del usuario

Las necesidades del usuario en el ámbito del maquillaje profesional responden a la funcionalidad y a la calidad de las herramientas usadas. De la investigación realizada, se exigía un mango de brocha que ofreciera la capacidad para hacer un trazo preciso, que permitiera la estabilidad durante los movimientos continuados y que ofreciera la posibilidad de manipular el instrumento sin esfuerzo, con una presión de los dedos o muñeca, controlada sin necesidad de hacer fuerza. Se hace más evidente donde el trabajo contemplase largas jornadas, el uso de herramientas que intercambiaran constantemente y donde la tarea obligase a un alto control gestual.

Los clientes, desde una perspectiva ergonómica, se encuentran con la necesidad de reducir la fatiga muscular, que se ocasiona al utilizar brochas de forma, peso o textura de un diseño que no se adapta a la anatomía de la mano. Las observaciones evidencian que se genera tensión en las falanges, sobreuso de los músculos intrínsecos, e, incluso, un deterioro de la precisión en secuencias de movimientos repetitivos al utilizar un mango con un agarre que no fuese el apropiado. De esta manera, surge la necesidad de un diseño que contemple dimensiones adecuadas, distribución equilibrada del peso, textura antideslizante y una forma que favorezca el agarre tipo lápiz característico del trabajo profesional.

De tal forma que surgen necesidades y demandas que están relacionadas con la experiencia estética y emocional de la usuaria, quien valora la búsqueda de la herramienta que, además de ser cómoda para el propio trabajo, anhele transmitir profesionalidad, concordancia visual y que entienda la identidad del espacio y el estilo de trabajo. La búsqueda de estéticas minimalistas y de materiales con aspecto de pulido van relacionadas también con la necesidad de un mango que hable sobre el orden, elegancia y calidad. Del mismo modo, surge la necesidad por encontrar alternativas

que como el cuero reciclado sean capaces de ofrecer una solución que contemple la responsabilidad con el medio ambiente.

5.3.4. Criterios del diseño

Los criterios de diseño constituyen los lineamientos fundamentales que orientarán el desarrollo del mango ergonómico de brocha cosmética a partir de cuero reciclado. Los criterios establecidos surgen a partir de la síntesis de hallazgos que se obtienen en la fase de Definición, donde se cruzan las necesidades de las personas usuarias, las exigencias ergonómicas y las propiedades del material recuperado. En consecuencia, los criterios funcionales dan prioridad a la estabilidad de la postura de agarre, al control fino del trazo y a la disminución de la fatiga muscular; estos son los aspectos muy necesarios para aquellas personas que hacen uso de la herramienta durante tiempos de uso prolongados. Para ello, se necesita una forma capaz de adaptarse a la anatomía de la mano y un equilibrio en el peso que favorezca la fluidez del movimiento.

Además, el enfoque técnico y ergonómico, los criterios de diseño consideran un adecuado diámetro del mango, una óptima distribución del peso y una textura de la superficie que evite deslizamientos involuntarios. El diámetro del mango será el adecuado para su empleo en el agarre tipo lápiz, propio de las maquillistas profesionales, y las transiciones entre partes y/o componentes deben ser suaves y no generar puntos de presión. El material reciclado debe ser tratado para cumplir con criterios de resistencia y elasticidad mínimas, estabilidad estructural máxima y ser acorde al uso repetido. Estos criterios han de garantizar que el producto no solo sea usable, sino que también sea confiable y eficiente para ser empleado en distintas condiciones de trabajo.

En conclusión, y adoptando una visión estética, así como ambiental, los criterios de diseño engloban la interpretación visual mínima, pero efectiva, que enfatiza la

materialidad del cuero reciclado y sugiere profesionalidad. La estética debe enfatizar líneas limpias, la supresión de ornamentos innecesarios, así como la coherencia propia de los expertos. Por otra parte, el empleo de residuos de cuero implica que el diseño debe construir para el máximo aprovechamiento del material, ya que prevalecerán las nociones de sostenibilidad, reducción del desperdicio y valorización del residuo como recurso.

5.3.5. Requisitos del producto

Los requerimientos del producto constituyen un conjunto de parámetros técnicos, funcionales, ergonómicos, estéticos y ambientales que delinear las características indispensables para el desarrollo del mango ergonómico de brocha cosmética elaborado con cuero reciclado. Estos requerimientos se derivan de la síntesis de las necesidades del usuario, los criterios de diseño y las limitaciones propias del material recuperado, con el fin de garantizar que la propuesta responda adecuadamente al contexto de uso y a los objetivos del proyecto.

Figura 41. Partes que componen una brocha



Fuente: Adaptado de All skin

Además, el aspecto funcional, el mango debe permitir un control gestual preciso durante diferentes técnicas de maquillaje, lo que requiere una estructura estable que facilite movimientos suaves y repetitivos sin pérdida de precisión. El diseño debe

considerar un diámetro adecuado para el agarre tipo lápiz, un peso equilibrado respecto a la virola o férula, y una textura superficial que asegure un agarre firme incluso en condiciones de humedad o sudoración. El mango debe, además, garantizar la estabilidad para la orientación adecuada de la cerdas o pelo, para un mismo despliegue. Desde el punto de vista ergonómico, el mango debe tener la forma del contorno de la mano para que la no aparición de puntos de presión no conlleve ningún tipo de fatiga en las falanges o en la muñeca. Esto incluye dimensiones que sean cómodas, transiciones sin ruptura entre el mango y la férula y un diseño que minimice el esfuerzo de los músculos si el uso es habitual. También la distribución de masas entre el mango y la férula favorecerá la precisa elaboración de los trazos y apoyará el movimiento natural de las manos en la manipulación de las cerdas.

Así mismo, la parte técnica y material, el mango debe ser capaz de transmitir fuerza dentro de las exigencias técnicas, y, estabilidad, así como ser duradero para el uso intensivo, así como físico para la unilateral del mango a la férula del color de cuero reciclado y que muestre los estándares de calidad de confort, resistencia a técnicas de manipulación y un acabado visual constante. La forma de la construcción debe garantizar que la unión entre el mango y la férula sea firme para evitar su desprendimiento o evitar movimiento que reduzcan la precisión de la elaboración de los trazos con las cerdas.

Por último, la estética y los requerimientos ambientales exigen que el mango muestre una presencia minimalista y profesional, permitiendo que el material brille solo sin ninguna decoración adicional. El cuero reciclado debe aportar un valor simbólico ligado a la sostenibilidad, la modernidad y la responsabilidad ecológica. La propuesta también debe poder aprovechar al máximo el residuo y limitar el desperdicio durante su fabricación. Por lo tanto, los requerimientos podrían presentar unas

directrices muy concretas diseñadas para asegurar que el producto final sea funcional, ergonómico, sostenible y estéticamente coherente.

5.4.Fase 3: Desarrollar

En la fase de Desarrollo se producen, exploran y tráfico una gran cantidad de ideas que, en relación al problema definido, permita atravesar el problema, se está en el modo de trabajo en la que se exploran y estandarizan las ideas generadas, promoviendo la experimentación y la creatividad controlada, mediante la puesta en práctica de técnicas de ideación la generación de ideas, bocetos, esbozos, modelado0pruebas de transformación de dicho material, en el presente proyecto, la fase de desarrollo estuvo vinculado a la experimentación a partir de residuos de cuero para determinar sus propiedades físicas, estéticas y ergonómicas del material (Design Council, 2025).

Para ello se llevaron a cabo pruebas de manipulación, cortes, uniones y acabados a partir de la práctica usual que permiten definir las prácticas de transformación del material para la fabricación de mangos de brochas. Asimismo, se generaron prototipos primarios que fueron probados mediante la observación directa y la usabilidad mediante la práctica para ser refinados antes del cambio hacia la propuesta, el diseño efectivo está marcado por la iteración, el diseño es un proceso incesante donde las ideas se deben probar, desechar o mejorar constantemente. En esta línea, la fase de desarrollo permitió probar distintas configuraciones formales y funcionales, tanto en relación con el material técnico como con la experiencia del usuario.

5.4.1 Ergonomía aplicada en el diseño

La ergonomía se integra directamente en la propuesta de diseño del mango mediante la aplicación de criterios antropométricos y biomecánicos derivados del marco teórico. Las dimensiones del mango, tales como el diámetro, la longitud y la sección transversal, se definen a partir de datos antropométricos de la mano y de estudios sobre

fuerza de prensión y eficiencia del agarre, permitiendo asegurar una relación adecuada entre la herramienta y el usuario. En particular, el diseño considera rangos dimensionales específicos que favorecen un agarre cómodo y estable, los cuales se detallan en la **Tabla 7**, contribuyendo a la reducción de la fatiga muscular durante el uso repetitivo de la brocha cosmética.

Asimismo, el tipo de agarre predominante en el uso de brochas cosméticas, similar al agarre tipo lápiz, orienta la configuración formal del mango, priorizando superficies que faciliten el control gestual, la precisión y el balance del producto. La longitud del mango se establece en función de la extensión funcional de la mano y de la necesidad de mantener una postura neutra de la muñeca, mientras que el diámetro se relaciona con la capacidad de prensión y la distribución de cargas en los dedos, conforme a los criterios ergonómicos definidos en el análisis dimensional.

En consecuencia, la propuesta final del mango se sustenta en la articulación entre los datos antropométricos presentados en el marco teórico y los requerimientos funcionales del producto, garantizando una solución coherente desde el punto de vista del diseño ergonómico. Esta integración permite que el producto responda a las características físicas del usuario y a las condiciones reales de uso, fortaleciendo la pertinencia, consistencia y validez técnica del diseño desarrollado.

Tabla 7 Criterios ergonómicos para el diseño del mago

Criterio ergonómico	Fundamentación teórica	Decisión de diseño y medidas aplicadas
Diámetro de agarre	La ergonomía de herramientas manuales indica que el diámetro del mango influye directamente en la fuerza de prensión, el confort y la reducción de fatiga muscular. Diámetros intermedios favorecen la eficiencia biomecánica del agarre.	Se establece un diámetro del mango entre 12 y 16 mm en la zona de agarre tipo lápiz, permitiendo un control preciso y cómodo durante el uso prolongado.
Longitud total del mango	La longitud del mango debe permitir estabilidad, control y postura neutra de la muñeca, sin interferir con el movimiento fino de los dedos.	Se define una longitud total del mango entre 140 y 160 mm, adecuada para el uso cosmético y compatible con brochas comerciales.
Zona de agarre funcional	La zona donde se concentra el agarre debe coincidir con la posición natural de los dedos índice, pulgar y medio.	Se determina una zona de agarre activa de 50 a 70 mm, ubicada en el tercio superior del mango.
Tipo de agarre (agarre tipo lápiz)	El uso de brochas cosméticas requiere movimientos de alta precisión y control gestual fino, similares a instrumentos de escritura.	El mango adopta una forma esbelta y ligeramente cónica, favoreciendo el agarre tipo lápiz sin generar presión excesiva en los dedos.
Sección transversal	La sección del mango influye en la distribución de presiones y en la estabilidad del agarre.	Se emplea una sección circular u oval suave, evitando aristas, para mejorar el confort táctil y el control.
Textura superficial	Una superficie con fricción moderada mejora el control y evita deslizamientos durante el uso repetitivo.	La incorporación de residuos de cuero en la matriz del material aporta una textura natural antideslizante que mejora el agarre.
Balance y peso	Un balance adecuado reduce la carga muscular y mejora la precisión del movimiento.	El diseño concentra mayor masa hacia el centro del mango, manteniendo un peso total aproximado entre 12 y 20 g, equilibrado con el cabezal.
Uso repetitivo	El uso prolongado requiere minimizar tensiones en dedos y muñeca.	Las dimensiones definidas permiten un uso continuo reduciendo la fatiga y mejorando la experiencia ergonómica.

5.4.2. Ideación

5.4.1.1. Brief de diseño

Figura 42. Brief de diseño

Brief DE DISEÑO

¿Qué se diseñará?

- Un mango ergonómico para brochas cosméticas, elaborado con cuero reciclado proveniente de la industria del calzado en Tungurahua. El producto busca mejorar la comodidad, precisión gestual y estética profesional, integrando principios de sostenibilidad.

¿Cómo se diseñará?

- A través del proceso del Doble Diamante, aplicando técnicas de ideación, bocetado y prototipado. Se experimentará con formas, texturas y pesos del mango, evaluando el agarre real según el uso de pulgar, índice y medio documentado en las fichas de observación.

Factores clave del diseño

- Comodidad del agarre
- Ergonomía y estabilidad
- Peso equilibrado con la férula
- Textura antideslizante
- Estética profesional y minimalista
- Uso de material reciclado

Factores clave en la materialidad

1. Aprovechamiento de cuero reciclado en de manera triturada y procesada.
2. Compatibilidad estructural con la férula (unión estable, sin desprendimientos).

Reutilización de componentes

El cuero reciclado se integrará con otros posibles materiales secundarios como:

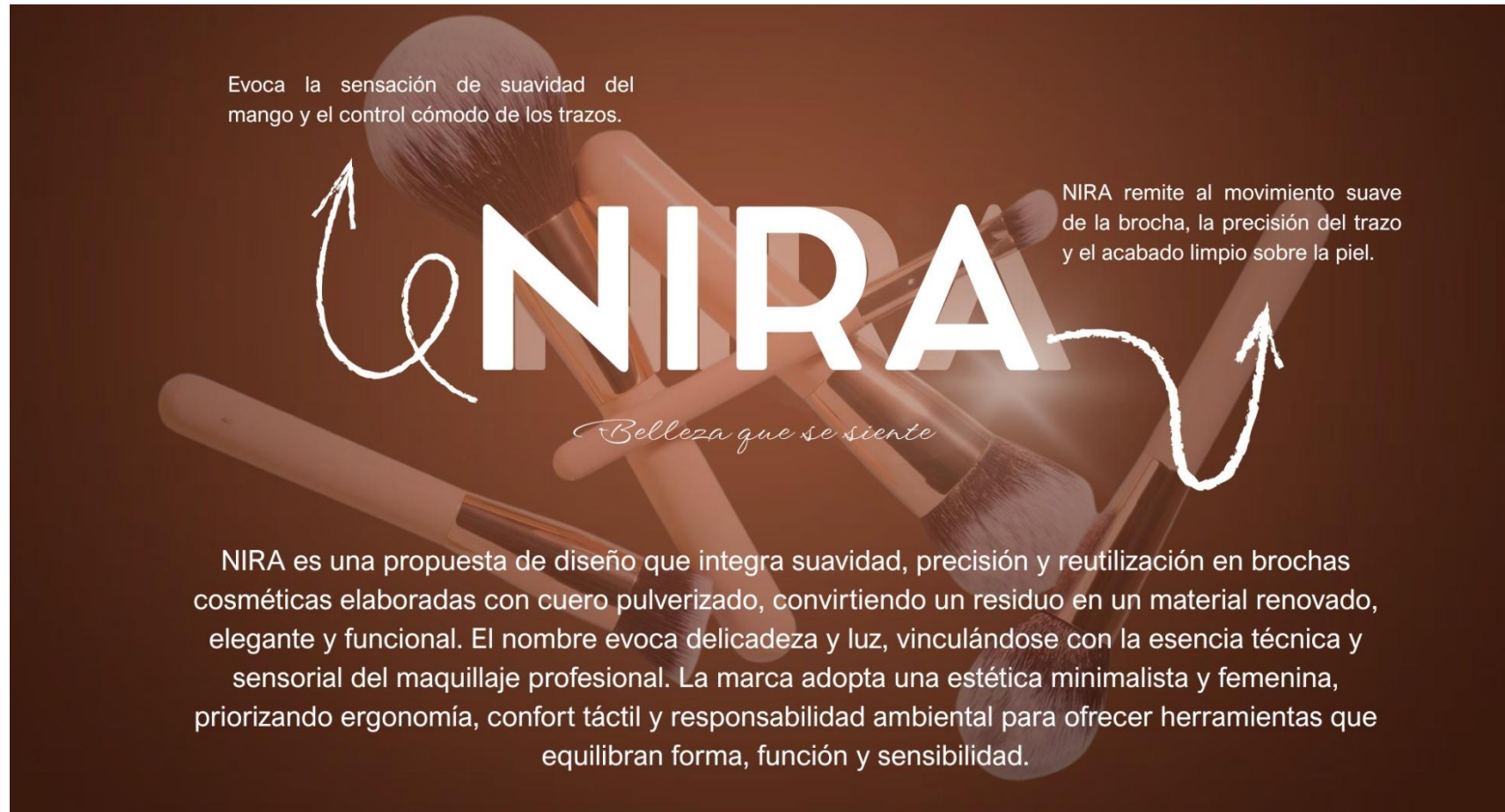
- Fibra vegetal
- Biotextiles
- Resinas

Tipologías a diseñar

1. Brochas de base
2. Brochas de skincare
3. Brocha difuminadora
4. Brocha de polvo

5.4.1.2 Conceptualización

Figura 43. Concepto del nombre del producto



5.4.1.3. Bocetos

Figura 44. Bocetos preliminares

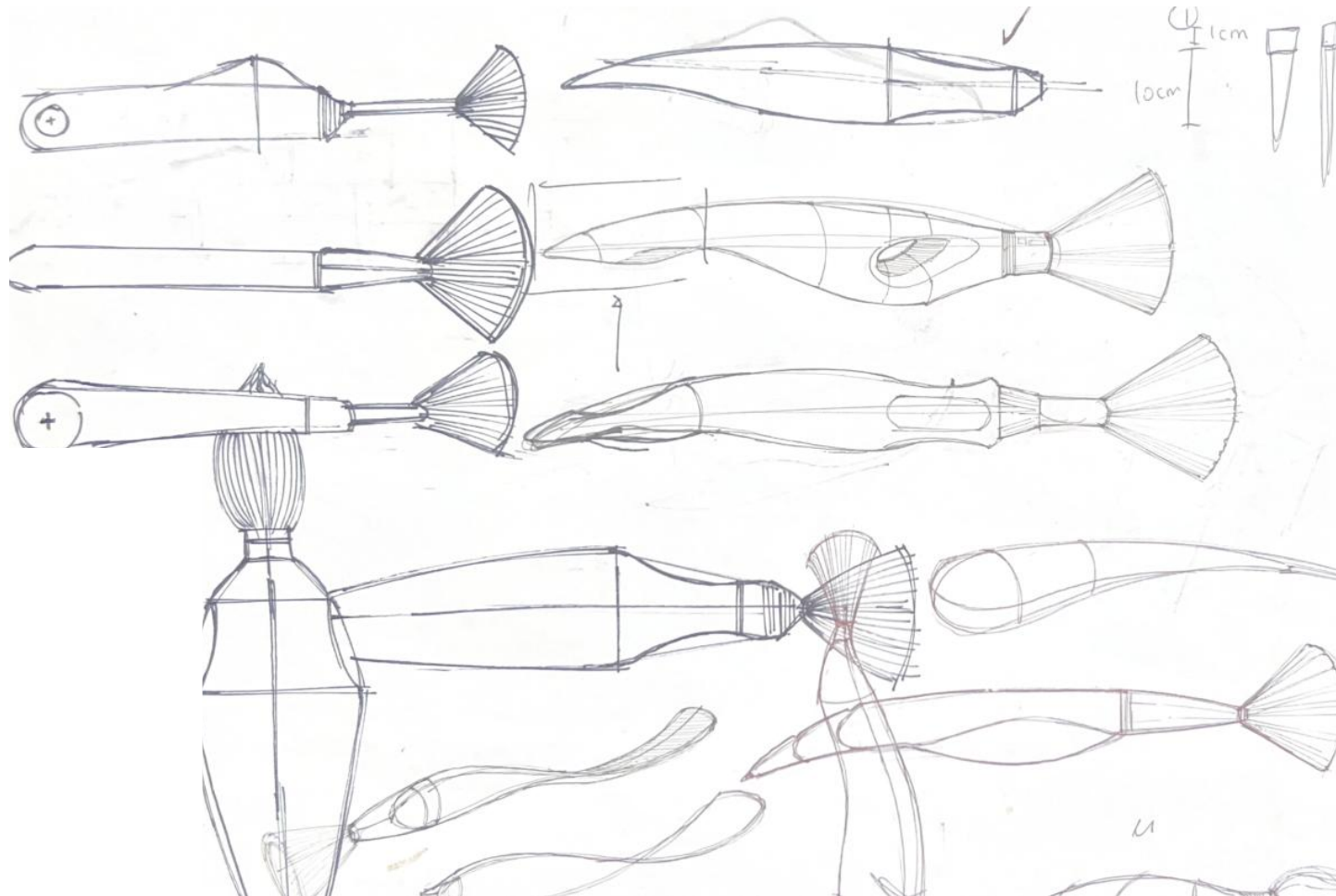


Figura 45. Bocetos finales

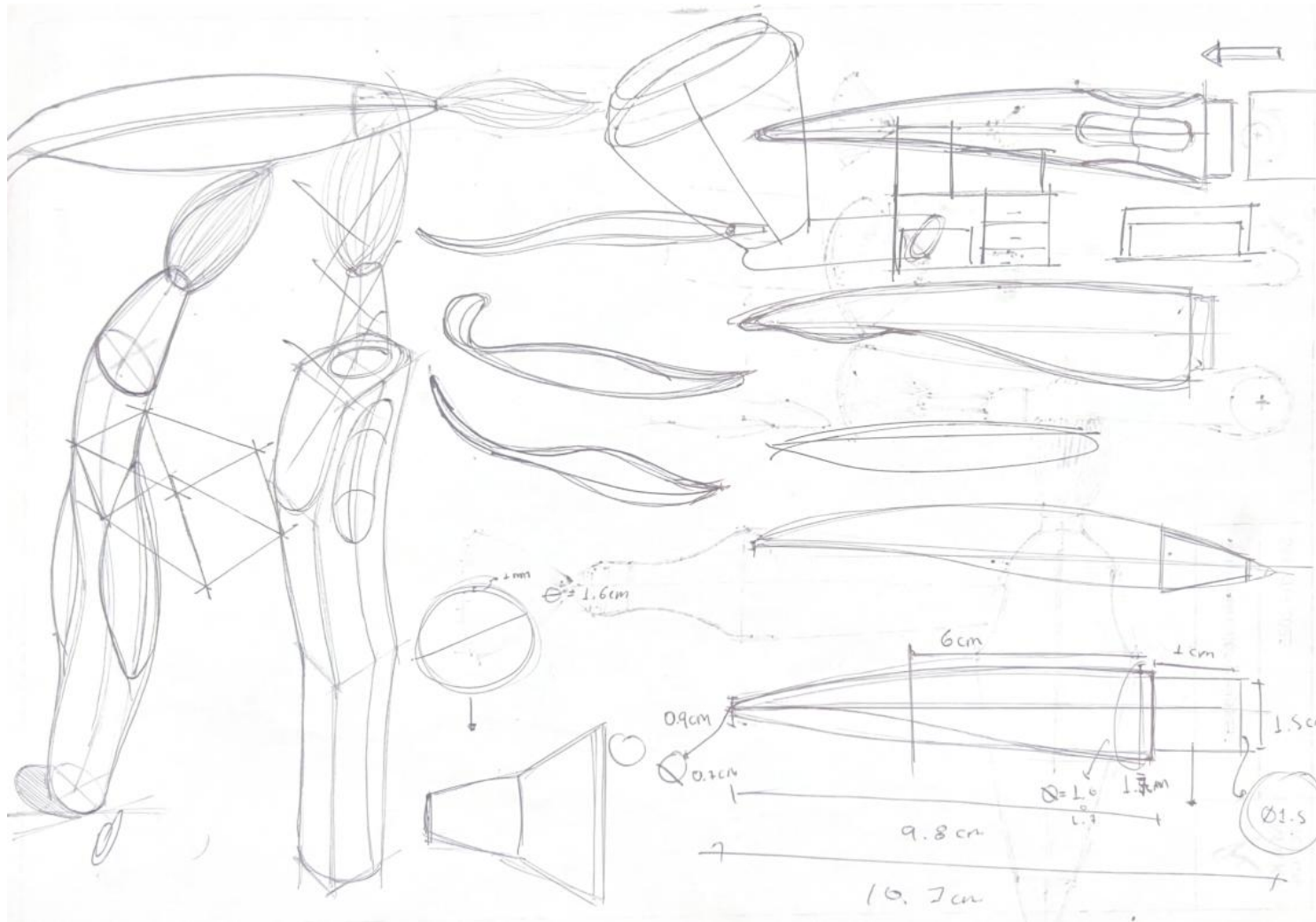
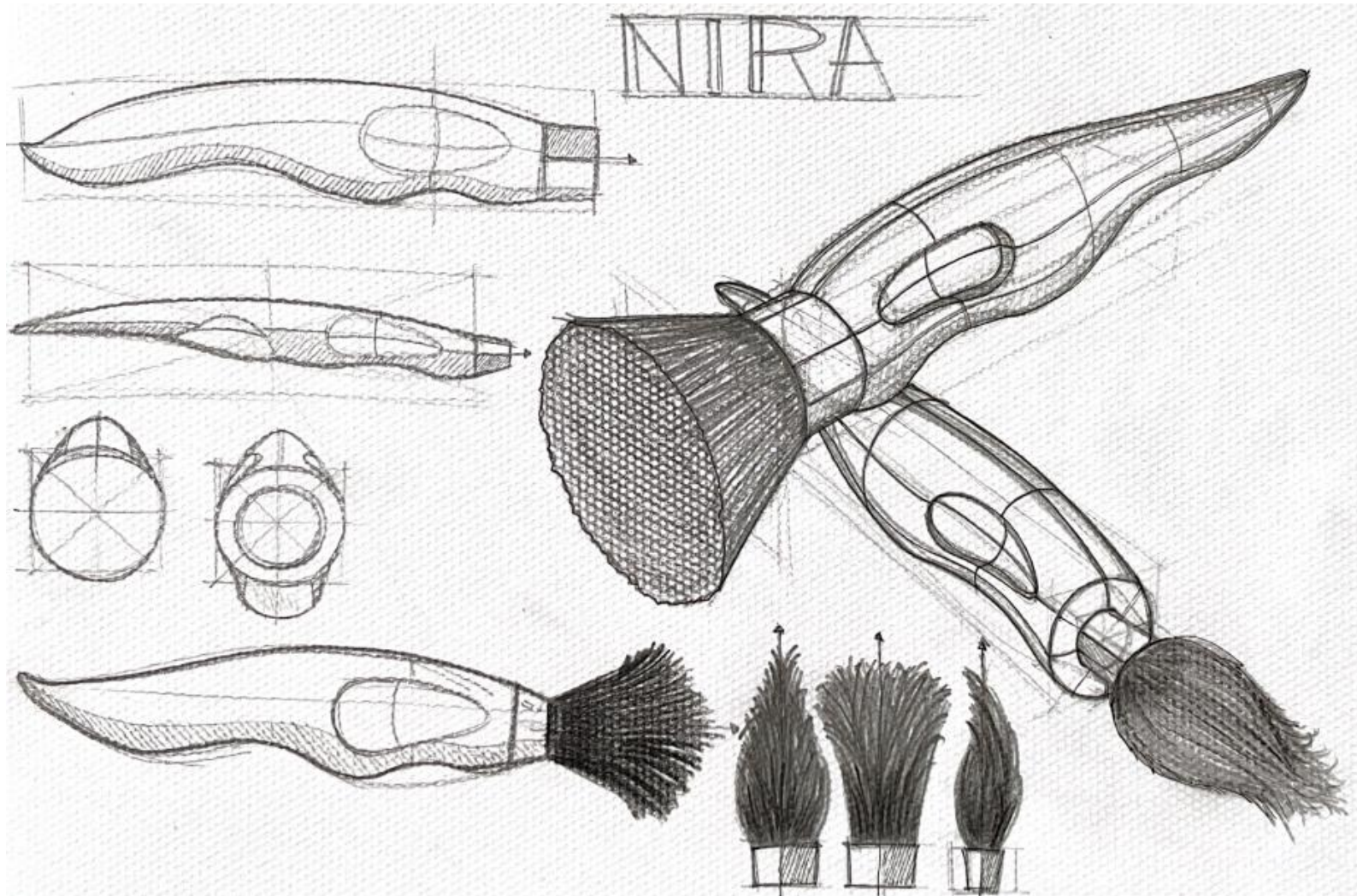
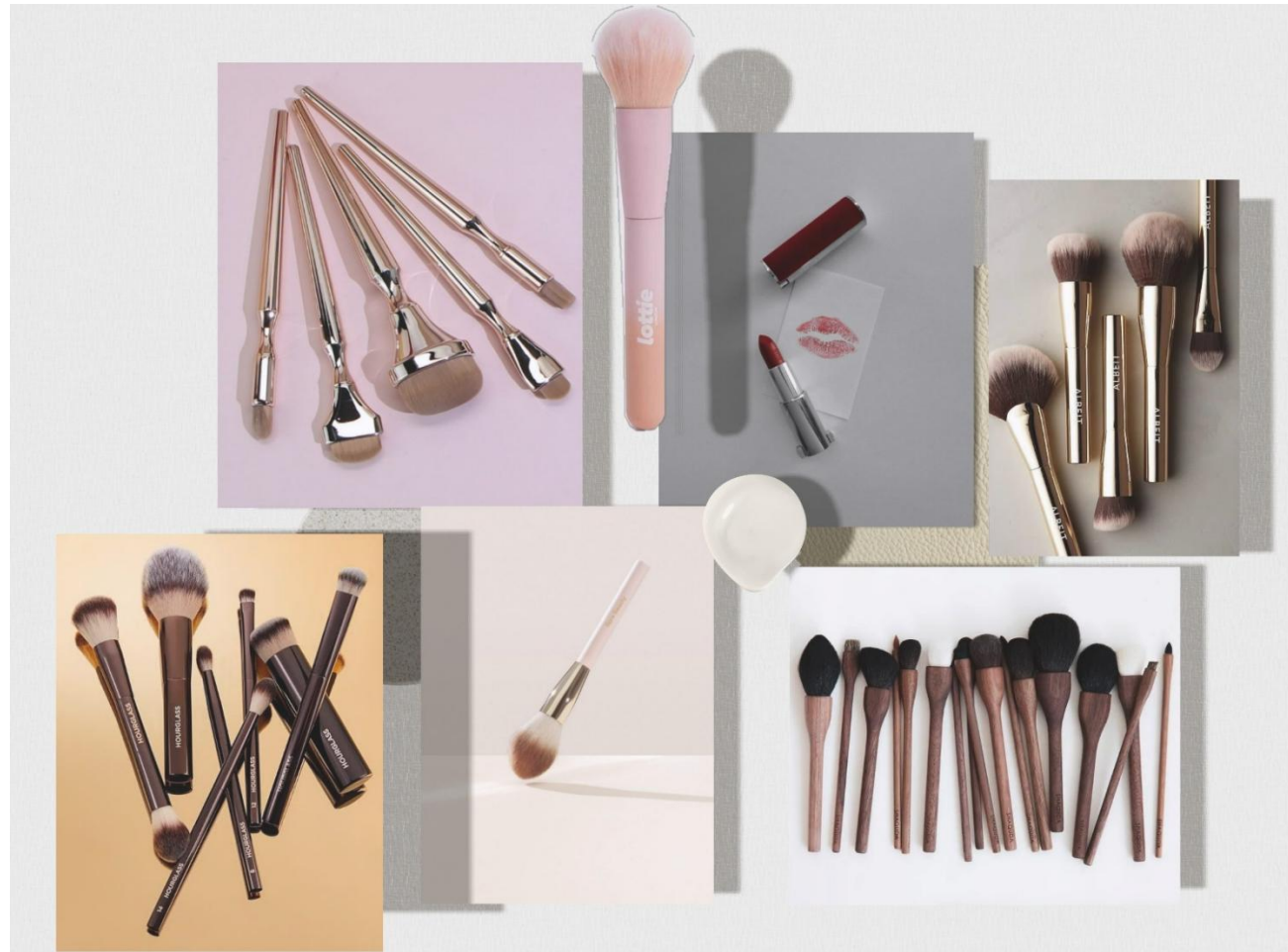


Figura 46. Boceto final



5.4.1.4. Moodboard

Figura 47. Moodboard



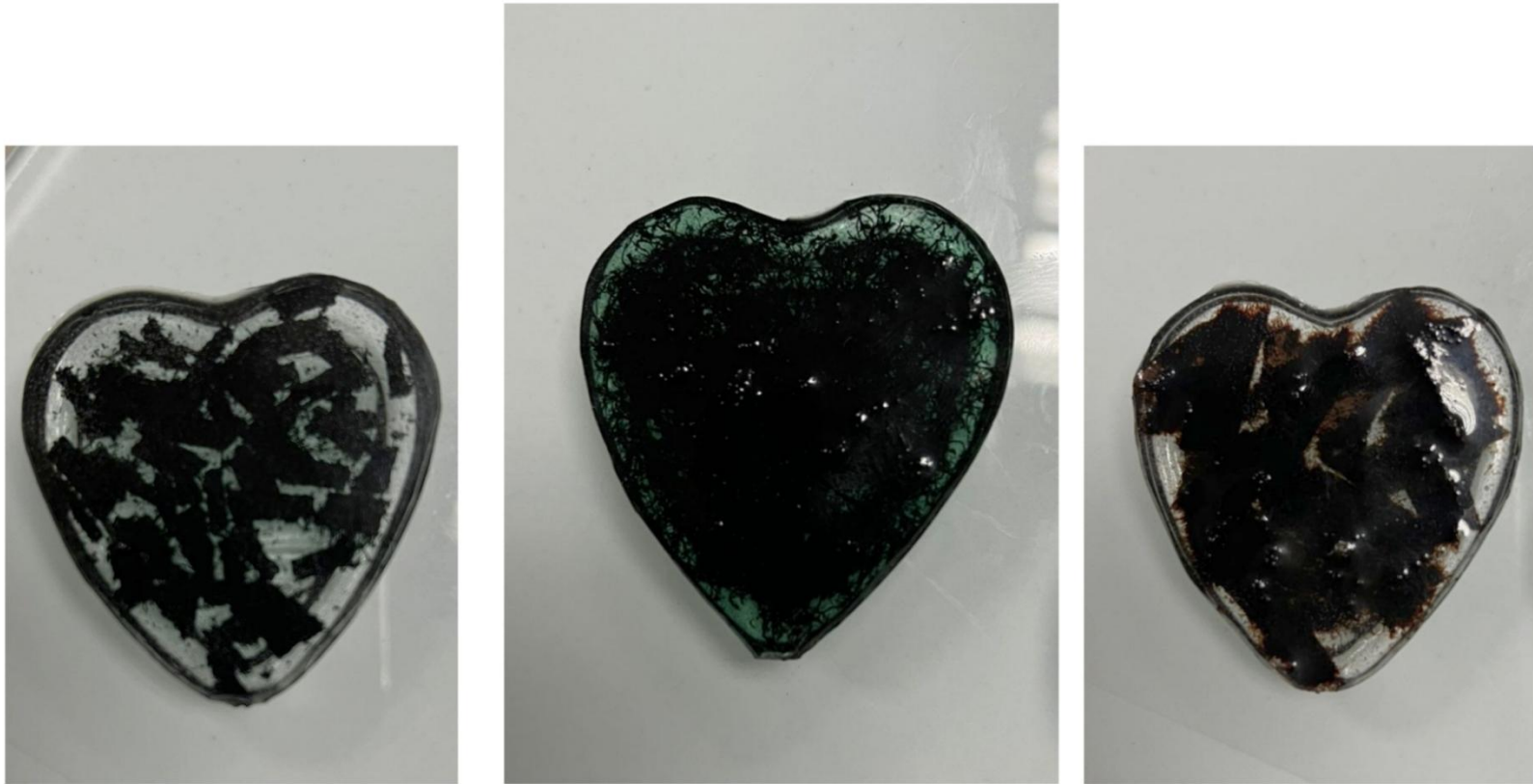
5.4.2 Experimentación con el material

5.4.2.1. Pruebas de materiales

Figura 48. Prueba de materiales

DESCRIPCIÓN	
	<p>GRENETINA</p> <p>La mezcla de cuero triturado con grenetina presentó inicialmente una consistencia gelatinosa tras 12 horas de secado. Después de dos semanas, el material alcanzó una resistencia estructural mayor; sin embargo, se observó la aparición de hongos, lo cual evidencia una baja estabilidad biológica y la necesidad de considerar procesos de conservación o aditivos antimicrobianos.</p>
	<p>ALGINATO DE SODIO</p> <p>El alginato de sodio no presentó resistencia estructural. Tras someter la mezcla al horno a 180 °C, no se obtuvo un material sólido ni estable: la parte interna mantuvo una consistencia similar a masa cocida, mientras que la superficie exterior adquirió una textura crocante. Estos resultados evidencian una baja cohesión interna y una incapacidad del material para soportar procesos térmicos a alta temperatura.</p>
	<p>MICELIO</p> <p>El micelio, al ser un hongo compuesto por una masa de filamentos ramificados, durante el proceso experimental se evidenció que los materiales no eran compatibles: después de siete días de incubación apenas se obtuvo una rigidez aproximada del 1%. Entre las distintas proporciones evaluadas, la mezcla 70/30 con residuo de cuero fue la que mostró un comportamiento ligeramente mejor, aunque su resistencia continuó siendo insuficiente para los requerimientos del proyecto.</p>
	<p>RESINA EPOXI</p> <p>La resina requirió un proceso de secado de 24 horas tras la mezcla de los componentes A y B con su respectivo catalizador. Para evaluar su desempeño, los residuos de cuero se prepararon en distintas tonalidades y con diferentes texturas. Este material resultó ser el más eficiente en comparación con las demás alternativas analizadas.</p>

Figura 49. Probetas de textura



PROBETAS DE TEXTURAS

5.4.2.2. Características técnicas de la resina usada y su implicación en los residuos de cuero

Tabla 8 Características de resina

Aspecto	Descripción
Función de la resina	La resina cumple la función de material aglutinante, permitiendo la cohesión y estabilización de los residuos de cuero dentro de un material compuesto apto para su uso como mango de una herramienta manual, específicamente brochas cosméticas.
Criterios de selección	La selección de la resina se basa en su capacidad de conformación, estabilidad dimensional y compatibilidad con procesos de moldeo, aspectos fundamentales para garantizar una fabricación controlada y un adecuado desempeño durante el uso cotidiano.
Comportamiento durante el moldeo	Desde el punto de vista físico, la resina presenta una adecuada fluidez en el proceso de moldeo, lo que facilita la reproducción precisa de las formas ergonómicas definidas en el diseño del mango.
Acabado superficial	Una vez solidificada, la resina permite obtener superficies continuas y controladas, aptas para procesos de acabado como lijado y pulido, logrando una textura uniforme y agradable al tacto.
Estabilidad frente al uso	El comportamiento de la resina frente a la humedad ambiental y al contacto prolongado con la mano contribuye a mantener la forma y apariencia del producto a lo largo del tiempo.
Aporte de los residuos de cuero	La incorporación de residuos de cuero influye en las propiedades físicas y perceptuales del material compuesto, aportando variaciones visuales, textura superficial y una sensación táctil diferenciada.
Agarre y control	La presencia del cuero genera una superficie con mayor fricción, lo que favorece el agarre del mango y reduce el deslizamiento durante la aplicación del maquillaje, mejorando el control y la precisión del movimiento.
Encapsulación del material	Desde una perspectiva técnica, la resina permite encapsular adecuadamente las fibras y partículas de cuero, asegurando su correcta integración dentro del material y evitando desprendimientos superficiales durante el uso repetitivo.
Resultado del material compuesto	La combinación resina–residuos de cuero da como resultado un material viable para la fabricación de mangos de brochas cosméticas, ofreciendo estabilidad formal, textura adecuada y confort en el agarre, coherente con los requerimientos funcionales y ergonómicos del diseño.

5.4.2.3. Representación de propuestas en render.

Figura 50. Render brocha difuminadora



Figura 51. Render brocha de base



5.4.2.4. Diseño detallado del producto

Figura 52. Planos técnicos de brochas de base

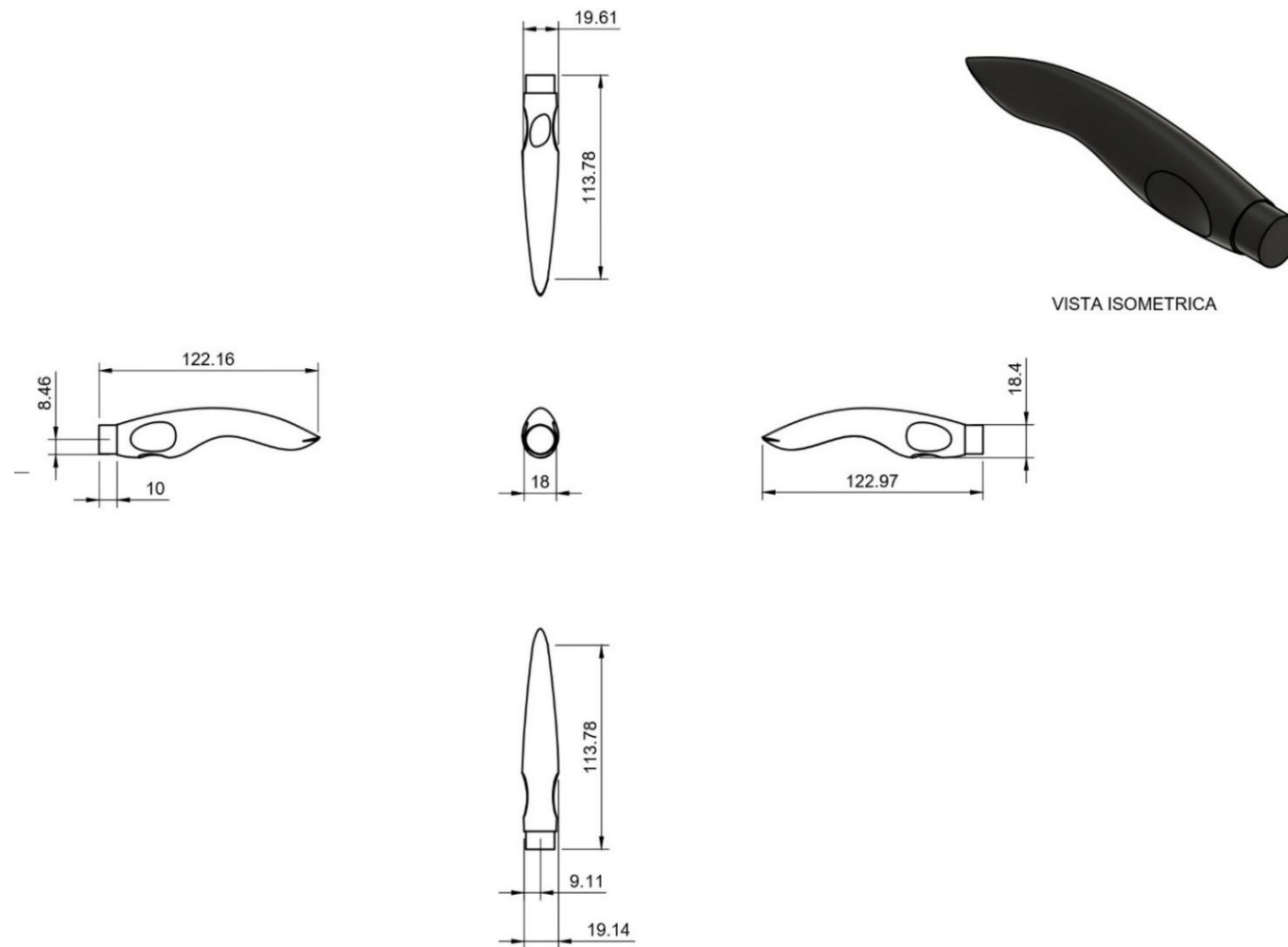
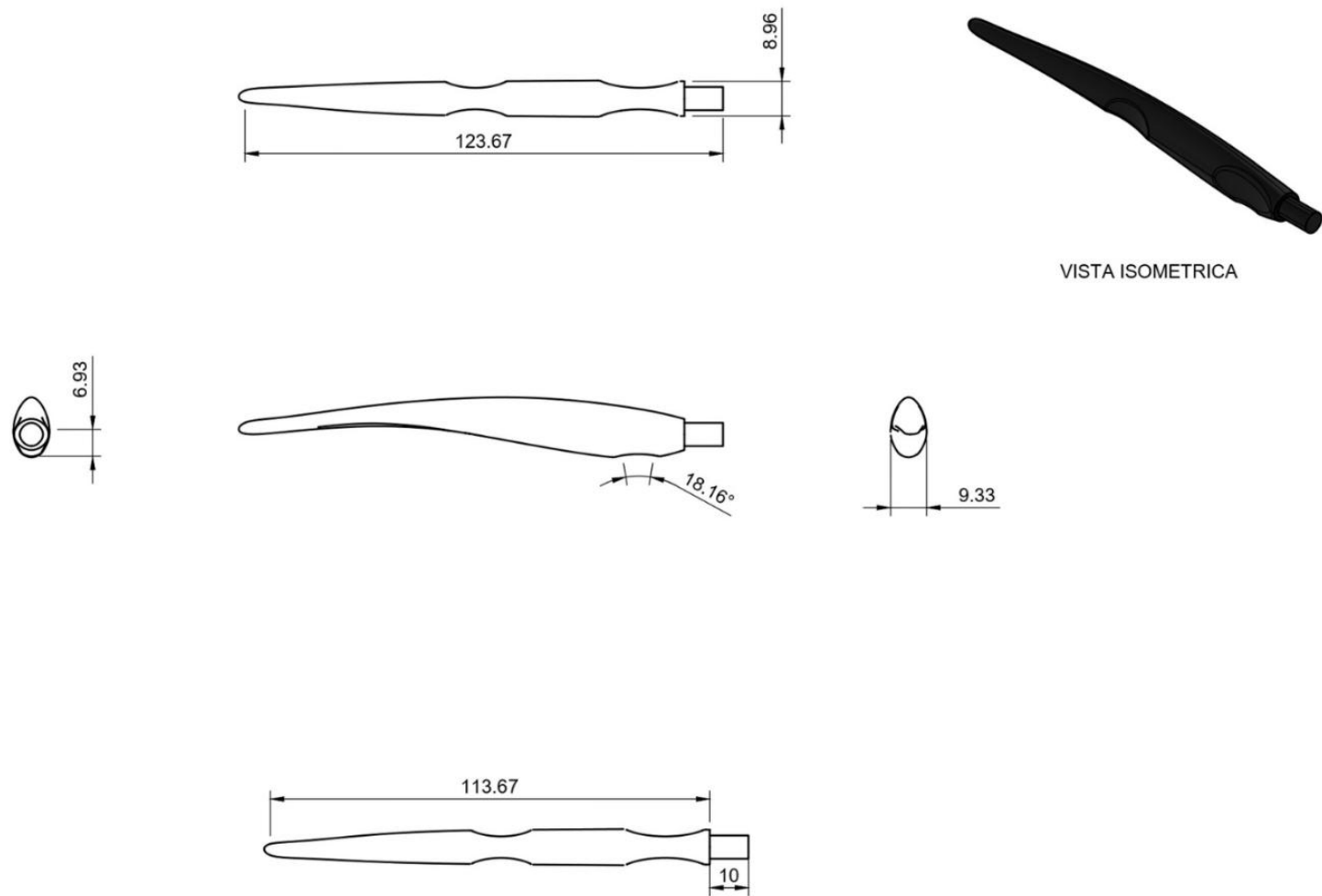
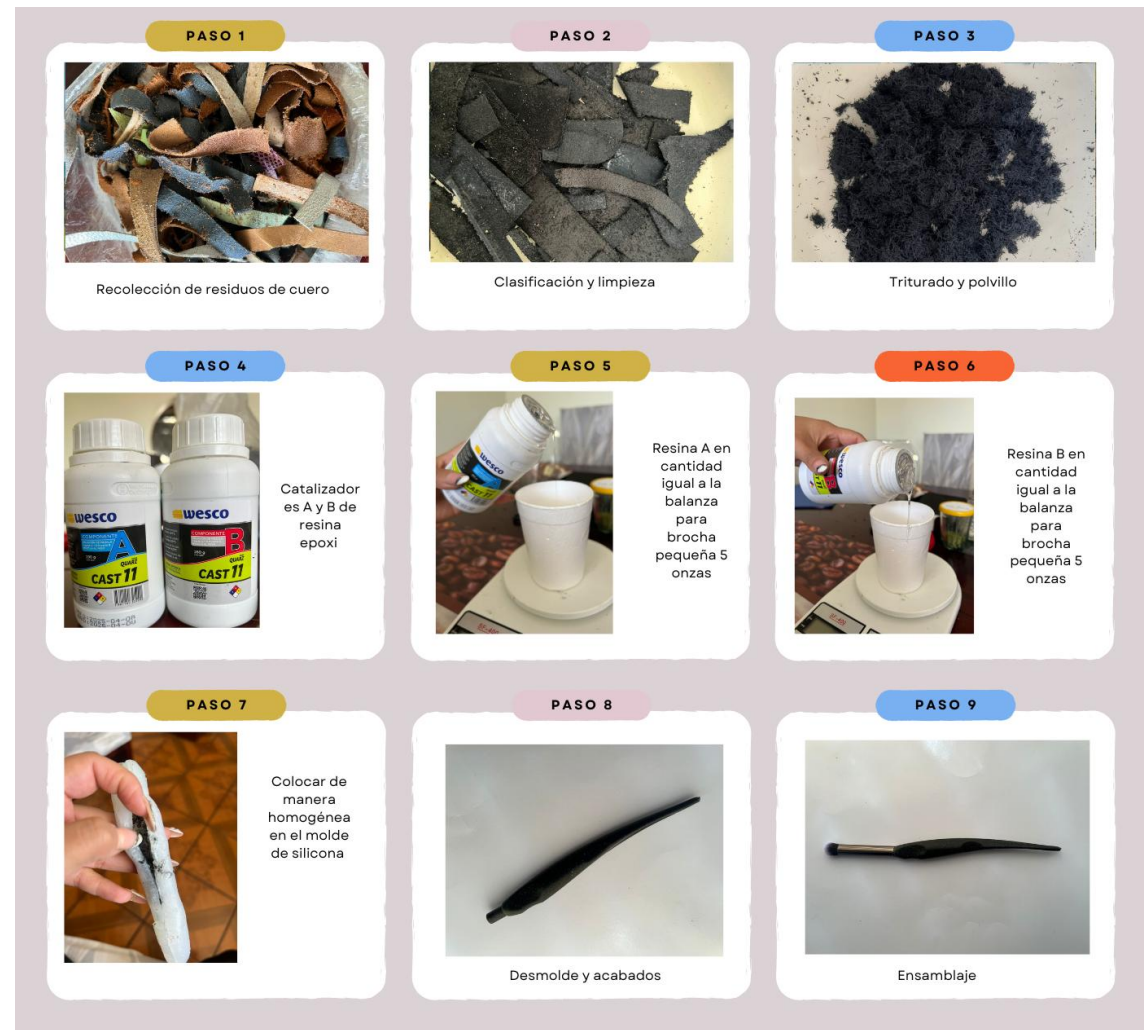


Figura 53. Planos técnicos de brocha difuminadora



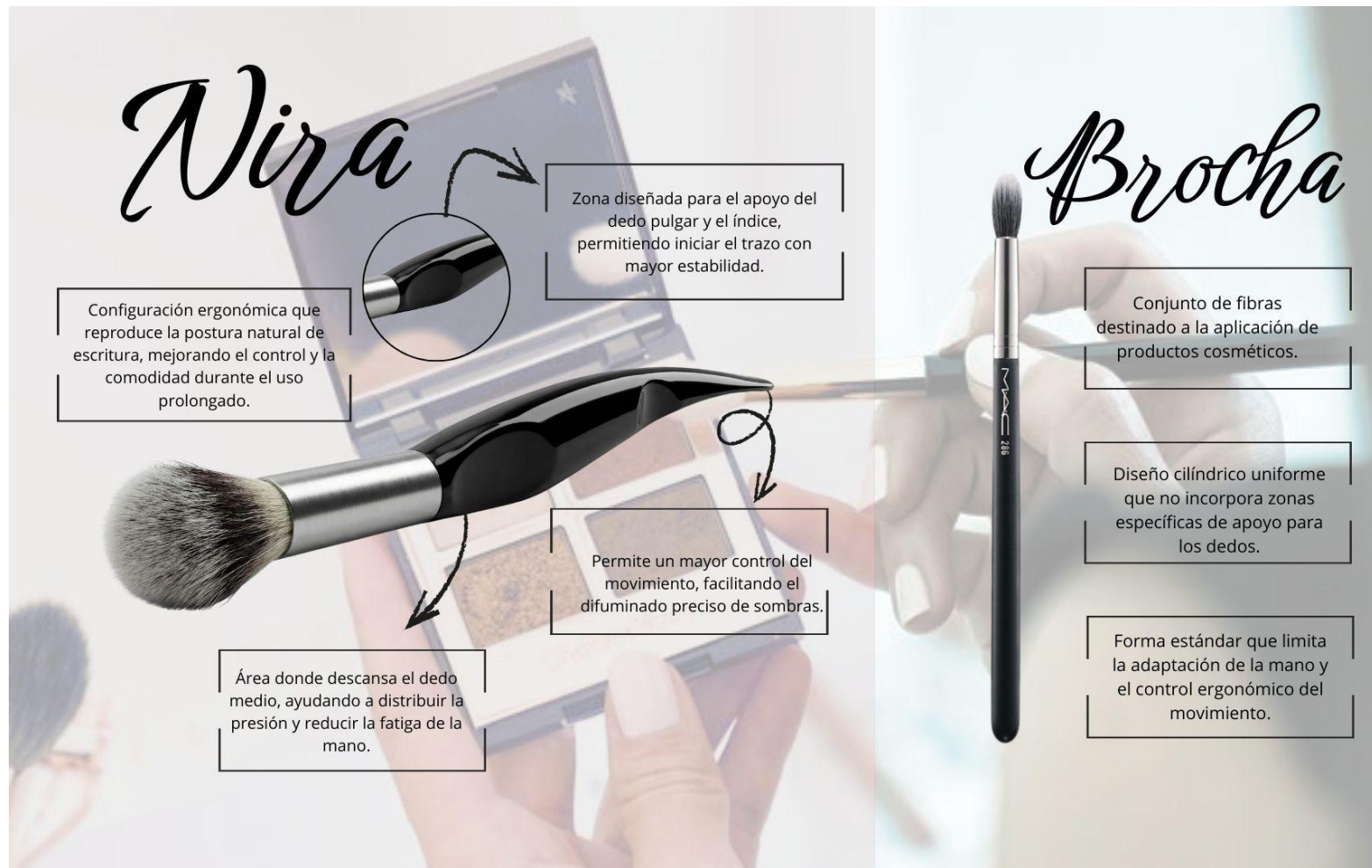
5.4.2.5. Proceso de fabricación

Figura 54. Proceso de fabricación



5.4.2.6. Análisis comparativo del agarre en brochas cosméticas

Figura 55. Análisis de brochas



5.5. Fase 4: Entregar

Finalmente, la etapa de Entrega representa la etapa final convergente del proceso, donde se selecciona, valida y expone la propuesta de solución definitiva. Aquí se hacen las decisiones de diseño, se contrastan los resultados con los principios o metas iniciales y se obtienen los elementos necesarios para su implementación o difusión, en el caso de que el producto sea objeto de tal difusión. En el caso concreto de este proyecto, la fase de entrega ha ido dirigida a la materialización del prototipo final que obtiene la imagen final más definitiva, en este caso, de los mangos de brocha elaborados con residuos del curtido del cuero, el cual ha sido validado según algunos criterios de ergonomía, funcionalidad y sostenibilidad. La fase de entrega también ha incluido la documentación del proceso total de diseño, así mismo, alcanzando también en aquellos resultados que se han obtenido en los momentos que le preceden. Esta etapa de cierre metodológico no significa el final del proceso, sino el espacio para el feedback y la mejora continua, principios que caracterizan al enfoque proyectual contemporáneo.

El Design Council en el modelo del Doble Diamante trata de que las soluciones que se diseñan sean no solo funcionales sino también pertinentes, sostenibles y centradas en el usuario. En este sentido, la fase de entrega no sólo consiste en la realización de un producto, sino que el diseño es objeto de valoración en su contexto real y de su grado de cumplimiento del objetivo del proyecto.

5.5.1. Prototipo de brochas

Figura 56. Prototipos de brochas



5.5.2. Modo de uso de brochas

Figura 57. Modo de uso brochas Alisson Llivirumbay



Figura 58. Modo de uso brochas Ross Viteri



5.5.3. Validación del producto

Figura 59. Validación Alisson Llivirumbay

Tabla de validación

Alisson LlivirImbay Maquilladora

Indicador	Resina epoxi	Cuero reciclado	Mango (resultado)
Ergonomía	 Excelente	 Excelente	 Excelente
Agarre / Unión	 Bueno	 Excelente	 Excelente
Sensación táctil	 Estable	 Excelente	 Estable
Usabilidad	 Estable	 Excelente	 Excelente
Reutilización	 Estable	 Excelente	 Excelente
Durabilidad	 Excelente	 Buena	 Excelente

Figura 60. Validación de Ross Viteri

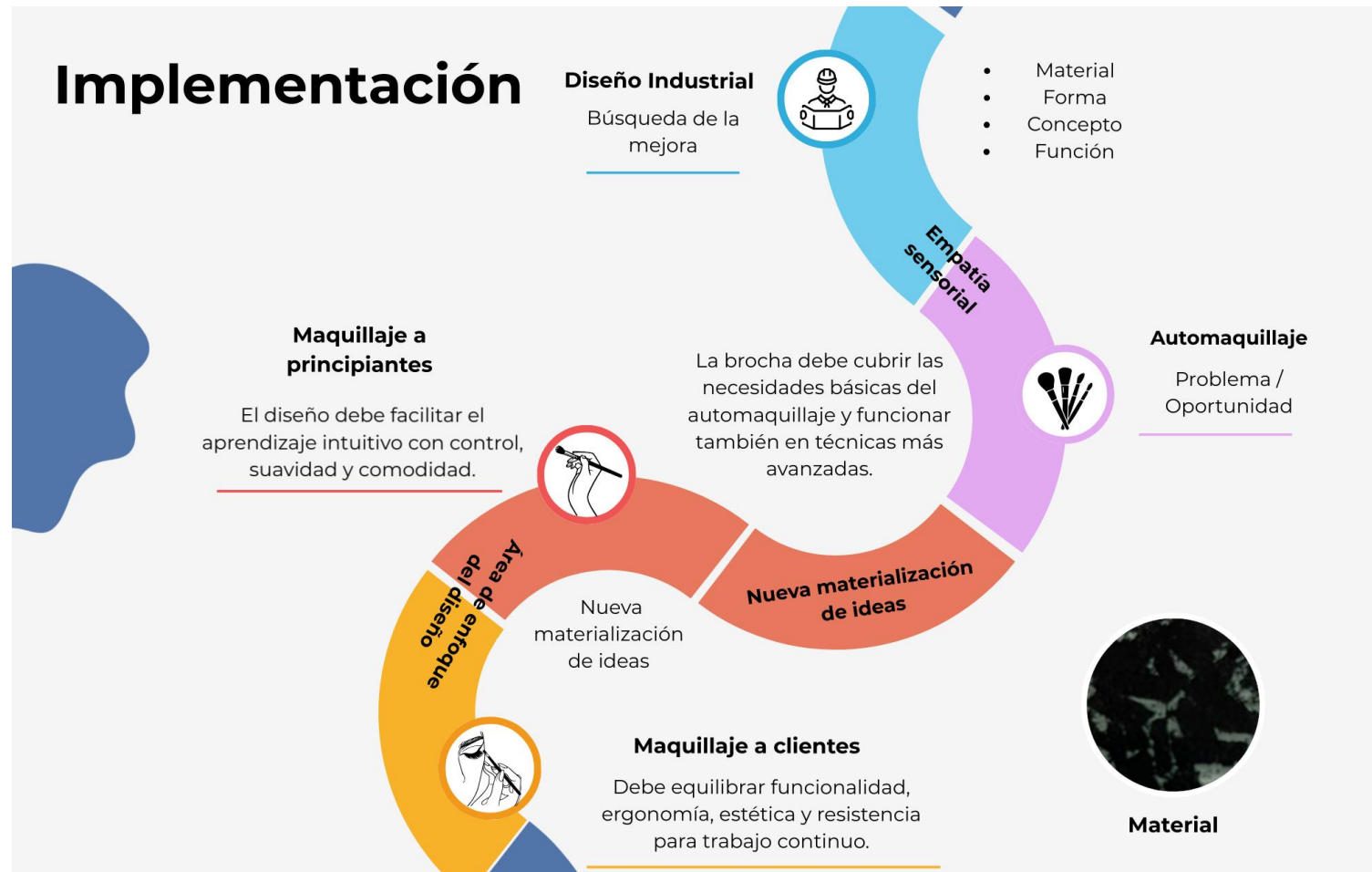
Tabla de validación

Ross Viteri Maquilladora

Indicador	Resina epoxi	Cuero reciclado	Mango (resultado)
Ergonomía	 Excelente	 Excelente	 Excelente
Agarre / Unión	 Bueno	 Excelente	 Excelente
Sensación táctil	 Estable	 Excelente	 Estable
Usabilidad	 Estable	 Excelente	 Excelente
Reutilización	 Estable	 Excelente	 Excelente
Durabilidad	 Excelente	 Buena	 Excelente

5.5.4. Implementación del producto

Figura 61. Implementación del producto



CAPÍTULO VI

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Conclusiones

- El desarrollo del mango de brocha cosmética a partir de residuos de cuero y resina epoxi demostró ser viable desde el enfoque del diseño industrial, logrando un material compuesto con estabilidad formal, adecuada textura superficial y buen desempeño durante el uso manual continuo.
- La incorporación de criterios ergonómicos en el diseño del mango permitió reproducir un agarre tipo lápiz, favoreciendo el control del movimiento, la precisión en la aplicación del maquillaje y la reducción de la fatiga en usos prolongados, tanto en usuarios principiantes como en maquillistas profesionales.
- La validación del prototipo evidenció que la forma, el peso, la distribución del material y la textura del mango influyen directamente en la experiencia de uso, confirmando que el diseño ergonómico aporta mejoras funcionales frente a brochas de mango tradicional.
- El uso de cuero reciclado como parte del material compuesto aportó un valor diferencial al producto, demostrando que los residuos provenientes de la industria del calzado pueden integrarse de manera funcional y estética en herramientas cosméticas sin comprometer su calidad de uso.
- El proyecto confirma que el diseño centrado en el usuario, aplicado mediante una metodología proyectual, permite desarrollar soluciones que responden a necesidades reales, integrando ergonomía, materialidad y funcionalidad en un producto coherente.

Recomendaciones

- Se recomienda incorporar ensayos de desgaste, envejecimiento acelerado y limpieza repetitiva en futuras etapas del proyecto, con el fin de evaluar el comportamiento del material compuesto bajo condiciones reales de uso.
- Se sugiere ampliar la validación del producto con un mayor número de usuarios y perfiles, incluyendo maquillistas profesionales, estudiantes y usuarios frecuentes, para obtener retroalimentación comparativa sobre ergonomía, confort y control del movimiento.
- Se recomienda profundizar en la experimentación con distintas granulometrías y proporciones de residuos de cuero, con el objetivo de optimizar la textura superficial y el equilibrio del mango.
- Se propone documentar de manera sistemática el proceso de diseño y experimentación del material, a fin de establecer una base metodológica replicable para futuras investigaciones en diseño industrial.
- Se sugiere explorar la aplicación del material compuesto desarrollado en otros productos cosméticos o herramientas de precisión, ampliando el alcance del proyecto hacia nuevas tipologías de diseño.

Bibliografía

- Acosta. (2025). *Estrategias de diseño para la reducción de residuos de cuero generados en la producción de calzado*. Universidad Técnica de Ambato.
- Atlas Copco. (2024). *Ergonomic Guidelines for Designing Tool Handles*.
- César, F. C. S., & Maia Campos, P. M. B. G. (2020). Influence of vegetable oils in the rheology, texture profile and sensory properties of cosmetic formulations based on organogel. *International Journal of Cosmetic Science*, 42(5), 494–500.
<https://doi.org/10.1111/ics.12654>
- César F, & Maia Campos P M B. (2020). *Sensory perception in cosmetic applicators: Influence of surface texture and tactile response*.
- Chicaiza. (2024). *Diseño de bisutería a partir de residuos de cuero del sector del calzado en la provincia de Tungurahua*.
- Design Council. (2025). *leven Lessons: Managing Design in Eleven Global Companies – Desk Research Report*.
- Ecuavisa. (2025). *Ecuador es el segundo país del mundo en consumo de productos cosméticos | Especial de Televistazo* [Broadcast].
- GammaUX. (2020). *Cómo usar el modelo del doble diamante para impulsar innovación en diseño*.
- Hernández Escobar. (2016). *Diseño de herramientas manuales para trabajo en cuero: análisis biomecánico y antropométrico en artesanos del cuero*.
- Herrería, & Leon. (2018). *Rezagos de cuero en la industria del calzado: caracterización para su reutilización desde una perspectiva sustentable*.
- Hwang, J. K. (2008). *Makeup brush, method and apparatus for manufacturing thereof*.

- LLorens, & Hernandis. (2025). *Innovación biomimética aplicada en diseño: micelio como material biobasado para packaging sostenible*.
- López Hernández Andres, Samaniego Valdivieso, & Diana Carolina. (2020). *Ergonomic optimization of tool handles using anthropometric data and user testing*. 8.
- Melo L. (2010). *Ergonomía aplicada al diseño de herramientas manuales*.
- Parisi, M., Nanni, A., & Colonna, M. (2021). Recycling of Chrome-Tanned Leather and Its Utilization as Polymeric Materials and in Polymer-Based Composites: A Review. *Polymers*, 13(3), 429. <https://doi.org/10.3390/polym13030429>
- Park, & Hyun-Jin. (2014). *Interchangeable Makeup Brush* (Patent US 8,726,916 B2).
- Paucar, Santamaría, Amancha, & Pilamunga. (2024). Leather Industry Waste Management for Architectural Design. *Sustainability*, 16(4), 1467. <https://doi.org/10.3390/su16041467>
- Pina. (2020). *Estudio experimental con residuos de cuero obtenidos de la industria marroquinera para el desarrollo de materiales compuestos reciclados y nuevos productos” de Ester Piña Mariscal*. Universitat Politècnica de Catalunya – Escola Politècnica Superior d’Enginyeria de Vilanova i la Geltrú (UPC-EPSEVG).
- Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA). (2009). *Design for Sustainability: A practical approach for developing economies*.
- Puentes, Mojica, & Arango. (2017). Diseño de herramientas precisas usadas con las manos: seguimiento ocular y otras técnicas de usabilidad. *Bitácora Urbano Territorial*, 27(4Esp), 77–87. <https://doi.org/10.15446/bitacora.v27n4Esp.62423>
- Puentes-Lagos, D. E., Mojica, H. R., & Arango Vásquez, M. A. (2017). Diseño de herramientas precisas usadas con las manos: seguimiento ocular y otras técnicas de

- usabilidad. *Bitácora Urbano Territorial*, 27(4Esp), 77–87.
<https://doi.org/10.15446/bitacora.v27n4Esp.62423>
- Salvendy G. (2012). *Handbook of Human Factors and Ergonomics* (G. Salvendy, Ed.). Wiley. <https://doi.org/10.1002/9781118131350>
- Sharma, S., Sudhakara, P., Singh, J., M. R., S., & Siengchin, S. (2023). Fabrication of Novel Polymer Composites from Leather Waste Fibers and Recycled Poly(Ethylene-Vinyl-Acetate) for Value-Added Products. *Sustainability*, 15(5), 4333.
<https://doi.org/10.3390/su15054333>
- Valdés Álvarez M, Calderón Jiménez F, Hernández Sánchez L, & Méndez Rivera P. (2024). *Anthropometric parameters and functional grip diameter for ergonomic handle design in manual tasks*.
- Wang, C., & Cai, D. (2017). Hand tool handle design based on hand measurements. *MATEC Web of Conferences*, 119, 01044. <https://doi.org/10.1051/mateconf/201711901044>

Anexos

Figura 62. Plano de vistas de brocha base

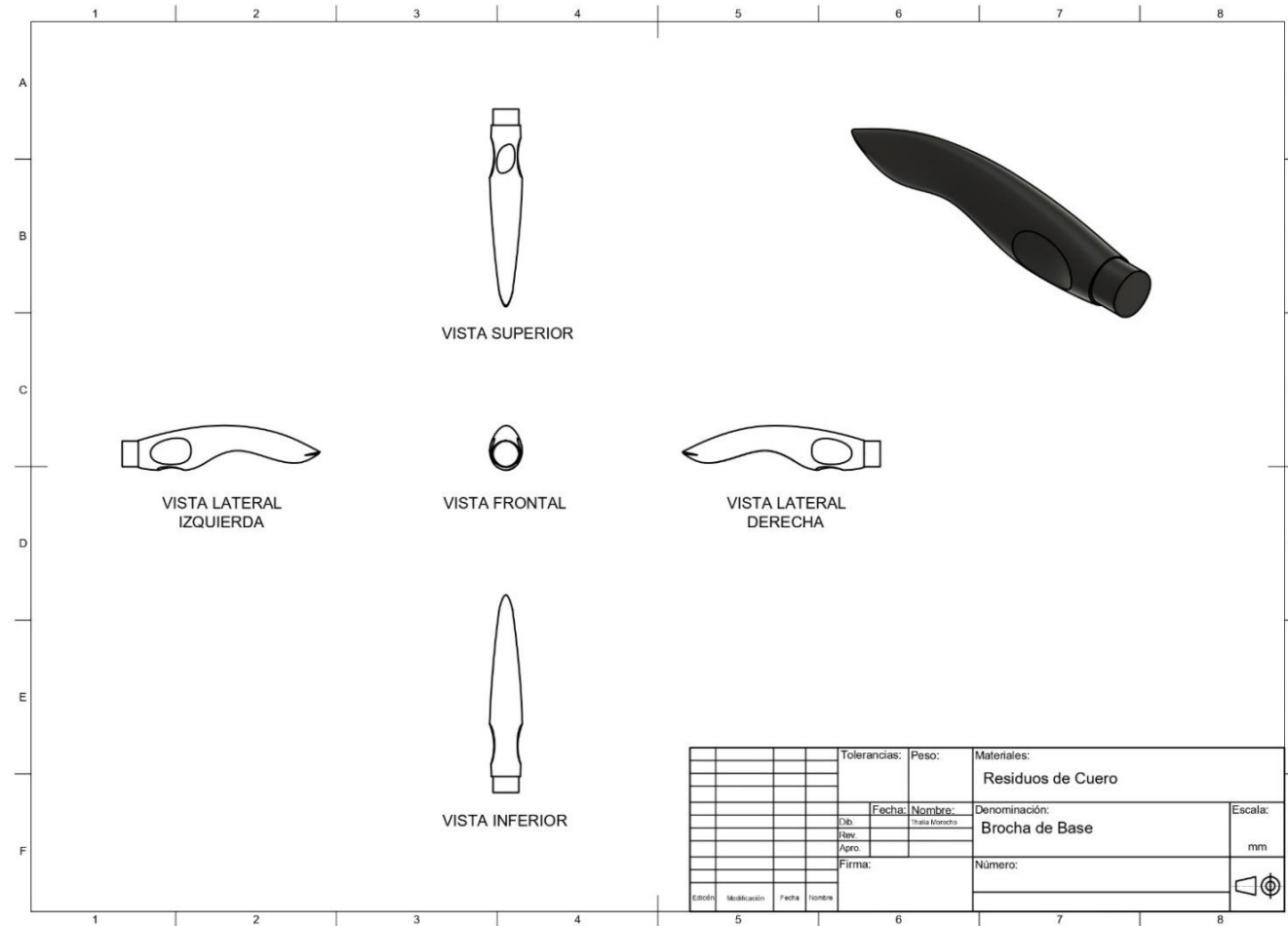


Figura 63. Plano constructivos de brocha de base

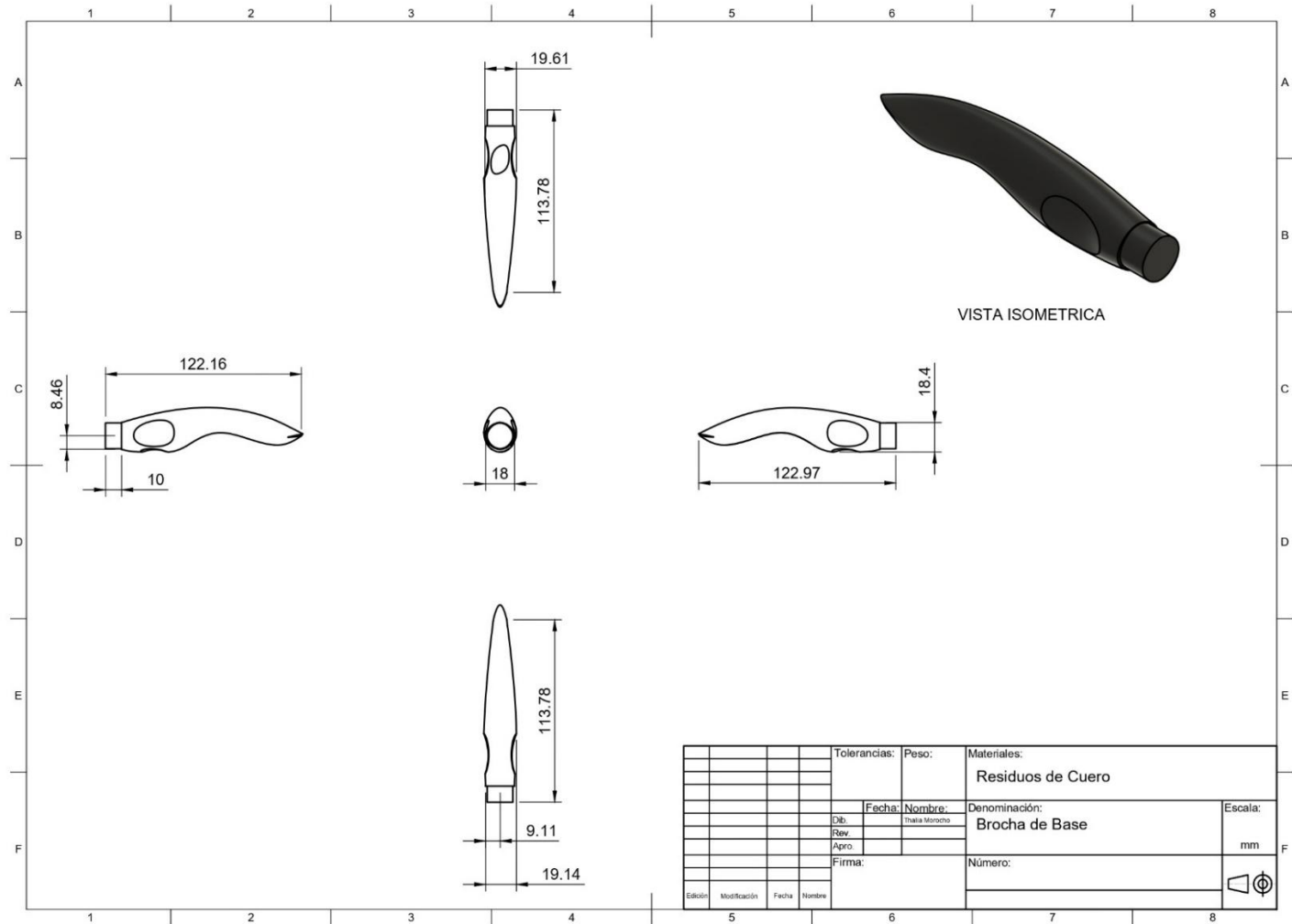


Figura 64. Plano de detalle de brocha base

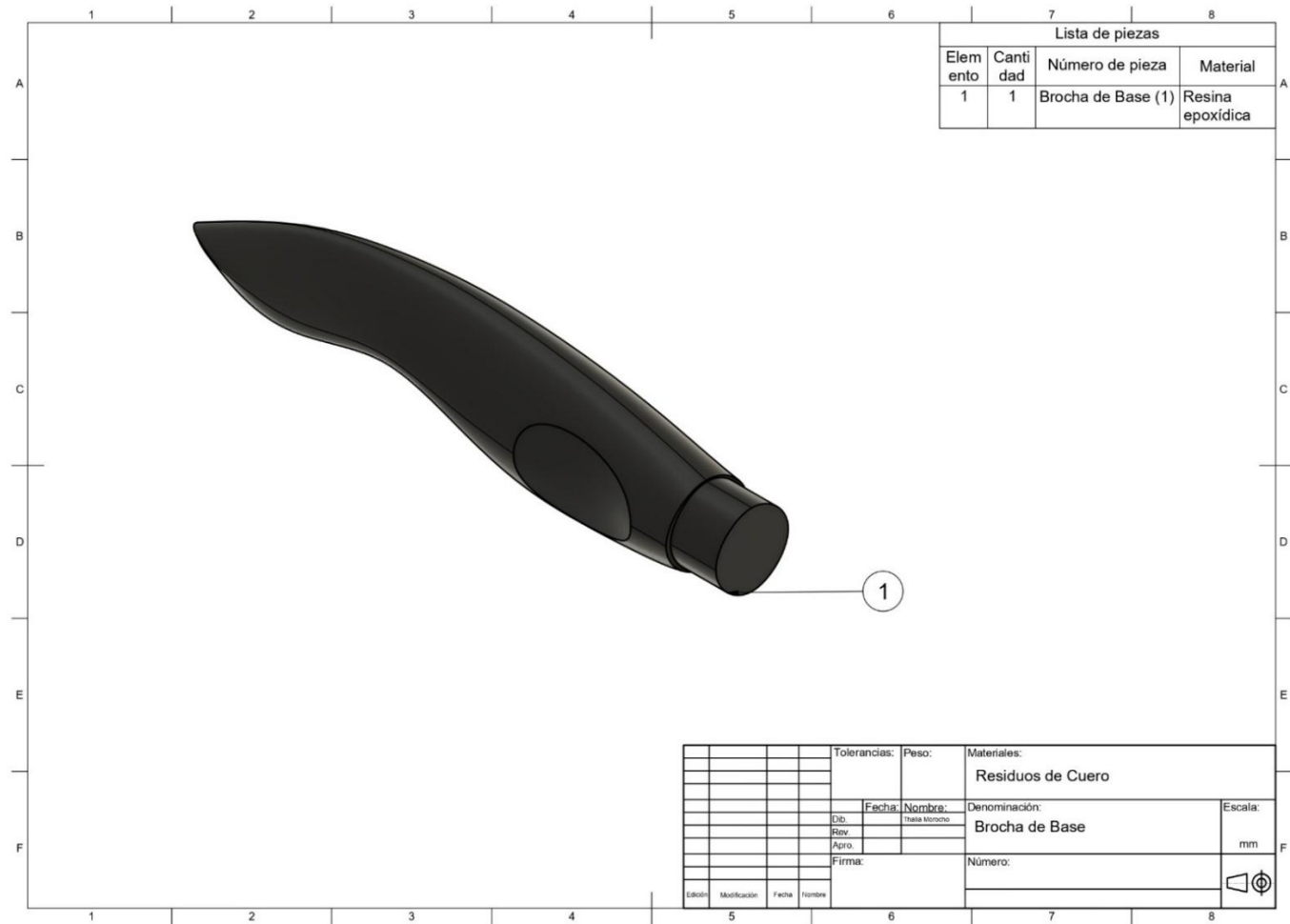


Figura 65. Planos de vistas brocha difuminadora

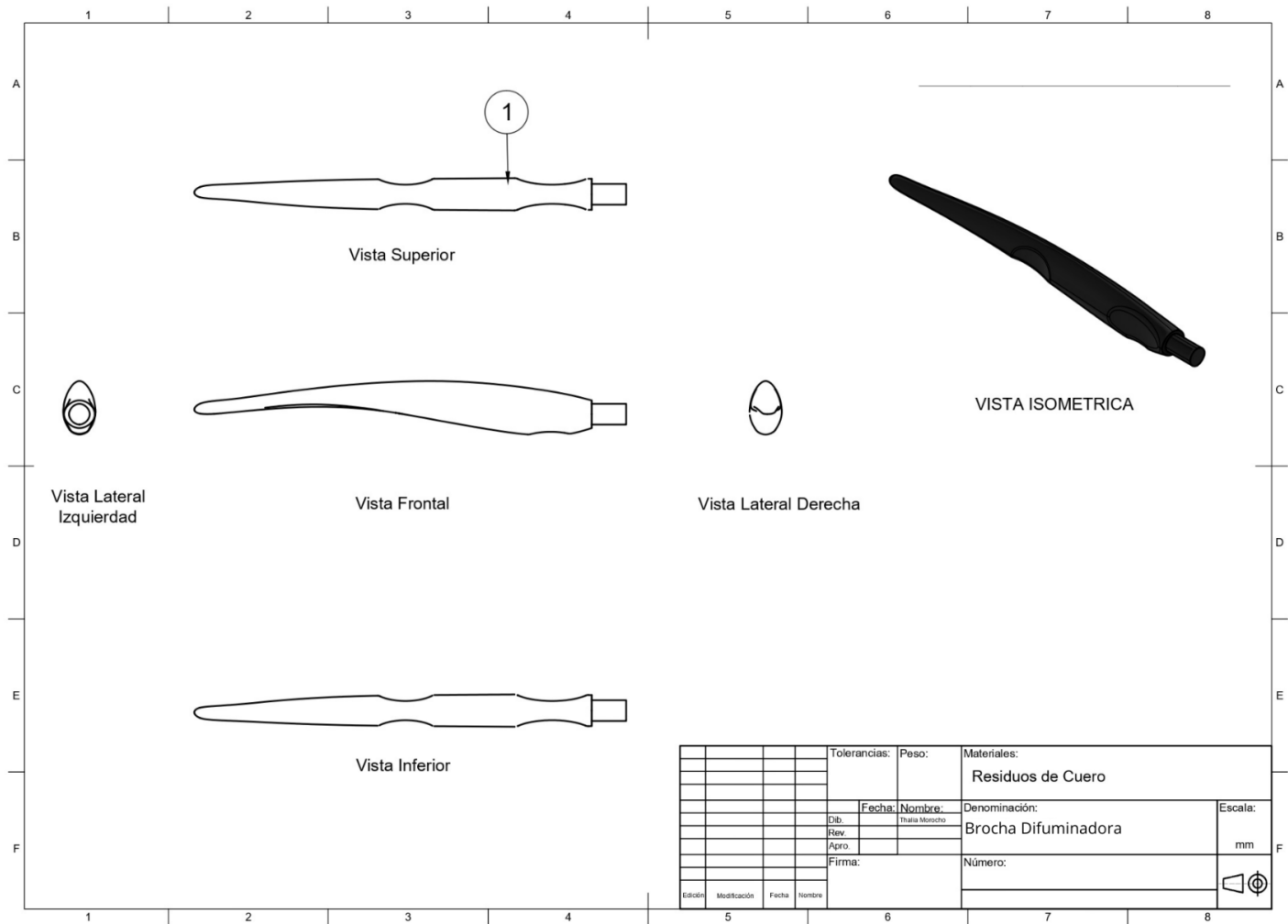
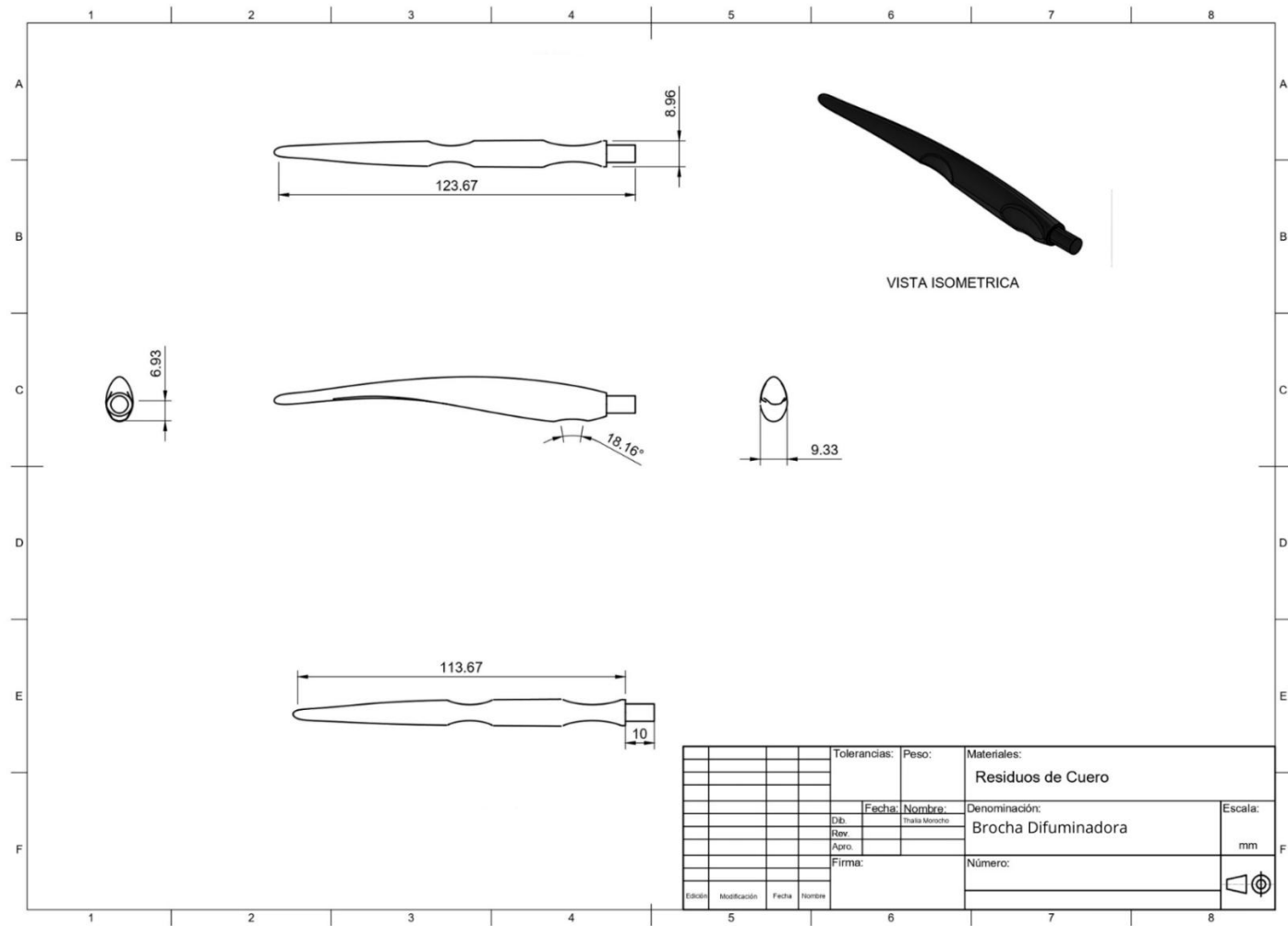


Figura 66. Planos constructivos de brocha difuminad



ora

Figura 67. Planos de detalle brocha difuminadora

