

Trabajo Final de Grado

Licenciatura en Diseña Industrial - Perfil: Textil

Autora: **Valentina González Nietzel**

Tutora: María Pascale

Escuela Universitaria Centro de Diseño
Facultad de Arquitectura, Diseño y Urbanismo
Universidad de la República
2024

Título :

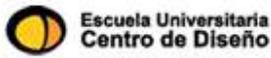
"Armonizando Tradición y Tecnología: La incorporación de la Impresión 3D en el proceso productivo de la Orfebrería Tradicional en Uruguay"

"Evaluación del Impacto en la Eficiencia, Calidad y Ergonomía sin Comprometer la Autenticidad Artesanal"





Bienvenido/a a este hermoso viaje de aprendizaje y descubrimiento. Te invito a sumergirte en el fascinante mundo de la orfebrería, un oficio que trasciende barreras y épocas. A lo largo de estas páginas, exploraremos cómo la tradición y la tecnología pueden armonizarse para enriquecer el arte sin comprometer su esencia. Fue un privilegio adentrarme en este universo de creatividad y maestría artesanal, descubriendo cómo la incorporación de la impresión 3D puede transformar procesos y abrir nuevas posibilidades. Espero que disfrutes tanto de este trabajo como yo disfruté desarrollándolo. ¡Bienvenido/a a este fascinante recorrido!



Agradecimientos:

Quiero dedicar este espacio para expresar mi más profundo agradecimiento a quienes han sido pilares fundamentales en el camino que me ha llevado hasta aquí.

A mis 5 hijos, por ser mi mayor inspiración y mi motor diario. Gracias por impulsarme con su amor, por apoyarme en cada paso y enseñarme con su ejemplo que no existen barreras para seguir superándome.

A mi tutora, María Pascale, por su inquebrantable dedicación y generosidad al compartir su tiempo y conocimiento conmigo. Su guía constante y su apoyo fueron esenciales para que este trabajo se materializara.

A mi esposo, Sebastián, por acompañarme en esta aventura, por creer en mí incluso en los momentos más difíciles, y por ser mi mayor apoyo, animándome siempre a dar lo mejor de mí.

A mi familia, por estar presente en todo momento, por brindarme su apoyo incondicional y ayudarme a crear los espacios necesarios para que este proyecto pudiera tomar forma.

A la EUCD (Escuela Universitaria Centro de Diseño), por brindarme el espacio para profesionalizarme y por aportarme una visión innovadora que ha enriquecido mi formación y este trabajo.

A todos ustedes, gracias por ser parte de este logro.

Indicé

Capítulo 01: Introducción.....	6
1.1 Introducción:.....	6
1.2 Estructura del trabajo.....	7
1.3 Problema de Investigación.....	8
1.4 Preguntas e Hipótesis.....	9
1.5 Objetivos.....	10
1.6 Justificación de la investigación.....	10
1.7 Metodología.....	12
1.7. Gráfico Metodología:.....	15
Capítulo 02: Marco Teórico.....	16
2.1 Contextualización del tema:.....	16
2.2 Orfebrería Tradicional Uruguaya.....	17
2.2.1 Evolución Histórica.....	17
2.2.2 Comparación entre Técnicas Tradicionales y Modernas.....	18
2.2.3 Enfoque en la Productividad y Ergonomía.....	18
2.3 Tecnología de impresión 3D.....	20
2.4 Riesgos Laborales y Condiciones de Trabajo en la Orfebrería.....	23
2.5 Revisión de la literatura: Resumen.....	24
2.6 Casos de estudio a nivel local y Antecedentes.....	25
Capítulo 03: Trabajo de campo.....	28
3.1 Desarrollo del Estudio de Campo:.....	29
Gráfico: Flujo de Trabajo tradicional / Cera perdida.....	29
3.1.1 Detalle del flujo de trabajo tradicional:.....	31
Gráfico: Integración de la Tecnología 3D en el Flujo de Trabajo.....	35
3.1.2 Detalle del Flujo de Trabajo con Integración de la Tecnología 3D.....	36
Gráfico: Comparación de Flujos de Trabajo.....	38
3.1.3 Observación directa y Registro fotográfico.....	39
Relevamiento Fotográfico:.....	40
1. Diseño y Bocetos iniciales / Creación de bocetos a mano.....	40
Diseño y Bocetos iniciales / Simulación y prototipado.....	41
Diseño y Bocetos iniciales / Prototipado 3D.....	42
2. Selección de Materiales.....	43
3. Laminado y Estirado.....	44
4. Recocido de Metal.....	44
5. Corte y Lijado.....	45
6. Forjado y Modelado.....	46
7. Soldadura y unión de Piezas.....	47
8. Desbastado y Lijado Fino.....	48
9. Limpieza y Decapado.....	48
10. Tallado / Grabado / Engarce de Piedras.....	49

11. Pulido y Acabado Final.....	50
3.1.4 Entrevistas Semiestructuradas.....	51
Cuestionario:.....	53
Capítulo 04: Análisis de los Resultados.....	57
4.0 Introducción:.....	57
4.1 Análisis cualitativos.....	59
4.1.1 Resultados de las Entrevistas.....	59
Consideraciones de los Resultados de las Entrevistas.....	61
4.1.2 Resultados de Cuestionario:.....	62
Consideraciones de los resultados de los Cuestionarios.....	65
4.1.3 Análisis Jerárquico de Tareas en Cera perdida: Gráfico.....	66
4.1.3.1 Actividad Principal: Modelado de anillo en cera.....	75
4.1.4 Análisis Jerárquico de Tareas / impresión 3D: Gráfico.....	78
4.1.4.1 Actividad Principal: Modelado y producción del anillo en impresión 3D.....	88
Gráfico , Prototipos con los dos Métodos.....	90
4.2 Análisis Cuantitativo.....	91
4.2.1. Análisis de Observación directa.....	91
Tabla comparativa (Tiempos/Métodos):.....	91
4.2.2 Curva de Aprendizaje y Capacitación:.....	94
Capítulo 05: Evaluación de factores ergonómicos :.....	98
5.1 Factores Ergonómicos Físicos en el método tradicional.....	99
5.1.1 Postura y adecuaciones antropométricas.....	99
Gráfico: Actividades.....	102
Consideraciones.....	106
5.1.2 Movimientos repetitivos y Fuerza Física.....	107
Tabla comparativa (actividad/metodos/impacto ergonómico):.....	108
Tabla comparativa: (Actividad/Variables/Tiempo):.....	109
Consideraciones:.....	110
Gráfico: Fuerza Aplicada / Postura.....	111
Gráfico: Fuerza Aplicada , Posturas y Movimientos.....	112
Tabla comparativa (Actividad/Variables de esfuerzo físico):.....	114
Consideraciones:.....	114
5.1.3 Uso de herramientas manuales.....	115
Tabla Comparativa (Evaluación Ergonómica del Uso de Herramientas):.....	116
Consideraciones:.....	117
5.2 Factores Ergonómicos de la Impresión 3D.....	117
5.2.1 Beneficios Ergonómicos de la Impresión 3D.....	117
Tabla Comparativa: Actividades y Métodos.....	118
5.2.2 Consideraciones en el diseño y espacio de trabajo con Impresión 3D.....	118
Recomendaciones Ergonómicas.....	119
Cronograma de rotación de tareas.....	121
Consideraciones :.....	122
Gráfico: Factores Organizacionales.....	123
5.3 Factores Ergonómicos Organizacionales:.....	125
5.3.1 Factores Ergonómicos a evaluar:.....	125
Tabla (factores ergonómicos organizacionales).....	127

Consideraciones sobre la Impresión 3D.....	127
5.3.2 Sistema de la Mesa de Trabajo del Orfebre.....	128
Gráfico: Sistema de Mesa de Trabajo.....	130
5.3.3 Capacitación en Nuevas Tecnologías y Creación de Nuevos Puestos de Trabajo.....	131
Capítulo 06: Análisis Comparativo.....	132
6.1 Definición de Criterios de Comparación.....	132
Tabla comparativa (Criterios/Métodos):.....	133
6.1.2 Evaluación Comparativa: Ergonomía y Técnicas.....	134
Tabla Comparativa: Impacto Ergonómico por Tipo de Herramienta.....	135
Tabla Comparativa: Movimientos Repetitivos por Tarea.....	136
Consideraciones Finales del Análisis Comparativo.....	139
Capítulo 07: Conclusiones y Recomendaciones.....	140
7.1 Oportunidades de Mejora.....	140
7.2 Conclusiones Finales.....	142
Bibliografía:.....	144
Anexos:.....	149

Título :

"Armonizando Tradición y Tecnología: La incorporación de la Impresión 3D en el proceso productivo de la Orfebrería Tradicional en Uruguay"

"Evaluación del Impacto en la Eficiencia, Calidad y Ergonomía sin Comprometer la Autenticidad Artesanal"

Capítulo 01: Introducción

1.1 Introducción:

Resumen

La orfebrería tradicional uruguaya, un valioso reflejo de la cultura local, enfrenta desafíos importantes en su proceso productivo. Estos desafíos están relacionados con la necesidad de adoptar nuevas tecnologías que puedan mejorar la competitividad y sostenibilidad del sector. Entre los principales problemas se encuentran los largos tiempos de producción y el desperdicio de materiales, lo que compromete su capacidad para competir en el mercado. Por otro lado, los artesanos deben lidiar con posturas incómodas y repetitivas que afectan su salud.

Actualmente, la joyería reúne un amplio conjunto de disciplinas, lo que hace necesario adquirir múltiples y variados conocimientos del oficio. Como afirma Carles Codina, *"ser orfebre o joyero requiere imaginación y habilidad, tanto para diseñar una pieza como para resolver múltiples problemas, lo que significa adoptar a menudo soluciones que no son estrictamente propias de este oficio"* (Codina,2017). Este contexto ilustra la versatilidad del trabajo artesanal, donde el artesano debe adaptarse constantemente a nuevas demandas y técnicas.

En este sentido, la impresión 3D surge como una solución tecnológica que puede transformar la orfebrería tradicional. Esta tecnología ofrece mejoras en la precisión, consistencia y eficiencia del proceso, lo que permite reducir significativamente los tiempos de producción y el desperdicio de materiales. Además, la capacidad de crear modelos detallados y ejecutar diseños complejos facilita el proceso creativo, mejorando el flujo de trabajo y optimizando el tiempo del artesano.

La integración de la impresión 3D no busca reemplazar las técnicas manuales, sino complementarlas. Los artesanos pueden utilizar esta tecnología para crear componentes o moldes, que luego serán refinados y terminados a mano, manteniendo así el carácter artesanal de sus creaciones. Este enfoque sinérgico permite a los orfebres aprovechar la precisión de la tecnología moderna sin comprometer la autenticidad de su trabajo, ampliando a su vez las posibilidades creativas y atrayendo a un mercado más amplio.

Además de los beneficios en la precisión y reducción de tiempos, la impresión 3D también tiene el potencial de mejorar las condiciones de trabajo. Al disminuir la cantidad de tareas repetitivas y la manipulación manual, se espera que la carga física sobre los artesanos se reduzca, minimizando el riesgo de lesiones musculoesqueléticas. Con una adecuada capacitación y ajustes en el espacio de trabajo, los orfebres podrán adaptarse mejor a las nuevas tecnologías, favoreciendo un entorno laboral más saludable y eficiente.

Este estudio, tiene como objetivo investigar cómo esta tecnología puede integrarse en los talleres artesanales. Se llevará a cabo una evaluación comparativa entre talleres que han adoptado la impresión 3D y aquellos que siguen utilizando métodos tradicionales. El análisis se centrará en aspectos como la reducción de tiempos de fabricación, el ahorro de materiales y la mejora de las condiciones ergonómicas.

Asimismo, se plantea que la impresión 3D puede contribuir a la sostenibilidad del sector al reducir el esfuerzo físico de los artesanos y fomentar la creación de nuevos puestos de trabajo especializados. De esta forma, la modernización no solo mejorará la productividad y competitividad del sector, sino que también preservará el valor artesanal.

En definitiva, este estudio busca explorar cómo la orfebrería tradicional uruguaya puede equilibrar la incorporación de nuevas tecnologías con la preservación de su esencia artesanal. A través de la experiencia personal del autor como orfebre y su conocimiento profundo del oficio, se espera aportar soluciones innovadoras para mejorar la eficiencia y sostenibilidad del trabajo artesanal, beneficiando tanto a los artesanos como a la comunidad.

1.2 Estructura del trabajo

El trabajo de grado sigue un enfoque sistemático que abarca todos los aspectos relevantes de la investigación sobre la integración de la tecnología de impresión 3D en la orfebrería tradicional uruguaya. La **Introducción** presenta el problema de investigación, las preguntas clave, los objetivos, y justificación, proporcionando el contexto necesario para entender el estudio. El **Marco Teórico** establece los fundamentos históricos y técnicos, incluyendo la evolución de la orfebrería tradicional en Uruguay y el avance de la tecnología de impresión 3D, detallando sus aplicaciones e impacto en diversos sectores industriales. El **Estado del Arte** incluye una revisión exhaustiva de la literatura, abordando casos de estudio relevantes que sirven como referencia para la implementación tecnológica en el campo de la orfebrería.

La **Metodología** detalla el enfoque de investigación mixto, el diseño del estudio y las técnicas de recolección de datos, incluyendo observación directa, entrevistas semiestructuradas y el análisis jerárquico de tareas, proporcionando una guía clara sobre cómo se llevó a cabo la investigación. En los **Resultados y Análisis**, se

presentan los hallazgos obtenidos, con un enfoque en la comparación cuantitativa y cualitativa entre los métodos tradicionales y los que incluyen impresión 3D, analizando aspectos como la eficiencia, la calidad del trabajo, los tiempos de producción y los factores ergonómicos.

La **Discusión** interpreta los resultados en relación con estudios previos y sus implicaciones tanto teóricas como prácticas. Además, aborda los desafíos ergonómicos y organizacionales identificados, señala las limitaciones del estudio y plantea oportunidades de mejora. Las **Conclusiones** resumen los hallazgos clave, respondiendo a los objetivos de la investigación, destacando las contribuciones del estudio al campo y ofreciendo recomendaciones para investigaciones futuras. Los **Anexos** contienen material complementario, como entrevistas completas, registros gráficos y datos adicionales. Finalmente, las **Referencias** proporcionan una lista completa de las fuentes utilizadas, garantizando la transparencia y credibilidad del estudio.

1.3 Problema de Investigación

La orfebrería tradicional en Uruguay enfrenta desafíos que amenazan su competitividad y sostenibilidad. Aunque los métodos artesanales son valorados por su autenticidad, presentan limitaciones en eficiencia y calidad, incluyendo largos tiempos de producción, desperdicio de materiales y alta complejidad en tareas manuales. Estos problemas no solo dificultan la adaptación a las demandas contemporáneas, sino que también limitan la capacidad de innovar en un mercado en constante cambio.

La falta de modernización tecnológica profundiza estos problemas, al restringir la precisión y el volumen de producción, y compromete la sostenibilidad del sector al dificultar la creación de puestos de trabajo especializados que aseguren la continuidad del oficio.

La impresión 3D se presenta como una solución prometedora para mejorar la eficiencia productiva, reducir el desperdicio de materiales y simplificar tareas complejas, sin perder el valor artesanal de las piezas. Además, esta tecnología abre la posibilidad de crear roles especializados que fortalezcan la sostenibilidad laboral del sector.

En este contexto, la investigación busca analizar cómo la integración de la impresión 3D puede equilibrar tradición y modernización, mejorando procesos productivos, reduciendo costos y desperdicio, y promoviendo la sostenibilidad de la orfebrería tradicional en Uruguay.

1.4 Preguntas e Hipótesis

1. **Pregunta:**

"¿Cómo ha afectado la incorporación de la tecnología de impresión 3D en los talleres de orfebrería que la han adoptado en comparación con aquellos que aún utilizan métodos tradicionales, en términos de tiempos de fabricación, reducción de desperdicio de materiales y preservación de la autenticidad artesanal?"

Hipótesis :

La adopción de la tecnología de impresión 3D en los talleres de orfebrería ha logrado una reducción significativa en los tiempos de fabricación y el desperdicio de materiales. Al mismo tiempo, ha mejorado las condiciones ergonómicas, al disminuir movimientos repetitivos y posturas forzadas, sin comprometer la autenticidad artesanal.

2. **Pregunta:** *¿De qué manera ha influido la incorporación de la impresión 3D en la ergonomía del proceso productivo de los orfebres y cómo ha contribuido al bienestar general del artesano?*

Hipótesis: La incorporación de la impresión 3D ha optimizado la ergonomía en los talleres de orfebrería, reduciendo la sobrecarga física en las tareas más demandantes, como el tallado manual y la manipulación de herramientas. Aunque los orfebres han enfrentado desafíos iniciales, la capacitación adecuada y mejoras en la organización del espacio de trabajo han permitido mejorar el bienestar físico, reducir la fatiga y aumentar la eficiencia

Con base en las preguntas formuladas, se establecen las hipótesis que servirán de marco para el análisis, lo que a su vez permite definir objetivos claros y específicos que orienten el desarrollo de esta investigación. Las hipótesis buscan explorar cómo la incorporación de la tecnología de impresión 3D puede impactar en los tiempos de fabricación, la reducción del desperdicio de materiales, la mejora de las condiciones ergonómicas, y la preservación de la autenticidad artesanal en los talleres de orfebrería uruguaya.

Estas hipótesis están alineadas con los objetivos planteados, ya que permiten comprobar de manera específica si la impresión 3D logra optimizar los procesos productivos sin comprometer la esencia artesanal. Los resultados de este análisis ofrecerán una base sólida para evaluar si la integración de esta tecnología puede mejorar la eficiencia, aumentar la competitividad y contribuir a la creación de nuevos puestos de trabajo especializados, todo ello manteniendo el carácter auténtico de la orfebrería tradicional.

1.5 Objetivos

Objetivo General:

Implementar y evaluar la adaptación de la tecnología de impresión 3D en la orfebrería tradicional uruguaya con el fin de mejorar la eficiencia y calidad del trabajo artesanal, preservando su autenticidad, generando nuevos puestos de trabajo especializados, y mejorando la productividad, bienestar y calidad de vida de los artesanos.

Objetivos Específicos:

- Evaluar cómo la impresión 3D reduce los tiempos de fabricación y el desperdicio de materiales en la orfebrería tradicional uruguaya comparando procesos antes y después de su uso.
- Evaluar los factores ergonómicos y el impacto de la impresión 3D en la reducción del estrés laboral, a nivel físico y mental de los artesanos.

Al delinear los objetivos de este estudio, se hace evidente la necesidad de justificar la relevancia de la investigación, no sólo en términos de la mejora de procesos, sino también en la búsqueda de un equilibrio entre tradición y modernidad en la orfebrería.

1.6 Justificación de la investigación

La orfebrería tradicional uruguaya enfrenta el desafío de adaptarse a un entorno cada vez más tecnológico sin perder su esencia artesanal. La incorporación de la tecnología de impresión 3D representa una oportunidad única para modernizar y optimizar el proceso productivo. Esta modernización promete mejoras significativas en la eficiencia y la calidad del trabajo, ya que permite una mayor precisión en los diseños y una reducción del desperdicio de materiales. Sin embargo, la clave está en que estas mejoras deben implementarse de manera que preserven la autenticidad de las creaciones artesanales, manteniendo el valor que las distingue en el mercado.

Uno de los principales beneficios de la impresión 3D es su capacidad para reducir el esfuerzo físico de los artesanos. En un oficio donde las posturas incómodas y los movimientos repetitivos son comunes, la implementación de esta tecnología puede mejorar el bienestar físico de los trabajadores. Al disminuir la

necesidad de realizar tareas manuales repetitivas, se reduce la sobrecarga en las articulaciones y se optimizan las condiciones ergonómicas del espacio de trabajo. Esto no solo contribuirá a prevenir lesiones musculoesqueléticas, sino que también permitirá un ambiente laboral más saludable y sostenible a largo plazo.

Otro aspecto importante que justifica esta investigación es la creación de nuevas oportunidades laborales. La integración de la impresión 3D puede generar puestos de trabajo especializados, tanto en el manejo de la tecnología como en la capacitación de artesanos para adaptarse a estos nuevos procesos. Este enfoque promueve la innovación dentro del sector, ofreciendo un camino para que la orfebrería uruguaya se mantenga competitiva y relevante en un mercado global en constante evolución. De esta manera, se logra un equilibrio entre la preservación de la tradición y la incorporación de avances tecnológicos.

Finalmente, la preservación de la autenticidad artesanal es un principio fundamental en este proceso de modernización. La tecnología de impresión 3D no busca reemplazar las técnicas manuales, sino complementarlas. Los artesanos seguirán siendo los guardianes del valor cultural y estético de sus piezas, utilizando la tecnología para facilitar ciertas etapas del proceso, pero sin comprometer la calidad artesanal. Este equilibrio entre tradición y modernidad es crucial para garantizar que la orfebrería uruguaya pueda prosperar en un entorno tecnológico sin perder su esencia.

En resumen, esta investigación es esencial para explorar cómo la impresión 3D puede transformar la orfebrería tradicional uruguaya, mejorando los procesos productivos, garantizando la salud y el bienestar de los artesanos, y asegurando que la autenticidad de las creaciones siga siendo su mayor valor.

1.7 Metodología

7.1.1. Enfoque de la Investigación y Justificación

Enfoque Mixto:

Para alcanzar el objetivo general, se ha seleccionado un enfoque mixto con un alcance exploratorio. Esto permite una combinación equilibrada entre la recolección de datos cualitativos y cuantitativos, lo que garantiza un análisis integral del impacto de la impresión 3D en la orfebrería tradicional.

- **Métodos Cualitativos:**

Se utilizarán entrevistas semiestructuradas y observación directa. Las entrevistas permitirán explorar en profundidad las percepciones y experiencias de los artesanos en torno a la incorporación de la impresión 3D. La observación directa del flujo de trabajo proporcionará detalles sobre los desafíos ergonómicos en el trabajo cotidiano y cómo la tecnología puede influir en ellos.

- **Métodos Cuantitativos:**

Los métodos cuantitativos serán utilizados para medir objetivamente el impacto de la impresión 3D en la eficiencia y calidad del proceso productivo. Se recopilarán datos numéricos como tiempos de fabricación, cantidad de material utilizado y mediciones ergonómicas sobre posturas, fuerza física y movimientos repetitivos. Estos datos se compararán entre procesos tradicionales y aquellos que integran la impresión 3D.

Justificación del Enfoque Mixto:

Este enfoque permite una visión integral del fenómeno estudiado, combinando la profundidad cualitativa de las experiencias de los artesanos con la precisión de las mediciones cuantitativas. El objetivo es comprender cómo la impresión 3D afecta la calidad, eficiencia y ergonomía del trabajo artesanal, y cómo puede mejorar el bienestar de los artesanos sin comprometer la autenticidad de sus productos.

7.1.2. Alcance y Diseño del Estudio

Alcance Exploratorio:

El enfoque exploratorio es apropiado debido a que la integración de la impresión 3D en la orfebrería es un fenómeno nuevo en Uruguay. Este estudio busca identificar los efectos, oportunidades y desafíos asociados con la adopción de esta tecnología.

Exploración de Efectos y Oportunidades:

Se explorarán los retos que enfrentan los artesanos al adoptar la tecnología de impresión 3D, así como las oportunidades para innovar en el diseño y la producción. Este estudio identificará las áreas de mejora, nuevas tendencias y posibles innovaciones que puedan aumentar la competitividad del sector artesanal.

No Pretende Establecer Relaciones Causales:

Dado el enfoque exploratorio, el estudio no busca establecer relaciones causales definitivas. En cambio, se generarán hipótesis y conocimientos preliminares que servirán de base para investigaciones futuras.

7.1.3. Estudio de Antecedentes y Revisión Bibliográfica

Se llevará a cabo una revisión exhaustiva de la literatura sobre orfebrería tradicional, tecnologías emergentes y la impresión 3D en la artesanía. Esto permitirá contextualizar la investigación y ofrecerá una base teórica para analizar la integración de la tecnología de impresión 3D en la orfebrería uruguaya. Se identificarán brechas en la literatura que el estudio podría llenar, proporcionando evidencia sobre las mejoras en eficiencia, calidad y sostenibilidad sin comprometer la autenticidad artesanal.

7.1.4. Investigación Acción Participativa (IAP)

Participación Activa de los Artesanos:

Este enfoque metodológico implicará a los artesanos directamente en el proceso de investigación. Al involucrarlos en el diseño del estudio y en la implementación de nuevas tecnologías, se asegurará que las soluciones propuestas sean prácticas y se alineen con sus necesidades reales.

7.1.5. Estudio de Campo

El estudio de campo se estructura en cinco pasos:

- **Presentación del Flujo de Trabajo Tradicional:**
Documentación detallada de cada etapa del proceso productivo tradicional, identificando los puntos críticos de mayor esfuerzo físico y técnico.
- **Integración de la Tecnología 3D en el Flujo de Trabajo:**
Comparación del flujo de trabajo tradicional con uno que incluya impresión 3D, destacando mejoras en ergonomía y calidad.
- **Observación Directa y Registro Fotográfico:**
Observación y registro de los procesos productivos en talleres seleccionados (tradicionales como con impresión 3D), incluyendo el uso de herramientas y las posturas adoptadas.
- **Entrevistas Semiestructuradas:**

Recopilación de testimonios de los artesanos sobre sus experiencias con la tecnología de impresión 3D y comparación con los métodos tradicionales.

- **Cuestionario:**

Diseño de un cuestionario dirigido a orfebres que han integrado o no la impresión 3D, para obtener datos cuantitativos y cualitativos sobre la eficiencia, tiempos de producción, calidad y ergonomía.

7.1.6. Recolección y Análisis de Datos

- **Análisis Cualitativo:**

Se realizará un análisis temático de las entrevistas y cuestionarios para explorar las percepciones de los orfebres en relación con la incorporación de la tecnología de impresión 3D y su impacto en la autenticidad y calidad del trabajo.

- **Análisis Jerárquico de Tareas:**

Descomposición de las actividades, tareas y operaciones de una pieza específica (como un anillo) para identificar diferencias en esfuerzo físico, precisión y tiempos entre el método tradicional y el que incorpora impresión 3D.

- **Análisis Cuantitativo:**

Se analizarán los datos obtenidos sobre tiempos de producción, desperdicio de material y mediciones ergonómicas. La comparación entre talleres con métodos tradicionales y aquellos con impresión 3D permitirá identificar las mejoras objetivas en términos de eficiencia y ergonomía.

7.1.7. Comparación y Evaluación Ergonómica

- **Comparación de Flujos de Trabajo:**

Se elaborarán tablas comparativas que reflejen las diferencias en productividad, precisión, calidad y ergonomía entre los procesos tradicionales y aquellos que integran la impresión 3D.

- **Evaluación Ergonómica:**

Se identificarán y evaluarán factores ergonómicos, incluyendo posturas, movimientos repetitivos y el uso de herramientas. Se presentarán recomendaciones para mejorar la ergonomía y bienestar de los artesanos mediante la integración de tecnologías.

7.1.8. Intervención y Retroalimentación: Se realizará una intervención activa en la que los artesanos, a partir de la observación y entrevistas, participarán en la identificación de cambios necesarios en sus procesos y en la evaluación de la impresión 3D. Se documentarán sus comentarios y se ajustarán las propuestas para optimizar la integración tecnológica.



Capítulo 02: Marco Teórico

2.1 Contextualización del tema:

La orfebrería tradicional en Uruguay es una manifestación artística profundamente arraigada en la cultura e historia del país, con orígenes que preceden a la colonización. Los pueblos indígenas, como los charrúas y guaraníes, ya trabajaban con metales preciosos como el oro, la plata y el cobre para crear joyas y adornos. La llegada de los colonizadores europeos introdujo nuevas técnicas y estilos, que se fusionaron con las prácticas locales, dando lugar a una orfebrería única y distintiva que refleja la identidad y creatividad del pueblo uruguayo.

Además de ser un arte, la orfebrería en Uruguay tiene un valor social significativo. Las joyas y adornos no solo son objetos de estética, sino también símbolos de estatus y conexión cultural, apreciados por su valor histórico y simbólico. Su preservación es vital para mantener vivo el patrimonio cultural del país, y para las comunidades locales, representa una forma de identidad y pertenencia que ha pasado de generación en generación. (Castillo, s.f.).

Mirando hacia el futuro, la orfebrería tradicional probablemente siga adaptándose a los avances tecnológicos, como la impresión 3D. Esta tecnología no solo plantea una oportunidad para mejorar la productividad y reducir el desperdicio de materiales, sino que también permite optimizar las condiciones ergonómicas en el proceso de trabajo. La combinación de técnicas modernas con un enfoque en la ergonomía puede generar un cambio positivo en la eficiencia del trabajo, facilitando la preservación y evolución de esta tradición sin comprometer su autenticidad artesanal. Además, la incorporación de estas tecnologías genera nuevas oportunidades económicas al crear empleos y permitir a los orfebres ofrecer productos innovadores en el mercado local e internacional, manteniendo viva la relevancia social y económica de la orfebrería en la sociedad uruguaya.

2.2 Orfebrería Tradicional Uruguaya

La orfebrería tradicional en Uruguay es una expresión artística que ha evolucionado a lo largo de los siglos, consolidándose como un pilar de la identidad cultural del país. Desde tiempos precolombinos, los pueblos originarios trabajaban metales preciosos mediante técnicas rudimentarias. Con la llegada de los colonizadores europeos en el siglo XVI, las técnicas locales se enriquecieron, creando una fusión entre las influencias indígenas y europeas que dio forma a una orfebrería única y valiosa en términos culturales. (Joyas del Tiempo,s.f.).

Además de su valor estético y artístico, la orfebrería uruguaya tiene una relevancia social importante, ya que las joyas y adornos son símbolos de estatus y tradición. La continuidad de este arte es esencial para mantener vivo el patrimonio cultural del país y transmitirlo a las futuras generaciones. Con la incorporación de tecnologías como la impresión 3D, se presenta una oportunidad para que la orfebrería uruguaya siga desarrollándose en el contexto contemporáneo. Estas herramientas permiten a los artesanos mejorar en precisión, tiempos de producción y condiciones ergonómicas, a la vez que generan nuevas oportunidades de empleo en el sector artesanal. Esto, además, facilita a los orfebres uruguayos competir en el mercado internacional y atender a nuevas demandas sin perder el carácter artesanal que define la esencia de la orfebrería tradicional del país.

2.2.1 Evolución Histórica

La orfebrería uruguaya ha pasado por diversas etapas históricas, cada una marcada por influencias culturales y tecnológicas:

- **Época Precolombina:** Los pueblos originarios empleaban técnicas básicas para trabajar metales como el oro, la plata y el cobre.
- **Siglo XVI - Llegada de los Colonizadores:** La introducción de nuevas técnicas europeas, como la fundición y el grabado, que se amalgamaron con las prácticas locales.
- **Siglo XIX - Independencia y Florecimiento:** Con la independencia en 1828, surgieron talleres que impulsaron el crecimiento de la orfebrería, incorporando influencias contemporáneas.
- **Siglo XX - Influencias Modernistas:** Movimientos artísticos internacionales introdujeron estilos modernos y nuevas técnicas en la orfebrería.

- **Siglo XXI - Desafíos y Adaptaciones Tecnológicas:** La orfebrería enfrenta un equilibrio entre la incorporación de tecnologías modernas, como la impresión 3D, y la preservación de su esencia artesanal. (Filosi, 2021).

La incorporación de tecnologías modernas ha traído consigo una mayor precisión y productividad, reduciendo el tiempo necesario para crear una pieza, al tiempo que permite una personalización más rápida y eficiente. No obstante, el desafío es mantener el valor cultural y artesanal inherente en cada creación.

2.2.2 Comparación entre Técnicas Tradicionales y Modernas

En la orfebrería actual, la combinación de técnicas tradicionales y modernas, como la impresión 3D y el diseño asistido por computadora (CAD), ha revolucionado la forma en que se crean las joyas. Las técnicas tradicionales, como la fundición, el repujado, el grabado y la filigrana, son laboriosas y requieren esfuerzo físico significativo, lo que puede resultar en movimientos repetitivos y posturas incómodas que afectan la ergonomía del artesano (Nelson Jewellery Arts, s.f.).

Por otro lado, las técnicas modernas como la impresión 3D permiten la creación de modelos digitales con alta precisión, reduciendo el esfuerzo físico y mejorando la eficiencia. Este proceso automatiza varias etapas de la producción, minimizando errores y desperdicios de material (Nelson Jewellery Arts, s.f.; GIA, s.f.). El uso de herramientas digitales, como el CAD, facilita el diseño personalizado sin la necesidad de realizar repetidas tareas manuales, mejorando así la calidad de vida de los orfebres al disminuir el impacto de posturas prolongadas y movimientos repetitivos (Nelson Jewellery Arts, s.f.).

Esta combinación de técnicas tradicionales con el uso de herramientas tecnológicas avanzadas, permite un enfoque más productivo y ergonómico sin perder el vínculo con la artesanía.

*Para más detalles sobre las técnicas tradicionales, ver **Apéndice A**.*

2.2.3 Enfoque en la Productividad y Ergonomía

La comparación entre los métodos tradicionales y la incorporación de la tecnología de impresión 3D revela mejoras significativas en términos de productividad y ergonomía. Las técnicas tradicionales, aunque valiosas por su capacidad de conectar con la tradición, son laboriosas y generan un impacto físico considerable en los orfebres, debido al uso intensivo de herramientas manuales, posturas prolongadas y movimientos repetitivos. Estas condiciones contribuyen a la fatiga y a la aparición de lesiones musculoesqueléticas a largo plazo.

Por otro lado, la impresión 3D y las herramientas digitales ofrecen ventajas sustanciales:

- **Productividad:** El tiempo de creación de piezas puede reducirse considerablemente con la impresión 3D, ya que el diseño digital y la impresión automática eliminan muchos de los pasos manuales. Esto no solo mejora la eficiencia, sino que también permite a los orfebres centrarse en la creatividad y el acabado final de las piezas.
- **Reducción de desperdicios:** La precisión de la tecnología digital y la impresión 3D minimizan el desperdicio de materiales, ya que los diseños pueden ajustarse con exactitud antes de la producción.
- **Ergonomía:** La tecnología digital reduce el esfuerzo físico, lo que permite a los artesanos adoptar posturas más saludables y reducir la frecuencia de movimientos repetitivos. Además, el uso de impresión 3D disminuye la necesidad de manipulación de cargas pesadas, lo que ayuda a prevenir el desgaste físico y reduce el riesgo de lesiones asociadas con la manipulación manual de herramientas y materiales.

Nexo entre Tradición y Modernidad

El verdadero desafío para la orfebrería uruguaya en el siglo XXI es cómo incorporar la tecnología sin perder el alma artesanal. Las técnicas tradicionales seguirán siendo una parte vital del proceso creativo, especialmente para aquellos artesanos que buscan mantener un control manual total sobre su trabajo. Sin embargo, la introducción de la impresión 3D ofrece la posibilidad de combinar lo mejor de ambos mundos: la precisión y rapidez de las herramientas modernas, con la autenticidad y valor cultural de las técnicas artesanales.

Este nexo entre tradición y modernidad permite a los orfebres adaptar sus procesos a las demandas del mercado contemporáneo sin perder su esencia. La creación de piezas únicas, que combinan lo artesanal con lo tecnológico, refleja tanto la historia como el futuro de la orfebrería uruguaya. La impresión 3D puede facilitar la creación de moldes más complejos y detallados, que luego pueden ser refinados a mano, permitiendo que la esencia artesanal se mantenga viva mientras se incrementa la eficiencia. (Muñoz-Mesa L., Sánchez-Trujillo J.,2016).

Consideraciones: La orfebrería uruguaya, al combinar tradición y modernidad, se enfrenta al desafío de evolucionar sin perder su esencia. La introducción de tecnologías como la impresión 3D mejora la productividad y reduce el esfuerzo físico de los artesanos, lo que garantiza la continuidad de esta expresión cultural en un mundo cada vez más digitalizado, mientras preserva la autenticidad y la riqueza histórica de las técnicas tradicionales.

2.3 Tecnología de impresión 3D

2.3.1 Introducción

La impresión 3D ha revolucionado diversas industrias y, en particular, la orfebrería. Este capítulo examina la evolución de esta tecnología, su aplicación en la orfebrería tradicional uruguaya, así como su impacto en los procesos productivos, la ergonomía y la creatividad en el diseño.

2.3.2 Desarrollo Histórico de la Tecnología de Impresión 3D

La impresión 3D, desarrollada en la década de 1980, ha evolucionado desde la creación de prototipos hasta convertirse en una herramienta esencial en la producción. Con tecnologías como la modelación por deposición fundida (FDM) y la estereolitografía (SLA), los joyeros han comenzado a adoptar esta técnica para mejorar sus procesos.

*Para más detalles sobre la Historia de la Tecnología, ver **Apéndice B**.*

2.3.3 Aplicaciones Generales de la Impresión 3D

La impresión 3D tiene aplicaciones en sectores como la medicina, la arquitectura y la ingeniería. En la orfebrería, permite la creación de prototipos, la personalización de diseños y la producción de piezas complejas que serían difíciles de lograr con métodos tradicionales.

*Para más detalles sobre aplicaciones 3D, ver **Apéndice C**.*

2.3.4 Aplicaciones Específicas en la Orfebrería Tradicional Uruguaya

En Uruguay, los orfebres han empezado a integrar la impresión 3D en su trabajo, logrando:

- **Prototipado Rápido:** Los diseñadores pueden crear modelos en poco tiempo, facilitando la modificación y mejora de sus piezas.
- **Personalización:** La tecnología permite la producción de joyas personalizadas según las preferencias del cliente, aumentando la satisfacción y el valor percibido del producto.
- **Reducción de Desperdicio:** La impresión 3D utiliza solo la cantidad necesaria de material, reduciendo el desperdicio y mejorando la sostenibilidad del proceso.

*Para más detalles sobre aplicación 3d en orfebrería, ver **Apéndice D**.*

2.3.5 Impacto en el Proceso Productivo

La incorporación de la impresión 3D en la orfebrería ha transformado significativamente los procesos productivos. Los beneficios incluyen:

- **Mayor Precisión y Complejidad:** Las máquinas de impresión permiten una mayor precisión en la producción de detalles intrincados, lo que resulta en piezas de mayor calidad.
- **Reducción de Tiempos de Producción:** Los ciclos de trabajo se han acortado gracias a la rapidez de la impresión, lo que permite a los orfebres atender un mayor volumen de pedidos.
- **Optimización de Materiales:** Al minimizar el desperdicio, los orfebres pueden aprovechar mejor sus recursos, mejorando la rentabilidad.

*Para más detalles sobre aplicación 3d en orfebrería, ver **Apéndice D***

2.3.6 Desafíos en la Integración Tradicional y Tecnológica

A pesar de los beneficios, la adopción de la impresión 3D presenta desafíos, tales como:

- **Dilema entre Tradición y Tecnología:** Algunos orfebres temen que la automatización comprometa la autenticidad de su trabajo artesanal.
- **Curva de Aprendizaje:** La transición a la impresión 3D requiere capacitación y adaptación a nuevas herramientas y procesos.

2.3.7 Mejoras en Ergonomía y Condiciones de Trabajo

La introducción de la impresión 3D en la orfebrería ha generado importantes mejoras ergonómicas y optimizado las condiciones de trabajo en los talleres. La tecnología no solo disminuye la carga física, sino que también reduce los riesgos asociados a tareas repetitivas y entornos poco adaptados a la actividad artesanal.

Impacto Negativo en la Orfebrería Tradicional

1. **Posturas Incómodas:** En los métodos tradicionales, los orfebres trabajan en mesas de altura no regulable, lo que les obliga a inclinarse o encorvarse, causando tensión en la espalda y el cuello. Esto puede provocar dolores crónicos y problemas musculoesqueléticos.

2. **Repetitividad de Movimientos:** Procesos manuales como el lijado o el pulido requieren movimientos repetitivos, aumentando el riesgo de tendinitis y síndrome del túnel carpiano, condiciones que afectan la capacidad laboral.
3. **Fatiga Visual:** La iluminación deficiente del taller obliga a los artesanos a esforzar la vista, causando fatiga ocular, dolores de cabeza y problemas de concentración.
4. **Carga Física:** El uso de herramientas pesadas o mal diseñadas implica un esfuerzo constante en las muñecas y los hombros, generando fatiga muscular y sobrecarga en las articulaciones.
5. **Ambiente de Trabajo:** Los talleres suelen estar desorganizados y con espacio limitado, lo que no solo aumenta el riesgo de accidentes, sino que también genera estrés mental, afectando la productividad y el bienestar general del trabajador.

Beneficios de la Impresión 3D en la Ergonomía del Taller

1. **Reducción de Movimientos Repetitivos:** La automatización de tareas como la creación de detalles y formas complejas reduce los movimientos repetitivos, minimizando el riesgo de lesiones por esfuerzo repetitivo.
2. **Condiciones de Trabajo Mejoradas:** Al producir las piezas con menos esfuerzo físico y en menor tiempo, la impresión 3D disminuye la carga física en manos y brazos, creando un entorno laboral más saludable.
3. **Mayor Precisión y Control:** Las impresoras 3D permiten generar detalles finos con alta precisión, reduciendo errores que de otro modo obligarían a realizar ajustes manuales, lo que mejora la calidad del producto y disminuye la frustración en el proceso.
4. **Flexibilidad en el Diseño:** Esta tecnología facilita la experimentación en el diseño sin la necesidad de realizar prototipos físicos, lo cual promueve la creatividad y reduce la presión por tiempos de entrega.
5. **Ambiente de Trabajo Más Organizado:** La impresión 3D requiere menos espacio para herramientas y materiales, favoreciendo un entorno limpio y organizado, lo que contribuye a una reducción en el estrés físico y mental.
6. **Menor Tiempo de Fabricación:** La aceleración de los tiempos de producción permite a los orfebres enfocarse más en aspectos creativos, lo que aumenta la satisfacción laboral y reduce el agotamiento.

La impresión 3D ha transformado radicalmente la industria moderna, modificando la forma en que se diseñan, fabrican y distribuyen productos en múltiples sectores. Su versatilidad y potencial transformador se han hecho evidentes en diversos campos. (PioCreat 3D, s.f.).

2.4 Riesgos Laborales y Condiciones de Trabajo en la Orfebrería

El trabajo de orfebrería, aunque creativo y gratificante, conlleva diversos riesgos laborales que pueden afectar la salud de los artesanos. A continuación, se detallan algunos de los riesgos más significativos.

- **Lesiones Musculoesqueléticas:** Las posturas prolongadas y repetitivas, así como los movimientos incómodos realizados durante el uso de herramientas manuales, aumentan la probabilidad de desarrollar lesiones musculoesqueléticas. Entre las dolencias más comunes se encuentran la tendinitis, el síndrome del túnel carpiano y la bursitis, todas asociadas con movimientos repetitivos y sobrecarga muscular.
- **Exposición a Metales Tóxicos:** El contacto frecuente con metales tóxicos, como el mercurio en la amalgamación de oro y plata, puede derivar en intoxicaciones, afectando gravemente el sistema nervioso central. Aunque la exposición prolongada a estos metales no siempre es evidente en el corto plazo, sus efectos acumulativos pueden ser devastadores para la salud.
- **Inhalación de Polvo y Partículas Metálicas:** Durante la manipulación de metales y el proceso de pulido, se generan partículas que, al ser inhaladas, pueden provocar enfermedades respiratorias crónicas, como el asma ocupacional o la bronquitis. La falta de ventilación adecuada y el no uso de mascarillas aumentan este riesgo.
- **Quemaduras y Lesiones por Calor:** El uso de equipos de fundición y soldadura expone a los artesanos a quemaduras térmicas y daños oculares, especialmente cuando no se emplean correctamente los equipos de protección. Las altas temperaturas y la radiación generada en estas actividades representan un riesgo constante.
- **Exposición a Radiación Ultravioleta (UV):** La radiación UV, especialmente durante las operaciones de soldadura, presenta riesgos significativos de daños oculares y quemaduras en la piel, lo que también puede aumentar el riesgo de desarrollar cáncer de piel a largo plazo.
- **Problemas Ergonómicos:** Las condiciones ergonómicas inadecuadas, como estaciones de trabajo mal diseñadas, herramientas que no están optimizadas para el uso prolongado, y la falta de descansos adecuados, agravan el desarrollo de trastornos musculoesqueléticos y lesiones por esfuerzo repetitivo.

Consideraciones:

Entender estos riesgos laborales (Blog Curso de Prevención de Riesgos Laborales, 2018) es fundamental para evaluar las condiciones de trabajo en la orfebrería y cómo pueden influir en la salud de los artesanos. En las siguientes secciones se explorará cómo la introducción de la impresión 3D y otras tecnologías emergentes puede mitigar algunos de estos riesgos y mejorar las condiciones laborales en este sector.

2.5 Revisión de la literatura: Resumen

La presente revisión de la literatura establece un marco comprensivo sobre la orfebrería tradicional en Uruguay, la integración de la tecnología de impresión 3D y los efectos de esta transformación en la industria y en las condiciones laborales de los orfebres. Este análisis se fundamenta en los subtemas previos y se alinea con los objetivos del estudio, que incluyen evaluar el impacto de la impresión 3D en la eficiencia, calidad, autenticidad y ergonomía del trabajo artesanal.

La orfebrería uruguaya es una expresión artística y cultural con raíces históricas significativas. Desde tiempos precolombinos, los pueblos indígenas, como los charrúas y guaraníes, trabajaban metales preciosos. Posteriormente, en el siglo XVI, esta tradición se enriqueció con técnicas europeas, generando un estilo único que representa la identidad cultural de Uruguay (Castillo, s.f.). Más allá de su valor estético, la orfebrería uruguaya simboliza estatus y herencia cultural, consolidándose como un pilar en el patrimonio cultural del país (Joyas del Tiempo, s.f.).

La incorporación de tecnologías modernas, especialmente la impresión 3D, presenta tanto desafíos como oportunidades para la orfebrería. Esta tecnología mejora la precisión, reduce el desperdicio de materiales y optimiza las condiciones ergonómicas de los artesanos, lo que resulta beneficioso en términos de salud y eficiencia laboral (Joyas del Tiempo, s.f.). Además, facilita la competitividad en el mercado global al mantener la autenticidad artesanal y crear nuevas oportunidades económicas en el sector (Castillo, s.f.).

Tradicionalmente, técnicas como el grabado y la filigrana requerían gran habilidad manual y esfuerzo físico, lo que frecuentemente resultaba en posturas incómodas y movimientos repetitivos que impactaban la salud de los artesanos (Nelson Jewellery Arts, s.f.). Con la llegada de herramientas como el diseño asistido por computadora (CAD) y la impresión 3D, se observa una transformación en el proceso productivo, que permite

reducir tanto el tiempo como el esfuerzo manual, disminuyendo así el riesgo de lesiones y promoviendo la personalización en el diseño (Nelson Jewellery Arts, s.f.; GIA, s.f.).

La combinación de técnicas tradicionales y herramientas modernas ofrece una ventaja competitiva a los orfebres uruguayos, quienes pueden preservar la autenticidad de sus piezas mientras optimizan la ergonomía y la eficiencia de su labor. La impresión 3D, en particular, permite la creación de moldes complejos y detallados que luego pueden ser refinados a mano, preservando el valor cultural y artesanal de las técnicas tradicionales sin perder relevancia en el mercado global (Muñoz-Mesa & Sánchez-Trujillo, 2016).

Consideraciones:

En resumen, la literatura sugiere que la orfebrería está en un punto de inflexión, donde la adopción de tecnologías como la impresión 3D puede ofrecer beneficios significativos en términos de eficiencia, personalización y reducción de riesgos laborales. Sin embargo, el principal reto es equilibrar la innovación tecnológica con la preservación de la autenticidad artesanal, un aspecto fundamental en la orfebrería tradicional. Estos hallazgos ofrecen un marco sólido para entender los desafíos y oportunidades actuales de la industria, y orientan la presente investigación sobre la incorporación de la impresión 3D en la orfebrería uruguaya.

2.6 Casos de estudio a nivel local y Antecedentes

Para obtener una visión integral del impacto y las oportunidades de la tecnología de impresión 3D en la orfebrería tradicional, es esencial analizar tanto los casos de orfebres que han integrado la impresión 3D como aquellos que aún no lo han hecho. Esta diversidad de enfoques permitirá identificar tanto los beneficios tangibles como los desafíos que enfrentan los talleres en diferentes etapas de adopción tecnológica.

- **Casos de estudio de orfebres que utilizan impresión 3D**

Los casos de estudio de orfebres que ya han incorporado la impresión 3D en sus procesos brindarán una comprensión clara de cómo esta tecnología ha afectado la eficiencia, calidad, personalización de las piezas y las condiciones ergonómicas. Se podrán evaluar mejoras en los tiempos de producción, el control del desperdicio de materiales y la creatividad en los diseños, alineándose con los objetivos de este proyecto.

- **Casos de estudio de orfebres que aún utilizan métodos tradicionales**

Los casos de estudio de orfebres que aún no han adoptado la tecnología proporcionarán un análisis

de las prácticas tradicionales, identificando los puntos críticos en términos de eficiencia, ergonomía y sostenibilidad. Esto permitirá explorar cómo la incorporación de la impresión 3D podría ayudar a estos talleres a mejorar en áreas clave, optimizando los procesos sin perder la autenticidad artesanal.

- **Comparación y análisis de oportunidades de mejora**

El análisis de estos casos permitirá establecer una comparación entre los dos enfoques y destacar las oportunidades de mejora, así como las barreras que podrían estar impidiendo la adopción de la tecnología en los talleres uruguayos.

2.6.1 Antecedentes seleccionados/ Talleres de Orfebrería

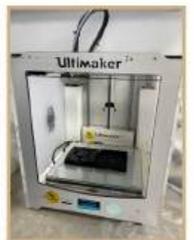
Justificación de la Selección

La selección de talleres fue fundamental para realizar un análisis comparativo exhaustivo entre los métodos tradicionales y aquellos que integran la tecnología de impresión 3D en la orfebrería. Este enfoque permitirá evaluar directamente, en un entorno real, cómo la tecnología impacta la ergonomía, la calidad del trabajo, la organización del espacio y la distribución de las tareas.

Los criterios de selección incluyeron tanto talleres que mantienen métodos tradicionales como aquellos que ya han adoptado tecnologías avanzadas. Esta dualidad permitirá contrastar y analizar las mejoras en eficiencia, calidad, y condiciones ergonómicas que surgen de la incorporación de la impresión 3D. La colaboración activa de los talleres seleccionados garantiza un acceso completo a sus procesos, lo cual es esencial para obtener resultados representativos y fiables. Además, la disposición de los orfebres a compartir sus experiencias y enfoques tecnológicos contribuye a una comprensión profunda del proceso productivo y los desafíos ergonómicos.

Talleres Seleccionados:

- **Taller 1 (Emilio Coitiño):** Ubicado en Emilio Frugoni 1334. Este taller ha comenzado a integrar la impresión 3D, lo que lo convierte en un caso interesante para estudiar la transición de las técnicas artesanales hacia la tecnología.
- **Taller 2 (María La Gamma):** Ubicado en Asamblea 4622 apto 013. Representa un enfoque puramente artesanal, utilizando técnicas tradicionales transmitidas de generación en generación.
- **Taller 3 (Isaias Sánchez):** Ubicado en Andes 1293 apto 707. Este taller, de estilo tradicional y ubicado en Montevideo, proporciona un punto de referencia para los procesos artesanales sin intervención tecnológica.
- **Taller 4 (Pedro Santoro - Talleres de Metales FADU):** Ubicado en Facultad de Arquitectura, Bulevar Artigas, salón 22. Este taller cuenta con impresoras 3D que son utilizadas por los estudiantes en sus procesos productivos, permitiendo observar la adaptación de la tecnología en un entorno de aprendizaje y experimentación.



Capítulo 03: Trabajo de campo

3.1 Esquema Visual ESTUDIO DE CAMPO

3.1.1

Presentación del Flujo del Trabajo Tradicional

Documentar el flujo de trabajo tradicional completo en orfebrería, identificando los puntos críticos en términos de esfuerzo físico y ergonomía.

3.1.2

Integración de la Tecnología 3D en el Flujo del Trabajo

Comparar el flujo de trabajo tradicional con el que integra la impresión 3D en términos de eficiencia, ergonomía y calidad.

3.1.3

Observación Directa y Registro Fotográfico

Documentar el flujo de trabajo y registrar herramientas y posturas en talleres tradicionales y aquellos con impresión 3D.

3.1.4

Entrevistas Semiestructuradas

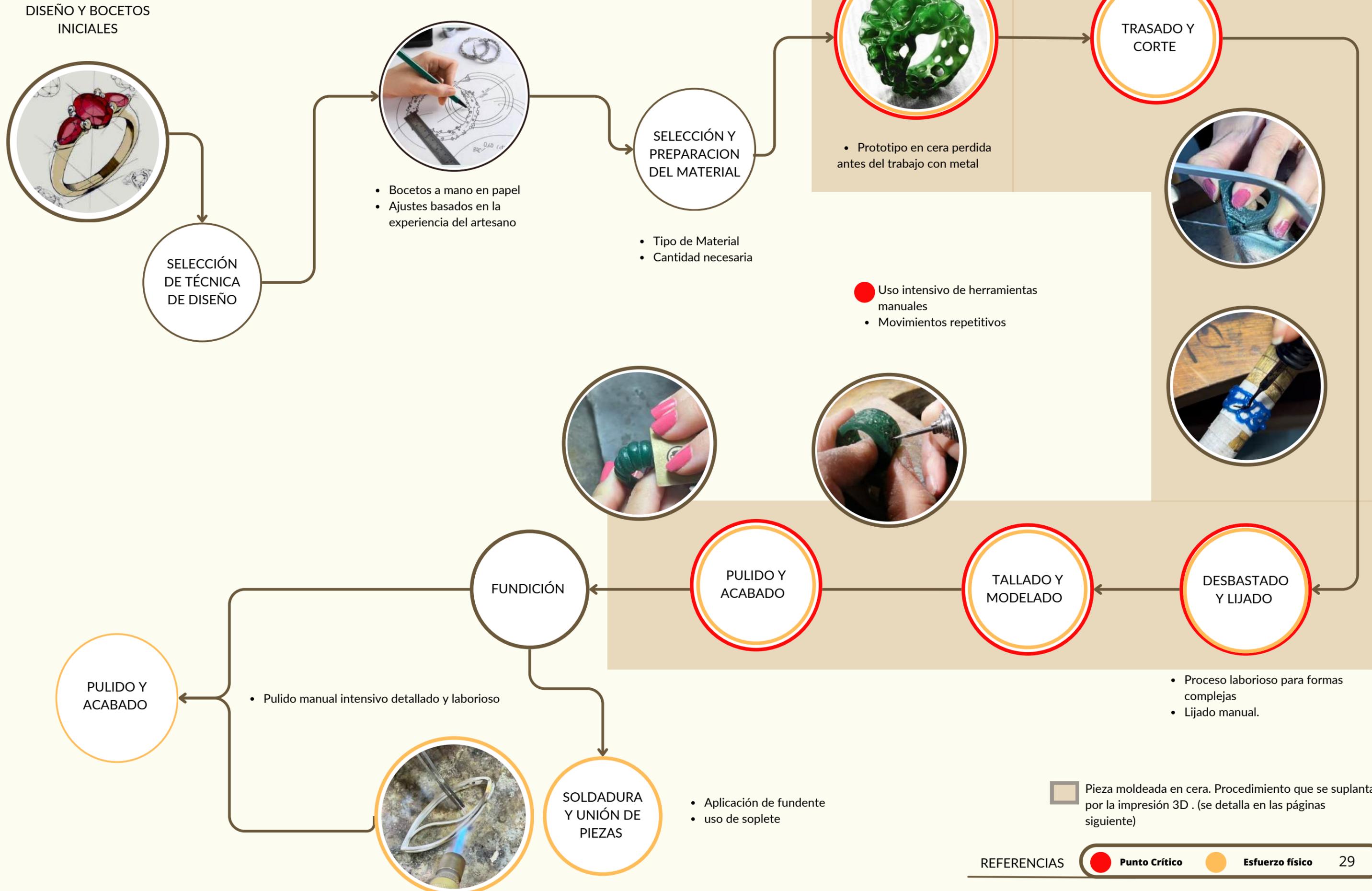
Explorar las percepciones de los orfebres sobre las diferencias entre métodos tradicionales y con impresión 3D.

3.1.5

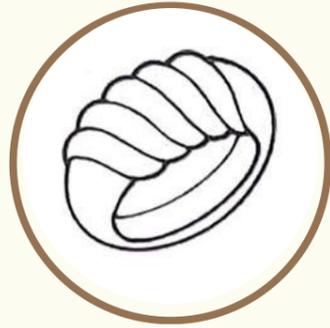
Cuestionario

Recopilar datos cuantitativos y cualitativos sobre el impacto de la impresión 3D en la eficiencia, calidad, tiempos y ergonomía.

ORFEBRERÍA TRADICIONAL
RUTA B/ CERA PERDIDA



DISEÑO DEL MODELO EN CERA



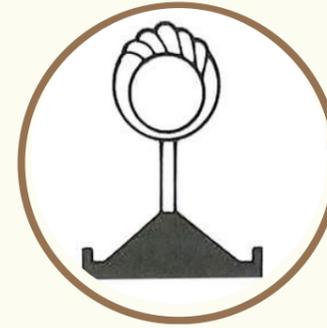
El primer paso es esculpir o modelar la pieza deseada en cera. Este modelo de cera debe ser una réplica exacta de la pieza final que se desea obtener en metal.

CANALES DE ALIMENTACIÓN



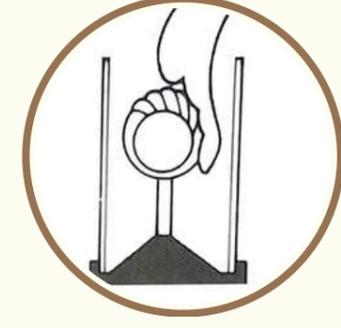
Se agregan canales de alimentación de cera y conductos de ventilación para realizar la fundición.

ENSAMBLAJE DE PATRONES



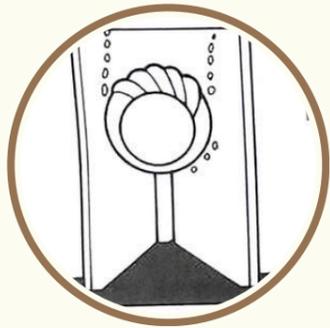
Los patrones de cera se ensamblan en un árbol de colada o ramillete. Los alimentadores de cera (canales de alimentación) están conectados en ángulo a la pieza principal para permitir un mejor flujo del metal fundido. El "árbol" generalmente tiene una base o punto central al que se adhieren las diferentes piezas de cera, asegurando que haya un flujo eficiente del material durante la colada.

RECUBRIMIENTO O INVERSIÓN



El ensamblaje de cera (árbol y patrones) se coloca en un cilindro o molde de colada. Luego, se vierte un material refractario (como yeso especial o cerámica) alrededor del modelo de cera, cubriéndolo completamente. Esto crea un molde negativo de la pieza. Este molde se deja secar completamente para evitar defectos durante la fundición.

FUNDIDO DE LA CERA (PERDIDA)



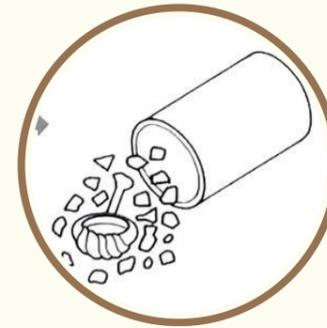
El cilindro con el molde seco se coloca en un horno de cocción. La temperatura elevada derrite la cera, que se drena a través de los conductos de ventilación, dejando un espacio vacío en forma exacta del diseño en cera dentro del molde. Este proceso da origen al término "cera perdida", ya que la cera se pierde durante esta fase.

FUNDICIÓN DEL METAL



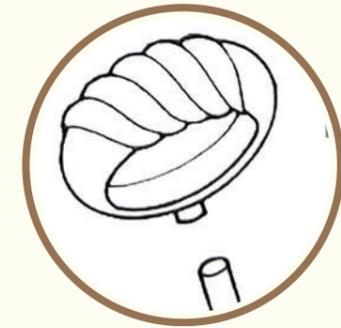
Una vez que la cera ha sido completamente eliminada, el molde se precalienta para evitar choques térmicos. Luego, se vierte el metal fundido (oro, plata u otros metales) en el molde a través del canal de alimentación. El metal llenará el espacio dejado por la cera.

ENFRIADO Y ROMPIMIENTO DE MOLDE



Después de que el metal se enfría y solidifica, el molde refractario se rompe cuidadosamente, revelando la pieza de metal en bruto.

CORTE DE LOS CANALES Y ACABADO



Las piezas de metal recién fundidas aún están conectadas al "árbol" o canales de alimentación. Se cortan estos conductos y se comienza con el proceso de acabado, que incluye limado, lijado, y pulido para eliminar imperfecciones y lograr la pieza final.

3.1.1 Detalle del flujo de trabajo tradicional:

El proceso de fabricación de joyería tradicional sigue pasos generales que pueden variar según el diseño específico de la pieza. A continuación, se presentan las dos rutas principales, cada una desglosada en etapas:

1. Diseño y Bocetos Iniciales:

1.1 Conceptualización de la Pieza

- **Inspiración y Referencias:** Recolección de ideas, conceptos y referencias visuales para definir la estética de la pieza.
- **Definición del Propósito y Función:** Decisión sobre el tipo de joya (anillo, collar, etc.) y sus características funcionales.

1.2 Creación de Bocetos

- **Dibujos Preliminares:** Bocetos a lápiz que exploran formas y proporciones.
- **Refinamiento del Diseño:** Selección y perfeccionamiento de un boceto que representará la visión final.

1.3 Diseño Técnico

- **Planos y Mediciones:** Creación de un diseño técnico con medidas precisas y vistas múltiples (frontal, lateral, superior).
- **Selección de Materiales y Técnicas:** Decisión sobre el material (plata 950, oro 18k, etc.) y el método de producción.

2. Elección del Camino de Producción

- **Ruta A: Trabajo Directo sobre el Material**
Se trabaja directamente con metal, sin molde de cera.
- **Ruta B: Prototipado con Cera Perdida**
Se crea un modelo en cera que se utilizará para fundición.

Ruta A: Trabajo Directo sobre el Material

A.1 Selección y Preparación del Material

- **Elección del Metal:** Selección del material más adecuado según el diseño.
- **Pesado Preciso:** Medición de la cantidad exacta de metal para minimizar desperdicio.

*Para más detalles sobre Materiales más utilizados en orfebrería, ver **Apéndice E**.*

A.2 Recocido del Metal

- **Ablandamiento:** Calentamiento del metal para mejorar su maleabilidad antes del conformado.

A.3 Laminado y Estirado

- **Laminado:** Creación de láminas de metal con espesores uniformes.
- **Estirado:** Producción de alambres del grosor necesario mediante hileras.

A.4 Corte y Trazado

- **Marcado:** Delineación del diseño sobre la lámina o alambre.
- **Corte:** Uso de sierras de joyero o cizallas para obtener las piezas.
- **Lijado Inicial:** Suavizado de bordes para prepararlos para el modelado.

A.5 Forjado y Modelado

- **Aplanado y Curvado:** Modelado del metal mediante martillos y matrices.
- **Texturizado:** Aplicación de patrones decorativos usando herramientas especializadas.

Ruta B: Prototipado con Cera Perdida

B.1 Selección y Preparación de la Cera

- **Elección de la Cera:** Según los requerimientos del diseño (rígida, blanda o intermedia).
- **Preparación Inicial:** Corte de la cera en bloques adecuados al tamaño del modelo.

B.2 Trazado y Corte del Diseño

- **Marcado en la Cera:** Diseño trazado directamente sobre la superficie.
- **Corte Preciso:** Uso de bisturíes y herramientas para definir la forma inicial.

B.3 Modelado del Prototipo

- **Adición y Retiro de Material:** Uso de calor o herramientas para ajustar el volumen de la pieza.
- **Texturizado:** Aplicación de detalles decorativos en la superficie.

B.4 Verificación y Preparación

- **Inspección Final:** Ajuste de proporciones y eliminación de imperfecciones.
 - **Adición de Canales:** Incorporación de sistemas de alimentación para fundición.
-

3. Proceso Compartido: Ensamble y Acabado

3.1 Soldadura y Unión de Piezas (si aplica)

- **Preparación:** Limpieza de superficies y ajuste preliminar de las piezas.
- **Proceso de Soldado:** Calentamiento uniforme con soplete para unir las partes.
- **Limpieza Posterior:** Uso de soluciones decapantes para eliminar residuos.

3.2 Desbastado y Lijado

- **Desbastado Inicial:** Uso de limas gruesas para eliminar material sobrante.
- **Lijado Fino:** Refinamiento con lija de diferentes granulometrías.

3.3 Tallado y Grabado (Opcional)

- **Técnicas de Grabado:** Aplicación de patrones o inscripciones mediante buriles y herramientas rotativas.

3.4 Engarce de Piedras (si aplica)

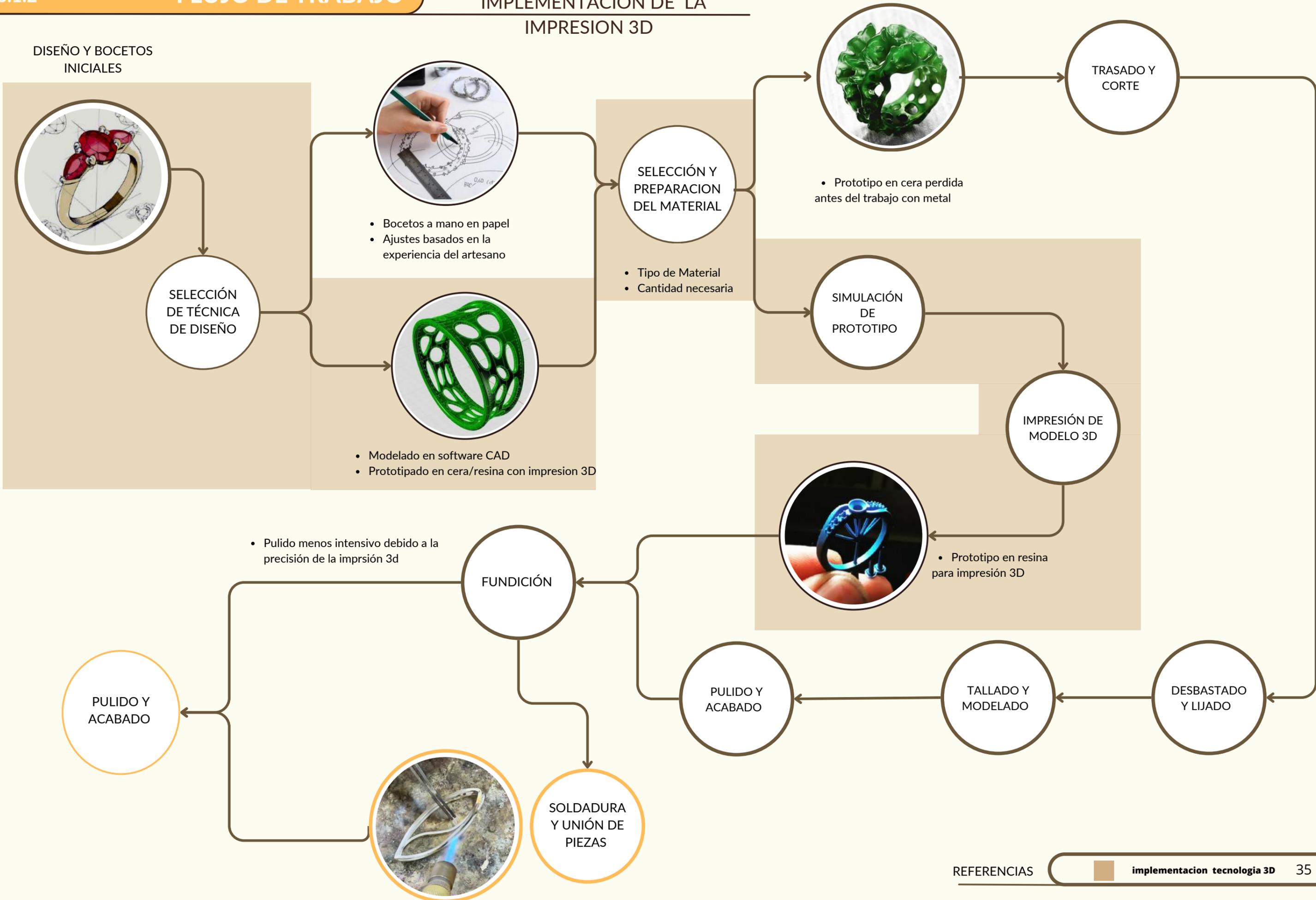
- **Preparación del Engaste:** Creación de espacios específicos para las piedras.
- **Fijación:** Colocación y aseguramiento de las piedras mediante técnicas como biselado o grifas.

4. Pulido y Acabado Final

- **Pulido Preliminar:** Uso de ruedas de pulido para suavizar la superficie.
- **Pulido Detallado:** Logro del brillo final mediante paños suaves y pastas finas.
- **Limpieza Final:** Eliminación de residuos de pulido para un acabado impecable.

5. Control de Calidad y Empaque

- **Inspección General:** Verificación de medidas, calidad de soldaduras y acabado.
- **Empaque:** Protección y presentación de la joya para su entrega o venta.



3.1.2 Detalle del Flujo de Trabajo con Integración de la Tecnología 3D

La incorporación de la impresión 3D en el flujo de trabajo de la orfebrería no reemplaza completamente los métodos tradicionales, sino que los complementa, facilitando ciertos procesos y mejorando la precisión, el control del diseño y reduciendo tiempos en la fabricación de modelos complejos. A continuación se detallan los pasos con la tecnología 3D integrada.

1. Diseño y Bocetos Iniciales con Software 3D

- **Conceptualización Digital de la Pieza:**
 - Al igual que en el proceso tradicional, se realiza la **inspiración y recopilación de referencias** visuales. Sin embargo, la conceptualización puede iniciarse directamente en un **software de diseño 3D**, lo que facilita la visualización y edición en tiempo real de la pieza.
- **Diseño Técnico Digital:**
 - En lugar de realizar dibujos a mano, el diseño se hace completamente en un **software de modelado 3D**. Esto permite generar vistas detalladas y simular la forma, proporciones y funcionalidad de la pieza con gran precisión.
 - El software permite la creación de vistas tridimensionales, cortes transversales y detalles minuciosos, lo que ahorra tiempo y evita errores durante la fabricación.
- **Simulación del Prototipo:**
 - **Simulación virtual** de la forma y apariencia del diseño antes de fabricarlo.

2. Impresión del Modelo 3D

- **Impresión 3D del Prototipo:**
 - Se sustituye el proceso manual de modelado en cera por la **impresión 3D directa del prototipo en resina** fundible. Esta impresión se realiza según el diseño CAD previamente creado.
 - **Ventajas:**
 - Alta precisión en detalles complejos, como texturas o geometrías difíciles de lograr manualmente.
 - Reducción significativa en el tiempo de producción para piezas con geometrías elaboradas.
 - Menor desgaste físico, ya que el orfebre no necesita tallar a mano el prototipo en cera.

3. Modificación del Material en Impresión 3D

- **Selección y Preparación del Material para Impresión:**
 - A diferencia de la preparación tradicional del metal, en este paso se **elige el material de impresión**, que puede ser resina fundible o cera específica para la técnica de fundición a la cera perdida.
- **Posprocesamiento del Modelo Impreso:**
 - Después de la impresión, se debe realizar un proceso de curado al material.

*Para más detalles sobre químicos utilizados en orfebrería, ver **Apéndice F**.*

4. Fundición a la Cera Perdida Usando el Modelo Impreso

- Este paso sigue siendo similar al método tradicional. La diferencia es que el **modelo impreso en 3D** reemplaza la pieza de cera tallada a mano.

5. Soldadura y Unión de Piezas (Posibles Ajustes)

- En lugar de realizar ajustes manuales en los elementos que no encajan perfectamente, la **precisión del diseño 3D** y la impresión permite que las piezas encajen mejor, reduciendo el tiempo y la complejidad de las uniones.

6. Desbastado y Lijado

- En esta etapa, la **precisión de la impresión 3D** minimiza la cantidad de desbastado necesario, especialmente en áreas detalladas que normalmente serían más difíciles de perfeccionar manualmente.

7. Pulido y Acabado Final

- El **pulido y acabado final** sigue el proceso tradicional, pero debido a la calidad y precisión de las piezas impresas, puede requerir menos tiempo y esfuerzo.

8. Control de Calidad y Finalización

- El control de calidad se puede hacer de manera más eficiente debido a la **homogeneidad** en la producción que proporciona la impresión 3D. Esto permite evaluar con más precisión las piezas sin necesidad de corregir tantas imperfecciones manuales.

COMPARACIÓN DE FLUJOS

FUNDICIÓN A LA CERA PERDIDA

DISEÑO Y BOCETOS INICIALES



- Bocetos a mano en papel
- Ajustes basados en la experiencia del artesano

SELECCIÓN Y PREPARACION DEL MATERIAL

- Tipo de Material
- Cantidad necesaria

TRASADO Y CORTE

DESBASTADO Y LIJADO

TALLADO Y MODELA

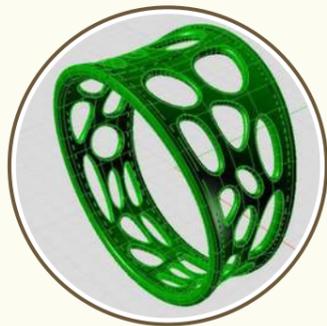
PULIDO ACABADO



- Prototipo en cera perdida antes del trabajo con metal

IMPLEMENTACION DE LA IMPRESION 3D

DISEÑO DIGITAL



- Modelado en software CAD
- Prototipado en resina con impresion 3D

SELECCIÓN Y PREPARACION DEL MATERIAL

- Tipo de Material

SIMULACIÓN DE PROTOTIPO

IMPRESIÓN MODELO 3D



- Prototipo en resina para impresión 3D

FUNDICIÓN

3.1.3 Observación directa y Registro fotográfico

Introducción:

La observación directa y el registro fotográfico son herramientas esenciales para comprender los procesos de trabajo en la orfebrería, especialmente en el contexto de la incorporación de la tecnología de impresión 3D. Durante más de 96 horas, se realizaron observaciones en varios talleres, tanto tradicionales como aquellos que integran esta tecnología, para evaluar cómo estas prácticas impactan la ergonomía y la eficiencia del trabajo artesanal.

Datos Generales

- Lugar de la observación: Talleres 1, 2, 3, 4.
- Duración de la observación: Más de 96 horas.
- Tarea observada: Las involucradas en los procesos productivos.
- Tecnología utilizada: Tradicional e impresión 3D.

1. Diseño y Bocetos Iniciales

- Conceptualización de la Pieza
- Definición de la función
- Creación de Boceto a mano
- Diseño Técnico

Compás



Calibrador

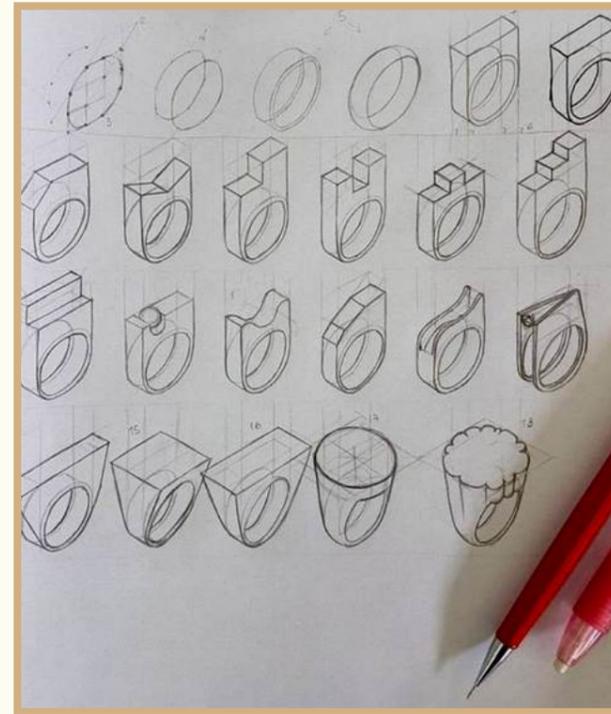
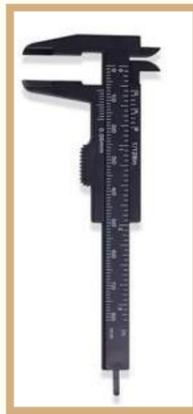


Figura 2. Boceto anillos. Fuente: Pinterest
<https://i.pining.com/736x/b9/1a/b6/b91ab60656bbb43129c6feaed1afd09.jpg>

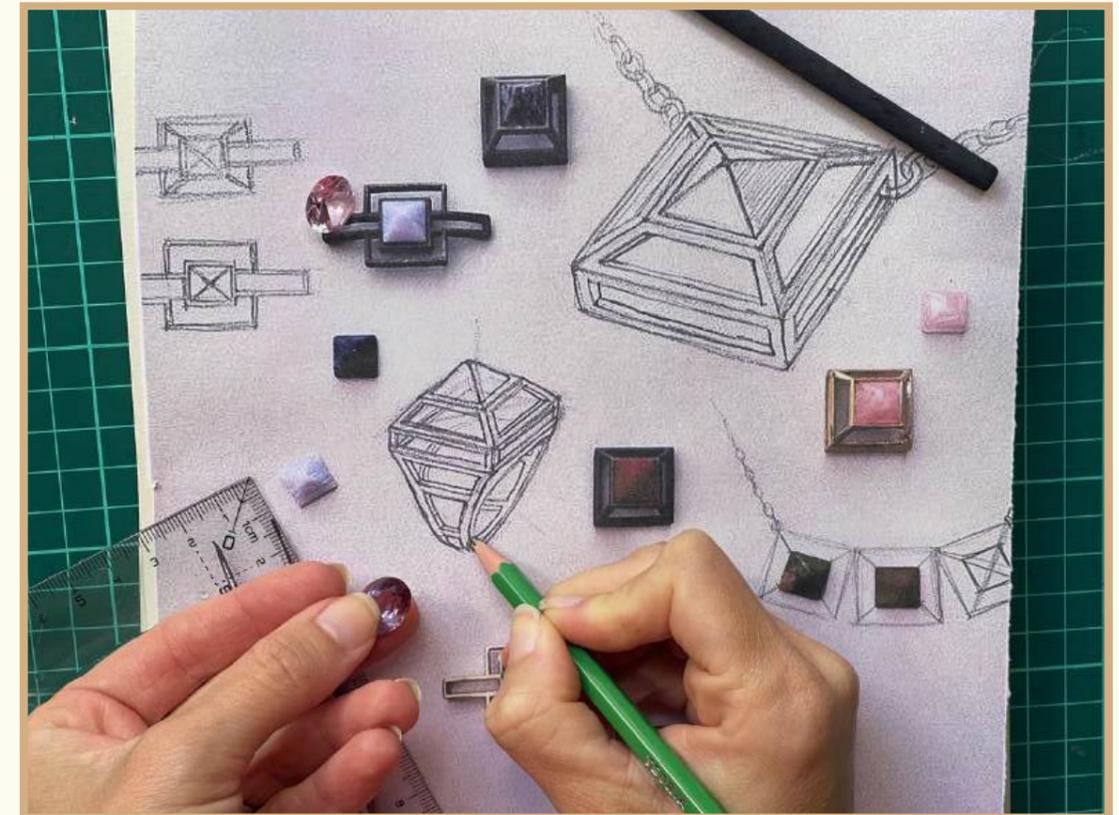


Figura 1. Bocetos, detalles. Recuperado de:
<https://www.pexels.com>

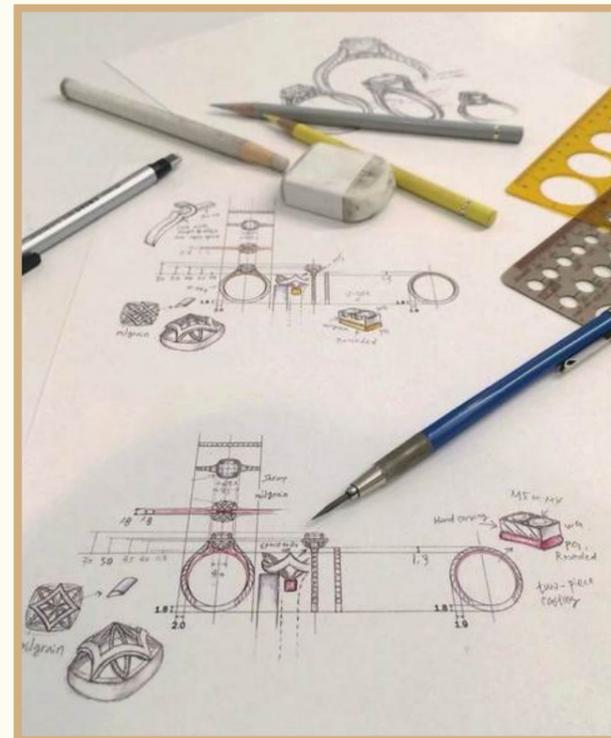


Figura 3. Lee, C. (s. f.). Jewelry design portfolio [Boceto a mano].
 Behance:<https://www.behance.net>

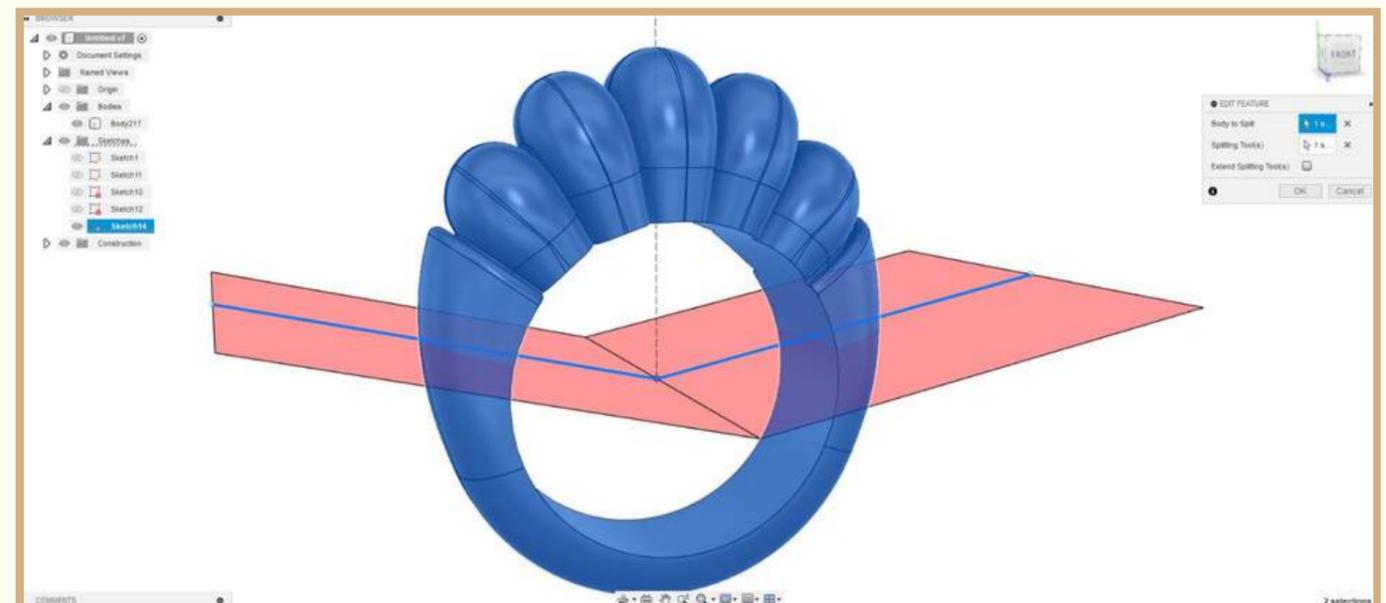
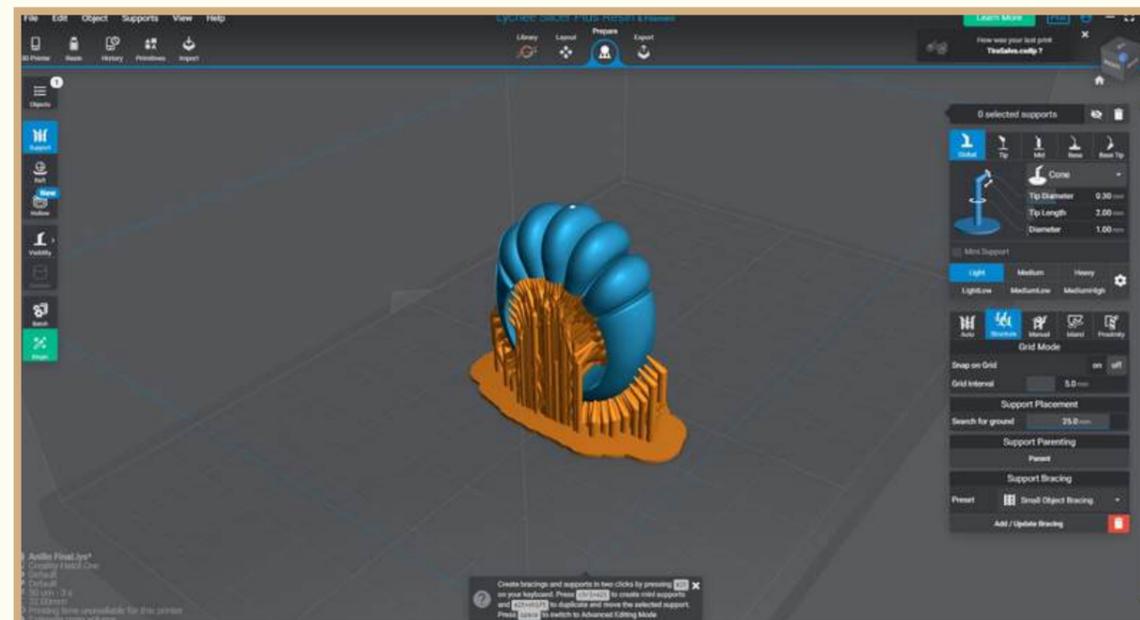
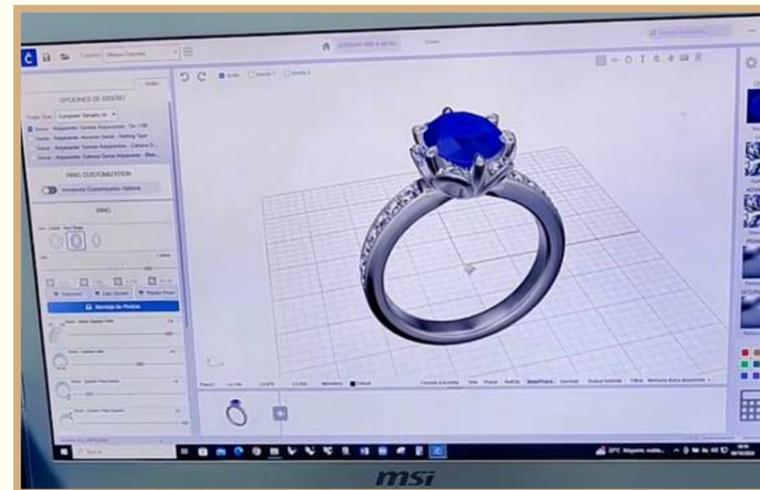
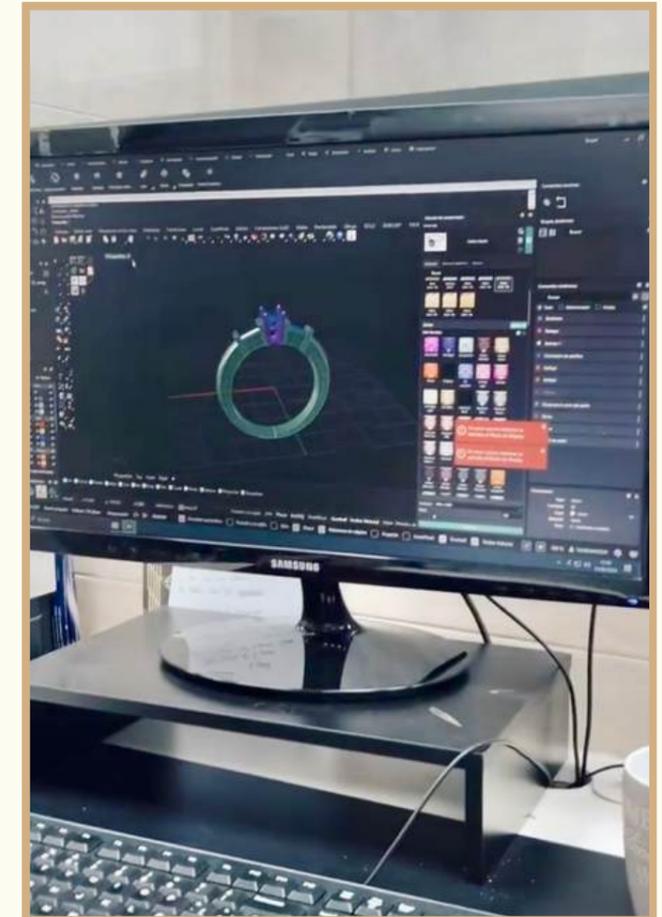
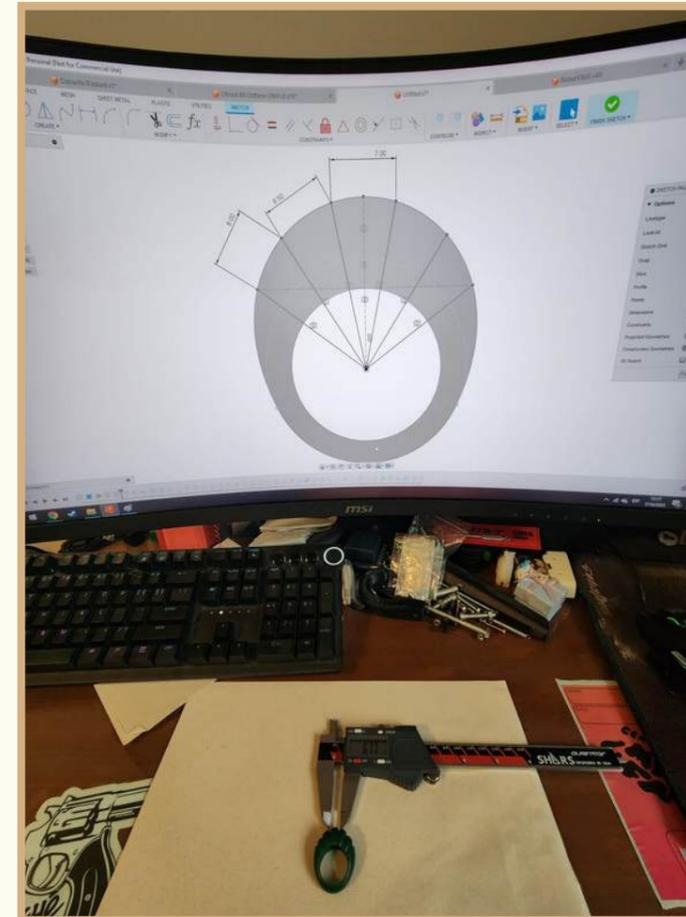
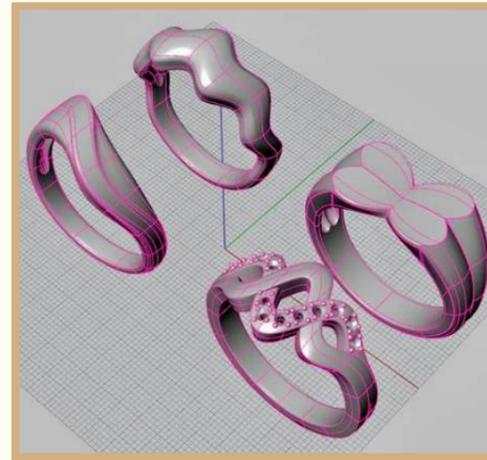


1. Diseño y Bocetos Iniciales

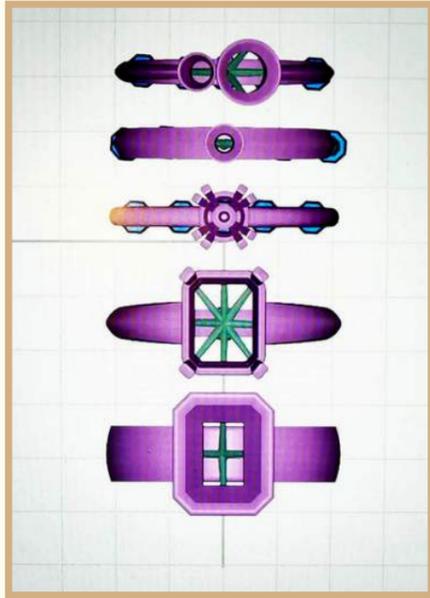
- Simulación y Prototipos (opcional)
- Prototipo impresión 3D

Modelado 3D:

- Fusion 360
- Blender
- ZBrush
- 3DS MAX
- Rhinoceros
- Tableta de dibujo dropar



1. Diseño y Bocetos Iniciales



Figuras 4 . Cinco anillos impresos en 3D de dos vistas diferentes.(Imagen obtenida de Quimbaya Orfebrería)



Figura 5: „Nervous System, "Double Pendant," Nervous System online store, accessed November 4, 2024, <https://n-e-r-v-o-u-s.com>



Figura 6: Nervous System, "Radial Ring," Nervous System online store, accessed November 4, 2024, <https://n-e-r-v-o-u-s.com>



- Impresora de Resina:
Las impresoras de tecnología SLA (estereolitografía) y DLP (procesamiento digital de luz) son populares debido a su capacidad para producir prototipos de alta precisión y detalles finos, esenciales para el trabajo en joyería.

- Impresora de Cera:
Estas impresoras permiten crear modelos en cera que pueden ser utilizados directamente en el proceso de fundición sin necesidad de pasar por moldes intermedios, lo que ahorra tiempo y aumenta la precisión del resultado final.



2. Selección de Materiales

Materiales en su estado inicial

- Plata 950
- Plata piña
- Oro 18k
- Oro 14k
- Cobre
- Bronce
- Latón
- Alpaca
- Hierro
- Piedras preciosas



Figura 7. Textura de roca natural en vista cenital (Plata). (Imagen de Freepik)



Figura 8. Raw gold. (Imagen de Freepik)



Figura 9. Ejemplo de cobre en estado natural. (Imagen de Wikipedia)



Figura 10. Amatista. (Imágenes de Wikipedia)



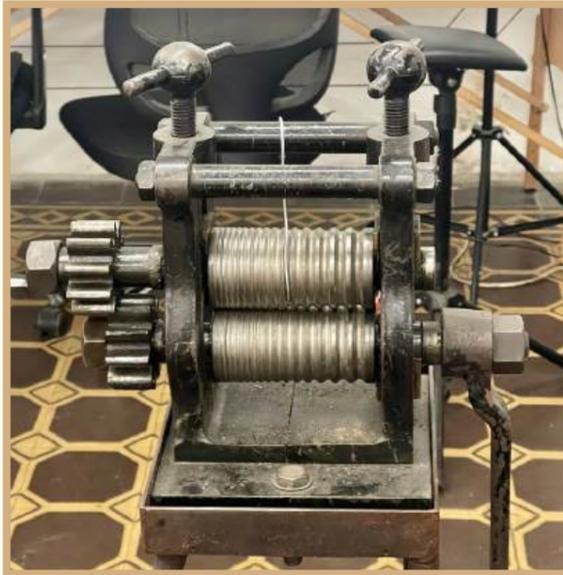
Figura 11. Rubí. (Imágenes de Wikipedia)



Figura 12. Esmeralda (Imágenes de Wikipedia)

3. Laminado y Estirado

- Laminadora: máquina con rodillos de acero que se utiliza para reducir el espesor del metal y crear láminas de metal.
- Trefiladora: Placa de acero con agujeros de diferentes tamaños a través de los cuales se tira el metal para reducir su diámetro y estirarlo en forma de alambre.



4. Recocido de Metal

Soplete:

- utilizado para calentar el metal durante el proceso de forja y soldadura.



5. Corte y Lijado

- con sierra
- con Cizalla

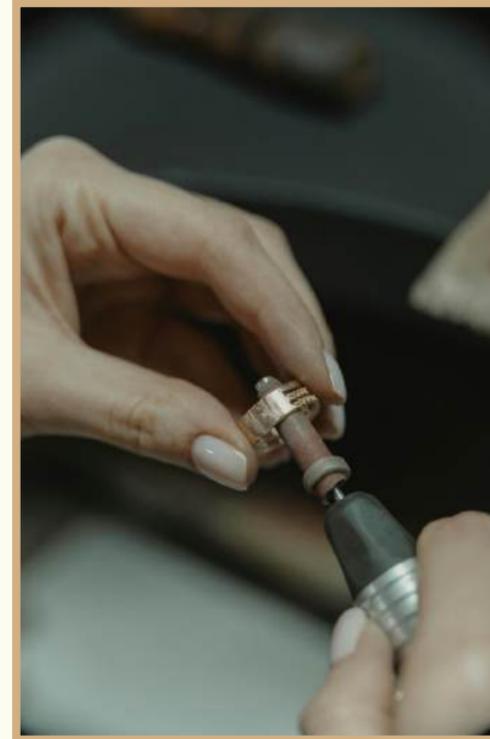
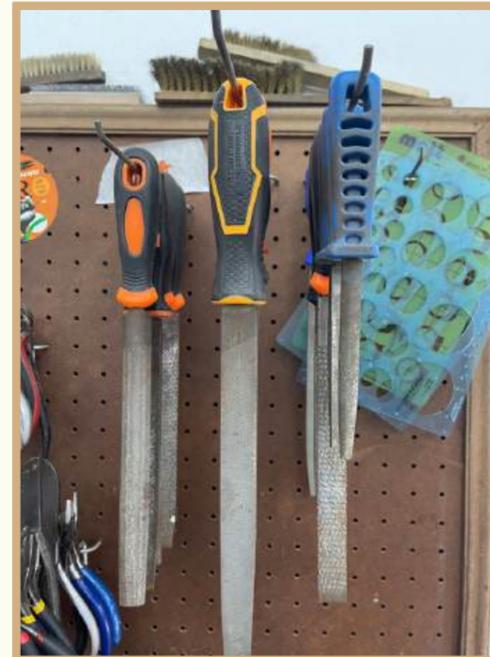


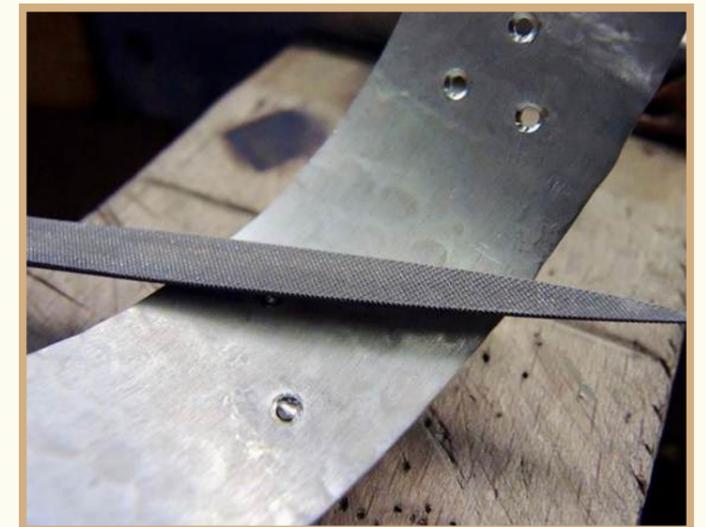
Figura 13. Proceso de lijado de un anillo en taller de joyería. (Fotografía de Ilya Salimov, Pexels) Recuperado de: <https://www.pexels.com>

Limas:

Finas, Media y Gruesa



Lijado



6. Forjado y Modelado



Figura 14. Modelado con troquel. (Fotografía de Tima Miroshnichenko, Pexels) de: <https://www.pexels.com>



Figura 15. Modelado anillo. (Fotografía de Tima Miroshnichenko, Pexels) Recuperado de: <https://www.pexels.com>



Figura 16. Mandril. (Fotografía de Artem Beliaikin, Pexels) <https://www.pexels.com>



Troqueles

- utilizados para cortar y estampar formas específicas en el metal

Yunques y Tasas:

- Yunque de Joyería: Superficie sobre la cual se trabaja el metal para darle forma.
- Tasas de Acero: Herramientas curvas utilizadas para modelar metal en formas cóncavas o convexas

Martillos:

- Martillos de bola: utilizado para dar forma y redondear el metal.
- Martillo de forja : utilizado para dar forma general al metal.
- Martillo de repulsado: utilizado para dar forma cóncava o convexa al metal.
- Martillo de textura: crea texturas y patrones en la superficie de metal.

Cincelado:

- Técnica en la que se utiliza un cincel para cortar y modelar detalles en la superficie del metal.

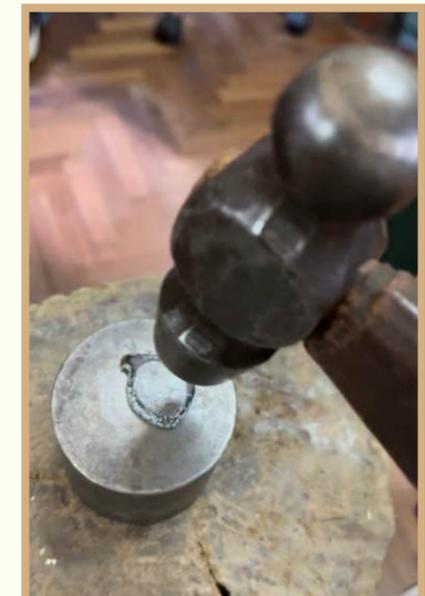


Figura 17. Técnicas de cincelado y repujado en orfebrería. (Imagen de San Cayetano) <https://www.sanca.yetano3.com>

7. Soldadura y Unión de Piezas

Soplete:

- Se usa para calentar el metal hasta que la soldadura se funde y una las piezas. Es esencial para lograr una temperatura controlada y uniforme.



Fundente:

- Un material que se aplica sobre las áreas de soldadura para evitar la oxidación y ayudar a que la soldadura fluya correctamente.



Rejilla de soldadura:

- Superficie resistente al calor donde se colocan las piezas para el soldado.
- Piedras refractarias o ladrillos de carbón: Se usan para reflejar el calor y ayudar a concentrarlo en las áreas específicas de la soldadura.



Figura 18. Soldando pieza de joyería. (Imagen de Class and Jewellery)

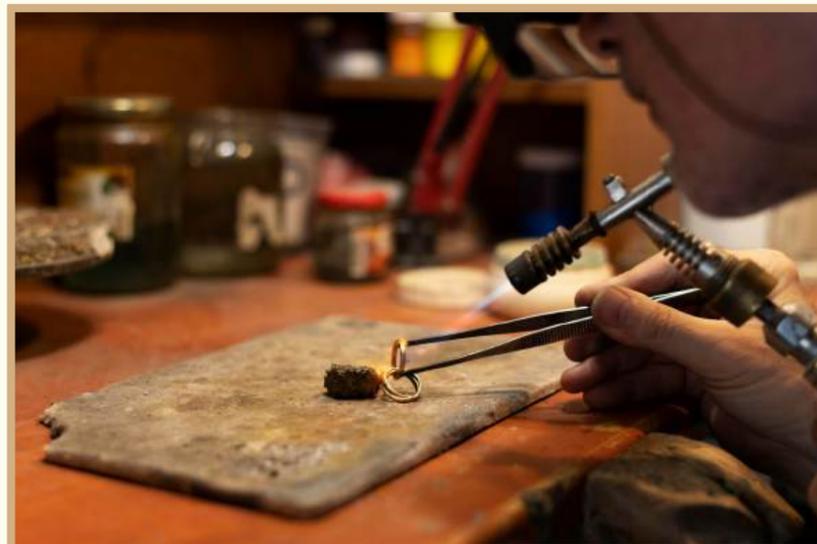


Figura 19. Soldadura de piezas. (Imagen de Freepik)



Figura 20. Vista superior del proceso de union de piezas en un anillo. (Imagen de Freepik)



Figura 21. Manos de un joyero trabajando en la creación de una joya. (Imagen de Freepik)

8. Desbastado y Lijado Fino

Para alisar las uniones y corregir imperfecciones después de la soldadura.



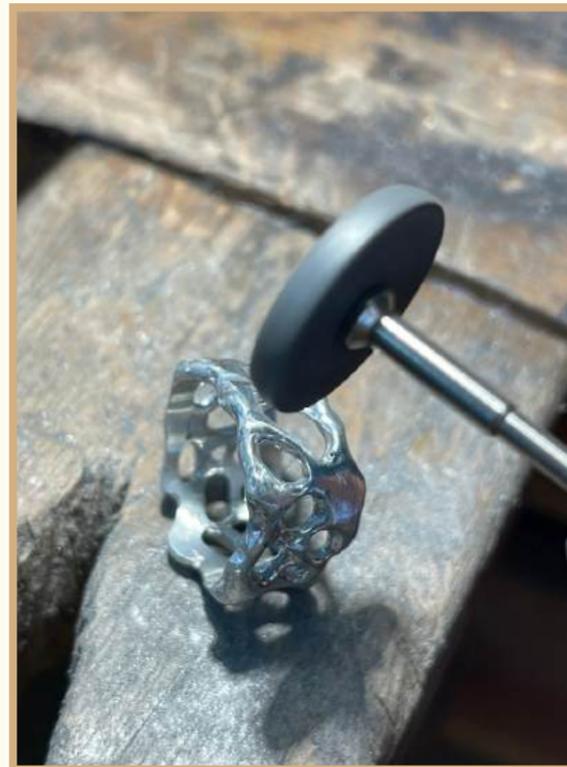
Decapante (solución ácida):

- Se utiliza después de la soldadura para limpiar el metal de cualquier residuo de fundente, oxidación o manchas de calor.

Figura 22. Hombre sosteniendo herramientas.
(Fotografía de Mikhail Nilov en Pexels)
<https://www.pexels.com>



Lijas de Papel:
Gramaje:
150/280/360/600/1200



10. Tallado / Grabado/ Engarce de piedras

- precisión y cuidado en los detalles.



Figura 23. Fuente: @blue.blue.driver, "Photograph of an engraving titled 'La Paz,'" Instagram, 2023
https://www.instagram.com/p/DBw9mMxStr1/?img_index=1



Figura 24. Fuente: @blue.blue.driver, "Photograph of jewelry or artwork," Instagram, 2023.
https://www.instagram.com/p/Cro5Zz4uT43/?img_index=1

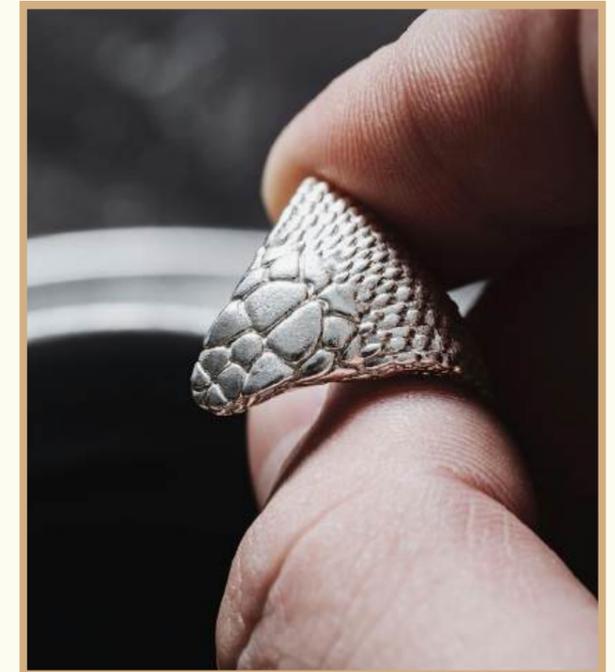


Figura 25. Hombre sosteniendo herramientas. (Fotografía de Mikhail Nilov en Pexels)
<https://www.pexels.com>



Figura 26. Engarce de piedras preciosas. (Imagen de Freepik)



11. Pulido y Acabado Final



Figura 27. Pulido con torno. (Imagen de Freepik)

Torno y puntas



Sepillos para Pulidoras

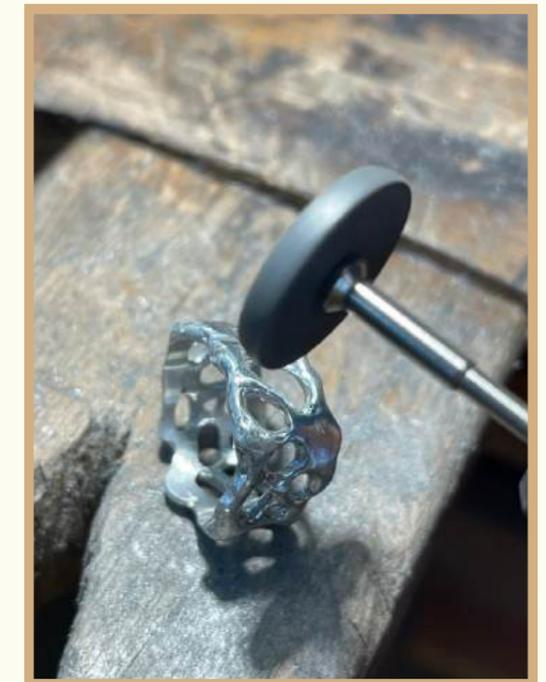


Figura 28. Pulido interior de la pieza. (Imagen de Freepik)

3.1.4 Entrevistas Semiestructuradas

Objetivo: Obtener una visión detallada de las experiencias, percepciones y expectativas de los artesanos en relación con la incorporación de la tecnología de impresión 3D.

Se formularon preguntas que exploren las experiencias de los artesanos con la tecnología, así como los desafíos y oportunidades percibidos. Se realizaron 4 entrevistas en profundidad con los artesanos, enfocándose en la comparación entre los métodos tradicionales y la tecnología 3D, y su impacto en la ergonomía.

Se seleccionan 3 artesanos representativos de orfebres tradicionales que varíen en términos de experiencia, edad, y especialización y se asegura la inclusión de artesanos que ya han comenzado a integrar la tecnología de impresión 3D y aquellos que no.

Entrevista Semiestructurada a Orfebres que No Han Incorporado la Tecnología de Impresión 3D

1. Experiencias y Desafíos Actuales

- Pregunta: *"¿Cuáles son los mayores inconvenientes que te encuentras cuando trabajas en tus piezas a mano? ¿Crees que estos problemas afectan el tiempo que te lleva hacer cada pieza o la calidad del resultado final?"*
- Propósito: Queremos que el orfebre comparta las dificultades que enfrenta con los métodos tradicionales y cómo éstas afectan su trabajo.

2. Percepción y Actitud hacia la Tecnología de Impresión 3D

- Pregunta: *"¿Qué piensas sobre la idea de usar impresión 3D en tu trabajo de orfebrería? ¿Te parece que podría ser útil? Si es así, ¿en qué aspectos crees que te ayudaría?"*
- Propósito: Explorar la opinión del orfebre sobre la impresión 3D y si está abierto a usarla en su trabajo.

3. Necesidades y Expectativas

- Pregunta: *"¿Hay alguna parte de tu trabajo que pienses que podría mejorar con la impresión 3D? Por ejemplo, alguna tarea que desearías que fuera más rápida o fácil."*
- Propósito: Identificar áreas específicas donde los artesanos creen que la tecnología podría hacer su trabajo más eficiente.

4. Ergonomía Laboral

- Pregunta: "*¿Cómo te sientes físicamente cuando trabajas? ¿Sientes que las posturas o movimientos que haces son incómodos? ¿Te parece que la impresión 3D podría hacer tu trabajo más cómodo?*"
- Propósito: Evaluar si los orfebres perciben que la impresión 3D podría ayudarles a reducir la fatiga y mejorar su comodidad.

Entrevista Semiestructurada a Orfebres que Han Incorporado la Tecnología de Impresión 3D

1. Experiencias y Desafíos Actuales

- Pregunta: "*¿Cuáles son los problemas o dificultades más grandes que enfrentas cuando trabajas en tus piezas a mano? ¿Cómo crees que estos problemas afectan el tiempo y la calidad de tu trabajo?*"
- Propósito: Conocer los retos que enfrentan los orfebres en su trabajo con métodos tradicionales y cómo estos afectan la calidad y eficiencia.

2. Percepción y Actitud hacia la Tecnología de Impresión 3D

- Pregunta: "*¿Qué opinas de usar impresión 3D en tu trabajo de orfebrería? ¿Te parece útil? ¿En qué te ha ayudado?*"
- Propósito: Indagar sobre la perspectiva del orfebre hacia la impresión 3D y cómo la ven en su trabajo.

3. Necesidades y Expectativas

- Pregunta: "*¿Hay alguna tarea en tu proceso que creas que podría mejorar con la impresión 3D? ¿Hay algo que te gustaría hacer más rápido o fácil?*"
- Propósito: Identificar qué partes del proceso podrían beneficiarse más de la impresión 3D.

4. Ergonomía Laboral

- Pregunta: "*¿Cómo te sientes físicamente al trabajar? Si usas impresión 3D, ¿ha cambiado algo en cuanto a la comodidad o el esfuerzo que pones?*"
- Propósito: Evaluar si la tecnología ha mejorado la ergonomía del trabajo y si se siente menos fatigado.

Cuestionario:

Se plantean preguntas: Para examinar el impacto en la eficiencia y calidad del trabajo artesanal.

- información demográfica
- evaluar el impacto en los tiempos de fabricación y desperdicio de materiales
- identificar desafíos ergonómicos

Estimado artesano:

Gracias por participar en esta encuesta sobre la integración de la tecnología de impresión 3D en la orfebrería tradicional. Tu opinión es fundamental para comprender los efectos de esta tecnología en la práctica artesanal. Por favor, responde con sinceridad y según tu experiencia personal.

1. Edad:

- Menos de 20 años
- 20-30 años
- 31-40 años
- 41-50 años
- Más de 50 años

2. Años de experiencia en orfebrería tradicional:

- Menos de 5 años
- 5-10 años
- 11-20 años
- Más de 20 años

3. ¿Has integrado la tecnología de impresión 3D en tu proceso productivo?

- Si
- No

Si la respuesta 3 es SI, se deriva a la siguiente sección de preguntas;

3.A ¿Por qué incorporaste la impresión 3D en tu proceso productivo?

- A) Para aumentar la precisión y detalle en los diseños
- B) Para reducir los tiempos de producción
- C) Para disminuir el desperdicio de material

- D) Para experimentar con nuevos diseños y técnicas
- E) Para mejorar la eficiencia en la fabricación de piezas complejas
- F) Por demanda de los clientes que buscan productos innovadores
- G) Para reducir el esfuerzo físico y mejorar la ergonomía del trabajo
- H) Otras (especificar): _____

4.A ¿Cómo crees que la integración de la impresión 3D ha afectado la eficiencia en tu proceso de trabajo?

- A) Ha aumentado significativamente
- B) Ha aumentado ligeramente
- C) No ha cambiado
- D) Ha disminuido ligeramente
- E) Ha disminuido significativamente

5.A ¿Has notado alguna diferencia en la calidad de los productos fabricados con impresión 3D en comparación con los métodos tradicionales?

- A) Mejor calidad con impresión 3D
- B) Igual calidad que con métodos tradicionales
- C) Peor calidad con impresión 3D

6.A ¿Sientes que la incorporación de la tecnología de impresión 3D ha influido en la autenticidad de tus creaciones?

- A) Sí, ha mejorado la autenticidad
- B) No ha tenido ningún efecto en la autenticidad
- C) Sí, ha disminuido la autenticidad

7.A ¿Has observado una reducción significativa en los tiempos de fabricación desde que comenzaste a utilizar la impresión 3D?

- A) Sí, una reducción significativa
- B) Sí, una reducción ligeramente
- C) No ha cambiado
- D) Sí, ha aumentado ligeramente
- E) Sí, ha aumentado significativamente

8.A ¿Cómo ha cambiado la cantidad de material utilizado en tus creaciones desde la adopción de la tecnología de impresión 3D?

- A) Ha disminuido significativamente
- B) Ha disminuido ligeramente
- C) No ha cambiado
- D) Ha aumentado ligeramente
- E) Ha aumentado significativamente

9.A ¿Qué cambios has experimentado en términos de posturas y movimientos desde que comenzaste a trabajar con impresión 3D?

- A) Menos fatiga y molestias
- B) Las mismas fatigas y molestias que con métodos tradicionales
- C) Más fatiga y molestias

10.A ¿Has enfrentado dificultades ergonómicas específicas al utilizar la impresión 3D en tu proceso de trabajo?

- A) Sí, relacionadas con la postura
- B) Sí, relacionadas con movimientos repetitivos
- C) No, no he enfrentado dificultades ergonómicas
- D) Otras (especificar): _____

11.A Pregunta abierta: ¿Hay algún otro aspecto relacionado con la integración de la tecnología de impresión 3D en la orfebrería tradicional que te gustaría compartir o que consideres importante para este estudio?

Si la respuesta 3 es NO, se deriva a la siguiente sección de preguntas;

3.B ¿Qué tareas dentro de tu proceso productivo sientes que te hacen perder más tiempo?

- A) Modelado
- B) Soldadura
- C) Lijado y pulido
- D) Ajuste de piezas
- E) Otras (especificar): _____

4.B ¿Qué tareas te generan más molestias físicas o incomodidad?

- A) Posturas prolongadas
- B) Movimientos repetitivos con las manos

- C) Uso de herramientas manuales pesadas
- D) Trabajo en espacios reducidos
- E) Otras (especificar): _____

5.B ¿En qué partes del cuerpo experimentas más fatiga o dolor durante el proceso de orfebrería?

- A) Manos y muñecas
- B) Espalda
- C) Cuello
- D) Hombros
- E) Piernas
- F) Otras (especificar): _____

6.B ¿Consideras que la incorporación de nuevas tecnologías, como la impresión 3D, podría reducir estas molestias o mejorar tu productividad?

- A) Sí, en gran medida
- B) Sí, en cierta medida
- C) No estoy seguro
- D) No, no creo que cambie
- E) Otras (especificar): _____

7.B ¿Qué aspectos de tu trabajo crees que se beneficiarían más si pudieras automatizar o hacer más eficientes algunas tareas?

- A) Reducción de tiempos en el modelado
- B) Reducción de movimientos repetitivos
- C) Mayor precisión en las piezas
- D) Menor desgaste físico
- E) Otras (especificar): _____

11.A Pregunta abierta: ¿Hay algún otro aspecto relacionado con la integración de la tecnología de impresión 3D en la orfebrería tradicional que te gustaría compartir o que consideres importante para este estudio?

Capítulo 04: Análisis de los Resultados

4.0 Introducción:

Este capítulo analiza el impacto de la impresión 3D en la orfebrería tradicional uruguaya, enfocado en eficiencia, calidad y ergonomía. A través de un enfoque mixto, se combinan datos cuantitativos sobre tiempos de producción, desperdicio de materiales y factores ergonómicos con análisis cualitativo de las percepciones de los orfebres, usando entrevistas y un análisis jerárquico de tareas en una pieza específica. El estudio permite comparar procesos tradicionales y digitales, ofreciendo una visión completa sobre cómo la impresión 3D influye en la eficiencia, ergonomía y percepción de autenticidad en el trabajo artesanal.

4.1 Análisis de Datos Cualitativos

4.1.1 Análisis entrevistas y cuestionarios

- Objetivo: Explorar la percepción de los orfebres sobre la incorporación de la tecnología de impresión 3D, y su impacto en la calidad y autenticidad del trabajo artesanal.
- Acciones:
 - Análisis temático de entrevistas y cuestionarios
 - Desafíos y Problemas en el Proceso Artesanal Tradicional
 - Percepción y Actitud hacia la Tecnología de Impresión 3D
 - Necesidades Identificadas y Expectativas sobre la Tecnología
 - Impacto en la Ergonomía Laboral

4.1.2 Análisis Jerárquico de Tareas

- Objetivo: Descomponer las actividades, tareas y operaciones de una pieza específica para identificar puntos críticos.
- Acciones:
 - Selección de una pieza específica para el análisis (como un anillo).
 - Realización de un análisis jerárquico de tareas del proceso tradicional y del proceso con impresión 3D.
 - Identificación de diferencias en el esfuerzo físico, precisión y tiempo entre ambos procesos.

4.2 Análisis de Datos Cuantitativos

- Objetivo: Medir el impacto de la tecnología de impresión 3D en eficiencia, calidad y ergonomía.
- Acciones:
 - Recolección de datos sobre **tiempos de fabricación, desperdicio de materiales**
 - **Mediciones ergonómicas**, como la postura corporal, movimientos repetitivos, y el uso de herramientas en las diferentes etapas del trabajo .
 - **Comparación cuantitativa** de los datos entre talleres con métodos tradicionales y aquellos con impresión 3D.

5. Evaluación de Factores Ergonómicos

- Objetivo: Identificar y evaluar factores ergonómicos físicos y organizacionales.
- Acciones:
 - Análisis de posturas, uso de herramientas y condiciones del espacio de trabajo.
 - Recomendaciones para mejorar la ergonomía con la integración de la impresión 3D.

6. Análisis de Comparativo

- Este apartado incluirá tablas comparativas entre los procesos tradicionales y los que integran la tecnología de impresión 3D. Las tablas permitirán visualizar claramente las diferencias en productividad, calidad, ergonomía y creatividad.

7. Conclusiones y Recomendaciones

- Objetivo: Sintetizar los hallazgos y proporcionar recomendaciones.
- Acciones:
 - Comparación del impacto de la tecnología 3D con los métodos tradicionales en eficiencia, calidad y bienestar del artesano.
 - Propuestas de mejoras ergonómicas y organizacionales basadas en las observaciones y análisis.

4.1 Análisis cualitativos

4.1.1 Resultados de las Entrevistas

4.1.1.1. Desafíos y Problemas en el Proceso Artesanal Tradicional

Las entrevistas revelaron que los orfebres enfrentan varios desafíos significativos en su trabajo artesanal tradicional, especialmente relacionados con la **precisión, tiempos de producción y el desgaste físico**.

Uno de los artesanos mencionó que la parte más compleja es lograr detalles finos en las piezas, lo que requiere largas horas de trabajo manual:

"A veces me paso días ajustando detalles tan chiquitos que ni se ven, pero son clave para que la pieza quede bien. Eso me come un montón de tiempo y afecta la calidad del trabajo."

Además, otro orfebre indicó que las tareas repetitivas, como el **lijado y el pulido manual**, generan fatiga en las manos y muñecas, lo que impacta tanto en la **ergonomía** como en la **calidad del trabajo final**. Este tipo de problemas físicos y posturales son recurrentes, afectando la **eficiencia** de los orfebres y provocando errores que requieren correcciones adicionales:

"Después de tanto lijar y pulir, las manos y las muñecas quedan hechas polvo. Y a veces, por tanto cansancio, la pieza no queda tan precisa como quiero, y termino teniendo que hacer todo de nuevo."

Estos desafíos sugieren que la incorporación de la **tecnología de impresión 3D** podría ofrecer soluciones prácticas para mejorar tanto la calidad como la eficiencia del proceso productivo, además de reducir el esfuerzo físico, cumpliendo así uno de los objetivos principales de la investigación.

4.1.1.2 Percepción y Actitud hacia la Tecnología de Impresión 3D

Las percepciones sobre la impresión 3D fueron mixtas, pero en general, los artesanos mostraron **curiosidad y apertura** hacia la tecnología. Dos de los entrevistados mencionaron que veían **potencial en combinar ambas técnicas** para aprovechar lo mejor de cada método.

Un orfebre que ya ha integrado la impresión 3D expresó que la tecnología ha reducido los tiempos de producción, especialmente en la creación de bases para sus diseños más complejos:

"Con la impresión 3D puedo hacer formas más complicadas en menos tiempo y sin quedar tan fundido." (emilio)

Sin embargo, algunos orfebres expresaron preocupaciones sobre la **autenticidad del producto**:

"La tecnología te puede simplificar algunas cosas, pero me preocupa que, si la uso demasiado, se pierda el toque artesanal, que es lo que hace que mi trabajo sea diferente."

Este contraste de opiniones demuestra que, aunque la **impresión 3D** ofrece **ventajas significativas** en términos de tiempo y esfuerzo físico, la **autenticidad** sigue siendo una preocupación. Esto cumple con mi **objetivo de explorar las barreras y oportunidades** que representa la adopción de la tecnología, especialmente en relación con la preservación de la identidad artesanal.

4.1.1.3 Necesidades Identificadas y Expectativas sobre la Tecnología

Cuando se les preguntó sobre qué áreas de su trabajo podrían mejorar con la impresión 3D, todos los orfebres coincidieron en que la **fase de modelado** sería la que más se beneficiaría. Uno de los artesanos explicó que las formas geométricas o los diseños repetitivos son los más difíciles de lograr a mano:

"Los patrones repetitivos o los detalles chiquitos me llevan una eternidad. Con la impresión 3D, podría hacer eso más rápido y sin tanto drama."

Otro entrevistado mencionó el **desperdicio de material** como un problema clave que la tecnología podría reducir:

"A veces, por un error mínimo, tengo que arrancar todo de nuevo. Eso me hace desperdiciar un montón de material."

Este tipo de comentarios reflejan que la **impresión 3D** podría no solo **acelerar los tiempos de producción**, sino también **optimizar el uso de materiales**, cumpliendo con el objetivo de **identificar áreas específicas** donde la tecnología puede ser más útil. Esto también muestra que los artesanos ven una oportunidad para mejorar en términos de **eficiencia y calidad del producto**, alineado con los objetivos generales de la investigación.

4.1.1.4 Impacto en la Ergonomía Laboral

Uno de los hallazgos más claros en las entrevistas fue la **reducción del esfuerzo físico** entre los artesanos que han adoptado la impresión 3D. Según uno de los entrevistados, la tecnología ha permitido una **disminución considerable de movimientos repetitivos**, como el **lijado o el esmerilado**, lo que ha resultado en una mejora en su **comodidad y salud física**:

“Desde que empecé con la impresión 3D, me olvidé de pasarme horas lijando o tallando. Terminó el día mucho menos reventado.”

Otro orfebre describió cómo su **postura y la fatiga en la espalda y las muñecas** se han visto afectadas positivamente por la reducción de estas tareas manuales:

“Mi postura mejoró un montón porque ya no estoy encorvado todo el día sobre la mesa. La impresión 3D me dejó aflojarle un poco al cuerpo.”

Este resultado es clave para cumplir con tu **objetivo específico de evaluar los beneficios ergonómicos** de la impresión 3D, comparando cómo esta tecnología alivia la **carga física** en comparación con los métodos tradicionales.

Consideraciones de los Resultados de las Entrevistas

Los hallazgos de las entrevistas sugieren que la incorporación de la impresión 3D en la orfebrería tradicional puede tener un impacto significativo en la mejora de la eficiencia, la reducción del desperdicio de materiales y, sobre todo, en la ergonomía laboral de los artesanos. Si bien algunos orfebres expresaron preocupaciones sobre la autenticidad, la mayoría ve la tecnología como una herramienta complementaria que puede facilitar ciertos aspectos de su trabajo sin eliminar el componente artesanal.

No obstante, es importante señalar que la adopción de la impresión 3D también conlleva barreras que pueden limitar su implementación. La curva de aprendizaje necesaria para utilizar la tecnología de manera efectiva es una preocupación mencionada por varios orfebres. Un artesano señaló:

“Me encantaría usar la impresión 3D, pero me preocupa el tiempo que me llevará aprender a usarla y si realmente podré sacarle provecho.”

Además, el costo inicial de inversión en equipos y software puede ser un obstáculo significativo para muchos orfebres que operan en un entorno de recursos limitados. Este aspecto debe ser considerado como parte de la discusión sobre la viabilidad de la incorporación de nuevas tecnologías en el trabajo artesanal.

Para más detalles sobre las Entrevistas, ver **Apéndice G**.

4.1.2 Resultados de Cuestionario:

Resultados del Cuestionario sobre la Integración de la Tecnología de Impresión 3D en la Orfebrería Tradicional

1. Perfil Demográfico de los Encuestados

- **Edad:** El **44,4%** de los participantes tiene entre **41 y 50 años**, indicando una fuerte presencia de orfebres con experiencia en el oficio.
- **Años de Experiencia en Orfebrería:** La mayoría cuenta con más de **20 años** de experiencia en orfebrería tradicional, lo que aporta un profundo conocimiento sobre las técnicas artesanales.

2. Integración de la Tecnología de Impresión 3D

- **Porcentaje de Integración:** **55,6%** de los orfebres **NO** ha integrado la tecnología de impresión 3D en sus procesos productivos.

Razones para Integrar la Tecnología:

- Reducción de tiempos de producción: 50%
- Aumento de la precisión y detalle: 37,5%

3.A ¿Por qué incorporaste la impresión 3D en tu proceso productivo?"

8 respuestas

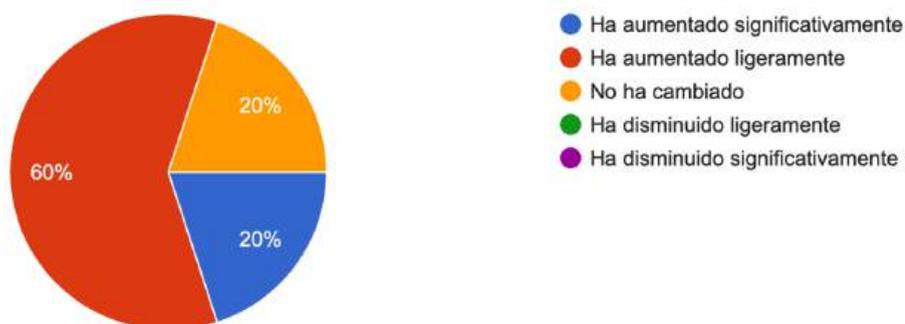


3. Efectos de la Impresión 3D en el Proceso Productivo

- **Eficiencia:** Una proporción significativa (60 %) de los orfebres percibe un aumento en la eficiencia, destacando una **reducción significativa en los tiempos de fabricación** desde la adopción de esta tecnología.

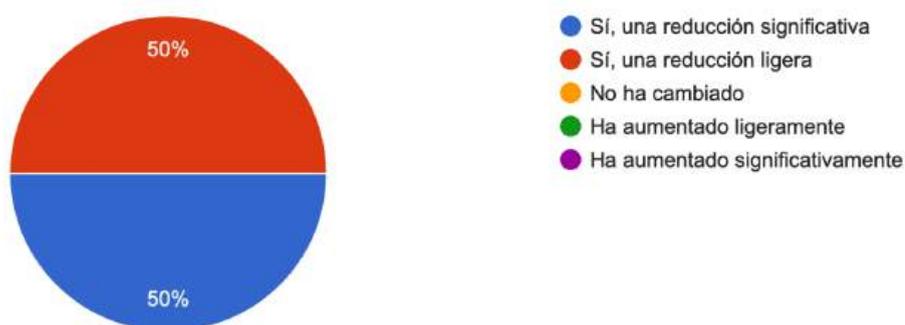
4.A ¿Cómo crees que la integración de la impresión 3D ha afectado la eficiencia en tu proceso de trabajo?

5 respuestas



7.A ¿Has observado una reducción significativa en los tiempos de fabricación desde que comenzaste a utilizar la impresión 3D?

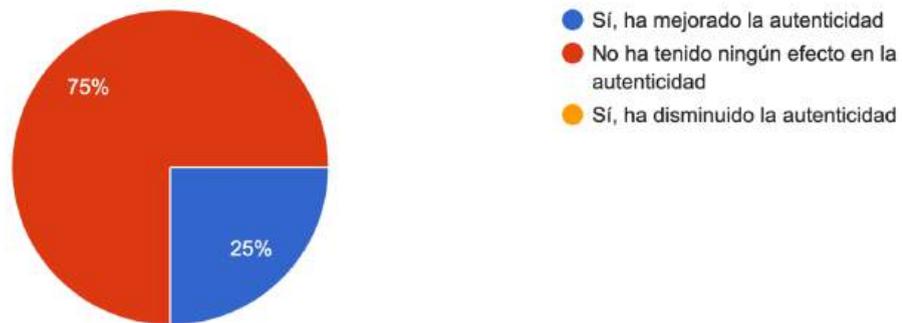
8 respuestas



- **Calidad de los Productos:** El 75% ha notado una mejora de la calidad con la incorporación de la impresión 3D.
- **Influencia en la Autenticidad:** El 75 % no ha tenido ningún efecto en la autenticidad de sus creaciones.

6.A ¿Sientes que la incorporación de la tecnología de impresión 3D ha influido en la autenticidad de tus creaciones?

8 respuestas



4. Impacto en la Ergonomía Laboral

- **Fatiga y Malestar:** Un porcentaje considerable (**100%**) reportó menos fatiga y molestias desde la adopción de la impresión 3D, sugiriendo una mejora en las condiciones laborales.

9.A ¿Qué cambios has experimentado en términos de posturas y movimientos desde que comenzaste a trabajar con impresión 3D?

8 respuestas



- **Dificultades Ergonómicas:** Un porcentaje considerable no ha enfrentado dificultades ergonómicas al utilizar la impresión 3D.

5. Oportunidades de Mejora

- **Tareas que Pierden Más Tiempo:** La mayoría de los encuestados identificó el **modelado (44,4%)** como la tarea que más tiempo consume, lo que sugiere que la impresión 3D podría ser especialmente beneficiosa en este aspecto.
- **Malestar Físico:** Muchos reportaron molestias por los movimientos repetitivos con las manos y muñecas.

Consideraciones de los resultados de los Cuestionarios

Los resultados del cuestionario indican que la adopción de la tecnología de impresión 3D en la orfebrería tradicional puede ofrecer beneficios significativos en términos de **productividad, ergonomía y reducción de desperdicio de materiales**. La combinación de experiencia y disposición hacia la innovación será crucial para el éxito de esta transición en la comunidad de orfebres.

*Para más detalles sobre Resultados del Cuestionario, ver **Apéndice H**.*



ACTIVIDAD PRINCIPAL:

MODELADO DE ANILLO EN CERA

TAREA 1

PREPARACION CERA

OPERACIONES:

- 1.1- Seleccionar la cera adecuada
- 1.2- Formar base inicial

TAREA 2

TALLADO BASE

OPERACIONES:

- 2.1- Marcar el diseño/ medidas
- 2.2- Tallar diseño con precisión
- 2.3- Ajustar dimensiones y proporciones

TAREA 3

CREACIÓN DEL ANILLO

OPERACIONES:

- 3.1- Cortar (cierra) los excesos
- 3.2- Limar hasta líneas de trazado
- 3.3- Modelar detalles finos

TAREA 4

TALLADO TERMINACIÓN

OPERACIONES:

- 4.1- Marcar el diseño/ medidas
- 4.2- Tallar diseño con precisión
- 4.3- Ajustar dimensiones y proporciones

TAREA 5

REVISIÓN Y ACABADO

OPERACIONES:

- 5.1- revisar modelo / corregir imperfecciones
- 5.2- Pulir y alisar superficies

TIEMPO TOTAL 10-12 HORAS.

OPERACIONES:

- 1.1- Seleccionar la cera adecuada (10-15 min)
- 1.2- Formar base inicial (1-1.5 hs)

Tarea 1: PREPARACION CERA (1.5-2 hs)

1.1- Seleccionar la cera adecuada según propiedades necesarias.



1.2- Formar base inicial. Modelando la cera en la forma general deseada.



Cera de poca flexibilidad, apropiada para joyería por su gran detalle.

Punto de fusión 180°C

dureza: 55





OPERACIONES:

- 2.1- Marcar el diseño/ medidas (30-45 min)
- 2.2- Tallar diseño con precisión (2-2.5 hs)

Tarea 2: TALLADO BASE (3-4 hs)

2.1- Marcar el diseño/ medidas



2.2- Tallar diseño con precisión , definir detalles principales.



Tarea 2: TALLADO BASE (3-4 hs)

2.2- Tallar diseño con precisión.



2.3- Ajustar dimensiones y proporciones manteniendo simetría y tamaño adecuado.



OPERACIONES:
2.2- Tallar diseño con precisión (2-2.5 hs)
2.3- Ajustar dimensiones y proporciones (30-45 min)



OPERACIONES:

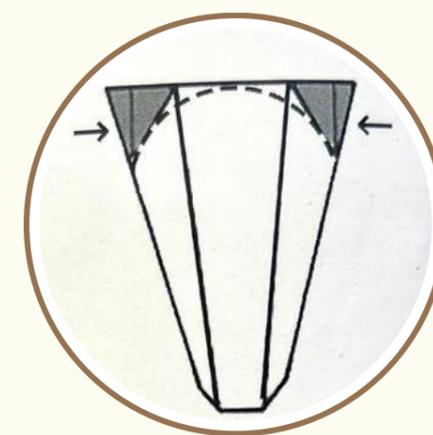
- 3.1- Cortar los excesos (30-45 min)
- 3.2- Limar y lijar hasta líneas de trazado (1-1.5 hs)

Tarea 3: CREACIÓN DEL ANILLO (2-3 hs)

3.1- Cortar los excesos de cera (sierra / torno)



3.2- Limar y Lijar hasta las líneas trazadas dando forma y perfeccionando los contornos.



Tarea 3: CREACIÓN DEL ANILLO (2-3 hs)

3.2- Limar y Lijar



OPERACIONES:

- 3.2- Limar hasta líneas de trazado (1-1.5 hs)
- 3.3- Modelar detalles finos (1-1.5 hs)

3.3- Modelar detalles finos con herramientas más precisas.



● Control de grosor del anillo

Tarea 4: TALLADO Y TERMINACIÓN (2-2.5 hs)

4.1- Marcar el diseño / medidas
Patrón de ondulaciones



Dibujar las líneas , con simetría al eje central del anillo.

4.2- Tallar diseño con precisión, respetando proporciones



Expandir las líneas marcadas con una lima en V.



Alcanzar una profundidad de 1 a 2mm



Profundizar suavemente las ranuras y Redondear suavemente las ondulaciones con bisturí o cincel.

OPERACIONES:

- 4.1- Marcar el diseño/ medidas (20-30 min)
- 4.2- Tallar diseño con precisión (1-1.5 hs)

● El afinado de los detalles y mantener las proporciones correctas es un punto que requiere un trabajo minucioso.

Tarea 4: TALLADO Y TERMINACIÓN (2-2.5 hs)

4.3- Ajustar dimensiones y proporciones finales.

OPERACIONES:

4.3- Ajustar dimensiones y proporciones (30-45 min)



Buscar formas convexas suaves



Limpiar con un cepillo la superficie y el fondo de las ranuras.



Ajustar medidas



● Ahuecar la pieza
Se calibra el espesor a través de una fuente de luz, observando la luz transmitida.

Tarea 5: REVISIÓN ACABADO (1.5-2 hs)

OPERACIONES:

5.1- Revisar modelo / corregir imperfecciones (30-45 min)

5.2- Pulir y alisar superficies (1-1.5 hs)



Corregir imperfecciones , revisar modelo.



Alisar las ondulaciones con lijas de papel , primero lija 600 gr y luego 1200 gr.



Pulir y alisar superficies



El acabado de la superficie se realiza con una media.



Colocar alimentadores / Pieza lista para fundición.

Análisis Jerárquico de Tareas :

Se realiza un análisis jerárquico de tareas de una pieza específica; un anillo estilo bombé con un diseño de ondulaciones.

4.1.3.1 Actividad Principal: Modelado de anillo en cera

Tarea 1: Preparación de la cera (1.5 - 2 horas)

- **Operación 1.1:** Seleccionar la cera adecuada según el grosor y propiedades necesarias para el diseño. (10-15 min)
- **Operación 1.2:** Formar la base inicial del anillo, moldeando la cera en la forma general deseada. (1-1.5 hs)

Tarea 2: Tallado de la base (3-4 hs)

- **Operación 2.1:** Marcar el diseño y las medidas del anillo sobre la base de cera. (30-45 min)
- **Operación 2.2:** Tallar el diseño con precisión, eliminando exceso de cera y comenzando a definir los detalles principales. (2-2.5 hs)
- **Operación 2.3:** Ajustar las dimensiones y proporciones del anillo, garantizando que se mantenga la simetría y el tamaño correcto. (30-45 min)

Tarea 3: Creación del anillo (2-3 hs)

- **Operación 3.1:** Cortar el exceso de cera utilizando una sierra, asegurando que el tamaño sea adecuado. (30-45 min)
- **Operación 3.2:** Limar hasta las líneas trazadas, dando forma y perfeccionando los contornos del anillo. (1-1.5 hs)
- **Operación 3.3:** Modelar los detalles finos, como las el grosor del anillo, utilizando herramientas más precisas.(1-1.5 hs)

Tarea 4: Tallado y terminación (2-2.5 hs)

- **Operación 4.1:** Volver a marcar el diseño y las medidas para asegurarse de que se mantenga la precisión. (20-30 min)
- **Operación 4.2:** Tallar nuevamente el diseño, afinando los detalles y perfeccionando las proporciones. (1-1.5 hs)
- **Operación 4.3:** Ajustar las dimensiones finales y corregir cualquier desbalance en la forma. (30-45 min)

Tarea 5: Revisión y acabado (1.5-2 hs)

- **Operación 5.1:** Revisar el modelo en busca de imperfecciones o desajustes en el diseño y corregirlos si es necesario. (30-45 min)
- **Operación 5.2:** Pulir y alisar todas las superficies, asegurando un acabado suave y listo para la fundición. (1-1.5 hs)

Tiempo total: 10-12 horas

Método Tradicional (Cera Perdida) Observación; 10 min.

Para estimar la cantidad de movimientos repetitivos realizados durante tareas específicas, se observó directamente las operaciones durante un periodo de 5 minutos. Se registraron manualmente los movimientos realizados, y, asumiendo una frecuencia constante de trabajo, se extrapolaron los resultados a un periodo de 10 minutos. Este método sigue estándares de análisis de tiempos y movimientos repetitivos aplicados en estudios ergonómicos.

Tarea 2: Tallado de la base

- **Operación 2.2:** Tallar el diseño con precisión:
 - Estimación: 60-80 movimientos repetitivos (tallar implica movimientos cortos y continuos, repetidos a lo largo de los detalles del diseño).
- **Operación 2.3:** Ajustar dimensiones y proporciones:
 - Estimación: 40-50 movimientos repetitivos (movimientos más controlados y precisos, enfocados en ajustes finos).

Tarea 3: Creación del anillo

- **Operación 3.2:** Limar hasta las líneas trazadas:
 - Estimación: 80-100 movimientos repetitivos (el limado continuo genera una alta frecuencia de movimientos durante 10 minutos).

Tarea 4: Tallado y terminación

- **Operación 4.2:** Tallar detalles con precisión:

- Estimación: 50-60 movimientos repetitivos (enfoque en los detalles finales, lo que requiere un tallado constante pero controlado).
- **Operación 4.3:** Ajustar dimensiones y proporciones nuevamente:
 - Estimación: 40-50 movimientos repetitivos (ajustes finales para balancear la forma).

Tarea 5: Revisión y acabado

- **Operación 5.2:** Pulir y alisar superficies:
 - Estimación: 100-120 movimientos repetitivos (pulir es una operación continua y repetitiva, especialmente si se busca un acabado fino).



ACTIVIDAD PRINCIPAL:

MODELADO Y PRODUCCIÓN DE ANILLO EN 3D

TAREA 1

DISEÑO DIGITAL DEL ANILLO

OPERACIONES:

- 1.1- Verificar que el modelo sea compatible con la impresión 3D.
- 1.2- Dibujar el diseño base del anillo, estableciendo proporciones generales.
- 1.3- Crear el modelo 3D
- 1.4- Ajustar medidas, proporciones y detalles

TAREA 2

OPTIMIZACIÓN DEL MODELO 3D

OPERACIONES:

- 2.1- Definir los detalles finos del diseño. (como las ondulaciones)
- 2.2- Optimizar el modelo para minimizar el uso de material.

TAREA 3

PREPARACIÓN PARA LA IMPRESIÓN 3D

OPERACIONES:

- 3.1- Exportar el archivo digital en un formato compatible con la impresora.
- 3.2- Añadir soportes necesarios para la impresión.
- 3.3- Verificar los parámetros de la impresora 3D.
- 3.4- Cargar el material adecuado en la impresora. (resina)

TAREA 4

IMPRESIÓN DEL ANILLO

OPERACIONES:

- 4.1- Iniciar el proceso de impresión.
- 4.2- Finalizar la impresión y verificar la calidad.

TAREA 5

POST- PROCESAMIENTO DEL ANILLO IMPRESO

OPERACIONES:

- 5.1- Retirar la basa de la plataforma de impresión. Remover las piezas impresas.
- 5.2- Eliminar cuidadosamente los soportes.
- 5.3- Limpiar la superficie del anillo, eliminando cualquier residuo de material.
- 5.4- Limpiar la pieza (proceso químico).

Paso 4: ANÁLISIS JERÁRQUICO DE TAREAS

IMPRESION 3D
DISEÑO DIGITAL

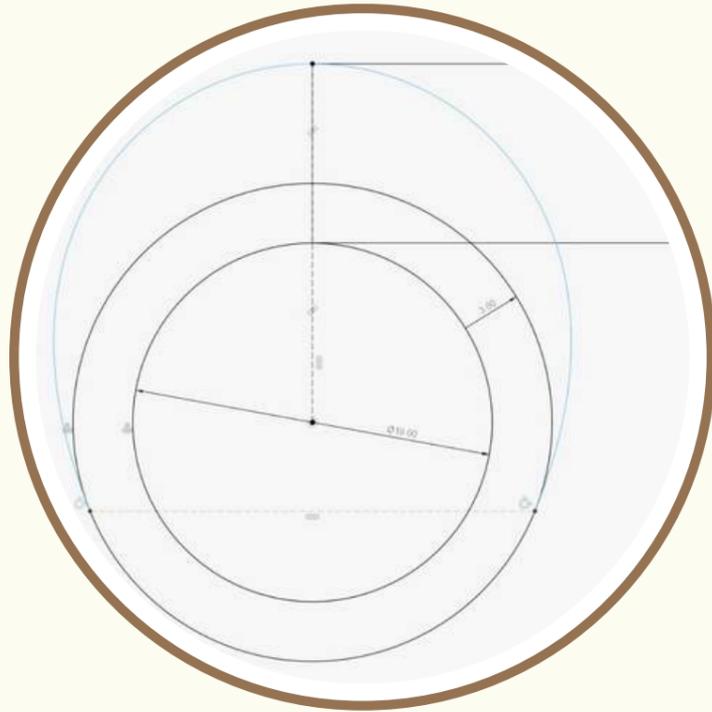
Tarea 1: DISEÑO DIGITAL (2-3 hs)

Software utilizado: Fusion 360

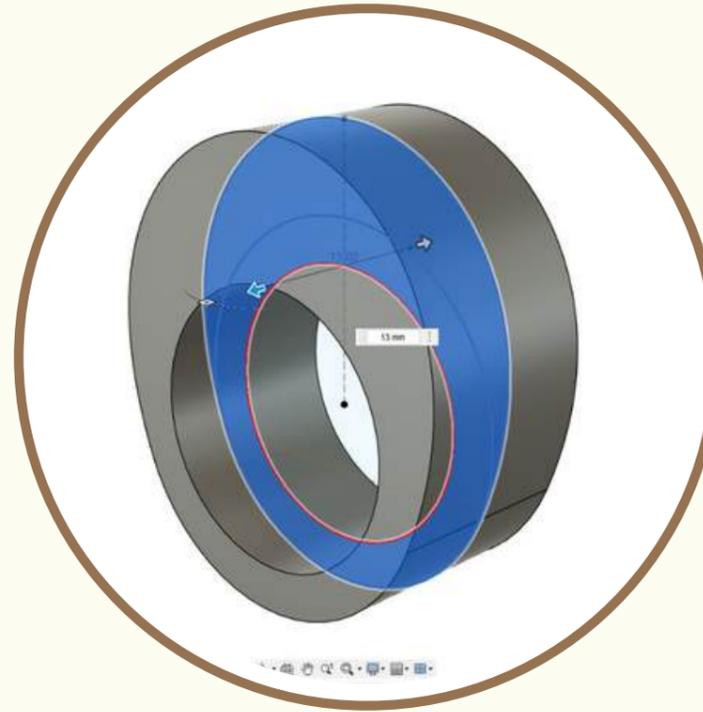
OPERACIONES:

1.1- Verificar que el modelo sea compatible con la impresión 3D.
(10-15 min)

1.2- Dibujar el diseño base del anillo, estableciendo proporciones generales.



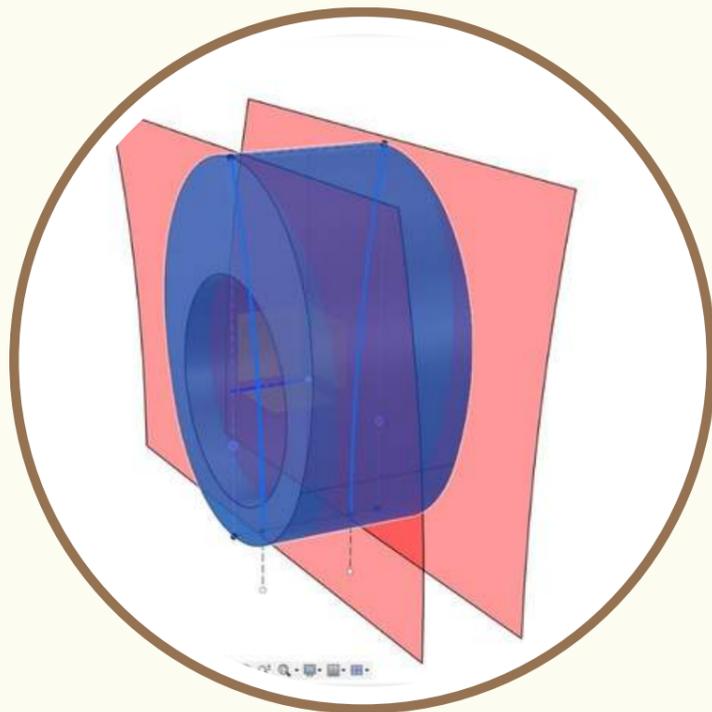
Definir las medidas o limitantes elegidas, generar el primer cilindro.



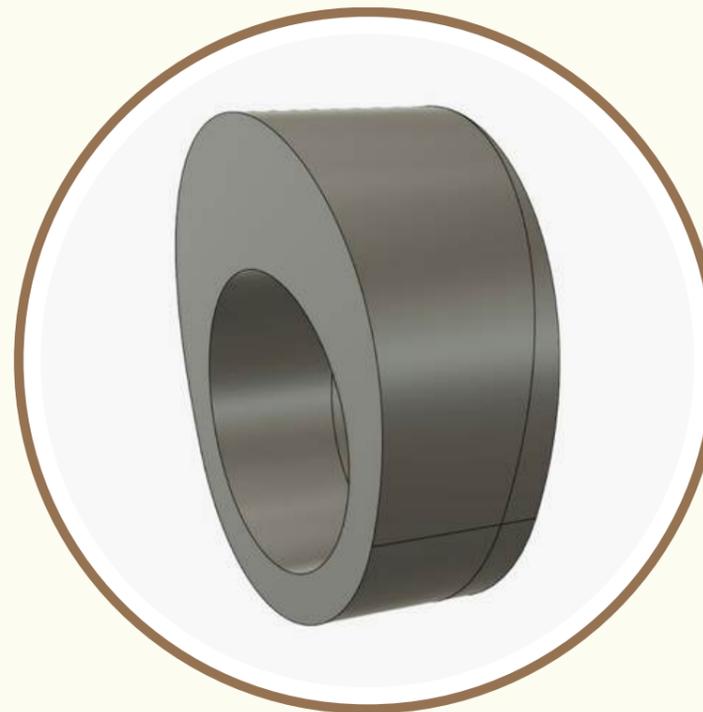
Extruir la forma dándole el espesor máximo.



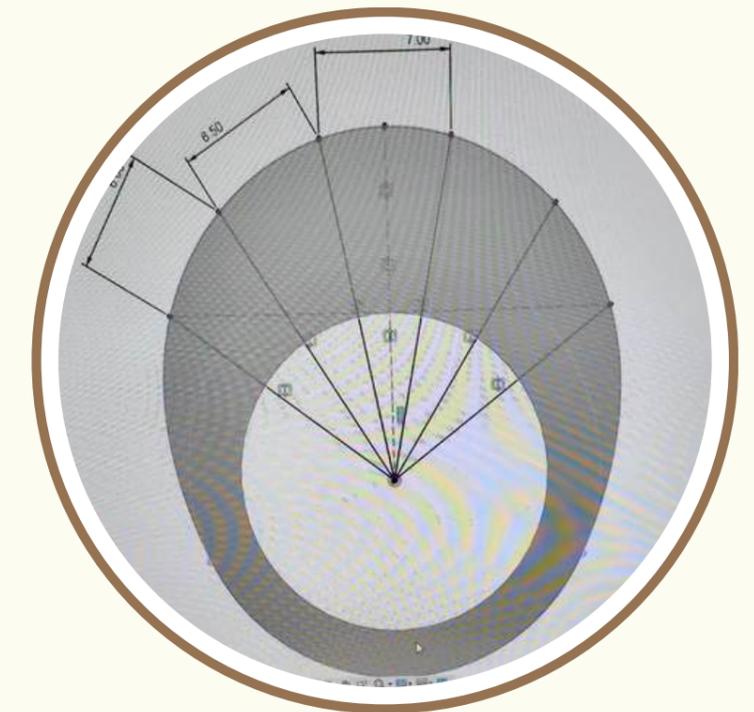
Se diagrama la vista lateral del anillo.



A la pieza extruída se le hacen los cortes con la forma definida.



Se borran los laterales excedentes



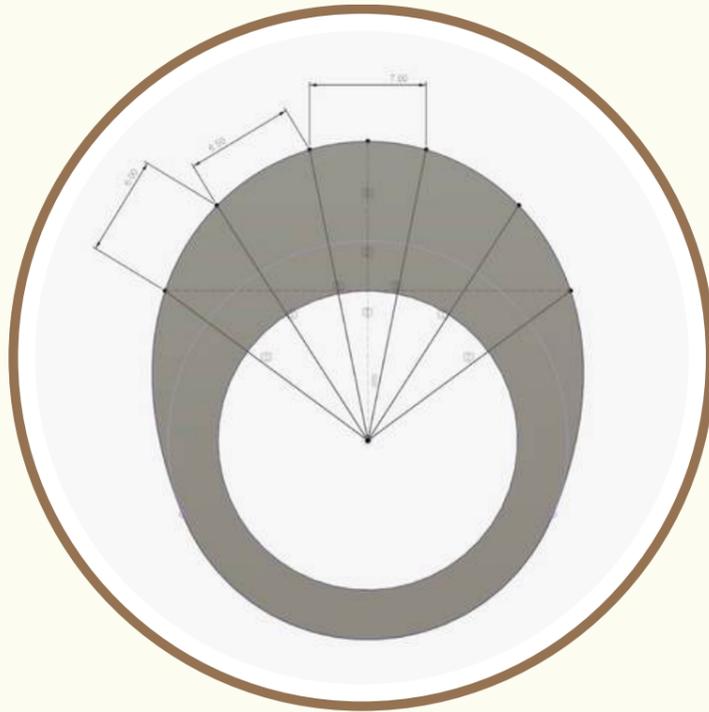
Se verifican medidas y dimensión de los gajos.



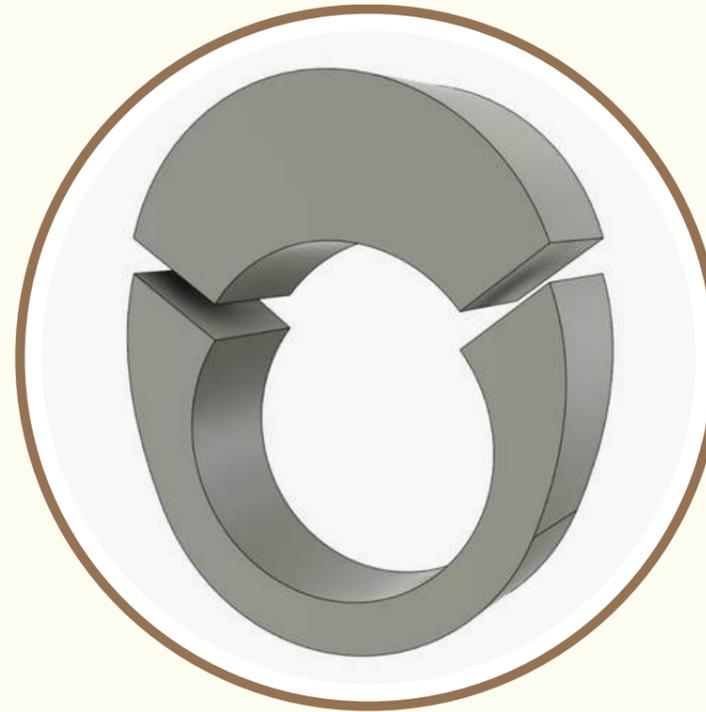
OPERACIONES:

1.3- Crear el modelo 3D (1.5-2 hs)

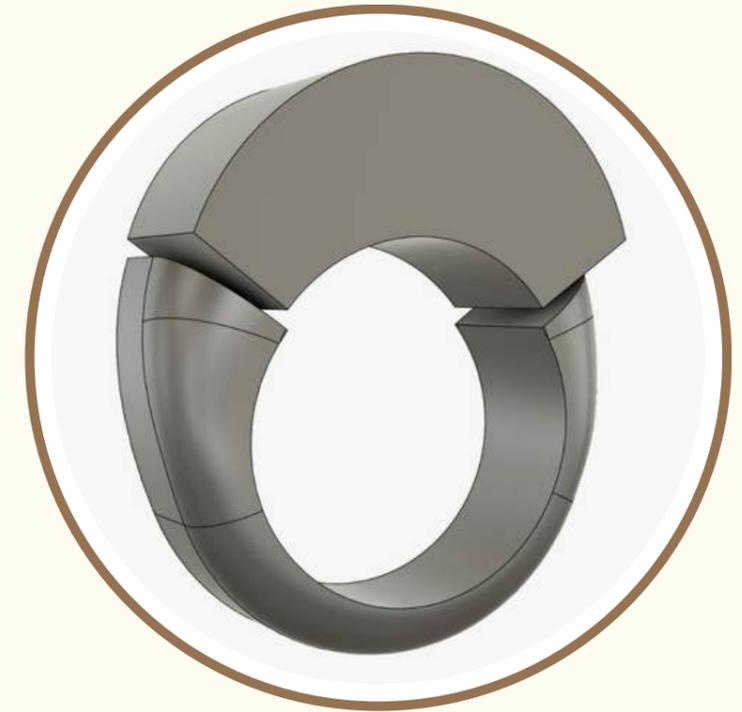
Tarea 1: DISEÑO DIGITAL (2-3 hs)



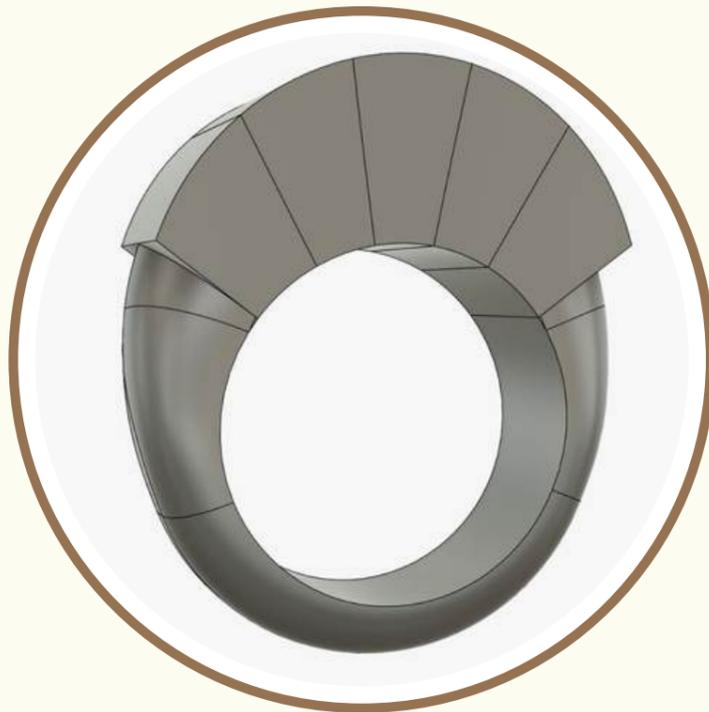
Se determina el cuerpo en donde están los gajos . (con sus medidas)



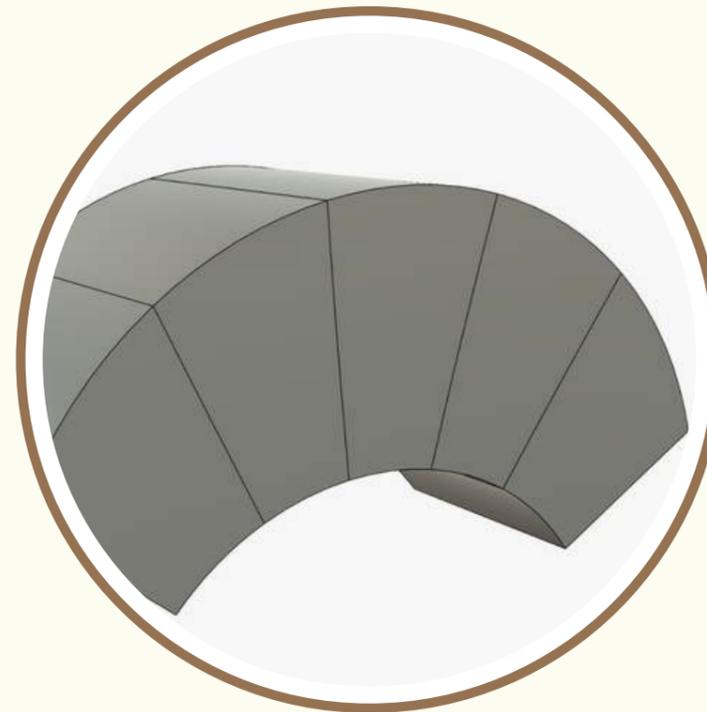
Se separa el cuerpo de los gajos (para trabajarlo por separado).



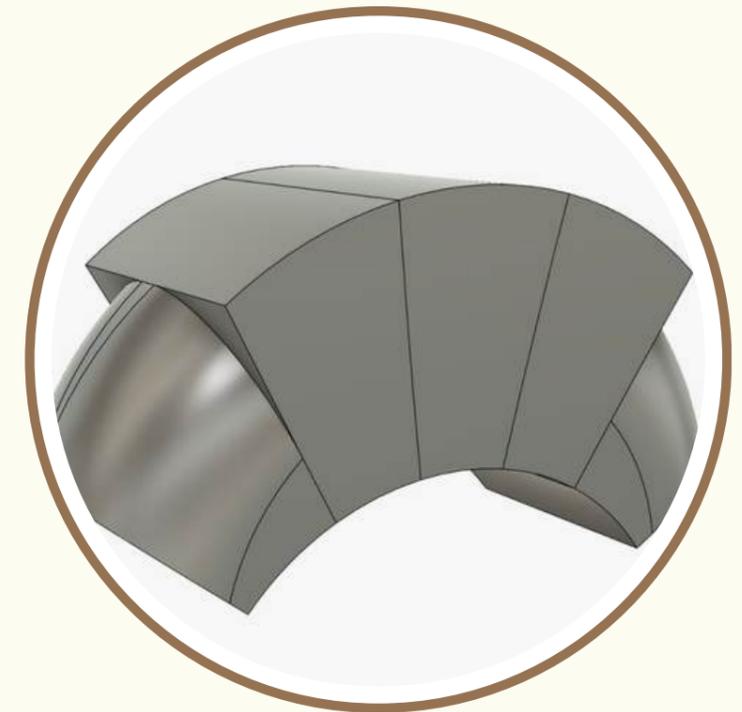
Se da forma, redondeando el cuerpo del anillo.



Se marcan los gajos con las medidas correspondientes.



Se trabaja en la zona de los gajos



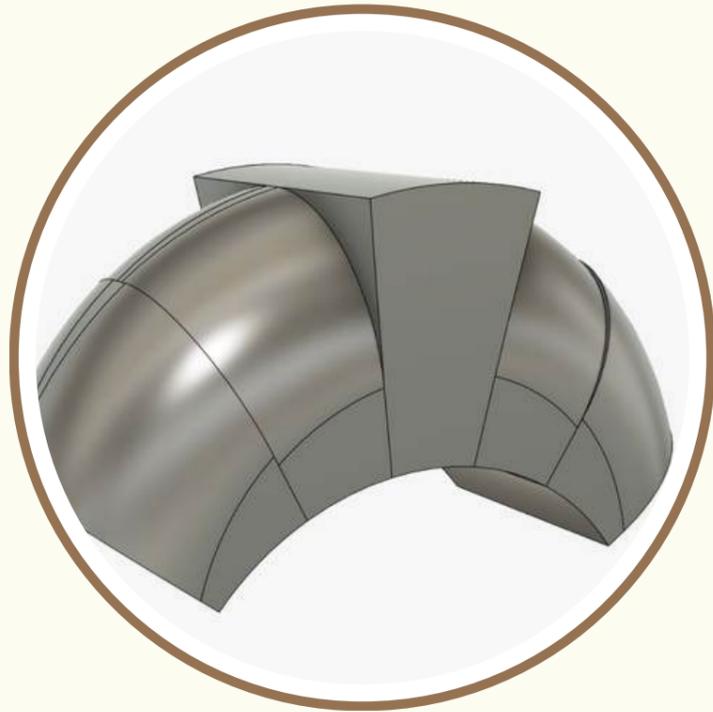
Se curban los gajos por grupos de exterior a interior.



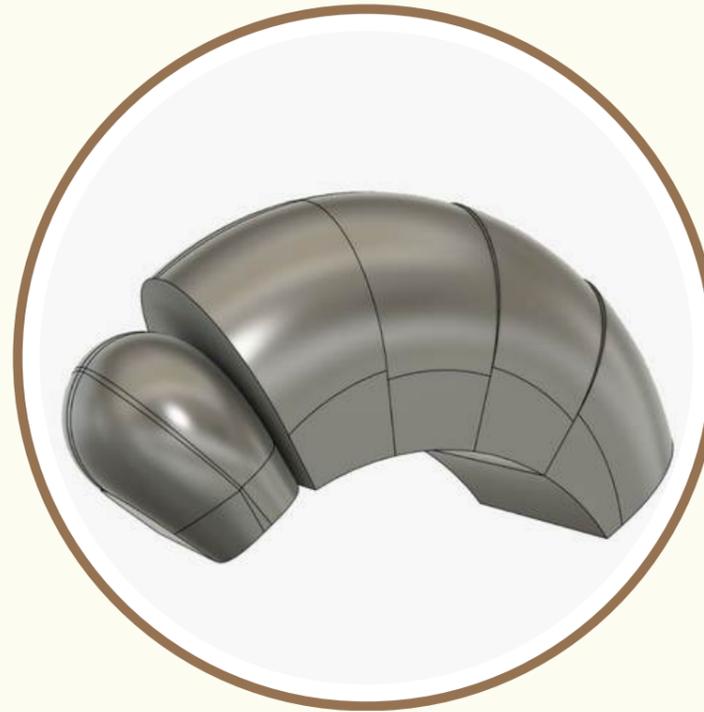
OPERACIONES:

1.3- Crear el modelo 3D (1.5-2 hs)

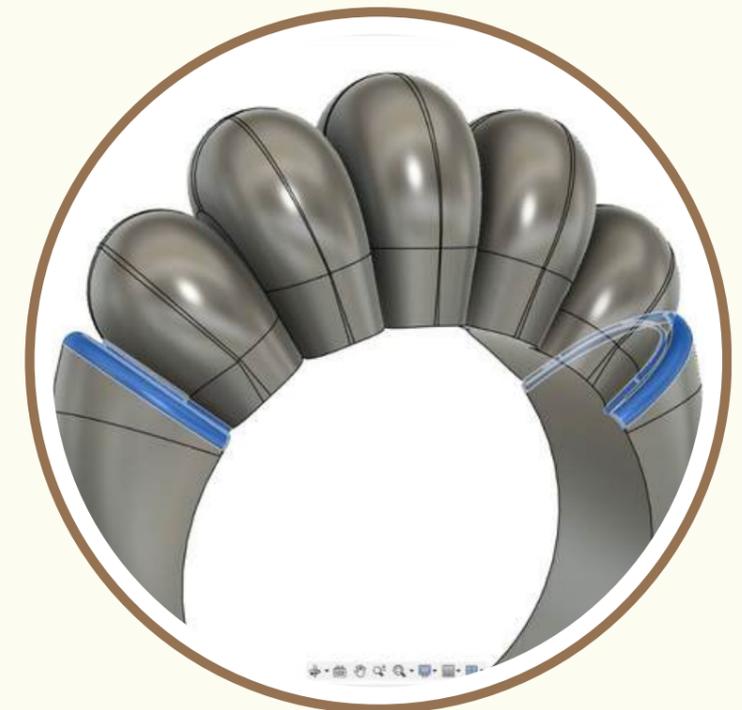
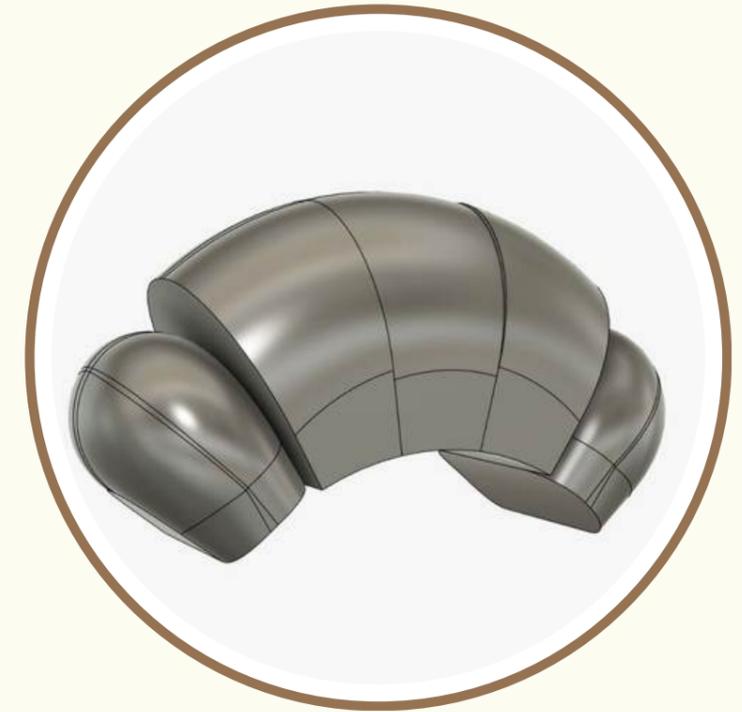
Tarea 1: DISEÑO DIGITAL (2-3 hs)



Se curvan los gajos.



Se redondean gajo por gajo.



Se aplican retoques en las uniones del cuerpo y los gajos.

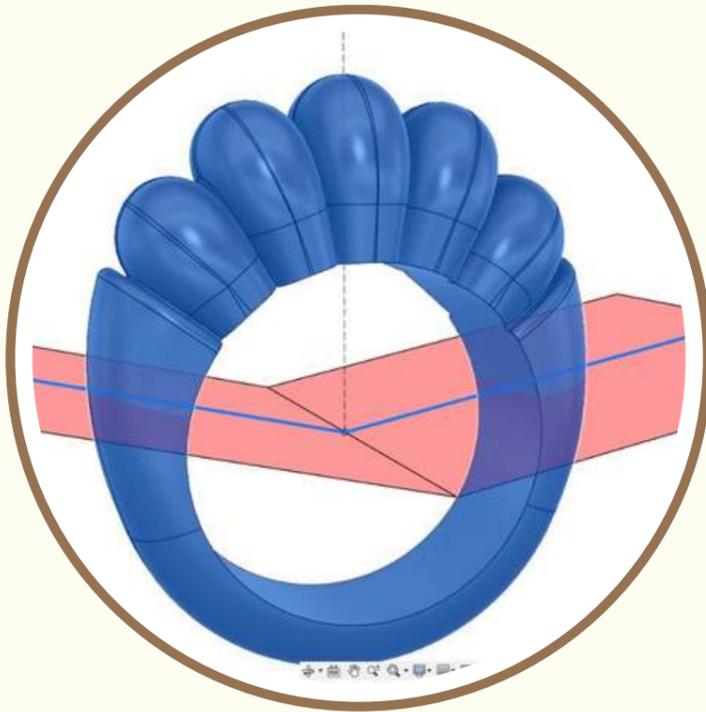
ANÁLISIS JERÁRQUICO DE TAREAS

IMPRESION 3D DISEÑO DIGITAL

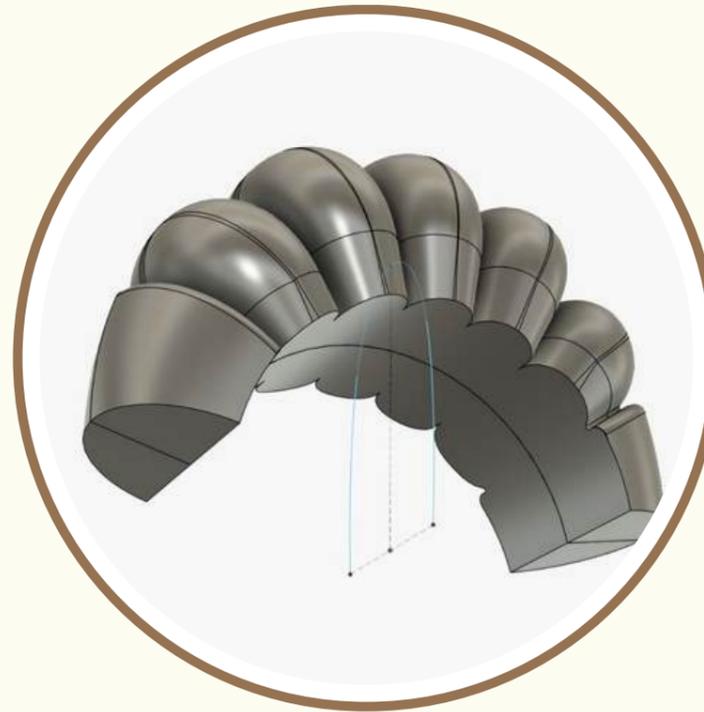


OPERACIONES:
1.3- Crear el modelo 3D (1.5-2 hs)
1.4- Ajuste de medidas proporciones y detalles (30 min-1 hr)

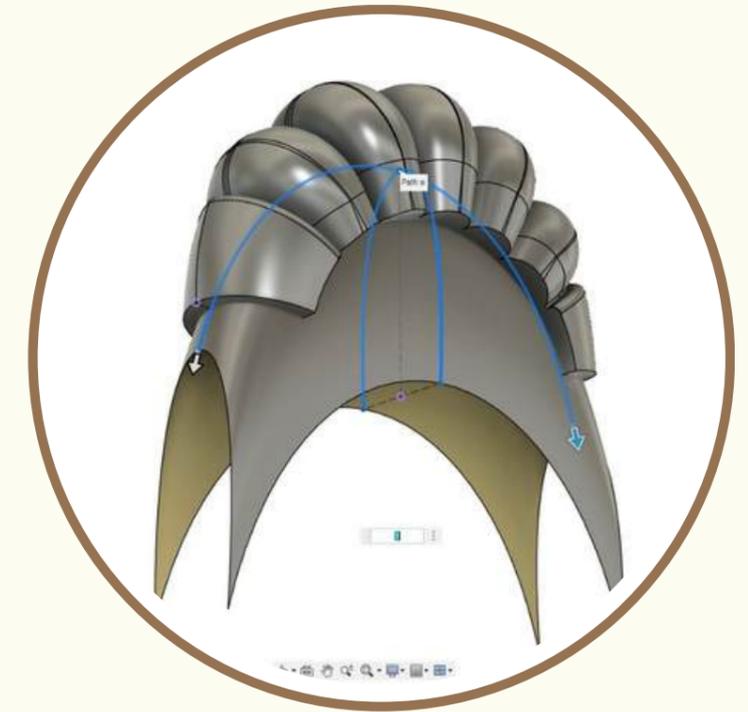
Tarea 1: DISEÑO DIGITAL (2-3 hs)



Para realizar el ahuecado de la pieza, se separa la zona a ahuecar.



Se diagrama la forma que tiene el ahuecado (se va a sustraer)



Se genera la superficie que luego voy a utilizar para sustraer.



Se realiza el corte.



Se borra la pieza interna queda el cuerpo ahuecado.



Se unen las dos piezas



OPERACIONES:
2.1- Definir los detalles finos del diseño (20-30 min)
2.2- Optimizar el modelo (10-20 min)

Tarea 2: OPTIMIZACION DEL MODELO (0.5-1 hs)



Se aplican detalles finales, se le da terminación al ahuecado.

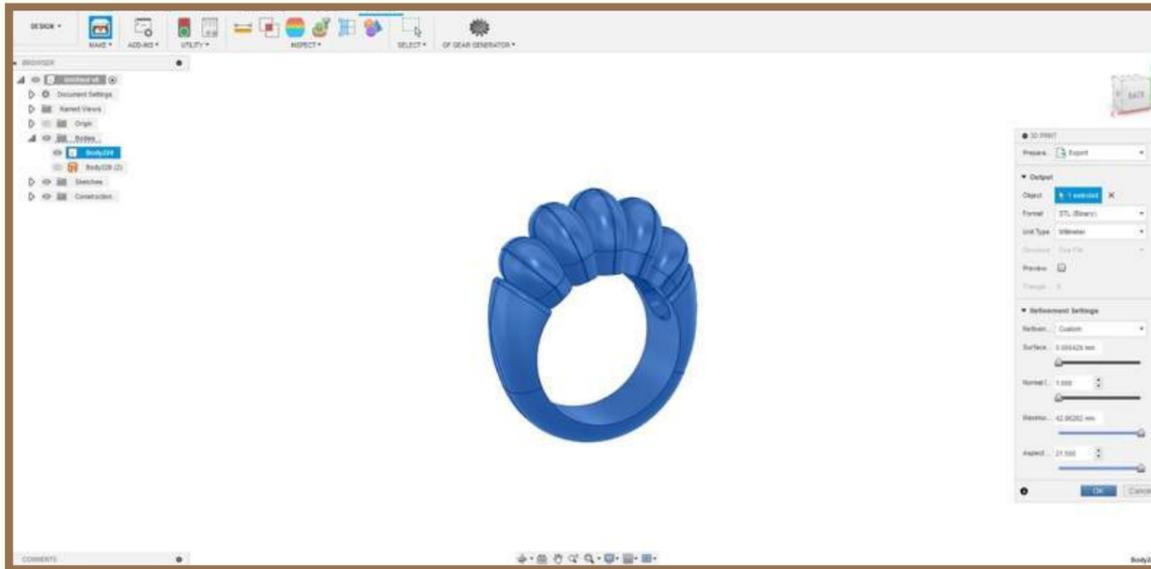




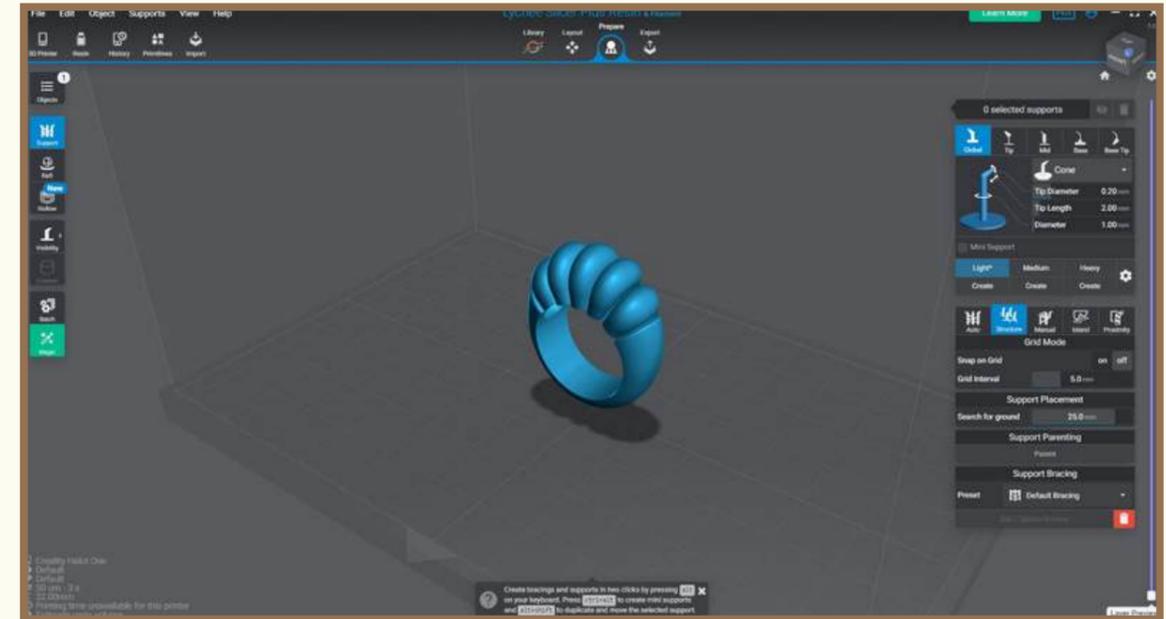
OPERACIONES:

- 3.1- Exportar el archivo digital en un formato compatible con la impresora. (10-15 min)
- 3.2- Añadir soportes necesarios para la impresión. (10-15 min)

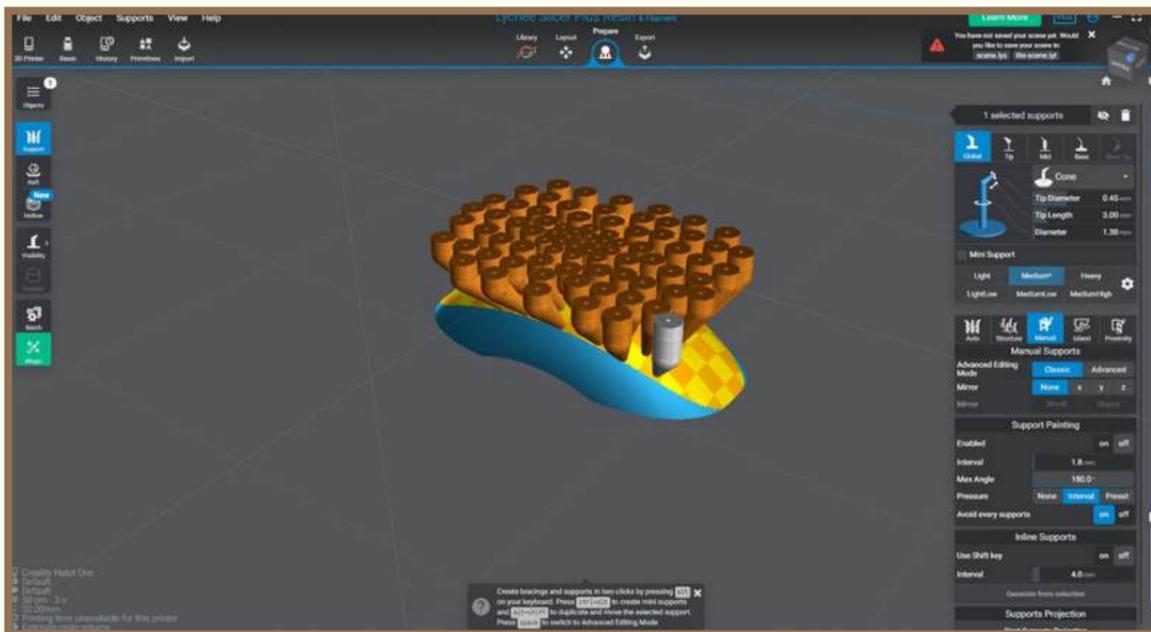
Tarea 3: PREPARACION PARA LA IMPRESIÓN (30-45 min)



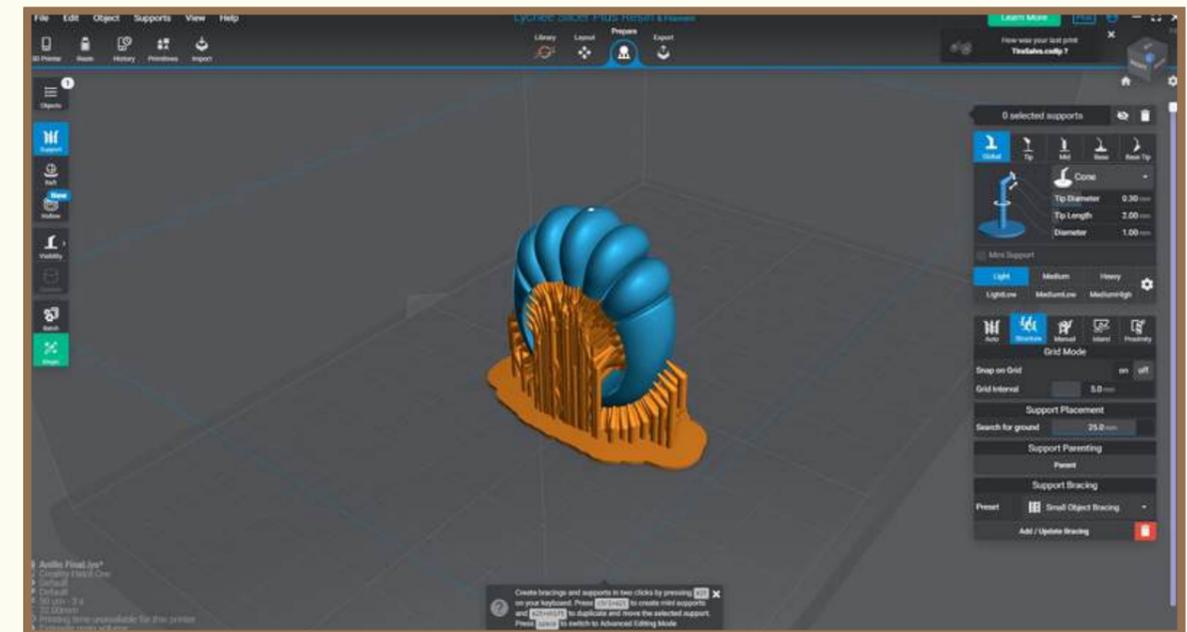
Una vez terminado y confirmado, se exporta el archivo. Acá se decide la definición del modelo.



Se carga en el programa para generar el archivo de impresión.



Se comienza a soportar el modelo.

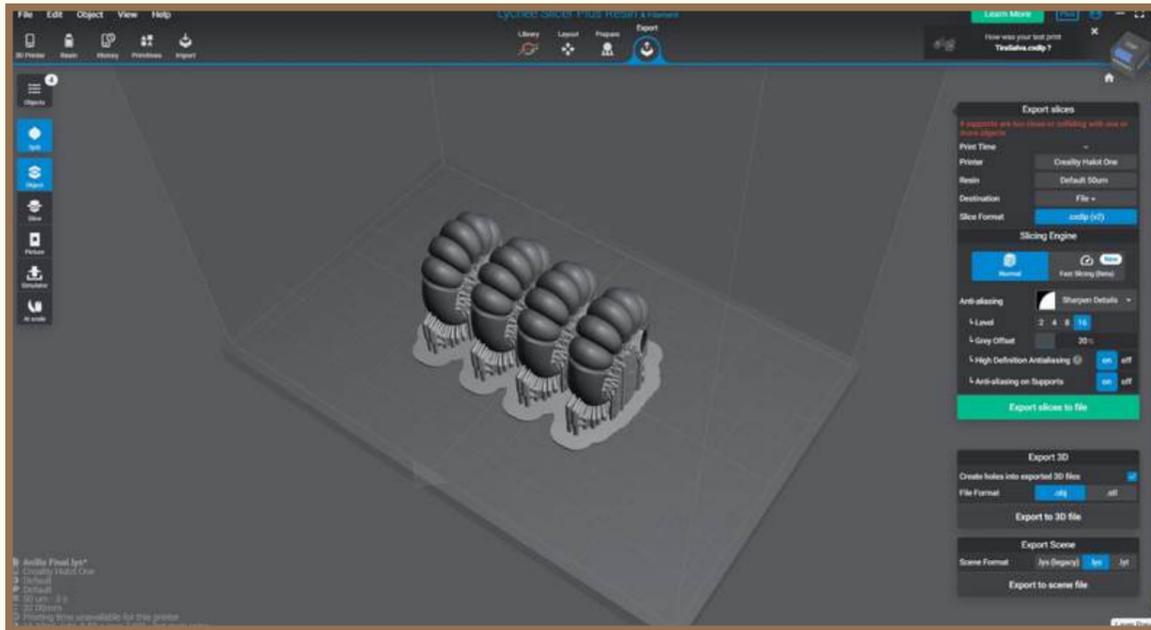


Finaliza el soportado.

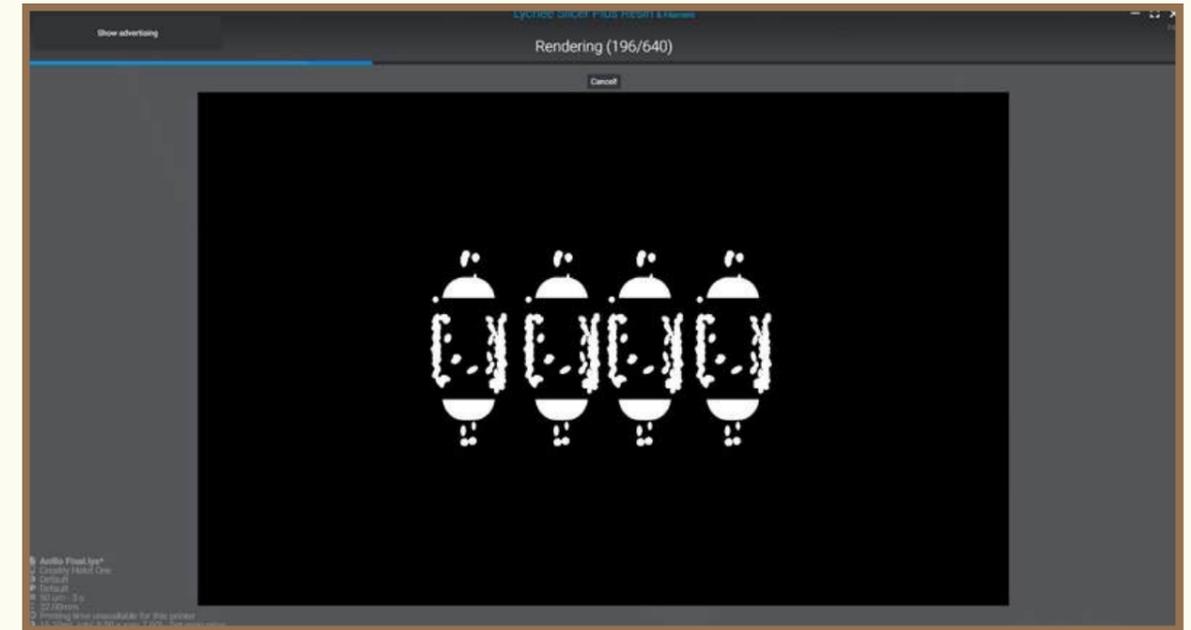


OPERACIONES:
3.3- Verificar los parámetros de la impresora 3D. (10-15 min)
3.4-Cargar el material adecuado en la impresora. (resina) (10-15 min)

Tarea 3: PREPARACION PARA LA IMPRESIÓN (30-45 min)



Exportando el archivo hay opciones más técnicas para seleccionar que pueden mejorar la terminación.



Se genera el archivo



Antes de imprimir la resina se tiene que calentar para lograr su temperatura de operación ideal. En este caso es una resina de composición:
Oligomers: 10/70%
Addytives: 10/70%
Photoinitiators 0,1/5%



Se carga el archivo



OPERACIONES:
4.1- Iniciar el proceso de impresión. (3-4 hs)
4.2-Finalizar la impresión y verificar la calidad. (10-15 min)

Tarea 4: IMPRESION DE LA PIEZA

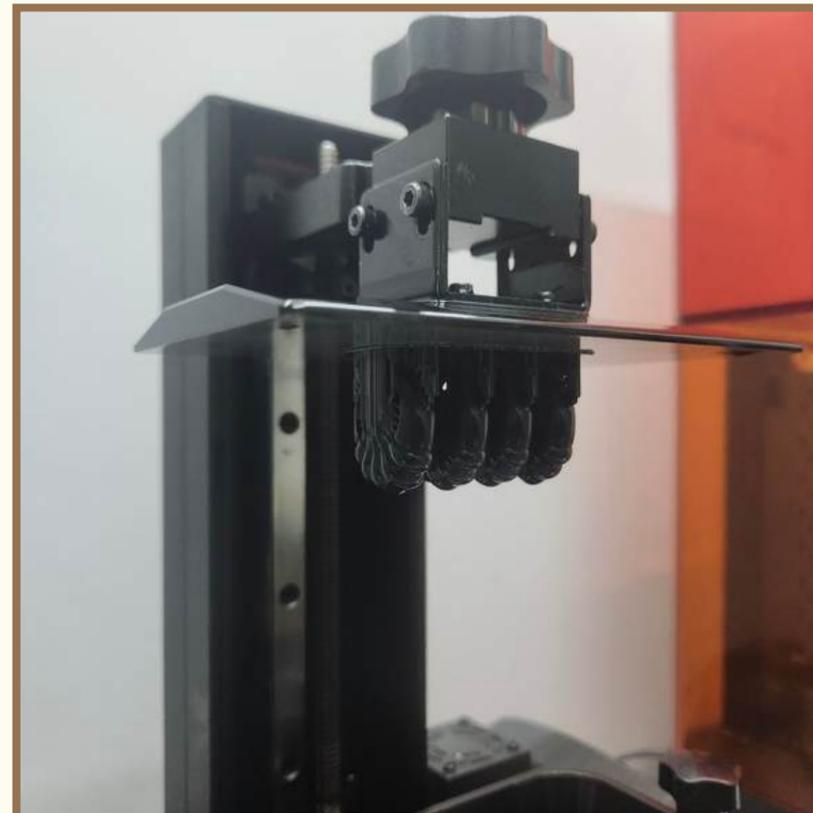


Antes de imprimir se debe acondicionar el área de impresión, manteniendo la impresora en una superficie estable. También se tiene a mano el alcohol isopropílico y las herramientas a utilizar.

- Luego se carga la resina en la máquina .
- Se comienza con la impresión



Imprimiendo



La impresión finaliza a las 3 hs.

Tarea 5: POST-PROCESAMIENTO Y ACABADO (1-1.5 hs)



OPERACIONES:

- 5.1- Retirar la basa de la plataforma de impresión. Remover las piezas impresas. (10-20 min)
- 5.2- Eliminar cuidadosamente los soportes. (15-20 min)
- 5.3- Limpiar la superficie del anillo. (10-20 min)
- 5.4- Limpiar la pieza (proceso químico) (15-20 min)



Luego de sacar las piezas de la base



Se colocan en alcohol isopropilico un rato hasta que comienza a cambiar el color.



Se retiran del alcohol y se sopletea con aire y se vuelven a colocar en alcohol.



Este proceso se realiza entre 2 o 3 veces.



Este proceso de curado finaliza cuando la resina queda completamente gris claro.



Piezas curadas y no curadas.

TIEMPO TOTAL 6-8 HORAS.

4.1.4.1 Actividad Principal: Modelado y producción del anillo en impresión 3D

Tarea 1: Diseño digital del anillo (2-3 hs)

- **Operación 1.1:** Verificar que el modelo sea compatible con la impresión 3D. (10-15 min)
- **Operación 1.2:** Dibujar el diseño base del anillo en el programa, estableciendo las proporciones generales. (30-45 min)
- **Operación 1.3:** Crear el modelo 3D utilizando el software. (1.5-2 hs)
- **Operación 1.4:** Ajustar medidas, proporciones y detalles. (30 min-1 hr)

Tarea 2: Optimización del modelo 3D (30 min-1 hr)

- **Operación 2.1:** Definir los detalles finos del diseño, como las ondulaciones, utilizando herramientas de modelado digital. (20-30 min)
- **Operación 2.2:** Optimizar el modelo para minimizar el uso de material, ajustando el grosor y huecos en el diseño para reducir desperdicio. (10-20 min)

Tarea 3: Preparación para la impresión 3D 30-45 min)

- **Operación 3.1:** Exportar el archivo digital en un formato compatible con la impresora (por ejemplo, STL). (10-15 min)
- **Operación 3.2:** Añadir soportes necesarios para la impresión para asegurar que la pieza mantenga su forma durante el proceso. (10-15 min)
- **Operación 3.3:** Verificar los parámetros de la impresora 3D, incluyendo la resolución, velocidad de impresión, y tipo de material. (configurar si se cambia de resina). (10-15 min)
- **Operación 3.4:** Cargar el material adecuado en la impresora (resina, según el tipo de impresión) y calibrar la máquina. (10-15 min)

Tarea 4: Impresión del anillo (3-4 hs)

- **Operación 4.1:** Iniciar el proceso de impresión. (3-4 hs)
- **Operación 4.2:** Cuando finaliza la impresión, verificar la calidad de la impresión, asegurándose de que el diseño se esté replicando correctamente. (10-15 min)

Tarea 5: Post-procesamiento del anillo impreso (1-1.5 hs)

- **Operación 5.1:** Retirar la base de la plataforma de impresión, remover las piezas impresas de la base. (10-20 min)
- **Operación 5.2:** Eliminar cuidadosamente los soportes. (15-20 min)

- **Operación 5.3:** Limpiar la superficie del anillo (en alcohol isopropílico) , eliminando cualquier residuo de material no deseado. (10-20 min)
- **Operación 5.4:** Limpiar la pieza (proceso químico), luego se sopletea con aire hasta que la resina cambie de color. (15-20 min)

Tiempo total: 6-8 horas

Método con Impresión 3D Observación 10 min

Tarea 5: Post-procesamiento del anillo impreso

- **Operación 5.2:** Eliminar cuidadosamente los soportes:
 - Estimación: 30-40 movimientos repetitivos (depende de la cantidad de soportes y la precisión necesaria para eliminarlos sin dañar la pieza).
- **Operación 5.3:** Limpiar la superficie del anillo (en alcohol isopropílico):
 - Estimación: 50-60 movimientos repetitivos (limpiar implica movimientos repetitivos con paños o herramientas para eliminar residuos).
- **Operación 5.4:** Limpiar la pieza (proceso químico):
 - Estimación: 20-30 movimientos repetitivos (soplar con aire o manipular la pieza durante la limpieza).

CERA PERDIDA

IMPRESION 3D



4.2 Análisis Cuantitativo

Basado en datos numéricos objetivos que miden tiempo, precisión y desperdicio.

4.2.1. Análisis de Observación directa

Evaluación de Tiempos en los Métodos

A continuación, se presenta una tabla comparativa de los tiempos asociados a cada método, obtenidos a partir del análisis jerárquico de tareas. Este enfoque permite evaluar de manera **cuantitativa** las diferencias en la duración de las actividades clave entre los procesos de orfebrería tradicional y aquellos que integran la tecnología de impresión 3D.

Tabla comparativa (Tiempos/Métodos):

Tarea	Método Tradicional (Cera Perdida)		Método con Impresión 3D
Tarea 1: Preparación de la cera	1.5 - 2 horas	Tarea 1: Diseño digital del anillo	2 - 3 horas
Tarea 2: Tallado de la base	3 - 4 horas	Tarea 2: Optimización del modelo 3D	0.5 - 1 hora
Tarea 3: Creación del anillo	2 - 3 horas	Tarea 3: Preparación para la impresión	30-45 min
Tarea 4: Tallado y terminación	2 - 2.5 horas	Tarea 4: Impresión del anillo	3 - 4 horas
Tarea 5: Revisión y acabado	1.5 - 2 horas	Tarea 5: Post-procesamiento y acabado	1 - 1.5 horas
Total Tiempo (Método Tradicional)	10 - 12 horas	Total Tiempo (Método con Impresión 3D)	6 - 8 horas

Resumen de Tiempos:

- Método Tradicional (Cera Perdida): 10 - 12 horas
- Método con Impresión 3D: 6 - 8 horas

El método con impresión 3D es significativamente más eficiente en términos de tiempo, permitiendo al orfebre completar el proceso en un 30-50% menos de tiempo en comparación con el método tradicional de cera perdida. Esta mejora no solo aumenta la productividad, sino que también permite al orfebre dedicar más tiempo a la creatividad y el diseño, lo que reduce el riesgo de fatiga y estrés asociado al trabajo prolongado.

Tan importante como cuantificar los tiempos es, evaluar el impacto físico de cada método de producción en el artesano. Para esta evaluación se desarrolló una tabla de observación directa, registrando los movimientos repetitivos realizados en un lapso de 10 minutos. Este análisis tiene como objetivo identificar con precisión las tareas que implican mayor esfuerzo físico y desgaste, proporcionando una base objetiva para evaluar las condiciones ergonómicas de cada método.

Para llevar a cabo este análisis, se realizaron observaciones cronometradas en períodos más manejables de 5 minutos, registrando cuidadosamente cada operación realizada. Posteriormente, los datos obtenidos fueron extrapolados para estimar el número de movimientos en un lapso de 10 minutos. Este enfoque metodológico permite obtener una visión clara y detallada del esfuerzo físico requerido en diferentes etapas, garantizando la representatividad de los resultados y facilitando la comparación entre el método tradicional y el que incorpora impresión 3D.

Es importante destacar que las observaciones de 5 minutos fueron realizadas en diferentes orfebres y en distintas piezas de orfebrería, lo que garantiza una representación más amplia de las condiciones de trabajo dentro del proceso artesanal. Cada observación corresponde a etapas específicas del proceso productivo, no a un único orfebre trabajando la misma pieza de forma continua. Este enfoque permite evaluar de manera más objetiva y comparativa el impacto físico de cada método, reflejando las variaciones que pueden existir entre diferentes artesanos y sus estilos de trabajo.

Observación Directa en 10 minutos:

Método	Tarea	Operación	Movimientos Repetitivos (estimado 10 min)	
Cera perdida	Preparación de la cera	Formar la base inicial del anillo	60-80	
	Tallado de la base	Tallar el diseño	120-150	
		Ajustar dimensiones y proporciones	80-100	
	Creación del anillo	Cortar el exceso con sierra	40-60	
		Limar hasta las líneas trazadas	100-120	
		Modelar detalles finos	80-100	
	Tallado y terminación	Tallar detalles adicionales	100-120	
		Ajustar proporciones nuevamente	60-80	
	Revisión y acabado	Pulir y alisar superficies	150-180	
		Corregir imperfecciones	60-80	
	Impresión 3D	Diseño digital del anillo	Modelado 3D	No aplica (trabajo digital)
		Preparación para impresión 3D	Configuración de impresora	No aplica (trabajo digital)
Impresión del anillo		Proceso automatizado	No aplica (trabajo automatizado)	
Post-procesamiento del anillo		Remover soportes	40-50	
		Limpiar la superficie (alcohol)	No aplica (proceso químico)	
		Secado luego del proceso químico	20-30	

Análisis Comparativo:

1. **Movimientos repetitivos:** El método de **cera perdida** implica una cantidad significativa de movimientos repetitivos manuales, especialmente en operaciones como tallar, limar y pulir. El proceso de impresión 3D, en cambio, reduce estos movimientos ya que las tareas más repetitivas están automatizadas.

2. **Automatización:** El uso de **impresión 3D** minimiza la necesidad de intervención manual durante las etapas de modelado y creación, lo que reduce la fatiga y el desgaste físico, especialmente en tareas que en el método de cera perdida implican muchas repeticiones (como el pulido o el tallado).
3. **Procesos manuales:** En **cera perdida**, las operaciones requieren constantemente la manipulación física de herramientas, mientras que en **impresión 3D** la mayoría de las operaciones manuales son en el post-procesamiento (remoción de soportes, limpieza).

Este enfoque detallado permite comparar de manera objetiva la carga física que cada método impone sobre los artesanos, proporcionando datos valiosos sobre la ergonomía del trabajo. Al observar los movimientos repetitivos, se puede evaluar cómo la automatización ofrecida por la impresión 3D reduce significativamente la intervención manual en comparación con el trabajo artesanal tradicional, lo que tiene un impacto directo en la salud física y el bienestar de los orfebres. Esta tabla es esencial para fundamentar las recomendaciones de mejora ergonómica y eficiencia en el proceso productivo.

En resumen, la tabla de observación directa de movimientos repetitivos resalta cómo la impresión 3D reduce la intervención manual y, con ello, la fatiga física. Sin embargo, para aprovechar estos beneficios, los orfebres necesitan una curva de aprendizaje relacionada con el dominio de las tecnologías digitales, lo que refuerza la necesidad de capacitación adecuada para maximizar tanto la eficiencia como la ergonomía en el proceso productivo.

4.2.2 Curva de Aprendizaje y Capacitación:

En el método tradicional de cera perdida, los artesanos deben dominar una serie de técnicas manuales que exigen destreza y experiencia acumuladas con años de práctica. Con la incorporación de la impresión 3D, estas habilidades se desplazan hacia el ámbito de la operación de máquinas y software CAD. Aunque esta tecnología facilita la creación de modelos complejos, demanda un conjunto diferente de competencias digitales y técnicas que, a su vez, requiere capacitación formal en el manejo de impresoras 3D y herramientas de diseño (Additive Manufacturing, 2023; AMFG, 2022).

Una variable crucial en este proceso es el nivel de especialización requerido en cada método. En el caso de la orfebrería tradicional (cera perdida), la curva de aprendizaje es extensa, ya que se necesita tiempo para perfeccionar habilidades como tallado, limado y pulido manuales. En cambio, la impresión 3D automatiza ciertas tareas y, aunque exige aprendizaje en software y configuración de impresoras, el tiempo para dominar estas habilidades suele ser menor en comparación con los años de formación en técnicas manuales (Additive Manufacturing, 2023).

Al comparar ambos métodos, es relevante analizar la diferencia en los tiempos de capacitación y especialización, así como las habilidades necesarias para cada proceso, lo que impacta en la adopción de la tecnología y la transición entre técnicas.

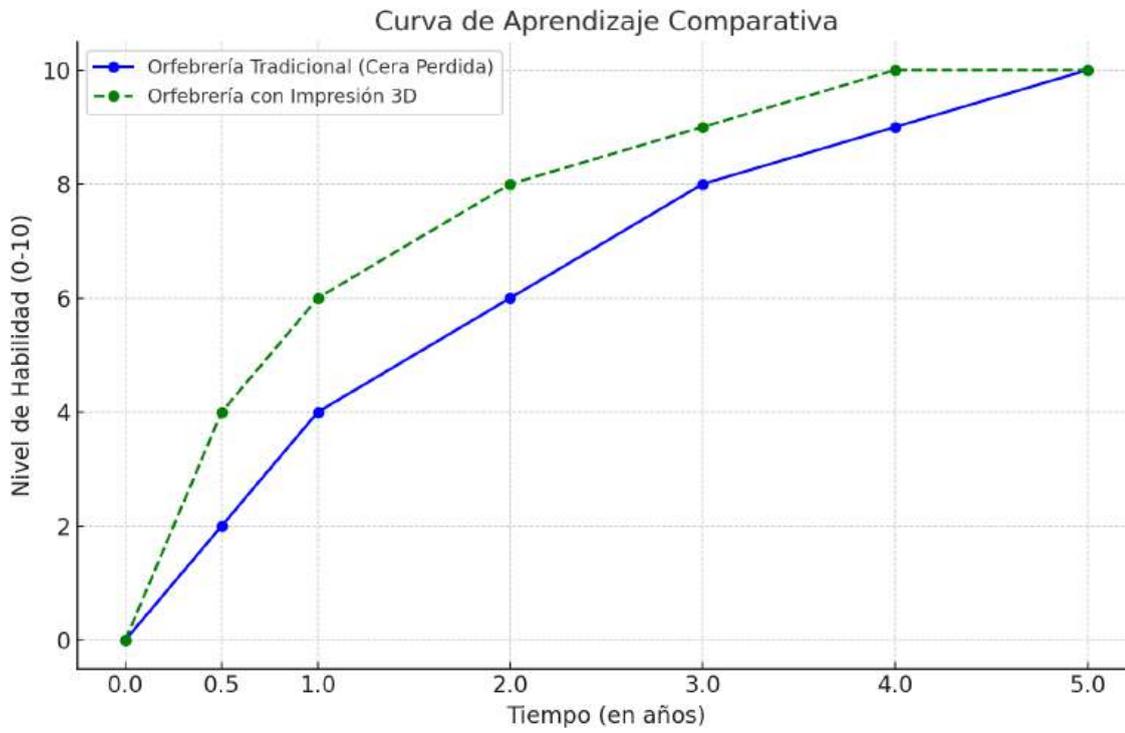
Tabla comparativa:

Aspecto	Orfebrería Tradicional (Cera Perdida)	Orfebrería con Impresión 3D
Tiempo de Aprendizaje Inicial	6 meses a 1 año	3 meses
Perfeccionamiento	3 - 5 años	1 - 2 años
Habilidades Requeridas	Destreza manual, control preciso de herramientas	Manejo de software 3D, control de impresión
Dificultades	Error humano frecuente, curva lenta para destreza manual	Complejidad técnica en software y configuración de impresora
Ventajas	Valor artesanal, flexibilidad en ajustes manuales	Alta precisión, escalabilidad, reducción de errores
Nivel de Automatización	Bajo	Alto

Los tiempos estimados en la tabla comparativa sobre la curva de aprendizaje y capacitación provienen de fuentes especializadas en manufactura aditiva y formación artesanal, incluyendo Additive Manufacturing (2023) y AMFG (2022). Estas referencias proporcionan datos sobre el tiempo promedio requerido para adquirir competencias básicas y avanzadas tanto en técnicas tradicionales como en tecnologías digitales.

A continuación se presenta un gráfico que refleja la diferencia en **el proceso de adquisición de habilidades para cada método.**

Gráfica de la Curva de Aprendizaje Comparativa entre la Orfebrería Tradicional (Cera Perdida) y la Orfebrería con Impresión 3D.



En el eje X se muestra el tiempo en años, y en el eje Y el nivel de habilidad requerido (de 0 a 10).

La curva de aprendizaje de la impresión 3D presenta una aceleración notable al inicio, debido a la rápida adquisición de habilidades digitales, mientras que el método tradicional tiene una curva más lenta y constante (AMFG, 2022). A largo plazo, la tecnología de impresión 3D no solo reduce la fatiga física de los artesanos, sino que también les permite aumentar la precisión y la escalabilidad en su trabajo. Sin embargo, este cambio puede afectar la percepción de conexión con el trabajo manual, dado que para algunos artesanos, la motivación y el valor artesanal dependen de la interacción directa con el material (Additive Manufacturing, 2023).

5. EVALUACIÓN ERGONÓMICA

FACTORES ERGONÓMICOS

FACTORES ERGONÓMICOS FÍSICOS (MÉT. TRADICIONAL)

- Posturas y Adecuaciones Antropométricas
- Fuerza Física y Movimientos Repetitivos
- Uso de Herramientas Manuales

FACTORES ERGONÓMICOS CON IMPRESIÓN 3D

- Beneficios Ergonómicos
- Condiciones del Entorno de Trabajo
- Consideraciones en el Diseño y en el Espacio de Trabajo

FACTORES ERGONÓMICOS ORGANIZACIONALES

- Factores Ergonómicos a evaluar:
Carga de trabajo
Pausas y Descansos
Distribución del Trabajo
Acceso a formación
Ambiente Psicosocial

Capítulo 05: Evaluación de factores ergonómicos :

Para realizar una **evaluación ergonómica del puesto de trabajo** del orfebre artesanal en el método tradicional, es fundamental identificar las **variables ergonómicas** clave relacionadas con la postura, movimientos repetitivos, esfuerzo físico y adecuaciones antropométricas.

Factores físicos: posturas, movimientos repetitivos, fuerza aplicada, uso de herramientas.

Factores organizacionales: espacio de trabajo, rotación de tareas, capacitación.

Beneficios específicos de la impresión 3D en ergonomía.

5.1 Factores Ergonómicos Físicos en el Método tradicional:

5.1.1 Posturas y adecuaciones antropométricas:

- Los orfebres suelen trabajar en posiciones que requieren inclinarse o encorvarse sobre sus mesas de trabajo durante largos períodos, lo que puede causar tensión en el cuello, espalda y hombros.
- Se observan posturas repetitivas y estáticas que pueden llevar a trastornos musculoesqueléticos, como el síndrome del túnel carpiano o tendinitis.

5.1.2 Fuerza Física y Movimientos Repetitivos:

- La necesidad de aplicar fuerza manual para manipular herramientas pequeñas, como martillos, sierras y buriles, puede provocar fatiga muscular y dolor en las manos, muñecas y brazos.
- Movimientos repetitivos al limar, cortar o moldear el metal pueden causar microtraumas acumulativos en las articulaciones y tejidos.

5.1.3 Uso de Herramientas Manuales:

- Herramientas mal ajustadas a la mano del usuario pueden aumentar el riesgo de lesiones por esfuerzo repetitivo.
- La vibración generada por algunas herramientas, como los pulidores, puede causar daño a largo plazo, como la enfermedad de Raynaud.

5.2 Factores Ergonómicos en la Impresión 3D

- **5.2.1 Beneficios ergonómicos de la impresión 3D**
- **5.2.2 Condiciones del entorno del Trabajo:**
 - La necesidad de un trabajo de precisión requiere iluminación adecuada. Sin embargo, una iluminación insuficiente o mal distribuida puede forzar la vista, provocar fatiga visual y aumentar el riesgo de errores.
 - Espacios de trabajo mal organizados o con altura incorrecta de las superficies pueden obligar a los orfebres a adoptar posturas incómodas, afectando la salud musculoesquelética.
- **5.2.3 Consideraciones en el diseño y espacio de trabajo**

5.1 Factores Ergonómicos Físicos en el método tradicional.

5.1.1 Postura y adecuaciones antropométricas

En la orfebrería tradicional, las posturas y las adecuaciones antropométricas son fundamentales para garantizar la calidad del trabajo y la salud del artesano. A continuación, se describen las principales consideraciones sobre las posturas y la importancia de los valores antropométricos:

- **Altura de la superficie de trabajo:** Este factor es crucial, especialmente en tareas como el lijado o el grabado, que requieren control y precisión. Si la altura de la mesa no es adecuada, el orfebre puede verse obligado a inclinarse de manera innecesaria, lo que aumenta el riesgo de dolor lumbar y fatiga. Ajustar la altura de la mesa o usar soportes para antebrazos puede evitar estas inclinaciones, reduciendo así la carga sobre la columna vertebral y los músculos del cuello y hombros.
- **Inclinaciones del cuello y espalda:** Las inclinaciones prolongadas del cuello y la espalda, comunes en la orfebrería tradicional, pueden generar presión sobre los discos intervertebrales y provocar tensión muscular. Se recomienda que la inclinación del cuello no supere los 20°-25° y que la inclinación de la espalda no supere los 20° hacia adelante.
- **Posición de las muñecas:** La flexión repetida o la desviación de las muñecas más allá de los 15° puede aumentar el riesgo de lesiones, como el síndrome del túnel carpiano y tendinitis. Mantener las muñecas en una posición neutral y evitar movimientos extremos es clave para prevenir estas afecciones.

Este apartado analiza cómo las posturas y adecuaciones antropométricas en la orfebrería tradicional pueden generar trastornos musculoesqueléticos, como el síndrome del túnel carpiano o tendinitis, debido a posiciones estáticas prolongadas y el uso de herramientas que obligan a posturas incómodas, especialmente en la columna, cuello, hombros y extremidades superiores. Además, se exploran cómo la incorporación de tecnología de impresión 3D puede optimizar estas condiciones mediante ajustes ergonómicos y una reducción significativa de los riesgos asociados

Las variables importantes a considerar son:

- **Posición de la columna y el cuello**
- **Posición de los hombros y brazos**
- **Altura de la superficie de trabajo**
- **Distancia entre el cuerpo y la superficie de trabajo**

Evaluación de la Postura

Para una evaluación más precisa de las condiciones ergonómicas en el trabajo de orfebrería, se recomienda emplear los siguientes métodos:

1. **Ecuación del National Institute of Occupational Safety and Health (NIOSH, 1994)**
2. **Método Ergo/IBV.** Evaluación de riesgos laborales asociados a la carga física (IBV, 2000a).

Procedimiento de Evaluación

El procedimiento para evaluar el riesgo por la postura o repetitividad incluye los siguientes pasos:

1. **Observación Directa:** Se debe observar a la persona trabajando. Aunque puede hacerse mediante observación directa, es preferible grabar en vídeo las tareas durante un tiempo representativo y visualizarlas posteriormente.
2. **Evaluación de Riesgos:** Utilizar una ficha de evaluación para analizar los riesgos asociados a la carga física de las posturas de trabajo, considerando:
 - La posición del segmento corporal (elevación, inclinación hacia un lado, giro, etc.).
 - La frecuencia de movimientos (repeticiones/minuto).
 - La duración de las posturas sostenidas (más de 1 minuto se considera estática).
 - La adopción de posturas durante un tiempo prolongado (no necesariamente continuo) durante la jornada.

Puntos a Evaluar en las Fichas

- **Tronco:**
 - Tronco flexionado $>20^\circ$ de manera sostenida.
 - Tronco flexionado $>20^\circ$ de manera repetida (>2 veces/minuto).
 - Tronco flexionado $>60^\circ$ durante mucho tiempo (no necesariamente seguido).
 - Tronco en extensión sin apoyo, sostenido o repetido.
- **Brazo:**
 - Brazo elevado $>20^\circ$ de manera sostenida.
 - Brazo elevado entre 20° y 60° , de manera repetida (>10 veces/minuto).
 - Brazo en extensión hacia atrás, sostenido o durante mucho tiempo.
- **Muñeca/Codo:**
 - Muñeca muy flexionada/extendida o girada de manera sostenida o repetida.
 - Codo muy flexionado o extendido, sostenido o repetido.
- **Cabeza y Cuello:**
 - Evaluación de la línea de visión (por debajo de 40° o por encima de la horizontal).
 - Inclinación lateral o giro del cuello de manera sostenida o repetida.

A través de la observación detallada y la aplicación de los métodos de evaluación mencionados, se pueden identificar las posturas y movimientos que presentan un mayor riesgo de trastornos musculoesqueléticos en el trabajo de orfebrería. Este análisis no solo resalta la importancia de reconocer y cuantificar estos riesgos, sino que también abre la puerta a la implementación de recomendaciones ergonómicas específicas que buscan mitigar estos problemas y mejorar el bienestar del orfebre.

*Para más detalles sobre Las Fichas de Evaluación, ver **Apéndice I**.*

Actividades

- inclinarse o encorvarse
- posturas repetitivas y estáticas o de flexión
- períodos prolongados



Figura 27. Soldadura. Fuente: <https://www.pexels.com>

Figura 28. Encastre piedras pequeñas. Fuente: <https://www.pexels.com>

• Trabajo de detalle

- Inclinación del cuello (hacia adelante) 30°-45°
- Inclinación de espalda (hacia adelante) 20°-30°
- Flexión de muñecas 15°-25°

• Pulido y Lijado Manual

- Inclinación del cuello (hacia adelante) 20°-30°
- Inclinación de espalda (hacia adelante) 15°-25°
- Flexión de muñecas 20°-30°, por momentos con desvío radial.

• Soldadura de componentes pequeños

- Inclinación del cuello (hacia adelante) 25°-45°
- Inclinación de espalda (hacia adelante) 20°-35°
- Desviación cubital de la muñeca de 15°-30°, y flexión de 10°-20°

• Montaje de Piezas Complejas

- Inclinación del cuello (hacia adelante) 30°-40°
- Inclinación de espalda (hacia adelante) 25°-35°
- Flexión de muñecas 20°-30° y desviación radial de 10°-15°

A continuación, describo algunas actividades y se evalúan las inclinaciones que se producen:

Actividad	Inclinación de cuello (hacia adelante)	inclinación de espalda (hacia adelante)	inclinación de muñecas
Trabajo de Detalle en Pequeñas Piezas	30°-45° (se considera una inclinación moderada que puede generar fatiga si es prolongada).	20°-30° (la inclinación de más de 20° aumenta la carga en la columna vertebral).	Flexión de muñeca de 15°-25° (se recomienda no exceder los 20° de flexión prolongada para evitar lesiones en los tendones).
Pulido y Lijado Manual	20°-30° (inclinación que puede generar tensión muscular en el cuello y los hombros).	15°-25° (se sugiere reducir el tiempo en esta postura para evitar dolor lumbar).	Flexión de muñecas de 20°-30° , a veces combinada con desvío radial (esta combinación aumenta el riesgo de síndrome del túnel carpiano).
Soldadura de Componentes Pequeños	25°-40° (postura estática que puede generar rigidez en la zona cervical si es prolongada).	20°-35° (esta postura es común en tareas de precisión, pero debe reducirse).	Desviación cubital de la muñeca de 15°-30° y flexión de 10°-20° (se recomienda evitar el desvío cubital superior a 15°).
Montaje de Piezas Complejas	30°-40° (inclinación que incrementa la presión sobre los discos cervicales).	25°-35° (inclinaciones superiores a 25° pueden incrementar el riesgo de dolores lumbares).	Flexión de muñeca de 20°-30° y desviación radial de 10°-15° (el esfuerzo combinado de ambas aumenta el riesgo de lesiones).

Uso de Extremidades:

Extremidades	Método Tradicional	Valores Ergonómicos	Impresión 3D
Manos y Dedos	Uso intensivo para manipular herramientas, piezas pequeñas, grabar, lijar, pulir y ensamblar. Movimientos repetitivos que pueden generar fatiga muscular y condiciones como el síndrome del túnel carpiano.	En trabajos manuales repetitivos, los movimientos de las manos y muñecas pueden superar las 30 repeticiones por minuto (límite seguro según la NIOSH). (riesgo de lesiones como el síndrome del túnel carpiano).	Menor uso intensivo. Enfocado en la configuración del software, manejo de la impresora y ajustes finales. Disminución significativa de movimientos repetitivos y riesgo de fatiga.
Brazos	Esenciales para tareas de martilleo, corte y lijado, que requieren fuerza y movimientos repetitivos, generando fatiga en hombros y codos.	El levantamiento repetitivo de los brazos por encima de los 60° puede incrementar el riesgo de lesiones en el hombro (según normas ISO).	Uso reducido. Se utilizan principalmente para configurar el equipo y manejar piezas impresas, con menos esfuerzo físico requerido.
Espalda y cuello	Posturas inclinadas y fijas durante tareas detalladas, lo que genera problemas crónicos debido a la concentración visual prolongada.	Inclinaciones superiores a 20° en la espalda durante más de 2 horas al día incrementa el riesgo de dolor lumbar.	Reducción significativa del tiempo en posturas incómodas.

Recomendaciones Ergonómicas:

El trabajo en la orfebrería artesanal implica inclinaciones frecuentes del cuello, la espalda y las muñecas, lo que puede derivar en trastornos musculoesqueléticos si no se controlan adecuadamente. A continuación, se presentan recomendaciones clave para optimizar las condiciones de trabajo y reducir estos riesgos:

1. **Cuello:** Mantener una inclinación inferior a 20° - 25° es esencial para evitar la sobrecarga muscular y la presión en los discos intervertebrales. Una inclinación mayor, sostenida por períodos prolongados, genera tensión en los músculos del cuello y los hombros.
2. **Espalda:** Las inclinaciones hacia adelante no deben superar los 20° , ya que ángulos mayores aumentan el riesgo de tensión lumbar. Se recomienda ajustar la altura de la mesa de trabajo y utilizar soportes para antebrazos para mantener una postura más neutral y reducir la carga en la espalda.
3. **Muñecas:** Las desviaciones radiales, cubitales o flexiones superiores a 15° - 20° deben evitarse, ya que incrementan el riesgo de lesiones como tendinitis y síndrome del túnel carpiano. Es fundamental mantener las muñecas en una posición neutra durante las tareas repetitivas.

Consideraciones

El conjunto de inclinaciones frecuentes del cuello, la espalda y las muñecas puede provocar molestias y lesiones si no se gestionan adecuadamente. Implementar estas recomendaciones no solo mejora las condiciones ergonómicas del orfebre, sino que también contribuye a aumentar la eficiencia y calidad de la producción artesanal. Fomentar posturas adecuadas y ajustes del puesto de trabajo es clave para un entorno saludable y productivo.

Tabla de Posturas y Adecuaciones Antropométricas para un Entorno de Trabajo Ergonómico en la Orfebrería tradicional.

Aspecto Evaluado	Descripción	Valores Recomendados	Implicaciones
Altura de la superficie de trabajo (tareas de precisión)	Nivel del codo o ligeramente superior para precisión.	90 - 100 cm	Mantiene la muñeca en una posición neutral, reduce la tensión en los hombros.
Altura de la superficie de trabajo (tareas que requieren fuerza)	Superficie más baja para tareas como cortar o martillar.	80 - 85 cm	Facilita trabajo sin elevar hombros, reduciendo esfuerzo muscular.
Distancia entre el cuerpo y la superficie de trabajo	Cercanía suficiente para evitar inclinaciones o encorvamiento.	20 - 30 cm	Promueve postura neutral, reduce tensión en tronco y cuello.
Ángulo del codo	Permite movimientos cómodos y relajados.	90 - 110 grados	Evita tensión en músculos del hombro y brazo.
Longitud del antebrazo	Reposo sobre superficie para minimizar carga estática.	25 - 30 cm	Mejora la comodidad durante tareas prolongadas.
Altura del codo sentado	Determina altura del banco de trabajo para tareas específicas.	62 - 73 cm	Ajuste óptimo para precisión y fuerza.
Altura del hombro sentado	Relaja tronco y carga en los hombros.	88 - 98 cm	Mantiene hombros en posición relajada, evita tensiones.

Nota: Según la guía de diseño ergonómico de la Universidad Estatal de Oregon (n.d.), estos son los valores recomendados para optimizar la postura del usuario.

Valores Antropométricos Relacionados

Dimensión Antropométrica	Valor Promedio (cm)
Altura promedio del codo sentado	62 - 73
Altura promedio del hombro sentado	88 - 98
Longitud del antebrazo	25 - 30
Distancia desde la espalda hasta la muñeca (postura relajada)	45 - 55

Relevancia de los Valores Antropométricos en la Orfebrería

Los valores antropométricos, que se refieren a las medidas y proporciones del cuerpo humano, son esenciales para crear un entorno de trabajo ergonómico en la orfebrería. Estas medidas impactan directamente en la comodidad y eficiencia del artesano, especialmente en actividades que requieren alta precisión. A continuación, se destaca su relevancia:

- **Altura de la mesa:** Es fundamental que la altura de la superficie de trabajo esté adecuada a la estatura del orfebre. Esto previene inclinaciones innecesarias del cuerpo, lo que podría generar dolor y fatiga muscular a largo plazo. La incorporación de la impresión 3D en tareas como el modelado y el grabado permite una mayor automatización, lo que facilita posturas más naturales y cómodas.
- **Ángulos de trabajo:** Mantener los ángulos de trabajo dentro de rangos ergonómicos (por ejemplo, evitando inclinaciones del cuello y la espalda que superen los 20°-25°) ayuda a reducir la tensión en la columna vertebral y las extremidades superiores. Las impresoras 3D pueden contribuir a disminuir la necesidad de mantener posturas estáticas durante períodos prolongados, al automatizar ciertas tareas.

Consideraciones

La integración de ajustes ergonómicos basados en medidas antropométricas, junto con la automatización proporcionada por la impresión 3D, no solo mejora la calidad del trabajo y el bienestar del orfebre, sino que también optimiza los procesos productivos. Esta combinación permite crear un entorno de trabajo más saludable, eficiente y moderno, adaptado a las demandas actuales, sin comprometer la autenticidad artesanal que caracteriza a la orfebrería tradicional.

5.1.2 Movimientos repetitivos y Fuerza Física

Movimientos repetitivos

El uso de herramientas implica movimientos repetitivos que pueden generar **fatiga muscular** y **tensión** en las extremidades superiores (manos, muñecas, antebrazos y hombros). Las variables ergonómicas que se deben evaluar en relación a los movimientos repetitivos son:

- **Frecuencia de los movimientos:** . Representa la cantidad de repeticiones de un movimiento específico en un intervalo de tiempo determinado (en este caso 10 min) .Los movimientos repetitivos constantes aumentan el riesgo de lesiones como el síndrome del túnel carpiano. Cuanto más alta es la frecuencia, mayor es el riesgo de **lesiones por esfuerzo repetitivo**.
- **Amplitud y rango de movimiento:** Describe la extensión del movimiento de las articulaciones implicadas (principalmente la muñeca, antebrazo, y en algunos casos el codo y el hombro). Movimientos de gran amplitud o repetitivos en la **flexión y extensión** pueden causar tensión prolongada en los músculos y tendones.
- **Tiempo de exposición:** Duración de las sesiones de trabajo sin descansos, que puede aumentar la fatiga muscular.

Tabla comparativa entre las actividades (más frecuentes) que requieren movimientos repetitivos y el método tradicional con su impacto ergonómico y el método con impresión 3d.

Tabla comparativa (actividad/metodos/impacto ergonómico):

Actividad	Método Tradicional	Impacto Ergonómico Tradicional	Con Impresión 3D
Lijado y Pulido	Lijado y pulido manual de superficies, movimientos repetitivos de ida y vuelta con herramientas.	Tensión en músculos del antebrazo, muñeca y hombro; posible irritación de articulaciones.	Reducción o eliminación del lijado manual extensivo gracias a superficies más uniformes producidas por impresión 3D.
Corte de metal	Uso de sierras de arco para cortar metales, con movimientos de vaivén repetitivos de flexión y extensión de muñecas y codos.	Estrés en muñecas, tendones del antebrazo, parte superior del brazo y hombro.	Piezas impresas directamente con la forma deseada, eliminando la necesidad de serrado manual y los movimientos repetitivos asociados.
Martilleo	Martilleo manual para dar forma o texturizar piezas, con golpes repetitivos.	Fatiga muscular en brazo, muñeca y mano; tensión en el hombro.	La impresión 3D puede crear texturas y formas directamente, reduciendo o eliminando la necesidad de martilleo manual y, por ende, los movimientos repetitivos.
Soldadura	Ajuste manual de piezas, aplicación de calor con el soplete y material de soldadura, con movimientos repetitivos y presión con los dedos.	Tensión en dedos, muñecas y antebrazos; tensión ocular por mantener la mirada enfocada durante largos periodos.	Reducción de la necesidad de soldar múltiples piezas, gracias a la impresión de estructuras complejas en una sola pieza o con encaje preciso.
Montaje de Piezas	Ajustes repetitivos de componentes pequeños, con movimientos finos de los dedos y muñeca para alinear y fijar piezas delicadas.	Fatiga en manos, muñecas y dedos, especialmente al manipular piezas pequeñas y delicadas.	Piezas diseñadas para encajar perfectamente, reduciendo la necesidad de ajustes repetitivos durante el montaje.
Grabado	Grabado manual con buriles para realizar patrones, movimientos repetitivos controlados sobre la superficie del metal.	Tensión en dedos, muñeca y antebrazo por la aplicación prolongada de fuerza y mantenimiento de posturas fijas.	La impresión 3D permite preconfigurar ciertos diseños directamente en la pieza, reduciendo el trabajo repetitivo necesario para detalles complejos.

Tabla comparativa: (Actividad/Variables/Tiempo):

Tabla comparativa con las actividades del trabajo de orfebrería artesanal, asignando valores a tres variables claves de los factores ergonómicos (nombradas anteriormente) : **Frecuencia de movimientos, Amplitud y rango de movimiento, y Tiempo de exposición.** Los valores son indicativos y se ajustan a observaciones reales en taller de orfebrería. Los valores asignados en la tabla se obtuvieron mediante una observación directa en taller, realizada durante intervalos de 5 minutos. Estos datos se extrapolaron a un período de 10 minutos para reflejar con mayor precisión las condiciones habituales del trabajo y facilitar la comparación entre actividades.

Período de Tiempo: 10 minutos

Actividad	Frecuencia de Movimientos (Repeticiones por 10 minutos)	Amplitud y Rango de Movimiento	Tiempo de Exposición (Minutos por sesión sin descanso)
Lijado y Pulido	200-300 repeticiones	Movimientos de ida y vuelta, principalmente flexión y extensión de muñeca y antebrazo.	30-60 minutos
Corte de metal	100-150 repeticiones	Movimientos de vaivén, con flexión y extensión repetida de muñecas y codos.	20-45 minutos
Martilleo	80-120 golpes	Movimientos amplios del brazo, con flexión y extensión de codo, uso repetido de muñeca y mano para golpear.	15-30 minutos
Soldadura	40-60 movimientos	Movimientos finos y controlados de los dedos, muñecas y antebrazos para ajustar y soldar piezas.	15-25 minutos
Montaje de Piezas	50-80 ajustes	Movimientos pequeños de los dedos y muñecas para ajustar y alinear piezas delicadas.	20-40 minutos
Lijado Fino	180-250 repeticiones	Movimientos de ida y vuelta con flexión constante de muñeca y uso de los dedos para ajustar la presión.	30-60 minutos

Consideraciones:

Los movimientos repetitivos en la orfebrería tradicional, como lijado, pulido y martilleo, generan tensión en las extremidades superiores, aumentando el riesgo de lesiones por esfuerzo repetitivo. La impresión 3D reduce la frecuencia y duración de estos movimientos, automatizando etapas clave del proceso, lo que disminuye la fatiga, el riesgo de lesiones y mejora la eficiencia, prolongando la sostenibilidad laboral de los orfebres.

Fuerza Aplicada / Postura

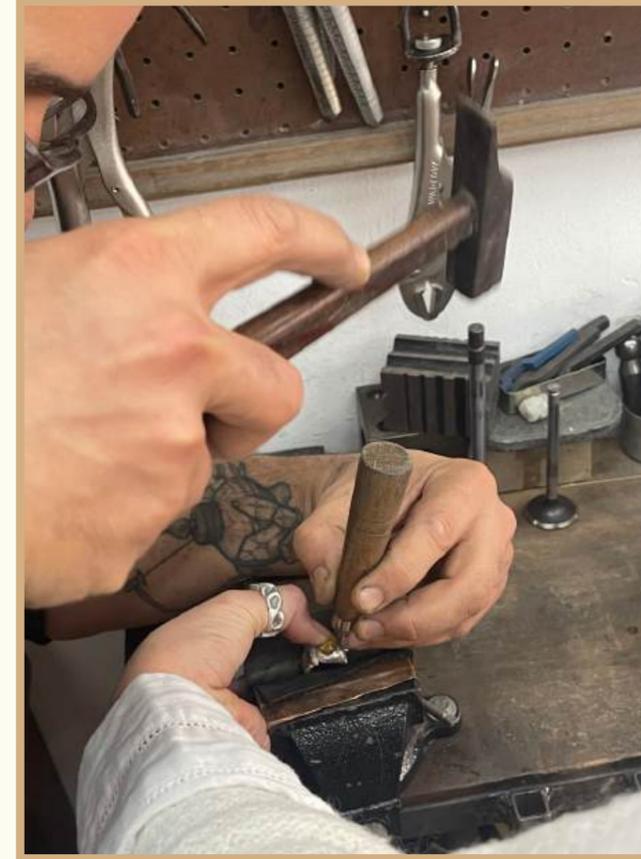


Figura 22. Hombre sosteniendo herramientas.
(Fotografía de Mikhail Nilov en Pexels)
<https://www.pexels.com>

Extremidades usadas con mas frecuencia:

- Manos
- Dedos
- Brazos
- Espalda y cuello

- Actividades con alta carga estática.
- Fuerza aplicada: actividades con fuerza manual alta para manipular herramientas.
- Uso de herramientas manuales intensivas en posturas inclinadas.
- inclinaciones frecuentes del cuello y la espalda.
- Flexión de muñeca y antebrazo sostenidas.

Fuerza Aplicada, Posturas y Movimientos

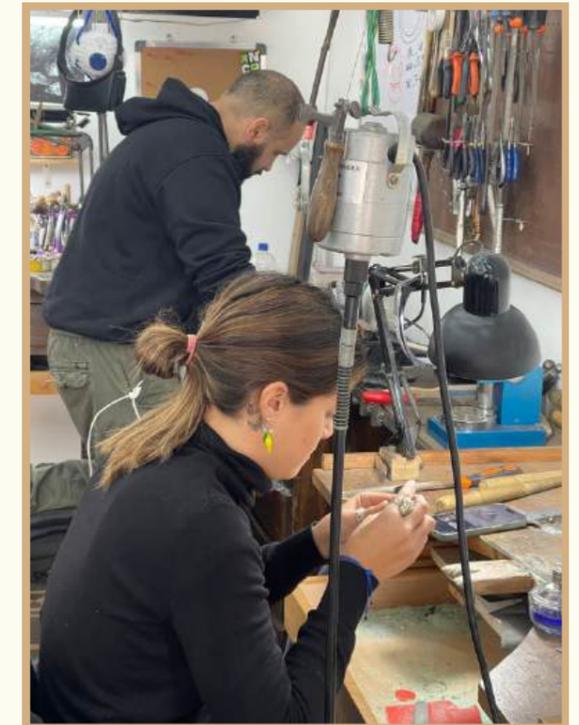


Figura 29. Hombre sosteniendo herramientas.
(Fotografía de Mikhail Nilov en Pexels) <https://www.pexels.com>

Esfuerzo físico

Para evaluar el esfuerzo físico en las actividades de un orfebre artesanal, es importante considerar las siguientes variables ergonómicas clave que influyen en la carga física y el riesgo de lesiones:

Variables Ergonómicas:

- **Fuerza Aplicada:** Nivel de fuerza requerido para realizar una tarea. Se evalúa la cantidad de fuerza muscular que el orfebre necesita aplicar. Las actividades con **fuerza alta** aumentan el riesgo de fatiga muscular y posibles lesiones, mientras que las de **fuerza leve o moderada** tienen menor impacto en el cuerpo.
- **Postura:** Posición del cuerpo, particularmente en las extremidades superiores, la espalda y el cuello, durante la actividad. Las posturas con **flexión de muñeca, antebrazo o espalda** sostenidas generan tensión muscular y articular. Si no se toman pausas, estas posturas incrementan el riesgo de lesiones por sobreuso.
- **Carga Estática:** Tiempo durante el cual una parte del cuerpo mantiene una posición o aplica fuerza sin moverse. Actividades con alta **carga estática** incrementan el riesgo de **fatiga muscular** debido a la falta de movimiento. Las tareas que requieren mantener posiciones por tiempo prolongado sin descanso aumentan la tensión acumulada.
- **Distribución de la Carga:** Las partes del cuerpo donde se concentra el esfuerzo físico (manos, muñecas, antebrazos, hombros, espalda). Una distribución **desigual** del esfuerzo en áreas específicas, como las muñecas o los hombros, incrementa la posibilidad de **sobrecarga** y lesiones. Es fundamental distribuir la carga de manera uniforme para reducir estos riesgos.

Tabla comparativa (Actividad/Variables de esfuerzo físico):

Actividad	Fuerza Aplicada	Postura	Carga Estática	Distribución de la Carga
Lijado y Pulido	Moderada y continua; puede generar fatiga muscular.	Flexión de muñecas y antebrazos; presión constante	Alta carga estática; tensión en manos, muñecas y antebrazos.	Principalmente en manos y muñecas; riesgo de sobrecarga.
Corte de metal	Significativa; puede causar alta tensión en manos y muñecas.	Flexión de muñecas y antebrazos; también involucra hombros.	Alta carga estática por posturas fijas prolongadas.	Concentración en manos y antebrazos; impacto en hombros.
Martilleo	Alta; puede causar un impacto considerable en articulaciones	Elevación repetitiva del brazo; flexión de muñeca.	Menor carga estática; actividad más dinámica.	Principalmente en manos y muñecas; afectación en hombros.
Soldadura	Mínima; precisión y control requeridos.	Posturas incómodas, flexión de muñecas y antebrazos.	Alta carga estática por mantener posiciones fijas.	Afectación en manos y muñecas; tensión acumulada en espalda.
Montaje de Piezas	Leve; alta precisión requerida.	Posturas estáticas de manos y muñecas; inclinación de la espalda.	Alta carga estática; fatiga acumulada en manos y muñecas.	Afectación principal en manos, muñecas y espalda.
Lijado Fino	Moderada y constante; enfoque en precisión.	Posturas estáticas de manos y muñecas; precisión necesaria.	Alta carga estática; tensión en muñecas y antebrazos.	Principalmente en manos y muñecas; posible afectación en antebrazos.

Resultados de la Comparación:

Al analizar las actividades de orfebrería, se evidencia que la interacción de la fuerza aplicada, las posturas adoptadas y la carga estática contribuyen al riesgo de lesiones. La implementación de estrategias para gestionar estas variables es esencial para la salud y el bienestar del orfebre.

Consideraciones:

El análisis del esfuerzo físico en la orfebrería artesanal muestra que actividades como el martilleo y el pulido requieren una alta fuerza aplicada y generan una carga estática en las extremidades superiores, principalmente en manos, muñecas y antebrazos. Una distribución desigual de la carga física, sumada a posturas mantenidas y la falta de pausas, incrementa el riesgo de lesiones musculoesqueléticas. La optimización ergonómica mediante ajustes en la postura, el uso de herramientas adecuadas y la incorporación de tecnologías como la impresión 3D puede reducir significativamente la carga física y prolongar la vida laboral de los artesanos.

5.1.3 Uso de herramientas manuales

La evaluación ergonómica del uso de herramientas manuales en la orfebrería artesanal es crucial, ya que herramientas mal ajustadas pueden aumentar el riesgo de lesiones por esfuerzo repetitivo y trastornos musculoesqueléticos.

Variables:

- **Manejo y Agarre:** Describe cómo se manipula la herramienta en el trabajo, considerando si requiere fuerza o precisión.
- **Tipo de Agarre y Dedos Utilizados:** Especifica el tipo de agarre (abarcador, contacto, coger) y los dedos que se usan en cada herramienta.
- **Posibles Lesiones:** Identifica las lesiones más comunes que pueden ocurrir por el uso repetitivo de la herramienta.
- **Recomendaciones de Mejora:** Sugerencias ergonómicas para minimizar el riesgo de lesiones, como el uso de mangos acolchados o guantes.

Tabla Comparativa (Evaluación Ergonómica del Uso de Herramientas):

Herramienta	Manejo y Agarre	Tipo de agarre y dedos utilizados		Posibles Lesiones	Recomendaciones de mejora
Lima	Agarre firme y controlado para pulido manual	Agarre de contacto, 4 dedos y pulgar		Fatiga muscular en muñeca, tendinitis	Uso de mangos ergonómicos y guantes de protección
Sierra de arco	Agarre fuerte con presión constante	Agarre de abarcar, mano completa		Tensión en muñeca y codo, posible síndrome del túnel carpiano	Mangos acolchados, pausas regulares para evitar sobrecarga
Martillo	Agarre firme para golpes repetidos	Agarre de coger, 3 dedos y pulgar		Lesiones en hombros, muñecas y antebrazos	Uso de martillos con mangos de amortiguación
Buril	Agarre de precisión para grabado	Agarre de contacto, 2-3 dedos y pulgar		Fatiga en dedos, tensión en muñeca y antebrazo	Mejora de ergonomía del mango para reducir esfuerzo
Pinzas	Agarre repetitivo para sostener pequeñas piezas	Agarre de contacto, 2 dedos y pulgar		Cramps en dedos y muñeca, fatiga en la mano	Uso de pinzas con mango anatómico y resorte de retorno
Pulidoras	Agarre firme y control de movimientos	Agarre de contacto, mano completa		Síndrome de vibración mano-brazo, daño neuromuscular	Herramientas con amortiguación de vibración, guantes antivibración
Alicates	Agarre fuerte para doblar y cortar metal	Agarre de abarcar, mano completa		Tensión en los músculos del antebrazo y muñeca	Alicates con mangos ergonómicos para mayor confort
Lijas Manuales	Agarre repetitivo para pulido	Agarre de contacto, 4 dedos y pulgar		Irritación en muñeca, posible tendinitis	Uso de herramientas de lijado con diseño ergonómico

Consideraciones:

La adecuada selección y uso de herramientas manuales son fundamentales para la prevención de lesiones en la orfebrería artesanal. El diseño ergonómico de las herramientas, que incluya mangos acolchados y una configuración adecuada para el agarre, puede reducir la fatiga muscular y el riesgo de trastornos musculoesqueléticos. Además, el entrenamiento en técnicas adecuadas de manejo y agarre es esencial para maximizar la eficiencia del trabajo y minimizar el riesgo de lesiones. Implementar estas mejoras no solo beneficiará la salud del orfebre, sino que también aumentará su productividad y bienestar en el entorno laboral.

5.2 Factores Ergonómicos de la Impresión 3D.

5.2.1 Beneficios Ergonómicos de la Impresión 3D.

La impresión 3D mejora la ergonomía al reducir posturas incómodas y movimientos repetitivos, optimizando tanto la salud del orfebre como los procesos productivos.

A continuación se detallan los principales beneficios:

1. **Reducción de esfuerzos:** La automatización de tareas manuales como el lijado, el grabado y el modelado reduce significativamente la inclinación excesiva del cuello y la espalda. Al minimizar las posturas incómodas, se alivia la tensión acumulada en los músculos y se favorece una postura más ergonómica y cómoda durante el trabajo.
2. **Minimización de movimientos repetitivos:** Las operaciones repetitivas en las muñecas y los brazos, comunes en la orfebrería tradicional, pueden ser reemplazadas por procesos automatizados con impresión 3D. Esto reduce el riesgo de desarrollar trastornos musculoesqueléticos, como el síndrome del túnel carpiano, que son consecuencia de movimientos continuos y poco variados.
3. **Optimización del tiempo:** Al disminuir el tiempo dedicado a tareas repetitivas, el orfebre puede concentrar su energía en actividades creativas y detalladas, como el diseño y el acabado de piezas, lo que mejora tanto la eficiencia como la satisfacción laboral.

Tabla Comparativa: Actividades y Métodos

Esta tabla ilustra cómo la impresión 3D mejora la ergonomía en comparación con los métodos tradicionales para diferentes actividades del proceso productivo:

Actividad	Tradicional	Cambios con Impresión 3D
Trabajo de Detalle en Pequeñas Piezas	Inclinación del cuello y curvatura de la espalda al trabajar manualmente en detalles finos.	Detalles finos digitalmente, reduciendo la necesidad de inclinación del cuello y la curvatura de la espalda.
Pulido y Lijado Manual	Requiere inclinación de la espalda y muñecas para lograr un acabado liso en superficies irregulares.	Superficies más uniformes desde el inicio, reduciendo la cantidad de pulido y la necesidad de inclinación.
Soldadura de Componentes Pequeños	Inclinación del cuello y la espalda para soldar componentes pequeños y tensión en las muñecas por el manejo del soplete.	Componentes más complejos pueden imprimirse como una sola pieza, reduciendo la necesidad de soldadura manual y las inclinaciones asociadas.
Montaje de Piezas Complejas	Inclinación del cuello y curvatura de la espalda al ensamblar piezas pequeñas manualmente.	Permite producir piezas complejas en una sola operación, aliviando la inclinación del cuello y la espalda durante el montaje.

5.2.2 Consideraciones en el diseño y espacio de trabajo con Impresión 3D

La ergonomía no solo se mejora con la tecnología, sino también adaptando el espacio de trabajo a las necesidades del orfebre. A continuación, se detallan consideraciones clave:

Altura de trabajo:

Las mesas deben ser ajustables para evitar inclinaciones excesivas y facilitar el acceso a la impresora 3D.

Diseño de herramientas:

Controles de impresoras y herramientas de post-procesamiento deben ser ergonómicos, con agarres cómodos para reducir la tensión en muñecas y dedos.

Organización del espacio:

Optimizar la disposición del taller permite un flujo continuo de tareas y evita movimientos innecesarios o posturas incómodas.

Iluminación y ventilación:

- Uso de lámparas LED ajustables mejora la visibilidad durante tareas de monitoreo y post-procesamiento. Y uso de extractores que eliminan vapores potencialmente tóxicos de resinas u otros materiales, asegurando un ambiente seguro.

Comparación de Condiciones de Trabajo y Ergonomía

Categoría	Orfebrería Tradicional	Impresión 3D
Herramientas Manuales	Uso intensivo de herramientas manuales (lijadoras, pulidoras, martillos, buriles, pinzas, etc).mayor esfuerzo físico.	Menor uso de herramientas manuales; el esfuerzo se traslada a la configuración de la impresora.
Espacio de Trabajo	Espacios pequeños y mesas a alturas incorrectas, que fuerzan malas posturas.	Espacio de trabajo mejor organizado para una postura más neutral y cómoda, mejorando la ergonomía.
Iluminación y Ventilación	Iluminación y ventilación deficientes, lo que genera fatiga visual y física	Espacio optimizado con buena iluminación y ventilación, mejorando la comodidad y productividad.
Duración de Tareas	Las tareas como corte, pulido y ensamblaje manual pueden ser lentas y repetitivas. Fatiga acumulativa.	Tareas más rápidas y automatizadas, reduciendo tiempos de producción y mejorando la eficiencia.
Signos Visibles de Fatiga Física	Descanso frecuente, estiramientos regulares, cambios de postura y el uso de un almohadón en la silla de trabajo para aliviar fatiga física.	Reducción de descansos, menos necesidad de estiramientos y posturas más cómodas durante el uso de impresión 3D.

Recomendaciones Ergonómicas

Para mejorar las condiciones de trabajo y reducir los riesgos de lesiones, se plantean las siguientes recomendaciones integradas para el entorno de trabajo y el apoyo complementario. Según las directrices de la **Organización Mundial de la Salud (OMS)**, la temperatura debe mantenerse entre 20-24°C para asegurar el confort térmico, lo cual ayuda a reducir el cansancio y mejora la concentración en las tareas (OMS, 2021). Además, el uso de soportes ergonómicos para muñecas y brazos, como sugieren los estudios de Nussbaum et al. (2004), puede reducir el esfuerzo y prevenir lesiones durante trabajos prolongados.

Mejorar el entorno de trabajo:

- **Iluminación y Ventilación:** Adecuadas como se nombró anteriormente.
- **Temperatura:** Mantener entre 20-24°C para reducir la fatiga (OMS, 2021).
- **Organización del espacio:** Colocar herramientas frecuentemente usadas al alcance del orfebre.

Herramientas complementarias y apoyo:

- **Soportes ergonómicos:** Apoyos para muñecas y brazos que reduzcan la tensión en trabajos prolongados.
- **Herramientas con agarres adaptados:** Facilitan un uso más cómodo y menos agotador.
- **Pausas y rotación de tareas:** Ciclos de descanso regulares y alternancia de actividades para prevenir lesiones por sobreuso.

Se plantea un cronograma de rotación para un ciclo de trabajo de 8 horas, con descansos cortos de 5-10 minutos y descansos más largos cada 2-3 horas. Esta rotación entre actividades variadas ayuda a mantener la salud muscular y previene la fatiga localizada, optimizando la productividad y el bienestar del orfebre.

Cronograma de rotación de tareas

Tiempo (min)	Actividad	Grupos Musculares Involucrados	Notas
0 - 30	Corte de metal	Hombros, brazos, muñecas	Asegurarse de usar herramientas adecuadas para evitar lesiones.
30 - 5	Descanso (5 min)	-	Estiramientos ligeros para brazos y hombros.
35 - 65	Martilleo	Hombros, brazos, muñecas	Uso de soportes ergonómicos para muñecas.
65 - 10	Descanso (10 min)	-	Pausa activa; estiramientos de espalda y brazos.
75 - 105	Soldadura	Hombros, muñecas, espalda	Asegurar buena postura y descanso entre soldaduras.
105 - 15	Descanso (15 min)	-	Pausa para relajar los músculos de la espalda.
120 - 150	Pulido y lijado	Muñecas, brazos, hombros	Alternar entre lijado manual y pulido para cambiar de agarre.
150 - 20	Descanso (20 min)	-	Estiramientos enfocados en muñecas y espalda.
170 - 200	Montaje de piezas	Manos, muñecas, brazos, espalda	Utilizar herramientas ergonómicas para facilitar el montaje.
200- 30	Descanso (30 min)	-	Relajación y estiramientos completos.
230 - 300	Lijado fino	Muñecas, manos, brazos	Mantener una postura neutra y cambiar de posición frecuentemente.
300 - 60	Descanso (60 min)	-	Tomar un descanso prolongado para descansar completamente.

Según las recomendaciones del National Institute for Occupational Safety and Health (NIOSH), la implementación de pausas regulares y la rotación de tareas en trabajos que implican movimientos repetitivos o posturas prolongadas es esencial para prevenir lesiones musculoesqueléticas. Estas estrategias permiten redistribuir la carga física entre diferentes grupos musculares y reducir la acumulación de fatiga, lo cual contribuye a un entorno laboral más seguro y productivo (NIOSH, 2016). En el contexto de la orfebrería, donde se realizan actividades manuales de alta precisión y repetitividad, aplicar estas prácticas puede mejorar significativamente el bienestar del artesano, disminuyendo el riesgo de trastornos asociados al sobreuso. De esta manera, el cronograma propuesto, basado en observaciones propias en el taller y adaptado según las recomendaciones de NIOSH, se alinea con los principios de ergonomía preventiva, promoviendo un equilibrio entre productividad y salud ocupacional.

Consideraciones :

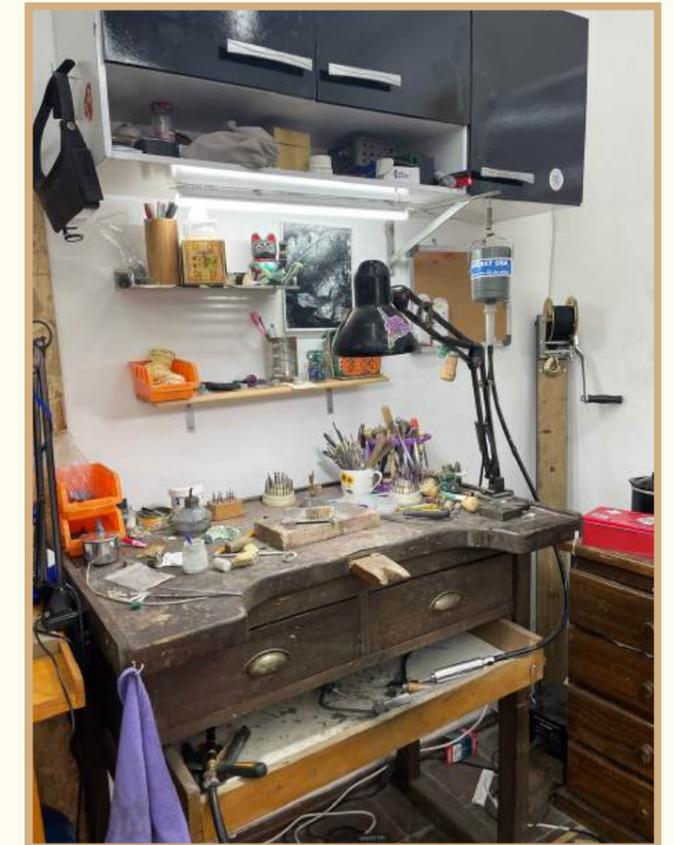
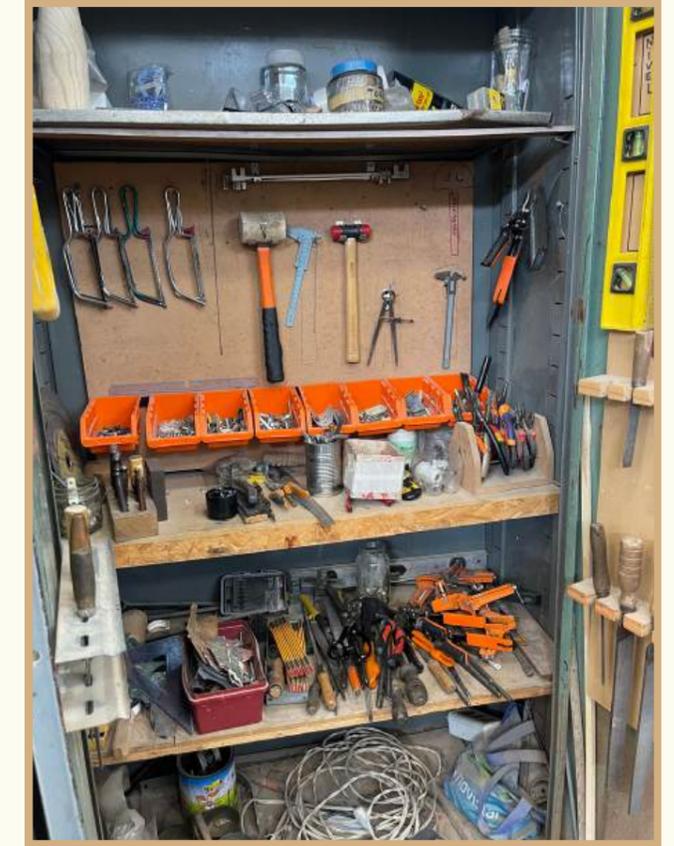
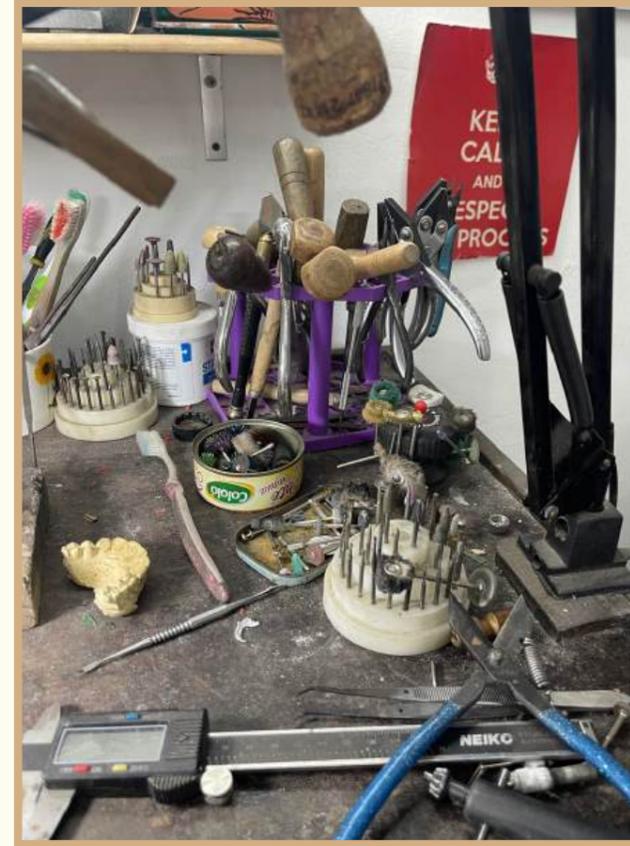
- **Personalización y Adaptabilidad:** El orfebre puede ajustar el cronograma y las condiciones de trabajo según sus necesidades individuales, permitiendo una flexibilidad que responde al bienestar.
- **Formación en Ergonomía y Conciencia del Bienestar Laboral:** Capacitar a los artesanos en principios ergonómicos y fomentar la conciencia sobre la importancia de reportar cualquier incomodidad o señal de fatiga para actuar preventivamente.
- **Evaluación Ergonómica Continua:** Revisar periódicamente las condiciones del entorno de trabajo y ajustar las herramientas según los resultados para asegurar una mejora constante en las condiciones laborales.

Evaluar continuamente las condiciones ergonómicas, usar herramientas adaptadas y ajustar el entorno de trabajo promueve un espacio que prioriza la salud del orfebre, incrementa la productividad y potencia la calidad artesanal.

Además de los beneficios ergonómicos, la optimización del espacio y el diseño del entorno de trabajo complementan estas ventajas tecnológicas

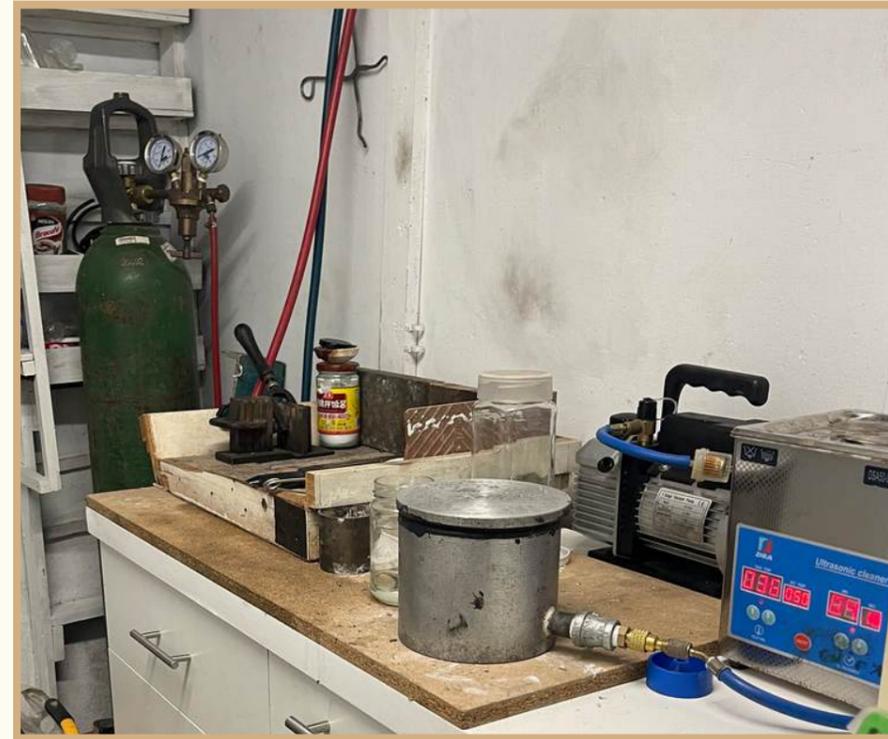
Organización

- Espacios de trabajo mal organizados .
- Materiales fuera de sus lugares.
- Herramientas de uso frecuente, fuera del alcance.
- Residuos de metales mezclados con pequeñas herramientas.
- Mesas con altura incorrecta .
- Altas demandas de trabajos
- Plazos estrictos de entregas.



Limpieza

- Partículas Metálicas
- Químicos de limpieza.
- Máquinas y Herramientas con residuos



Desperdicio de metal



5.3 Factores Ergonómicos Organizacionales:

Este apartado se centra en los factores ergonómicos organizacionales que influyen en la salud y el bienestar de los orfebres, así como en la calidad y eficiencia de su trabajo. La evaluación de estos factores es esencial para identificar áreas de mejora que puedan ser optimizadas con la incorporación de la tecnología de impresión 3D.

5.3.1 Factores Ergonómicos a evaluar:

Carga de Trabajo y Ritmo de Producción:

- Altas demandas de producción o plazos estrictos pueden llevar a los orfebres a trabajar de manera continua sin pausas adecuadas, lo que aumenta el riesgo de fatiga y lesiones. Un ritmo de trabajo constante y rápido puede dificultar la recuperación muscular y mental, afectando tanto la calidad del trabajo como la salud del artesano.

Pausas y Descansos Insuficientes:

- La falta de descansos regulares para aliviar la fatiga física y mental puede agravar los problemas ergonómicos, especialmente en tareas repetitivas y de alta concentración. Las pausas insuficientes no solo aumentan la probabilidad de lesiones musculares, sino que también reducen la precisión y la calidad del trabajo artesanal.

Distribución del Trabajo:

- Una organización del trabajo que no permite la rotación de tareas puede llevar a la sobrecarga de ciertos grupos musculares, lo que incrementa el riesgo de desarrollar trastornos musculoesqueléticos. La falta de rotación de actividades genera monotonía y sobrecarga física localizada, afectando tanto la salud física como el bienestar general del artesano.

Acceso a Formación y Herramientas Adecuadas:

- La falta de capacitación en técnicas ergonómicas y en el uso correcto de herramientas puede llevar a que los orfebres utilicen posturas inadecuadas o herramientas no optimizadas, lo que aumenta el riesgo de lesiones. El acceso limitado a herramientas ergonómicas o la capacitación insuficiente en su uso puede afectar la eficiencia y el confort de los artesanos durante el proceso de producción.

Ambiente Psicosocial:

- Factores como el estrés y la presión para cumplir con plazos estrictos influyen negativamente en la ergonomía, incrementando la tensión física y mental. Un ambiente laboral estresante puede llevar a que los orfebres adopten posturas forzadas y descuiden su bienestar físico, lo que a su vez impacta la calidad del trabajo y la satisfacción laboral.

Impacto de los Factores Ergonómicos Organizacionales

Salud Musculoesquelética: Los problemas físicos acumulados, como dolores y tensiones en las manos, muñecas, espalda y cuello, pueden llevar a condiciones crónicas que dificulten o impidan la continuidad de la actividad laboral del orfebre.

Calidad y Precisión del Trabajo: La fatiga y las lesiones físicas pueden reducir la capacidad de los orfebres para realizar trabajos detallados con la precisión necesaria, afectando directamente la calidad del producto final y la reputación del taller.

Satisfacción y Motivación: Factores ergonómicos negativos impactan la motivación y la satisfacción en el trabajo, lo que a su vez afecta la productividad, la creatividad y el compromiso del artesano con su labor.

Tabla (factores ergonómicos organizacionales)

Factor	Descripción	Implicaciones Ergonómicas	Recomendaciones	Impacto de la Impresión 3D
Carga de Trabajo y Ritmo de Producción	Altas demandas y plazos estrictos conducen a trabajo continuo sin pausas.	Aumento del riesgo de fatiga y lesiones.	Implementar pausas regulares y evaluar plazos de producción.	Reduce el tiempo de producción y permite una distribución más equilibrada de tareas.
Pausas y Descansos Insuficientes	Falta de descansos regulares para aliviar la fatiga física y mental.	Exacerbación de problemas ergonómicos.	Establecer un horario de descansos regulares.	Permite automatizar tareas, facilitando la planificación de pausas.
Distribución del Trabajo	Organización que no permite rotación de tareas.	Sobrecarga de ciertos grupos musculares.	Fomentar la rotación de tareas y distribuir el trabajo equitativamente.	Facilita la alternancia entre tareas creativas y repetitivas.
Acceso a Formación y Herramientas Adecuadas	Falta de capacitación y uso de herramientas incorrectas.	Aumento del riesgo de lesiones por posturas incorrectas.	Proporcionar formación en técnicas ergonómicas y uso adecuado de herramientas.	Mejora el uso de herramientas ergonómicas, reduciendo el riesgo de lesiones.
Ambiente Psicosocial	Estrés y presión por cumplir plazos.	Aumento de la tensión física y mental.	Crear un ambiente laboral más relajado, promoviendo la salud mental.	Disminuye la presión por cumplir plazos, mejorando el bienestar laboral.
Carga Mental	Estrés asociado a la multitarea y la presión para cumplir con las expectativas de calidad y plazos	Aumento de la fatiga mental, disminución de la concentración y potencial impacto en la calidad del trabajo.	Fomentar un enfoque equilibrado en las tareas y permitir la especialización en aspectos específicos para reducir la carga mental.	Reduce la carga mental al liberar a los orfebres de tareas repetitivas, permitiéndoles centrarse en el diseño y la creatividad.

Consideraciones sobre la Impresión 3D

La incorporación de la impresión 3D en la orfebrería tradicional uruguaya genera un impacto positivo notable en los factores ergonómicos organizacionales. A continuación, se destacan algunas de las mejoras:

Reducción de esfuerzo físico:

- Minimiza los movimientos repetitivos y la necesidad de herramientas manuales, reduciendo el desgaste físico en las manos, muñecas y espalda

Menos carga mental:

- Automatiza tareas repetitivas, liberando tiempo para que el orfebre se concentre en aspectos creativos y de diseño, mejorando la satisfacción laboral.

Mayor flexibilidad:

- Permite una mejor planificación y distribución de tareas, evitando sobrecargas físicas o mentales.

Mejor ambiente psicosocial:

Reduce la presión por cumplir plazos estrictos, generando un entorno laboral más saludable y disminuyendo el estrés.

5.3.2 Sistema de la Mesa de Trabajo del Orfebre

En ergonomía organizacional, un mapa de accesibilidad ayuda a visualizar las interacciones entre el orfebre y su entorno de trabajo, delimitando las áreas y elementos que influyen en su desempeño y bienestar. A continuación, se describe el sistema de la mesa de trabajo del orfebre, dividido en zonas clave:

Sistema de la Mesa de Trabajo del Orfebre:

Zona A (Área de trabajo principal)

- Ubicación: Frente directo al orfebre.
- Elementos: Herramientas de uso frecuente (limas, martillos, sierras), piezas en proceso, iluminación principal.
- Ergonomía: Herramientas a una distancia que no requiera extensión excesiva de brazos, con iluminación directa y sin sombras. La altura de la mesa debe ser adecuada para trabajar sentado o de pie sin inclinarse.

Zona B (Accesible con brazos extendidos)

- Ubicación: Al alcance de los brazos sin necesidad de cambiar la postura.
- Elementos: Equipos ocasionales (micromotores, pinzas, buriles), contenedores de materiales o piezas pequeñas.

- Ergonomía: Todo lo necesario debe estar accesible sin torsión del tronco. Los contenedores deben estar etiquetados y organizados para evitar movimientos innecesarios.

Zona C (Perímetro de herramientas y materiales de reserva)

- Ubicación: Alrededor o debajo de la mesa, fuera del alcance directo.
- Elementos: Materiales adicionales (cera, metal), herramientas de uso menos frecuente, equipos más voluminosos (soplete, compresor).
- Ergonomía: Posicionar los equipos en lugares donde se puedan alcanzar con mínimos movimientos. El uso de soportes móviles facilita el traslado de herramientas pesadas sin necesidad de levantarlas repetidamente.

Zona D (Iluminación y ventilación)

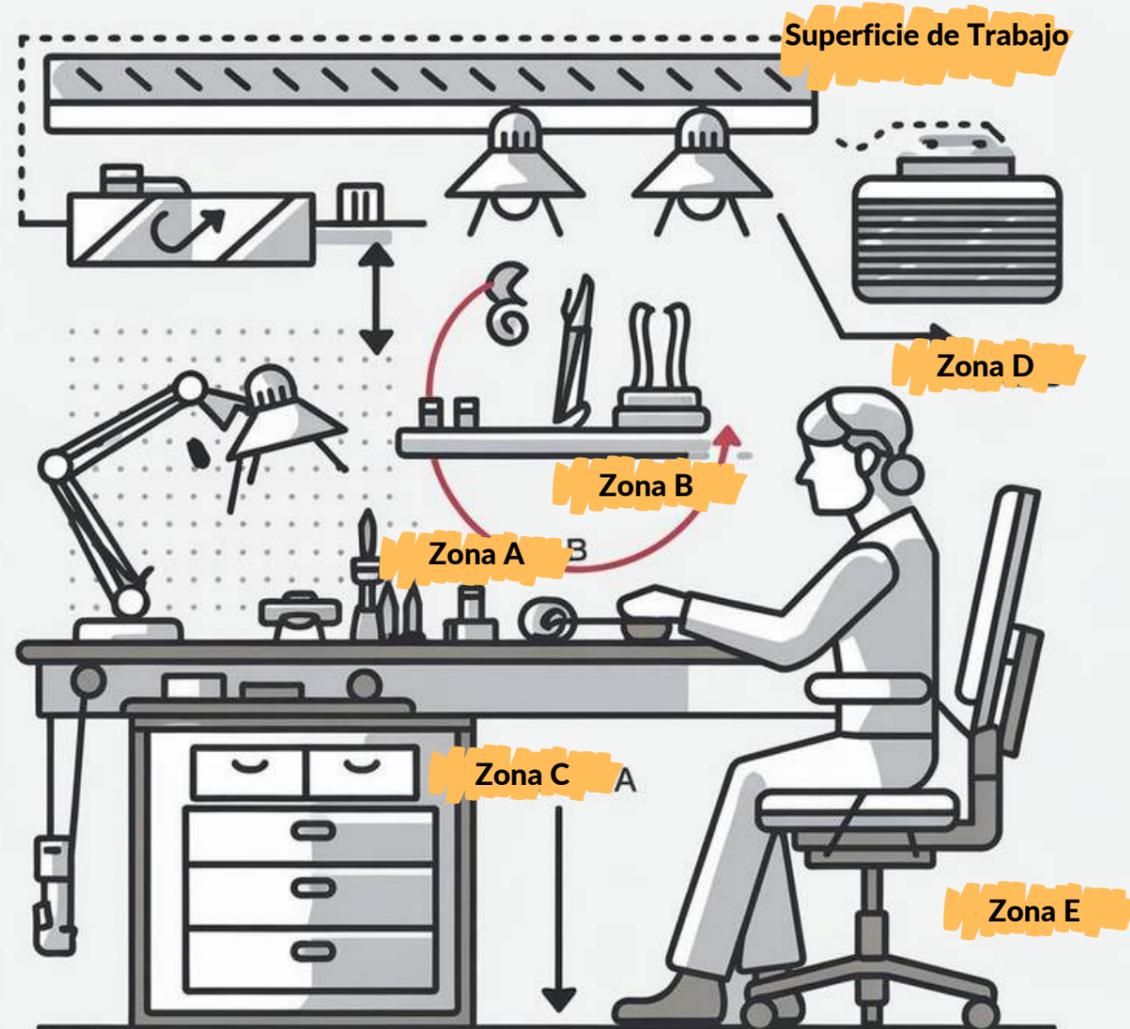
- Ubicación: Iluminación ubicada justo por encima del área de trabajo y sistema de ventilación cercano.
- Elementos: Luces regulables para ajustar la intensidad según la tarea, ventilación adecuada para disipar humos de soldadura.
- Ergonomía: Asegurar una buena visibilidad sin deslumbramientos, y que la ventilación evite la acumulación de gases sin afectar el confort térmico.

Zona E (Postura y asiento)

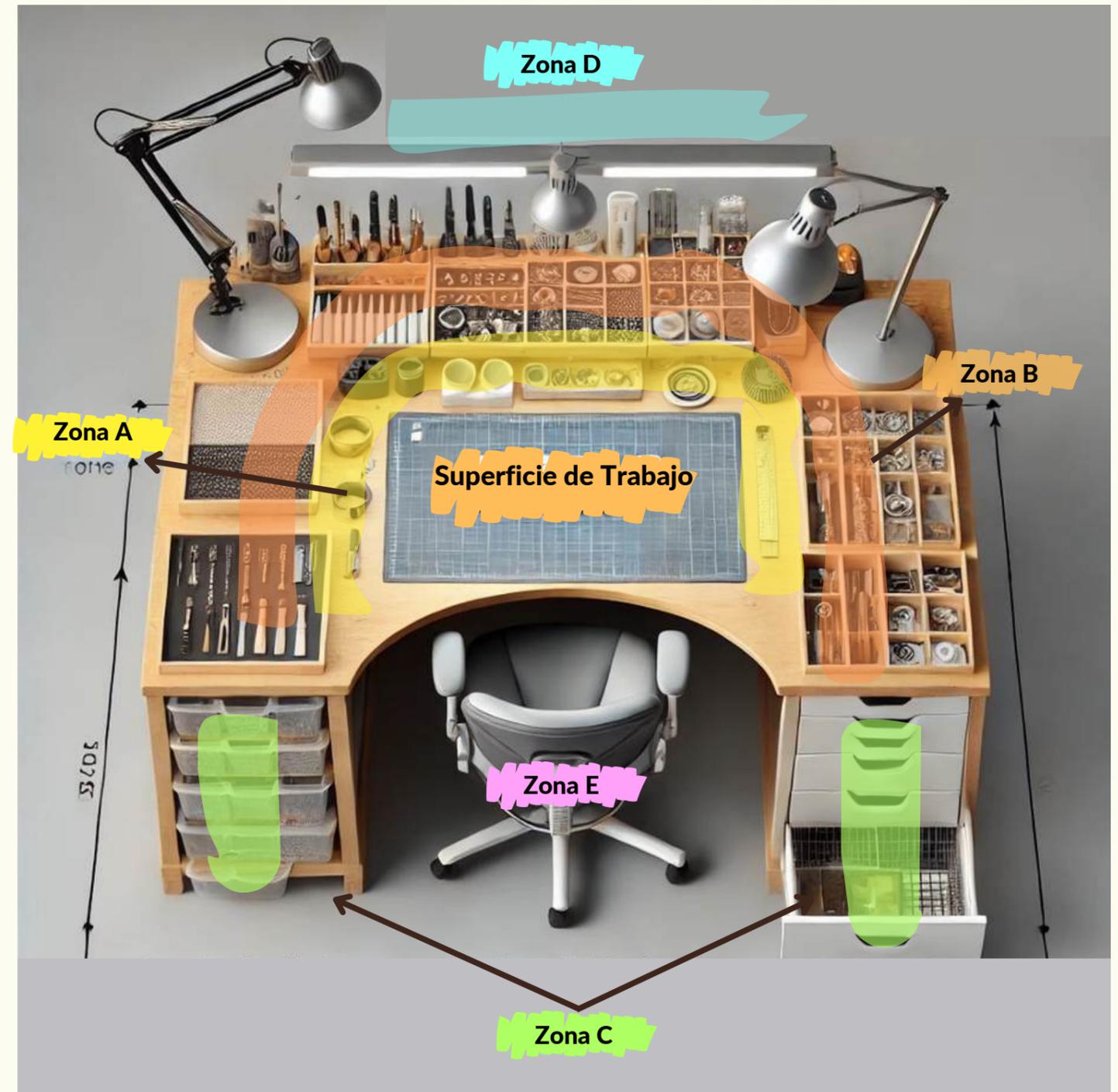
- Ubicación: El asiento y la posición del cuerpo en relación a la mesa.
- Elementos: Silla ajustable con soporte lumbar, superficie de apoyo para los brazos.
- Ergonomía: El asiento debe permitir que los pies se apoyen bien en el suelo y que el cuerpo mantenga una postura erguida sin sobrecargar la espalda.

Definir el área de trabajo y zonas:

- **Zona A:** donde se ubican las herramientas más usadas
Las herramientas que se utilizan frecuentemente.
- **Zona B:** (Alcance de brazos extendidos): Se marca la zona que esté accesible sin cambiar de postura.
- **Zona C:** (Materiales de reserva): áreas alrededor o debajo de la mesa para guardar equipos menos usados o pesados.
- **Zona D:** (Iluminación y ventilación): Luces sobre la mesa y un sistema de ventilación cercano.
- **Zona E:** (Postura y asiento): Muestra una silla ergonómica ajustable con soporte lumbar.



Vista superior de Mesa de trabajo



5.3.3 Capacitación en Nuevas Tecnologías y Creación de Nuevos Puestos de Trabajo

Capacitación Continua para Orfebres

La transición hacia la tecnología de impresión 3D requiere una capacitación constante para que los artesanos adquieran nuevas habilidades en el uso de software de diseño asistido por computadora (CAD) y en la operación de impresoras 3D. Esta formación permitirá a los orfebres combinar técnicas tradicionales con innovaciones digitales, manteniendo la autenticidad artesanal al tiempo que mejoran la eficiencia en la producción.

Creación de Nuevos Puestos de Trabajo Especializados

La adopción de la impresión 3D ofrece la posibilidad de crear nuevos roles en los talleres, tales como operadores de impresoras 3D, diseñadores digitales especializados en joyería, y técnicos en mantenimiento de impresoras. Estos nuevos puestos de trabajo no solo diversifican las habilidades dentro del taller, sino que también mejoran la calidad y la competitividad de los productos.

Fomento del Emprendimiento y la Innovación

El dominio de la tecnología de impresión 3D abre nuevas posibilidades de diseño y producción para los orfebres, lo que fomenta el emprendimiento. Esto les permitirá explorar mercados más amplios, personalizar sus productos de manera más eficiente y fortalecer la competitividad de la orfebrería tradicional uruguaya en un entorno globalizado.

Capítulo 06: Análisis Comparativo

El análisis comparativo evalúa diferencias y similitudes cualitativas y cuantitativas entre los métodos tradicionales y los que integran impresión 3D. Esta sección se enfoca en los criterios generales de comparación y las implicancias en eficiencia, calidad y ergonomía, apoyándose en observaciones y datos cualitativos y cualitativos

Estructurar este análisis comparativo.

6.1 Definición de Criterios de Comparación

- **Productividad:**
 - Este criterio evalúa la **eficiencia** del proceso productivo, midiendo el **tiempo total necesario para completar una pieza** y la cantidad de **tareas repetitivas** involucradas en ambos métodos.
- **Calidad del Producto Final:**
 - Este criterio mide la **precisión** y **uniformidad** en el acabado, así como la **durabilidad y resistencia** de las piezas producidas por ambos sistemas.
- **Desperdicio de Materiales:**
 - Este criterio evalúa la **eficiencia en el uso de los materiales** durante el proceso de fabricación y la cantidad de desperdicio generado.
- **Condiciones Ergonómicas:**
 - Este criterio analiza el **impacto físico** en el artesano, evaluando las **posturas**, la cantidad de **movimientos repetitivos** y el **esfuerzo físico** requerido para completar una pieza.
- **Creatividad y Personalización:**
 - Este criterio mide el **grado de flexibilidad y personalización** que permite cada proceso, considerando la **libertad en el diseño** y la capacidad de adaptarse a las necesidades o preferencias del cliente.

Tabla comparativa (Criterios/Métodos):

La siguiente tabla resume los datos recopilados a través del análisis jerárquico de tareas y la evaluación ergonómica realizada durante el estudio. Los datos se obtuvieron mediante la observación directa en talleres de orfebrería tradicional y aquellos que han integrado la tecnología de impresión 3D.

Aspecto	Método Tradicional	Método con Impresión 3D
Productividad	- Proceso manual completo, puede ser lento.	- Acelera el proceso con impresión digital, ahorrando tiempo.
	- Mayor tiempo dedicado a tareas repetitivas.	- Reducción de pasos repetitivos gracias a la automatización.
Ergonomía	- Posturas inadecuadas durante largas horas de trabajo.	- Mejores condiciones ergonómicas con estaciones de trabajo ajustadas.
	- Riesgo de lesiones por movimientos repetitivos.	- Disminución del esfuerzo físico, menor riesgo de lesiones.
Calidad del Producto	- Alta calidad artesanal, personalización completa.	- Posibilidad de alta precisión en el diseño digital.
	- Dependencia de habilidades manuales.	- Mantiene la calidad artesanal con mejoras en precisión.
Creatividad	- Estimulación de la creatividad en el diseño manual.	- Mayor libertad de diseño, experimentación rápida con modelos digitales.
	- Limitaciones en la complejidad de las formas.	- Posibilidad de crear formas más complejas e innovadoras.
Materiales	- Dependencia de materiales tradicionales.	- Uso de nuevos materiales (resinas, filamentos) además de los tradicionales.
	- Limitaciones en la combinación de materiales.	- Flexibilidad en la selección de materiales para diferentes aplicaciones.
Proceso de Trabajo	- Secuencia lineal de pasos; diseño, modelado, acabado.	- Integración de pasos digitales; diseño, impresión, acabado.
	- Requiere habilidades manuales en cada etapa.	- Permite un enfoque más técnico y digital en el diseño inicial.
Costos de Producción	- Costos elevados por la mano de obra intensiva.	- Reducción de costos a largo plazo mediante la automatización.
	- Desperdicio de material en el proceso manual.	- Minimiza el desperdicio gracias a la precisión de impresión.
Capacitación	- Formación centrada en técnicas manuales.	- Necesidad de formación en software y tecnología 3D.
	- Menos cambios en habilidades requeridas.	- Ampliación de habilidades hacia el diseño digital y la impresión 3D.

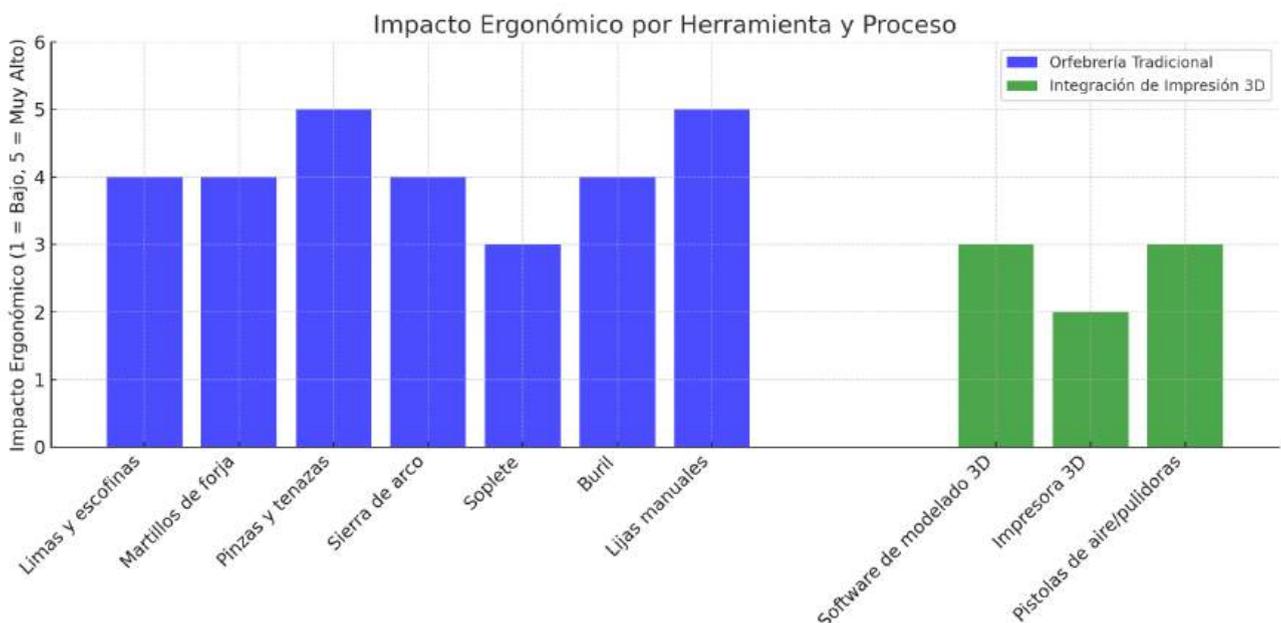
6.1.2 Evaluación Comparativa: Ergonomía y Técnicas

- **Impacto Ergonómico por Herramienta**

El siguiente gráfico presenta el impacto ergonómico asociado a las herramientas y procesos utilizados en talleres de orfebrería tradicional y aquellos que integran impresión 3D. Estas diferencias no solo afectan el desempeño inmediato del orfebre, sino que también tienen implicaciones significativas a largo plazo en su bienestar físico.

Para evaluar la severidad del impacto ergonómico, se utilizó una escala de 1 a 5:

- **1 (Bajo impacto):** Actividad con mínimo esfuerzo físico o tensión postural.
- **2 (Moderado-bajo impacto):** Esfuerzo o tensión leve, fácilmente manejable.
- **3 (Moderado impacto):** Tensión física notable o posturas mantenidas, pero no necesariamente debilitante.
- **4 (Alto impacto):** Sobrecarga física considerable que puede derivar en molestias significativas o fatiga.
- **5 (Muy alto impacto):** Riesgo elevado de fatiga, incomodidad severa o lesiones debido a alta repetitividad, esfuerzo sostenido o posturas extremas.



Este gráfico permite identificar de forma visual las herramientas y procesos con mayor impacto ergonómico. Las posturas sostenidas, los movimientos repetitivos y el esfuerzo físico prolongado pueden derivar en molestias musculares y fatiga, afectando la capacidad del artesano para mantener un ritmo de trabajo constante. Por otro lado, la integración de la impresión 3D ayuda a reducir estos riesgos, mejorando tanto la productividad como la calidad de vida del orfebre.

Tabla Comparativa: Impacto Ergonómico por Tipo de Herramienta

A continuación, se presenta una tabla comparativa que complementa el gráfico, detallando las posturas y movimientos repetitivos comunes en los talleres tradicionales y los que emplean impresión 3D, permitiendo una evaluación más precisa de los riesgos ergonómicos en cada enfoque.

Aspecto Ergonómico	Talleres Tradicionales	Talleres con Impresión 3D
Postura	inclinada: tensión en cuello y espalda	Sedentaria: tensión en espalda, cuello y muñecas
Movimientos Repetitivos	Limado, martillado, corte: sobrecarga muscular	trabajo post fundición, con pulidoras y herramientas de acabado
Puntos Críticos	Uso intensivo de herramientas manuales, fatiga acumulativa	Posturas prolongadas frente a pantallas y estaciones
Riesgos de Salud	Fatiga muscular a largo plazo	Dolor postural y riesgos de sedentarismo

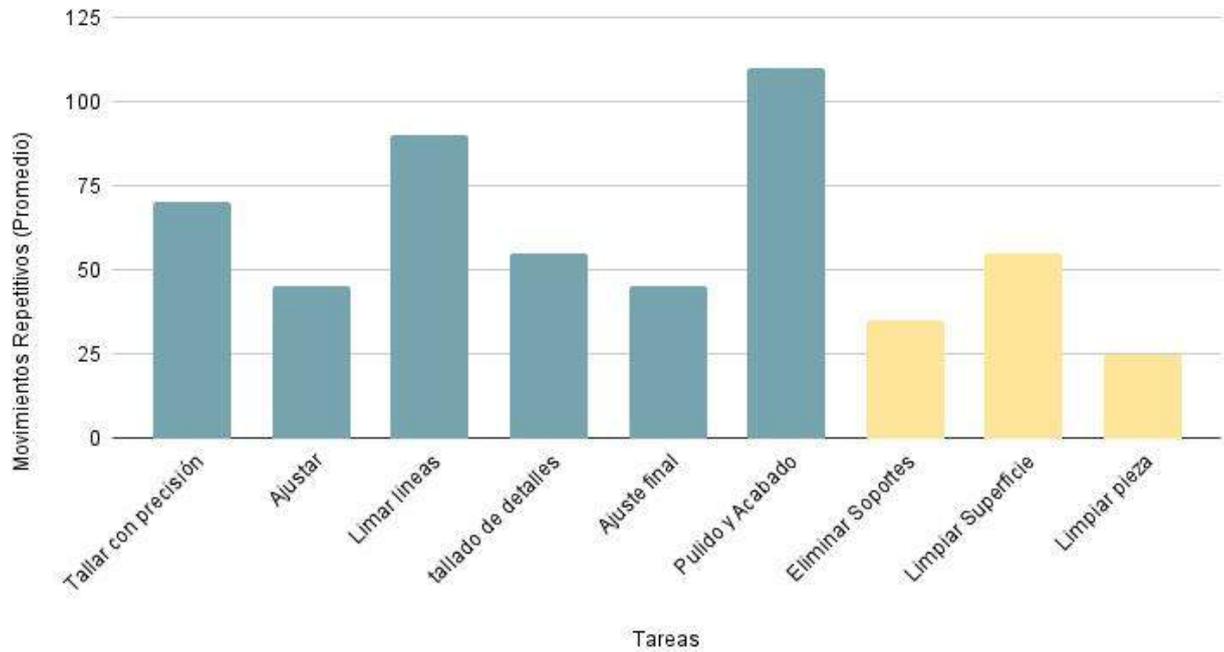
Tabla Comparativa: Movimientos Repetitivos por Tarea

A continuación se presenta una tabla comparativa que detalla los movimientos repetitivos promedio por tarea en los métodos de cera perdida e impresión 3D. Esta visualización permite contrastar las diferencias ergonómicas entre ambos procesos, destacando las variaciones en la cantidad de movimientos necesarios en cada uno.

Método	Tarea	Operación	Estimación Mov. Repetitivos (10 min)
Cera Perdida	Tarea 2: Tallado de la base	Operación 2.2: Tallar el diseño con precisión	60-80
		Operación 2.3: Ajustar dimensiones y proporciones	40-50
	Tarea 3: Creación del anillo	Operación 3.2: Limar hasta las líneas trazadas	80-100
	Tarea 4: Tallado y terminación	Operación 4.2: Tallar detalles con precisión	50-60
		Operación 4.3: Ajustar dimensiones nuevamente	40-50
	Tarea 5: Revisión y acabado	Operación 5.2: Pulir y alisar superficies	100-120
		Operación 5.3: Corregir imperfecciones	60-80
	Total Movimientos Repetitivos (10 min)		470-600
Impresión 3D	Tarea 5: Post-procesamiento	Operación 5.2: Eliminar soportes	30-40
		Operación 5.3: Limpiar la superficie (alcohol)	50-60
		Operación 5.4: Limpiar la pieza, sopletear luego del proceso químico)	20-30
	Total Movimientos Repetitivos (10 min)		100-130

A través de una Gráfica se muestra la cantidad promedio de movimientos repetitivos estimados para cada tarea en los métodos de Cera Perdida e Impresión 3D.

Comparación de Movimientos Repetitivos entre Métodos



Estos criterios fueron seleccionados porque son indicadores clave de la eficiencia, calidad y sostenibilidad del proceso productivo en la orfebrería. Al medir estos aspectos, se puede evaluar objetivamente cómo la impresión 3D impacta en el rendimiento del taller, y si representa una mejora frente a los métodos tradicionales, manteniendo o incluso superando los estándares artesanales.

La siguiente tabla resume los tiempos de producción, el desperdicio de material y la precisión de acabado, permitiendo comparar el método tradicional de cera perdida con el proceso que integra la impresión 3D. En esta tabla se destacan criterios clave de evaluación que abarcan aspectos cuantitativos, cualitativos y ergonómicos. Estos criterios han sido seleccionados por su relevancia como indicadores primordiales en este trabajo de grado, ya que ofrecen una visión integral de las diferencias entre ambos métodos en términos de eficiencia, sostenibilidad y condiciones de trabajo.

Criterios	Método Tradicional (Cera Perdida)	Método con Impresión 3D
Tiempo de Producción	10 - 12 horas (depende del nivel de detalle y ajustes manuales)	6 - 8 horas (incluyendo diseño digital y post-procesamiento)
Tiempo Total	Puede extenderse debido a trabajos en detalles y correcciones.	Menos retrabajo, ya que el diseño es ajustado previamente en digital.
Desperdicio de Material	15-20% (por ajustes manuales y eliminación de excesos)	5-8% (debido a la precisión del proceso de impresión)
Precisión de Acabado	Variable , depende de la habilidad del artesano, potencial de imperfecciones en detalles finos.	Alta precisión en detalles finos y consistencia entre piezas debido a la tecnología digital.
Condiciones Ergonómicas	Requiere esfuerzo físico constante, movimientos repetitivos, posturas prolongadas.	Menor esfuerzo físico, reducción de movimientos repetitivos, trabajo más centrado en el uso de software.
Personalización del Diseño	Alta, pero limitada por la habilidad manual del artesano y el tiempo necesario para ajustes.	Muy alta, con facilidad para crear múltiples variaciones y ajustes rápidos a través del software de diseño.

Fundamentación del análisis del desperdicio de material

Para calcular el porcentaje de desperdicio de material en los métodos de producción, utilicé un enfoque basado en la medición directa del peso de la pieza en diferentes etapas del proceso:

Peso inicial:

- En el método tradicional, se pesó la pieza inmediatamente después de la fundición, antes de realizar cualquier trabajo adicional de acabado (como el limado, pulido o eliminación de rebabas).
- En el caso del método con impresión 3D, se pesó la pieza recién salida del molde o del proceso de post-curado, sin modificaciones adicionales.

Peso final:

- Una vez completado el proceso de acabado (incluyendo el limado, ajuste de dimensiones, suavizado y pulido), se volvió a pesar la pieza para obtener su peso final.

Cálculo del desperdicio de material:

- La diferencia entre el peso inicial y el peso final representa el material eliminado durante el proceso de ajuste y acabado.
- El porcentaje de desperdicio se calculó utilizando la fórmula:

$$\text{Desperdicio (\%)} = \frac{(\text{Peso inicial} - \text{Peso final})}{(\text{Peso inicial})} \times 100$$

Consideraciones Finales del Análisis Comparativo**1. Productividad:**

La incorporación de la impresión 3D ofrece una mayor eficiencia en el proceso productivo, ya que reduce significativamente los tiempos de fabricación y minimiza la repetitividad de tareas manuales. Esto no sólo acelera el proceso, sino que permite al orfebre centrarse más en la creatividad y diseño.

2. Ergonomía:

El sistema con impresión 3D mejora notablemente las condiciones ergonómicas, reduciendo el esfuerzo físico y disminuyendo el riesgo de lesiones por movimientos repetitivos y posturas inadecuadas. El uso de herramientas y procesos más modernos reduce la fatiga y los problemas musculoesqueléticos a largo plazo.

3. Calidad y Creatividad:

Ambos sistemas pueden ofrecer productos de alta calidad, pero el sistema con impresión 3D permite una mayor precisión en los detalles y mayor flexibilidad para la creación de diseños más complejos e innovadores. La personalización es más sencilla y rápida, lo que beneficia tanto al artesano como al cliente final.

4. Materiales y Costos:

La impresión 3D permite una mayor precisión en el uso de materiales, reduciendo el desperdicio. Además, el uso de nuevas opciones como resinas y filamentos ofrece una ventaja significativa en términos de costos y eficiencia material.

5. Capacitación:

La transición hacia la tecnología de impresión 3D requiere un enfoque diferente en la capacitación. Las habilidades digitales se vuelven tan importantes como las habilidades manuales tradicionales, lo que implica una transformación en los conocimientos requeridos.

Capítulo 07: Conclusiones y Recomendaciones

7.1 Oportunidades de Mejora

Optimización del Espacio de Trabajo

La organización eficiente y la disposición ergonómica del espacio de trabajo son fundamentales tanto en los métodos tradicionales como en la integración de tecnologías como la impresión 3D. Ajustar la altura de las superficies de trabajo y utilizar estaciones modulares permite que los orfebres mantengan posturas saludables durante toda la jornada. Además, una disposición estratégica de herramientas y materiales al alcance minimiza movimientos innecesarios, reduciendo así la fatiga física y mejorando la eficiencia.

Herramientas Ergonómicas

El uso de herramientas diseñadas ergonómicamente es esencial para reducir la fatiga en manos y muñecas, un aspecto clave en la orfebrería artesanal. Implementar herramientas con mangos ajustables y acolchados, junto con su mantenimiento adecuado, no solo facilita el trabajo sino que previene lesiones a largo plazo.

Capacitación en Técnicas de Trabajo

La formación continua en técnicas ergonómicas y el uso de tecnologías avanzadas es vital para mejorar la salud de los artesanos y la eficiencia productiva. Capacitar a los orfebres en el uso correcto de herramientas y posturas adecuadas, ya sea en métodos tradicionales o en el manejo de equipos como la impresión 3D, reduce el esfuerzo físico y aumenta la precisión.

Implementación de Pausas y Estiramientos

Establecer descansos programados y fomentar ejercicios de estiramiento ayuda a prevenir la fatiga muscular y mejora el bienestar físico a lo largo de la jornada. Además, el uso de soportes ergonómicos, como reposapiés y almohadillas para las muñecas, optimiza la postura y alivia el estrés en las extremidades.

Reducción de Movimientos Repetitivos y Esfuerzo Físico

La impresión 3D permite automatizar tareas repetitivas, reduciendo significativamente la carga manual y el esfuerzo físico. Además, la incorporación de herramientas eléctricas en procesos tradicionales también reduce el tiempo y esfuerzo necesarios para completar ciertas tareas, mejorando la productividad sin sacrificar calidad.

Condiciones de Iluminación

Proporcionar iluminación adecuada y ajustable en el área de trabajo es clave para evitar la fatiga visual y mejorar la precisión, especialmente en trabajos de detalle. La revisión y ajuste de las condiciones lumínicas mejora el entorno laboral y la seguridad del artesano.

Reducción del Desperdicio de Materiales

La precisión de la impresión 3D ofrece una ventaja en términos de reducción de desperdicio de materiales, optimizando el uso de recursos. Sin embargo, es igualmente importante seguir perfeccionando las técnicas tradicionales para hacer un uso más eficiente de los materiales y minimizar pérdidas, contribuyendo a procesos más sostenibles.

Capacitación y Adaptación a Nuevas Tecnologías

Es necesario proporcionar formación continua en las herramientas digitales para que los orfebres puedan aprovechar al máximo las ventajas de la impresión 3D. Esto no solo mejora la eficiencia productiva, sino que reduce la carga física en las etapas más exigentes, como el modelado y el tallado.

Reducción del Estrés Laboral

La incorporación de mejoras ergonómicas y la automatización de tareas complejas mediante impresión 3D permiten a los artesanos enfocarse en aspectos creativos y artísticos, reduciendo el estrés físico y mental. Esta combinación contribuye a un entorno de trabajo más relajado y satisfactorio, elevando la calidad de vida del artesano.

7.2 Conclusiones Finales

La incorporación de la tecnología de impresión 3D en la orfebrería tradicional uruguaya representa una oportunidad significativa para transformar positivamente los procesos productivos y el entorno de trabajo. Este enfoque no solo mejora la eficiencia y la calidad del trabajo, sino que también permite a los orfebres preservar la autenticidad artesanal. La clave de este equilibrio radica en cómo los artesanos perciben esta fusión de tecnología y tradición: mientras algunos pueden inicialmente sentir que la tecnología podría desafiar la esencia artesanal, muchos descubren que la creatividad tradicional puede complementarse con las posibilidades de diseño que ofrece la impresión 3D. Esta tecnología no reemplaza la maestría artesanal, sino que la amplifica, permitiendo a los orfebres explorar nuevas formas y técnicas sin perder su esencia creativa.

La reducción de movimientos repetitivos, el uso de herramientas ergonómicas y la optimización del espacio de trabajo resultan en una mejora significativa de las condiciones laborales, lo que promueve un entorno más saludable para los orfebres. Asimismo, la impresión 3D permite automatizar tareas repetitivas, liberando a los artesanos para que se concentren en los aspectos más artísticos de su trabajo. Esto no solo aumenta la satisfacción laboral, sino que también eleva la calidad del producto final, demostrando que la tecnología y la tradición pueden coexistir sin comprometer la autenticidad.

Proyección a Futuro:

El futuro de la orfebrería en Uruguay, con la integración de la impresión 3D, se perfila como una mezcla de tradición y modernidad que puede aumentar la competitividad tanto a nivel local como internacional. La capacidad de los artesanos uruguayos para adaptarse a esta tecnología no solo les permitirá mejorar sus productos y procesos, sino que también abre la puerta a nuevos mercados y oportunidades de negocio. Además, la creación de puestos de trabajo especializados en diseño y producción digital podría dinamizar el sector, haciendo que la orfebrería uruguaya sea más atractiva y competitiva en la era moderna.

La reducción del desperdicio de materiales, el mejoramiento de las condiciones ergonómicas y la capacidad para asumir proyectos más complejos son solo algunos de los beneficios que podrían posicionar a Uruguay como un referente en la orfebrería contemporánea, combinando la rica tradición artesanal con las innovaciones tecnológicas.

En conclusión, la integración de la impresión 3D en la orfebrería uruguaya no solo preserva la autenticidad del trabajo artesanal, sino que también amplía las posibilidades creativas, mejora la calidad del trabajo y genera nuevas oportunidades de crecimiento para el sector. Esta transformación es clave para asegurar un futuro más próspero, eficiente y sostenible para la orfebrería en Uruguay, manteniendo viva su tradición al tiempo que se abraza la innovación tecnológica.

Muchas Gracias!

Bibliografía:

Libros

Codina, C. (2017). *Artes & oficios. Orfebrería: La técnica y el arte de trabajar los metales y tallar las gemas*. Parramón Paidotribo.

Codina, C. (2021). *Artes & oficios. La joyería: La técnica y el arte de la joyería explicados con rigor y claridad*. Parramón Paidotribo.

Codina, C. (2022). *Artes & oficios. Nueva joyería: Un concepto actual de la joyería y la bisutería*. Parramón Paidotribo.

Documentos de Evaluación

- National Institute for Occupational Safety and Health (NIOSH). (1994). *Guía de evaluación del puesto de trabajo: Ecuación del NIOSH*. NIOSH.
- Instituto de Biomecánica de Valencia (IBV). (2000a). *Método Ergo/IBV: Evaluación de riesgos laborales asociados a la carga física*. IBV.
- Oregon State University. (n.d.). *Ergonomics and design: A reference guide*. Environmental Health and Safety.
<https://ehs.oregonstate.edu/sites/ehs.oregonstate.edu/files/pdf/ergo/ergonomicsanddesignreferenceguidewhitepaper.pdf>
- <https://www.gub.uy/ministerio-trabajo-seguridad-social/sites/ministerio-trabajo-seguridad-social/files/documentos/publicaciones/Capacitaci%C3%B3nErgonomia30ago22Original-1.pdf>
- National Institute for Occupational Safety and Health. (2016). *Ergonomic solutions for manual material handling* (DHHS Publication No. 2007-131). Centers for Disease Control and Prevention. <https://www.cdc.gov/niosh>

Fuentes en Línea

Aguilar, P. (2021, 18 de marzo). *La impresión 3D en la joyería de alta gama*. Blog Think Big.
<https://blogthinkbig.com/impresion-3d-joyeria-alta-gama>

Intech3D. (s. f.). *¿Cómo se utiliza la impresión 3D en joyería?*
<https://intech3d.es/como-se-utiliza-la-impresion-3d-en-joyeria/>

Korporatech. (2023). *Eficiencia y sostenibilidad: El verdadero impacto de la impresión 3D en la industria*.
<https://korporatech.es/eficiencia-y-sostenibilidad-el-verdadero-impacto-de-la-impresion-3d-en-la-industria/>

Giorgi, M. (2011). *Joyería artesanal: Técnicas de fabricación y diseño*. Ediciones Omega.
https://www.google.com.uy/books/edition/Joyer%C3%ADa_artesanal/u91UZ9YQ-IYC?hl=es-419&gbpv=1

Escuela Raggio. (2021). *Guía de trabajos prácticos de orfebrería II* [Material didáctico].
<http://www.escuelaraggio.edu.ar/pagina%20de%20practicos%202021/TPS/5/orf-5/mat-prod-orfII/GUIA%20TP%206-7-8-.pdf>

925Lab. (2022). *Prevención de riesgos laborales en la fabricación de joyería*.
<https://www.925lab.com/prevencion-riesgos-laborales-fabricacion-joyeria/>

Structuralia. (2020, 14 de enero). *Historia de la impresión 3D*. Blog de Structuralia.
<https://blog.structuralia.com/historia-de-la-impresion-3d#:~:text=La%20historia%20de%20la%20impresi%C3%B3n%203D%20comenz%C3%B3%20en%20la%20d%C3%A9cada,aumento%20en%20los%20%C3%BAltimos%20a%C3%B1os>

Referencias Adicionales en Línea

Castillo B. (s. f.). *Más que adornos: el significado cultural y simbólico de la joyería en el arte - Joyería B Castillo*. <https://joyeriabcastillo.com/significado-cultural-y-simbolico>

Joyas del Tiempo. (s. f.). *Historia de la orfebrería en Uruguay: El encanto del mar y la tierra en la orfebrería*.
<https://joyasdel tiempo.com/joyas-de-uruguay>

Filosi, A. (2021). *Joyería uruguaya con distinción internacional*. *El País*.
<https://elpais.com.uy/joyeria-uruguaya-con-distincion-internacional>

GIA. (s. f.). *Technology in Jewelry Making*. <https://www.gia.edu/>

Nelson Jewellery Arts. (s. f.). *The Role of Technology in Modern Jewelry Making*.
<https://www.nelson-jewellery.com/blog/the-role-of-technology-in-modern-jewelry-making>

Muñoz-Mesa, L., & Sánchez-Trujillo, J. (2016). *El impacto de la impresión 3D en la joyería*. *Lámpsakos*, 16, 89-97. <https://www.redalyc.org/journal/6139/613964501008/613964501008.pdf>

PioCreat 3D. (s. f.). *How is 3D printing used in the jewelry industry?*
<https://www.piocreat3d.com/how-is-3d-printing-used-in-the-jewelry-industry>

Blog Curso de Prevención de Riesgos Laborales. (2018). *Prevención de riesgos laborales en joyería*.

<https://blog.cursodeprevencionriesgoslaborales.com/prl-en-joyeria/>

Additive Manufacturing. (2023). *The Integration of 3D Printing into Jewelry Design and Manufacturing*.

<https://www.additivemanufacturing.media>

AMFG. (2022). *The Role of 3D Printing in Jewelry Manufacturing and Training Implications*. <https://amfg.ai>

Referencias de Imágenes:

(1) Pexels. (s.f.). Boceto, Detalles. Recuperado de:

<https://www.pexels.com/es-es/foto/disenador-de-joyas-disena-joyas-en-papel-1050312/>

(2) Pinterest.(s.f.). Boceto anillos. Recuperado de:

<https://i.pinimg.com/736x/b9/1a/b6/b91ab60656bbb43129c6fecaed1afd09.jpg>

(3) Lee, C. (s. f.). Jewelry design portfolio [Boceto a mano]. Recuperado de:

<https://www.behance.net/gallery/13671379/Jewelry-Design-Portfolio>

(4) Quimbaya Orfebrería. (s.f.). *Cinco anillos impresos en 3D de dos vistas diferentes*. Recuperado de:

<https://www.quimbayaorfebreria.com.ar>

(5) Nervous System. (n.d.). *Double pendant* [3D printed necklace]. Nervous System. Retrieved November 4,

2024, from: <https://n-e-r-v-o-u-s.com/shop/product.php?code=205>

(6) Nervous System. (n.d.). *Radial ring* [3D printed ring]. Nervous System. Retrieved November 4, 2024, from:

<https://n-e-r-v-o-u-s.com/shop/product.php?code=35>

(7) Freepik. (s. f.). *Textura de roca natural en vista cenital*.. Freepik.

https://www.freepik.com/free-photo/flat-lay-natural-rock-texture_18036935.htm#fromView=search&page=1&position=0&uuid=d1fc85ff-bec9-429e-941d-023c9b102ade

(8) Freepik. (s.f.). *Raw Gold*. Freepik.

https://www.freepik.com/free-photo/piece-gold-is-table_43342311.htm#fromView=search&page=1&position=1&uuid=589face5-6cb4-4520-bfc3-cad136e924b0

(9) Wikipedia. (s. f.). *Cobre* . En *Wikipedia, la enciclopedia libre*. Recuperado el 4 de noviembre de 2024, de

<https://es.wikipedia.org/wiki/Cobre>

(10) Wikipedia. (s.f.). *Amatista*. En *Wikipedia, la enciclopedia libre*. Recuperado el 5 de Abril de 2009, de

<https://es.wikipedia.org/wiki/Amatista#/media/Archivo:GuerreroAm%C3%A9thyste.jpg>

(11) Wikipedia. (s.f.). *Rubí*. En *Wikipedia, la enciclopedia libre*. Recuperado el 28 de Mayo de 2010, de

<https://es.wikipedia.org/wiki/Rub%C3%AD#/media/Archivo:Corundum-winza-17d.jpg>

- (12) Wikipedia. (s.f.). *Esmeralda*. En *Wikipedia, la enciclopedia libre*. Recuperado el 20 de enero de 2013, de [https://es.wikipedia.org/wiki/Esmeralda#/media/Archivo:B%C3%A9ryl_var._%C3%A9meraude_sur_gangue_\(Muzo_Mine_Boyaca_-_Colombie\)_2.jpg](https://es.wikipedia.org/wiki/Esmeralda#/media/Archivo:B%C3%A9ryl_var._%C3%A9meraude_sur_gangue_(Muzo_Mine_Boyaca_-_Colombie)_2.jpg)
- (13) Salimov, I. (s. f.). *Mano creatividad profesional anillo*. Pexels. Recuperado el 4 de noviembre de 2024, de <https://www.pexels.com/es-es/foto/mano-creatividad-profesional-anillo-6263060/>
- (14) Miroshnichenko, T. (s. f.). *Modelado con troquel*. Pexels. Recuperado el 4 de noviembre de 2024, de <https://www.pexels.com/es-es/foto/hombre-manos-arte-metal-18582530/>
- (15) Miroshnichenko, T. (s. f.). *Modelado anillo*. Pexels. Recuperado el 4 de noviembre de 2024, de <https://www.pexels.com/es-es/foto/gente-mujer-creativo-mano-7166976/>
- (16) Beliaikin, A. (s. f.). *Manos plata plateado anillo* [Fotografía]. Pexels. Recuperado el 4 de noviembre de 2024, de: <https://www.pexels.com/es-es/foto/manos-plata-plateado-anillo-4354599/>
- (17) San Cayetano. (s. f.). *Orfebrería: Cincelado y repujado* [Imagen]. SanCayetano3.com. Recuperado el 4 de noviembre de 2024, de <https://www.sancayetano3.com/orfebreria-cincelado-repujado/>
- (18) Class and Jewellery. (2024, marzo 15). *Soldando pieza de joyería*. Class and Jewellery. Recuperado el 4 de noviembre de 2024, de <https://classandjewellery.com/2024/03/15/significado-cultural-y-simbolico/>
- (19) Freepik. (s.f.). *Soldadura de Piezas*. [Fotografía]. Freepik. Recuperado de https://www.freepik.com/free-photo/jewelry-maker-working-alone-atelier_15855699.htm#fromView=search&page=1&position=23&uid=2ab47aa8-6b5e-4b02-8444-70c76878c685
- (20) Freepik. (s.f.). *Vista superior del proceso de unión de piezas de un anillo* [Fotografía]. Freepik. Recuperado el 4 de noviembre de 2024, de https://www.freepik.com/free-photo/top-view-making-ring-process_9754898.htm#fromView=search&page=1&position=51&uid=4728a149-f0cd-4ae0-92d2-5e08bf8cadc7
- (21) Freepik. (s.f.). *Jeweler's hands making jewellery* [Fotografía]. Freepik. Recuperado el 4 de noviembre de 2024, de https://www.freepik.com/free-photo/jeweler-s-hands-making-jewellery_82550785.htm
- (22) Duque, C. (2021). *Hombre sosteniendo herramienta* [Fotografía]. Pexels. <https://www.pexels.com/es-es/foto/hombre-manos-creativo-industria-6263099/>
- (23) @blue.blue.driver, "Photograph of an engraving titled 'La Paz,'" Instagram, 2023 https://www.instagram.com/p/DBw9mMxStr1/?img_index=1
- (24) @blue.blue.driver. (2023, April 25). [Corved ring]. Instagram. https://www.instagram.com/p/Cro5Zz4uT43/?img_index=1
- (25) Dondyk, B. (s.f.). *Tallado anillo*. Recuperado de: <https://www.pexels.com/es-es/foto/persona-cuchara-diseno-sujetando-15774242/>
- (26) Freepik. (s.f.). *Engarce de piedras preciosas*. [Fotografía]. Freepik. Recuperado el 4 de noviembre de 2024, de

https://www.freepik.com/free-photo/high-view-various-precious-stones_9755720.htm#fromView=search&page=2&position=0&uuid=bbdc629b-aaac-48c5-ad01-c367b8792d3e

(27) Freepik. (s.f.). *Pulido con Torno*. [Fotografía]. Freepik. Recuperado de

https://www.freepik.com/free-photo/close-up-making-ring-process_9754888.htm

(28) Freepik. (s.f.). *Pulido interior de la Pieza*. [Fotografía]. Freepik. Recuperado de

https://www.freepik.com/free-photo/artisan-polishing-ring-close-up_9754914.htm#from_view=detail_alsolike

(27) Pexels. (s.f.). Recuperado de:

<https://www.pexels.com/es-es/foto/hombre-manos-creativo-industria-6263099/>

(28) Pexels. (s.f.). Encastre piedras pequeñas. Recuperado de:

<https://www.pexels.com/es-es/foto/hombre-trabajando-joyeria-concentracion-23232400/>

(29) .Mikhail Nilov. (s.f.). *Hombre sosteniendo herramientas*. [Fotografía]. Freepik. Recuperado de

Anexos:

Apéndice A: Comparación entre Técnicas Tradicionales y Modernas

Técnicas Tradicionales:

- **Fundición:** Derretir metales para verterlos en moldes. Aunque se sigue usando en la actualidad, es un proceso que requiere tiempo, energía y esfuerzo físico constante. La fundición manual implica el manejo de altas temperaturas y movimientos repetitivos.
- **Repujado:** Técnica que consiste en golpear el metal para crear diseños en relieve, que demanda destreza manual y esfuerzo físico prolongado.
- **Grabado:** Tallado de metales con herramientas manuales, que ofrece precisión pero requiere alta concentración y genera movimientos repetitivos.
- **Filigrana:** Trabajo de hilos finos de metal para crear complejos diseños. Esta técnica es valorada por su belleza, pero es intensiva en tiempo y esfuerzo, lo que la hace desafiante desde una perspectiva ergonómica.

Técnicas Modernas (Impresión 3D y Herramientas Digitales):

- **Impresión 3D:** Permite crear modelos digitales con una precisión milimétrica, reduciendo el esfuerzo físico asociado con la creación manual. La impresión 3D mejora significativamente la eficiencia, ya que automatiza partes del proceso y minimiza errores, lo que contribuye a reducir el desperdicio de materiales.
- **Diseño Asistido por Computadora (CAD):** Las herramientas digitales ofrecen una forma de diseñar con mayor precisión, facilitando la personalización y la creación de prototipos sin necesidad de repetir tareas físicas.

Apéndice B: Desarrollo Histórico de la Tecnología de Impresión 3D

A. Prototipado rápido (Años 80 y 90): La aparición de la estereolitografía (SLA) facilitó el prototipado rápido, permitiendo a los orfebres visualizar y perfeccionar diseños en menor tiempo y con precisión. Esto aumentó la productividad, mejoró la calidad de los modelos y redujo el uso de materiales, disminuyendo también la carga física asociada a tareas manuales intensivas.

B. Diversificación de tecnologías y materiales (Años 90 en adelante): Con técnicas como la sinterización selectiva por láser (SLS) y la deposición fundida (FDM), los artesanos ganaron acceso a materiales complejos como resinas y metales. Estas innovaciones permiten piezas más detalladas, reducen el esfuerzo manual y optimizan el uso de materiales, mejorando la calidad sin comprometer el esfuerzo físico.

C. Expansión comercial y accesibilidad (Años 2000 en adelante): La disponibilidad de impresoras 3D de bajo costo permitió a talleres artesanales adoptar esta tecnología, facilitando un proceso productivo más ágil y menos costoso, con pruebas y ajustes precisos sin desperdicio de materiales, aliviando las demandas físicas en los orfebres.

D. Innovaciones recientes: La evolución hacia nuevos materiales como metales y cerámicas de alta precisión permite una producción detallada con menores tiempos y menos desgaste físico, mejorando la ergonomía sin afectar la autenticidad artesanal.

Apéndice C: Aplicaciones Generales de la Impresión 3D

Medicina: En el campo médico, la impresión 3D se utiliza para fabricar prótesis personalizadas y modelos anatómicos que facilitan la planificación y ejecución de cirugías. Esta tecnología ha permitido crear dispositivos médicos a medida, mejorando significativamente la calidad de vida de los pacientes y la precisión de los procedimientos médicos.

Automoción: En la industria automotriz, la impresión 3D se emplea en la fabricación de piezas de repuesto, componentes de vehículos y prototipos. Permite a los fabricantes desarrollar y probar nuevas piezas de manera más rápida y eficiente, reduciendo costos y tiempos de producción.

Aeroespacial: La ingeniería aeroespacial se beneficia de la impresión 3D para la fabricación de componentes ligeros y resistentes que son esenciales para la eficiencia y seguridad de las aeronaves. Esta tecnología permite la creación de piezas complejas con materiales avanzados que cumplen con los estrictos requisitos de la industria.

Arquitectura: En arquitectura, la impresión 3D facilita la construcción de maquetas detalladas y elementos estructurales complejos. Los arquitectos pueden visualizar y ajustar sus diseños con mayor precisión y rapidez, mejorando la calidad del trabajo y la eficiencia del proceso de diseño.

Educación: En el ámbito educativo, la impresión 3D se utiliza como herramienta didáctica en programas de ingeniería, arquitectura y diseño. Permite a los estudiantes experimentar con conceptos tridimensionales de manera práctica, fomentando la creatividad y el aprendizaje práctico.

Joyería: La impresión 3D ha tenido un impacto significativo en la industria de la joyería. Empresas han comenzado a utilizar la tecnología inicialmente como un método de prototipado para validar diseños, y eventualmente para fabricar piezas completas. La capacidad de imprimir joyas directamente en materiales

como la resina o mediante el uso de procesos tradicionales, como la cera perdida, ha transformado la producción de joyería, ofreciendo mayor precisión y eficiencia. Además, las herramientas de modelado 3D permiten una personalización masiva, lo que incrementa la satisfacción del cliente y reduce los tiempos de producción.

Estos ejemplos ilustran cómo la impresión 3D está transformando la fabricación y el diseño en una amplia gama de industrias, ofreciendo nuevas posibilidades de innovación, personalización y eficiencia. La tecnología proporciona agilidad y rapidez, facilitando la creación y prueba de conceptos en tiempos reducidos, lo que permite a las empresas adaptarse rápidamente a un mercado cada vez más exigente e impredecible.

Apéndice D: Aplicaciones específicas de la impresión 3D en la orfebrería tradicional uruguaya

- Creación de Moldes Personalizados

Con la impresión 3D, los orfebres pueden fabricar moldes personalizados para reproducir diseños complejos en metales preciosos, como la plata, de manera más eficiente y precisa. Los moldes se diseñan digitalmente con software de modelado 3D y luego se imprimen, facilitando la creación de piezas detalladas.

Caso de éxito: El taller "Arte y Plata" en Montevideo ha utilizado la impresión 3D para replicar patrones históricos, mejorando la precisión, reduciendo los tiempos de producción y minimizando el desperdicio de materiales.

- Fabricación de Componentes Decorativos Complejos

La tecnología de impresión 3D permite la creación de componentes decorativos intrincados, difíciles de producir mediante técnicas tradicionales, como el repujado o la filigrana. Estos componentes pueden integrarse a piezas de joyería, manteniendo la autenticidad artesanal y aportando valor estético.

Caso de éxito: El taller "BRUTAL" ha integrado la impresión 3D para producir elementos decorativos complejos en joyas de alta gama, fusionando creatividad e innovación con las tradiciones del oficio.

- Personalización de Diseños

La impresión 3D facilita la personalización de piezas de manera rápida y accesible. Los orfebres pueden modificar o crear nuevos diseños para ofrecer piezas únicas adaptadas a los gustos individuales de los clientes, incrementando la satisfacción y diferenciación en el mercado.

- Prototipado Rápido

El prototipado rápido permite a los orfebres experimentar con diferentes conceptos de diseño antes de la producción final, reduciendo tiempos y costos, así como el desperdicio de materiales.

Caso de éxito: El estudio "Metales del Río" ha utilizado el prototipado rápido para acortar el tiempo de desarrollo de nuevos diseños y mejorar su capacidad para innovar.

- Desafíos en la Adopción de la Tecnología

A pesar de los beneficios, los orfebres han enfrentado desafíos, como la necesidad de adquirir y aprender a usar nuevas herramientas tecnológicas, y de integrar la impresión 3D con técnicas artesanales tradicionales.

Transformación en la Industria de la Joyería

La introducción de la impresión 3D en la joyería ha ido en aumento, desde empresas que comenzaron a utilizarla como prototipo hasta aquellas que fabrican joyas completas mediante este proceso. Esta tecnología ha permitido a los diseñadores y fabricantes experimentar con una mayor variedad de formas, estructuras y materiales, lo que habría sido difícil de lograr utilizando métodos tradicionales.

Un ejemplo notable es la empresa **American Pearl**, una joyería tradicional en Nueva York, que integró la impresión 3D para mejorar la experiencia del cliente. Los consumidores ahora pueden diseñar y ordenar joyas personalizadas desde sus hogares, aumentando la accesibilidad y personalización del producto. La compañía también ha utilizado la tecnología 3D para crear réplicas de joyas familiares a partir de fotografías antiguas, permitiendo a los clientes recuperar piezas sentimentales o crear duplicados en caso de pérdida. Es la marca española **Makebu**, que utiliza la impresión 3D para crear joyas inspiradas en la naturaleza. Gracias a esta tecnología, la diseñadora puede trabajar con formas y estructuras complejas que serían difíciles de producir con técnicas convencionales.

La impresión 3D ha impactado no solo la orfebrería, sino también otros sectores industriales, permitiendo la fabricación de productos personalizados y reduciendo costos de producción al eliminar moldes y herramientas especializadas.

Ventajas:

- Personalización: Producción eficiente de piezas a medida.
- Costos reducidos: Eliminación de moldes manuales y herramientas especializadas.

Innovación en el Diseño

La impresión 3D ha ampliado las posibilidades creativas de los orfebres, permitiendo la creación de geometrías complejas y detalles que serían imposibles de realizar manualmente. Esta tecnología ayuda a combinar tradición y modernidad, preservando la identidad cultural en los diseños.

El Dilema entre Tradición y Tecnología

La integración de la impresión 3D presenta el desafío de equilibrar la innovación tecnológica con la preservación de la autenticidad artesanal. Muchos orfebres temen que la tecnología diluya el valor cultural de su trabajo, pero la impresión 3D puede verse como una herramienta complementaria que mejora la eficiencia sin comprometer la creatividad.

Consideraciones:

- **Formación:** La capacitación en impresión 3D es clave para que los orfebres vean la tecnología como un aliado, no como una amenaza.

Tendencias y proyecciones futuras:

Las tendencias emergentes en la tecnología de impresión 3D están impulsando una evolución hacia nuevas fronteras, incluyendo la impresión 4D, la bioimpresión y su integración más profunda en la industria y la economía circular.

- **Impresión 4D**

La impresión 4D es una extensión innovadora de la impresión 3D, donde los objetos pueden cambiar su estructura o función en respuesta a estímulos externos (temperatura, luz, humedad). Aunque su adopción en joyería es incipiente, se vislumbran oportunidades para crear piezas interactivas que respondan a su entorno, abriendo la puerta a una nueva categoría de joyería adaptativa.

- **Bioimpresión**

La bioimpresión utiliza células vivas para crear tejidos y órganos, revolucionando la medicina regenerativa. Aunque actualmente se centra en el sector médico, su impacto podría extenderse al diseño de materiales avanzados en orfebrería, permitiendo el desarrollo de biomateriales personalizados y biocompatibles que interactúan de manera segura con el cuerpo.

- **Impresión 3D en la Industria y la Economía Circular**

La impresión 3D se proyecta como clave para la producción personalizada, reduciendo tiempos de desarrollo y costos de almacenamiento al permitir la impresión bajo demanda. También se espera que facilite la economía circular al fomentar el reciclaje y la reutilización de materiales, lo que es especialmente relevante en orfebrería, donde la optimización del uso de metales preciosos es crucial.

- **Proyecciones Futuras en la Orfebrería**

Se anticipa que la impresión 3D transformará la orfebrería tradicional, aumentando la personalización y la eficiencia sin comprometer la autenticidad del oficio. Los talleres uruguayos podrían beneficiarse al integrar técnicas artesanales con nuevas tecnologías y materiales sostenibles, respondiendo a las demandas de un mercado cada vez más consciente del medio ambiente.

En resumen, la impresión 3D seguirá siendo disruptiva en múltiples sectores, ampliando las posibilidades creativas y productivas de la orfebrería tradicional y mejorando su sostenibilidad y adaptabilidad al futuro.

Apéndice E: Materiales en orden de utilización:

1. **Plata 950:** Es una aleación que contiene un 95% de plata pura y un 5% de otros metales (generalmente cobre). Es una de las aleaciones más populares en la orfebrería debido a su brillo, maleabilidad y durabilidad. Se utiliza en la creación de anillos, collares, pulseras, pendientes y todo tipo de joyas, tanto modernas como tradicionales.
2. **Plata Piña:** También conocida como plata 1000, es la plata en su estado más puro, sin aleaciones. Es más suave y maleable que la plata 950, lo que la hace un poco más difícil de trabajar. Se usa principalmente para piezas muy finas o para detalles ornamentales donde se requiere una alta pureza de plata.
3. **Oro 18k:** Este es un oro de alta calidad, compuesto por 75% de oro puro y 25% de otros metales, como cobre o plata, que le confieren mayor dureza y resistencia. Es la aleación de oro más comúnmente utilizada en joyería de lujo en Uruguay. Se emplea en la fabricación de piezas de alta gama, como anillos de compromiso, alianzas, collares, y otros artículos de lujo.
4. **Oro 14k:** Una aleación que contiene un 58,3% de oro puro, con el resto compuesto por otros metales. Es más duro y más resistente al desgaste que el oro 18k. Se utiliza para piezas que requieren una mayor durabilidad, como anillos que se usan diariamente o piezas más grandes.
5. **Cobre:** Un metal base que se utiliza tanto como material principal en joyería económica, como en aleaciones para mejorar la resistencia de otros metales como la plata y el oro. A menudo se usa en la

fabricación de joyas artesanales y como aleación en el oro y la plata. También se usa en diseños más rústicos o en combinación con otros materiales.

6. **Bronce:** Aleación de cobre y estaño, con un color dorado. Es más económico que el oro y la plata, pero tiene una apariencia similar al oro. Se utiliza para piezas de joyería más económicas o en diseños que buscan un acabado dorado sin el costo del oro. También se emplea en la fabricación de bisutería.
7. **Latón:** Aleación de cobre y zinc, con un color similar al oro, pero con un tono más amarillo. Es un material accesible y ampliamente utilizado en joyería económica. Se utiliza principalmente en la fabricación de joyas asequibles, bisutería, y como componente en piezas más complejas donde se mezcla con otros metales.
8. **Alpaca (Niquel-Plateado):** Una aleación de cobre, níquel y zinc. Tiene una apariencia similar a la plata, pero es más económica y resistente a la oxidación. Se utiliza en joyería artesanal y bisutería, especialmente en piezas que buscan un acabado plateado a menor costo.
9. **Hierro:** No es un metal tradicional en la joyería fina, pero se utiliza en algunas piezas rústicas o en estilos más contemporáneos. En joyería artesanal o en diseños industriales donde se busca un acabado más crudo o robusto.
10. **Piedras Preciosas y Semipreciosas:** Uruguay cuenta con la amatista, una piedra semipreciosa, como uno de sus recursos minerales destacados, pero también se utilizan otras piedras como esmeraldas, zafiros, rubíes, topacios, cuarzos, etc. Se utilizan engarzadas en metales preciosos, estas piedras añaden color y valor a las piezas de joyería, siendo esenciales en el diseño de piezas más complejas.

Apéndice F: Químicos Utilizados:

En el taller de un orfebre, varios químicos son comúnmente utilizados en diversas etapas del proceso de creación de joyas. Estos son algunos de los principales:

1. **Ácido sulfúrico y ácido nítrico:** Ambos ácidos son utilizados para limpiar, pulir y grabar metales. Por ejemplo, el ácido sulfúrico se usa para eliminar óxidos de la superficie de metales preciosos, especialmente después de procesos de soldadura.
2. **Borax y otros fundentes:** Son esenciales en el proceso de soldadura, ya que ayudan a prevenir la oxidación de los metales al aplicar calor, asegurando una unión limpia y fuerte entre las piezas metálicas.

3. **Peróxido de hidrógeno y amoníaco:** Se emplean para la limpieza y preparación de las piezas antes de acabarlas. En combinación, pueden usarse para eliminar residuos y óxidos de la superficie de los metales.
4. **Cloruro férrico:** Usado principalmente para el grabado de metales, especialmente cobre y otros metales no preciosos, el cloruro férrico permite crear diseños detallados al corroer de manera controlada la superficie del metal.
5. **Sales de decapado:** Como el bisulfato de sodio, se utiliza para limpiar piezas y remover óxidos generados durante el proceso de soldadura. Estas sales, disueltas en agua, forman una solución conocida como “decapante” o “pickle”, en la cual las piezas metálicas se sumergen.
6. **Alcohol isopropílico:** Utilizado para limpiar las superficies y eliminar grasa o restos de otros productos, permitiendo un acabado final limpio y brillante.
7. **Cianuro de potasio (en algunas prácticas):** Aunque su uso está en declive por cuestiones de seguridad, algunos talleres tradicionales aún lo utilizan en procesos de galvanoplastia para recubrimientos de oro y plata.

Apéndice G: Entrevistas Semiestructurada

Orfebres que No han Incorporado la Tecnología de Impresión 3D

Entrevista 1: María La Gamma

¿Cuáles son los mayores inconvenientes que te encuentras cuando trabajas en tus piezas a mano? ¿Crees que estos problemas afectan el tiempo que te lleva hacer cada pieza o la calidad del resultado final?"

Siempre depende de la pieza que tengas que trabajar pero en general los encastres de piedras, los grabados. La parte más complicada es lograr los detalles finos en las piezas. Puedo pasar horas, a veces días, ajustando detalles tan chiquitos que ni se ven, pero son clave para que la pieza quede bien. Eso me come un montón de tiempo que me lleva terminar cada pieza y, muchas veces, afecta la calidad del trabajo. Yo no trabajo con cera perdida, trabajo directo el metal, por eso de entrada hay cosas que ya se que no las puedo hacer, ahí ya se achica bastante mi mercado. Según la complejidad de la pieza , varía el tiempo, pero sin duda el lijado es una de las tareas de repente no tan complejas pero que llevan mucho tiempo.

¿Qué piensas sobre la idea de usar impresión 3D en tu trabajo de orfebrería? ¿Te parece que podría ser útil? Si es así, ¿en qué aspectos crees que te ayudaría?"

Yo escucho los cuentos y me parece de otro mundo. Es mágico lo que se escucha de la impresión 3D esa. Pero yo no me imagino usando eso en mi taller y no tengo ni idea como funciona. Yo estudié orfebrería en la utu y nada más, tengo años de experiencia como orfebre pero de tecnología no se nada. Pero para otros que sepan utilizarlo puede ser una buena herramienta. A mi me cuesta ver que me pueda ayudar en mi trabajo.

¿Hay alguna parte de tu trabajo que pienses que podría mejorar con la impresión 3D? Por ejemplo, alguna tarea que desearías que fuera más rápida o fácil.?

Sí, me imagino que para hacer patrones repetitivos , me ha pasado que hice una pieza que me quedó hermosa y me llevó mucho tiempo y alguien más quiere una igual y no tengo otra opción que volver a hacer ese trabajo desde cero y siempre con el desafío de que la pieza me quede tan bien como la anterior. Que en la teoría "la práctica hace al maestro" pero a veces ni recuerdo exactamente cuales fueron los pasos del proceso . También podría ser útil en los diseños complejos que son difíciles de lograr a mano, como algún diseño asimétrico o algún calado particular. O también me podría ayudar a no desperdiciar tanto material, ya que a veces, por un error mínimo, tengo que arrancar todo de nuevo. Eso me hace utilizar un montón de material.

¿Cómo te sientes físicamente cuando trabajas? ¿Sientes que las posturas o movimientos que haces son incómodos? ¿Te parece que la impresión 3D podría hacer tu trabajo más cómodo?"

Sí, algunas veces termino con algunos dolores sobre todo cuando tengo que laminar y estirar el metal que tengo que hacer mucha fuerza y ya a mi edad los dolores pesan. Siento dolor en las manos y muñecas, cuando estoy rato lijando o grabando, por los movimientos repetitivos y las posturas incómodas. La verdad que mis dedos ya están deformados por los años de trabajo. Capaz que la impresión 3D podría ayudar a reducir el trabajo más intenso. Yo me doy cuenta que las cosas van avanzando y yo me quedo atrás con la incorporación de la tecnología. La tecnología te puede simplificar algunas cosas, pero me preocupa que, si la uso demasiado, se pierda el toque artesanal, que es lo que hace que mi trabajo sea diferente.

Entrevistada 2: Isaías Sánchez

(más de 35 años en el oficio; comenzó como cadenista y ahora hace todo tipo de piezas, especialmente anillos.)

¿Cuáles son los mayores inconvenientes que te encuentras cuando trabajas en tus piezas a mano? ¿Crees que estos problemas afectan el tiempo que te lleva hacer cada pieza o la calidad del resultado final?

Todos los días veo los sobres que tenemos (donde anotamos los pedidos) y ahí vamos trabajando. Primero fundimos, luego, laminamos y ya arrancamos a hacer la pieza. No tenemos mucho tiempo, ese es uno de los mayores problemas, es el tiempo que toma cada pieza. El mayor problema que veo en mi caso es la precisión y el tiempo. Tallar y modelar a mano me lleva mucho tiempo, y mantener la precisión es difícil, especialmente en piezas complejas. A veces, por pequeños errores, tengo que empezar de nuevo, lo que me lleva mucho tiempo y material. Por supuesto esto, la mayoría de las veces, afecta la calidad del trabajo final. Después de tanto lijar y pulir, las manos y las muñecas quedan hechas polvo. Y a veces, por tanto cansancio, la pieza no queda tan precisa como quiero, y termino teniendo que hacer todo de nuevo.

¿Qué piensas sobre la idea de usar impresión 3D en tu trabajo de orfebrería? ¿Te parece que podría ser útil? Si es así, ¿en qué aspectos crees que te ayudaría?

Eso de la joyería 3D realmente está barbara, espectacular, me parece muy interesante y creo que podría ser útil. Especialmente para hacer prototipos y piezas con detalles muy pequeños que requieren mucha precisión. Pero al no tener conocimiento de cómo se trabaja realmente la impresión, tengo dudas sobre si la calidad sería la misma que con el trabajo a mano. Me cuesta imaginarlo, sobre todo porque yo voy acomodando la pieza en la marcha. Pero creo que podría ser una buena herramienta, especialmente para tareas repetitivas y con mucho detalle. Podría ayudar a reducir errores y desperdicio de material. Estoy abierto a aprender más sobre cómo podría integrarse en mi trabajo.

¿Hay alguna parte de tu trabajo que pienses que podría mejorar con la impresión 3D? Por ejemplo, alguna tarea que desearías que fuera más rápida o fácil.

El modelado y la creación de prototipos podrían beneficiarse mucho. A veces, por un error mínimo, tengo que arrancar todo de nuevo. Eso me hace gastar más material de lo pensado. Otras veces hago varias versiones de un diseño antes de llegar al final. Los patrones repetitivos o los detalles chiquitos me llevan una eternidad. Con la impresión 3D, podría hacer eso más rápido y sin tanto drama. El joyero aprende en el correr de los años con ensayo y error, y lleva mucho tiempo y trabajo llegar a la perfección. En estos casos sin duda la impresión 3D podría acelerar ese proceso. Solo me da un poco de pereza ponerme a estudiar otra vez (tono de broma). Me encantaría usar la impresión 3D, pero me preocupa el tiempo que me llevará aprender a usarla y si realmente podré sacarle provecho.

¿Cómo te sientes físicamente cuando trabajas? ¿Sientes que las posturas o movimientos que haces son incómodos? ¿Te parece que la impresión 3D podría hacer tu trabajo más cómodo?

Tantos años en el oficio hace que esté totalmente acostumbrado a los dolores del oficio. Pero te puedo decir que al final del día, mis manos y espalda suelen estar muy cansadas. Hace un año que me tuve que comprar este almohadón para la silla, que me alivia el dolor de espalda. Ya estoy muy acostumbrado a los movimientos y mientras los hago no me doy cuenta de la incomodidad, pero en la noche pasan factura. La impresión 3D podría ayudar a reducir la cantidad de trabajo manual repetitivo y, con suerte, mejorar mi comodidad física.

Entrevista Semiestructurada a Orfebres que Han Incorporado la Tecnología de Impresión 3D

Entrevistada 3: Pedro Santoro (Taller de Metales de Fadu)

(más de 10 años en la docencia en el taller) Dicta clases, cursos de metales para estudiantes iniciales que recién comienzan a tener contacto con el metal. Se aspira que salgan los estudiantes con algunos conocimientos y habilidades para trabajar el metal.

*¿Cuáles son los problemas o dificultades más grandes que enfrentas cuando trabajas en tus piezas a mano?
¿Cómo crees que estos problemas afectan el tiempo y la calidad de tu trabajo?*

Básicamente se trabajan cosas más del punto de vista industrial, no se trabajan piezas de orfebrería. Está bastante alejado el trabajo que se hace en este taller con la orfebrería. También en los metales difiere el trabajo, acá se trabaja con acero, algo de aluminio y algo de cobre, pero básicamente los metales más comunes. Dentro del taller quedan algunas máquinas de orfebrería que hoy en día casi ni se usan. Dentro del equipo de docentes no estamos capacitados como para incurrir en el rubro de orfebrería. Si viene algún alumno a trabajar algo relacionado a la orfebrería, le mostramos las máquinas que quedan de orfebrería y hacemos alguna cosita para que se entusiasme. Pero hay faltantes en la infraestructura para fundir, no se usan y con el tiempo no se fueron reponiendo, no hay rubro destinado a eso. No llegamos a trabajar en lo que es un proceso de orfebrería. Falta en primer lugar más conocimientos de los docentes, porque hay un montón de detalles como los distintos materiales y su temperatura para fundir y como no estamos en el rubro, lo desconocemos. Y por otro lado, como estos trabajos habitualmente no se hacen, tampoco están los insumos necesarios. Y por supuesto esto afecta la calidad del trabajo del estudiante, es muy complejo, a veces lo hacemos más en forma de maqueta. Por ejemplo hemos utilizado masilla de poxilina para simular que está pegado y después pintarlo. Porque como te digo, para fundir y soldar piezas necesitamos materiales que no tenemos.

¿Qué opinas de usar la impresión 3D en tu trabajo de taller? ¿Te parece útil? ¿En qué te ha ayudado?

La impresión 3D ha sido muy útil, las impresoras que tenemos acá en el taller (de ppl) son fundamentales para que el alumno lo tenga a su alcance especialmente para crear prototipos y piezas más complejas en menos tiempo. Hay más de un tipo de filamento que están disponibles para que el alumno utilice dependiendo de lo que busca. Lo que hacen es imprimir un molde y después utilizan el molde impreso con el material que deseen trabajar. La tendencia es que cada vez haya más máquinas en el taller y en la vida en general.

¿Hay alguna tarea en tu proceso que creas que podría mejorar con la impresión 3D? ¿Hay algo que te gustaría hacer más rápido o fácil?

Todas las herramientas usadas con criterio para mí está bien, está bárbaro. El tema es, a mí en lo personal, es complejo cuando empieza a tomar otra escala. Prefiero ver que cada uno hace lo que puede manualmente y trabajando con los metales. Sí, la creación de piezas con diseños complejos o geométricos se ha vuelto mucho más fácil. La impresión 3D me ha permitido experimentar más con diseños que antes hubiera considerado demasiado complicados o que llevarían mucho tiempo.

¿Cómo te sientes físicamente al trabajar? Si usas impresión 3D, ¿ha cambiado algo en cuanto a la comodidad o el esfuerzo que pones?

No he notado cambios porque yo casi no la utilizo la impresora 3d, y mis actividades son muy variadas, voy ayudando y asesorando a los alumnos en lo que necesiten.

Entrevistada 4: Emilio Coitiño

*¿Cuáles son los problemas o dificultades más grandes que enfrentas cuando trabajas en tus piezas a mano?
¿Cómo crees que estos problemas afectan el tiempo y la calidad de tu trabajo?"*

El principal problema o desafío que encuentro con mi producción ahora es el tiempo que le puedo dedicar al trabajo, sobre todo a la terminación. Como trabajo tallando, más que nada, el tallado me resulta como la parte más sencilla del proceso y después tipo el tiempo de terminación de la pieza, después de que vuelve de la fundición, es lo que me termina consumiendo un poco más por una cuestión de tiempo con otros trabajos y eso.

"¿Qué opinas de usar impresión 3D en tu trabajo de orfebrería? ¿Te parece útil? ¿En qué te ha ayudado?"

Con respecto a la integración de la impresión 3D, lo entiendo como algo bastante positivo que permite agilizar unos cuantos procesos y sobre todo en lo que es el duplicado de piezas y toda esa parte, me parece que ayuda un montón. **Con la impresión 3D puedo hacer formas más complicadas en menos tiempo y sin quedar tan fundido.** Le encuentro un poco la traba en que el joyero no está muy acostumbrado, o sea todo el desarrollo que hace el joyero es aplicado a este plano más físico y no tanto el digital, entonces por ahí le encuentro un poco una limitación. El estar sumergido en un mundo digital como para poder sacarle el máximo provecho. Por lo general el joyero que está trabajando con digital le está mandando a una persona que está dedicada a trabajar con digital, a hacer las cosas, es lo que está pasando actualmente. No hay tantos joyeros digitales, si hay diseñadores que se vinculen con joyeros. Creo que la única desventaja de la impresión 3D es de cómo nos instruimos de manera técnica los joyeros para poder realmente implementar eso y que no sea como una herramienta más que quede ahí. Es una herramienta que no está hoy a la altura del conocimiento del joyero. Actualmente hay una falta de conocimiento y a su vez el acceso a los programas 3D es tan caro que ahí me parecen son las primeras limitantes de la impresión 3D. Es cara y hay que tener un conocimiento técnico que uno ya lo viene adquiriendo con la experiencia de trabajar, tallando o cortando y doblando chapa.

"¿Hay alguna tarea en tu proceso que creas que podría mejorar con la impresión 3D? ¿Hay algo que te gustaría hacer más rápido o fácil?"

Si se pudiera implementar bien esta tecnología en mi taller, ya eso estaría funcionando, lo que más beneficio le veo, es primero la cantidad de copia que se pueden hacer de una pieza, rápida y super micro-detallada. Veo que en una cuestión de productividad puede servir bastante una impresora 3D, dependiendo de tus diseños siempre, pero como que puede servir para resolver sistemas complejos, no hablo de algo solo detallado, sino complejo como un sistema de cierre, cosas así, cosas que quieres que salgan con tu logo.

Todo eso me parece espectacular porque lo resolvería de manera espectacular. Y sobre todo en producción, la ventaja de poder estar trabajando y que eso esté sacando un par de piezas más independiente de lo que uno esté haciendo, me parece espectacular.

"¿Cómo te sientes físicamente al trabajar? Si usas impresión 3D, ¿ha cambiado algo en cuanto a la comodidad o el esfuerzo que pones?"

Desde que empecé con la impresión 3D, me olvidé de pasarme horas lijando o tallando. Terminó el día mucho menos reventado. Y puedo aprovechar más el tiempo en otras cosas. Digo lijando o tallando la pieza en cera, ya después de la fundición el trabajo es casi el mismo. Lo único es que como no estoy viendo el proceso como cuando hago una pieza en cera perdida, hasta no tener la pieza impresa no puedo acomodar ningún detalle. Pero normalmente la pieza impresa tiene mejor acabado .

¿ Y con respecto a tu esfuerzo físico?

Si te puedo decir que en términos generales al evitar el trabajo más de lijado y pulido y todo eso que es necesario también mi postura mejoró un montón porque ya no estoy encorvado todo el día sobre la mesa. La impresión 3D me dejó aflojar un poco el cuerpo.

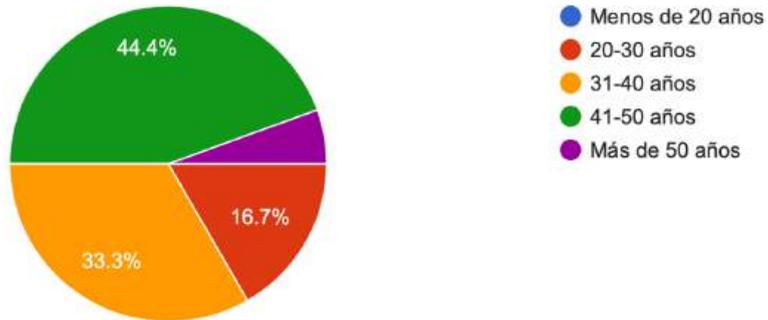
¿Quieres agregar un comentario final al respecto?

Como comentario final me parece que la impresión 3d es una muy buena herramienta para el taller, que permite trabajar volúmenes de manera muy paramétrica, o sea hacer todo muy exacto, que a veces el tallado nos aleja un poquito de eso. Porque en muchos casos el cansancio físico que genera el dejar una pieza como lo dejaría la impresión es demasiado. Y permite maximizar el aprovechamiento de los metales también, al hacer piezas paramétricas controlamos todos los espesores y hacemos piezas que quedan muy bien coloradas, y en definitiva nos rinde. Sigue habiendo una brecha digital demasiado grande entre los operarios de joyería y la impresión en sí. Es una herramienta que está re accesible pero no se usa mucho acá en Uruguay, queda como en ese lugar que aún nos se logró posicionar firmemente en el taller del joyero uruguayo.

Apéndice H: Resultados cuestionario:

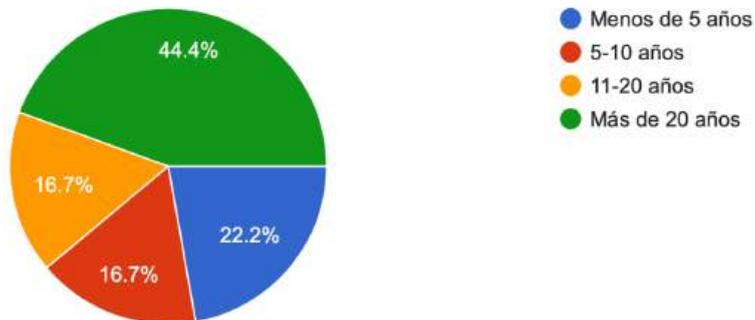
1. Edad

18 respuestas



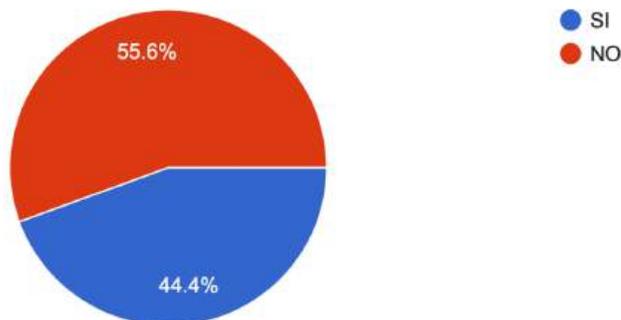
2. Años de experiencia en orfebrería tradicional:

18 respuestas



3. ¿Has integrado la tecnología de impresión 3D en tu proceso productivo?

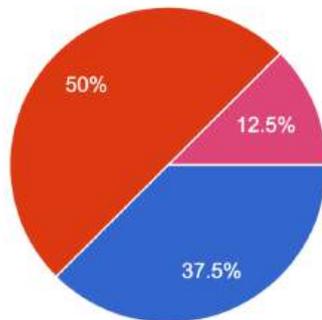
18 respuestas



Para quienes ya han integrado la impresión 3D

3.A ¿Por qué incorporaste la impresión 3D en tu proceso productivo?"

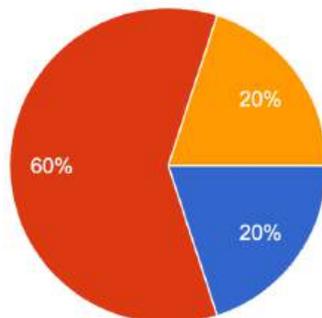
8 respuestas



- Para aumentar la precisión y detalle en los diseños
- Para reducir los tiempos de producción
- Para disminuir el desperdicio de material
- Para experimentar con nuevos diseños y técnicas
- Para mejorar la eficiencia en la fabrica...
- Por demanda de los clientes que busc...
- Para reducir el esfuerzo físico y mejor...

4.A ¿Cómo crees que la integración de la impresión 3D ha afectado la eficiencia en tu proceso de trabajo?

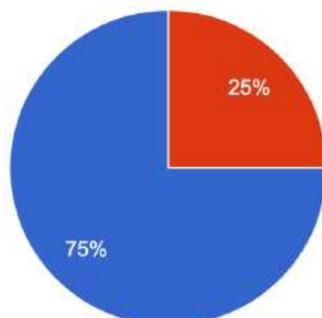
5 respuestas



- Ha aumentado significativamente
- Ha aumentado ligeramente
- No ha cambiado
- Ha disminuido ligeramente
- Ha disminuido significativamente

5.A ¿Has notado alguna diferencia en la calidad de los productos fabricados con impresión 3D en comparación con los métodos tradicionales?

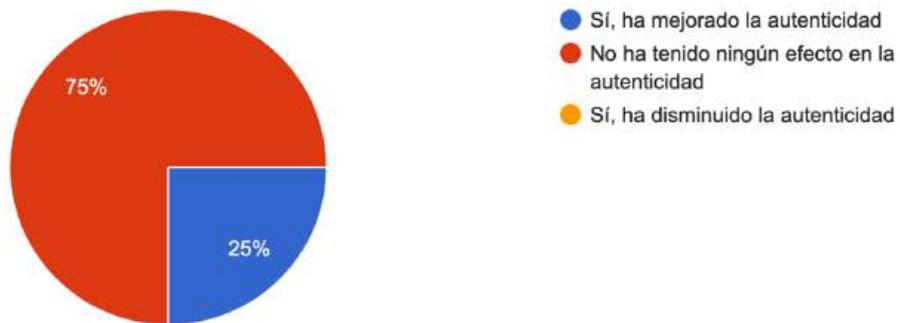
8 respuestas



- Mejor calidad con impresión 3D
- Igual calidad que con métodos tradicionales
- Peor calidad con impresión 3D

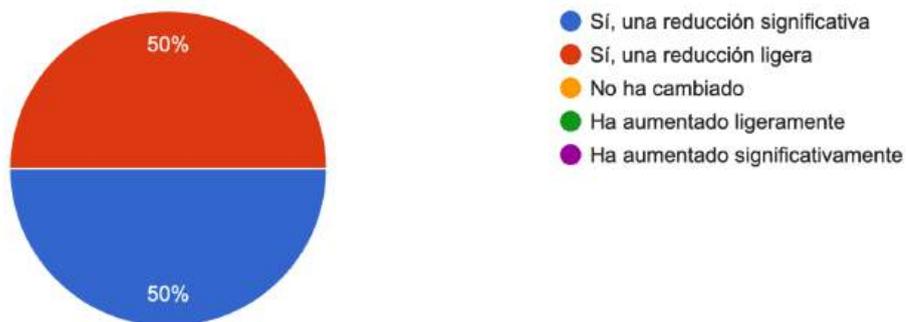
6.A ¿Sientes que la incorporación de la tecnología de impresión 3D ha influido en la autenticidad de tus creaciones?

8 respuestas



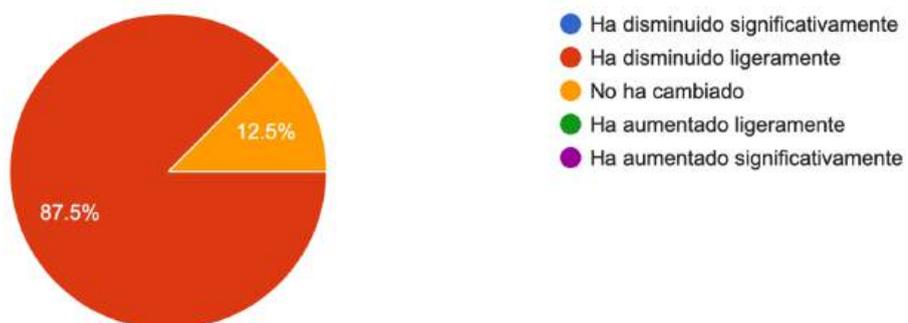
7.A ¿Has observado una reducción significativa en los tiempos de fabricación desde que comenzaste a utilizar la impresión 3D?

8 respuestas



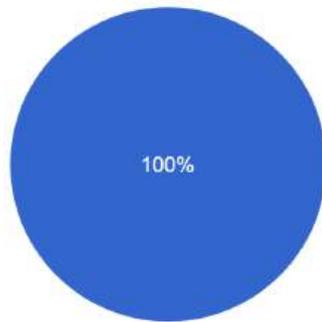
8.A ¿Cómo ha cambiado la cantidad de material utilizado en tus creaciones desde la adopción de la tecnología de impresión 3D?

8 respuestas



9.A ¿Qué cambios has experimentado en términos de posturas y movimientos desde que comenzaste a trabajar con impresión 3D?

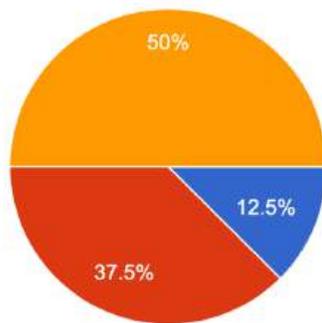
8 respuestas



- Menos fatiga y molestias
- Las mismas fatigas y molestias que con métodos tradicionales
- Más fatiga y molestias

10.A ¿Has enfrentado dificultades ergonómicas específicas al utilizar la impresión 3D en tu proceso de trabajo?

8 respuestas

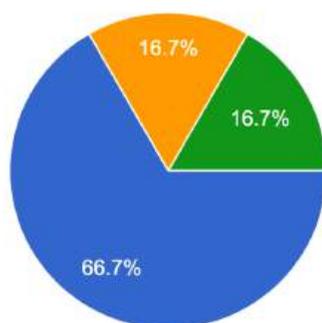


- Sí, relacionadas con la postura
- Sí, relacionadas con movimientos repetitivos
- No, no he enfrentado dificultades ergonómicas
- Otras

Para quienes no han integrado la impresión 3D

3.B ¿Qué tareas dentro de tu proceso productivo sientes que te hacen perder más tiempo?

6 respuestas



- Modelado
- Soldadura
- Lijado y Pulido
- Ajustes de piezas
- Otras (especificar):

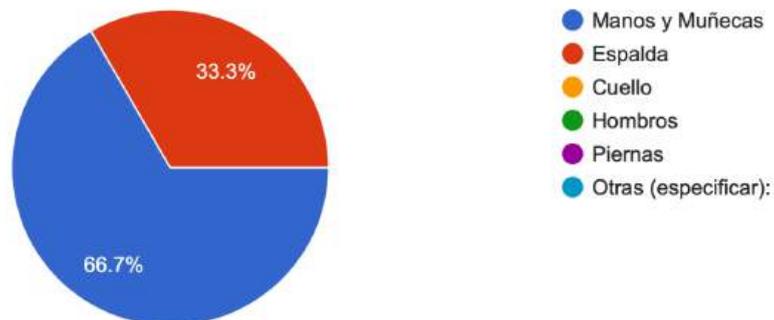
4.B ¿Qué tareas te generan más molestias físicas o incomodidad?

6 respuestas



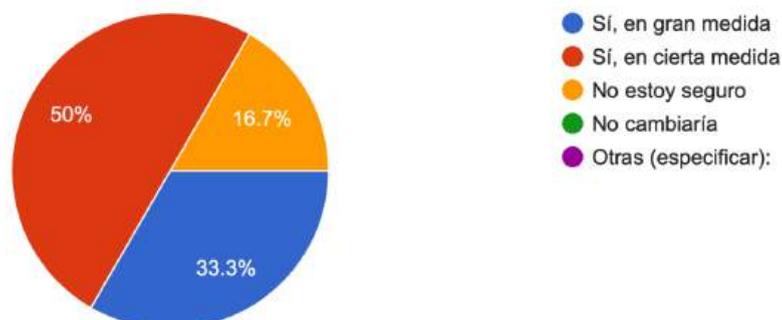
5.B ¿En qué partes del cuerpo experimentas más fatiga o dolor durante el proceso de orfebrería?

6 respuestas



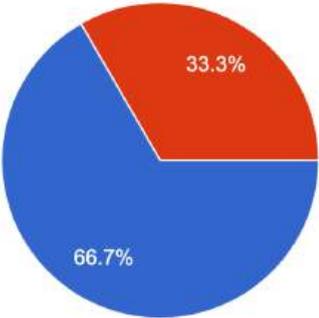
6.B ¿Consideras que la incorporación de nuevas tecnologías, como la impresión 3D, podría reducir estas molestias o mejorar tu productividad?

6 respuestas



7.B Qué aspectos de tu trabajo crees que se beneficiarían más si pudieras automatizar o hacer más eficientes algunas tareas?

6 respuestas



- Reducción de tiempos en el modelado
- Reducción de movimientos repetitivos
- Mayor precisión en las piezas
- Menor desgaste físico
- Otras (especificar):

Apéndice I : Ficha de evaluación del riesgo por la postura o repetitividad.



MINISTERIO
DE TRABAJO
Y ASUNTOS SOCIALES



INSTITUTO NACIONAL
DE SEGURIDAD E HIGIENE
EN EL TRABAJO

TRANSPORTE DE CARGAS

La Guía Técnica establece también un límite de manipulación (peso total transportado) de 10000 kg al día para transportes en los que la distancia recorrida sea igual o menor de 10 metros; para transportes en los que la distancia recorrida sea mayor de 10 metros, se establece un límite de manipulación de 6000 kg al día.

Los datos sobre el transporte manual de cargas se recogen en la **Ficha 3**

Nota:

Para una evaluación más precisa se recomienda emplear:

- Ecuación del National Institute of Occupational Safety and Health (NIOSH, 1994)
- Método Ergo/ IBV. Evaluación de riesgos laborales asociados a la carga física (IBV, 2000a)

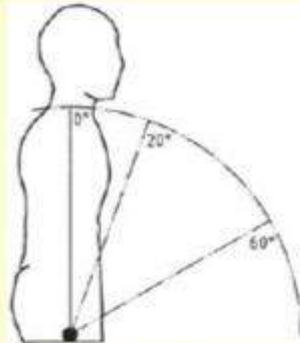
7. Método para la evaluación del riesgo por la postura o repetitividad

Procedimiento ⁽⁸⁾:

1. Observar a la persona trabajando. Puede hacerse mediante observación directa, aunque es preferible grabar en vídeo las tareas durante un tiempo suficientemente representativo de las mismas y visualizarlas posteriormente.
2. Evaluar el riesgo asociado a la carga física de las posturas de trabajo mediante la Ficha de Evaluación. En esta Ficha se analiza de manera independiente el tronco, los brazos, las muñecas, el cuello y las piernas, considerando los siguientes aspectos:
 - La posición del segmento corporal (elevación, inclinación hacia un lado, giro, etc.).
 - La frecuencia de movimientos (repeticiones/minuto).
 - Si la postura se mantiene de manera sostenida (estática). Se considera que una postura es estática cuando se mantiene >1 minuto.
 - Si la postura se adopta mucho tiempo (no necesariamente seguido) durante la jornada.
3. Una casilla marcada indica una situación No Aceptable.

TRONCO: Flexión/ extensión

- | | |
|--------------------------|--|
| <input type="checkbox"/> | Tronco flexionado >20° de manera sostenida (estática) y sin apoyar. |
| <input type="checkbox"/> | Tronco flexionado >20° de manera repetida (>2 veces/minuto). |
| <input type="checkbox"/> | Tronco flexionado >60° mucho tiempo (no necesariamente seguido) durante la jornada. |
| <input type="checkbox"/> | Tronco en extensión (inclinado hacia detrás) sin apoyo, de manera sostenida (estática). |
| <input type="checkbox"/> | Tronco en extensión (inclinado hacia detrás) sin apoyo, de manera repetida (>2 veces/minuto). |
| <input type="checkbox"/> | Tronco en extensión (inclinado hacia detrás) sin apoyo, mucho tiempo (no necesariamente seguido) durante la jornada. |

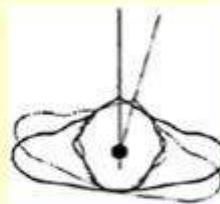


TRONCO: Inclinación lateral o giro claramente visible

- Tronco inclinado hacia un lado o girado (claramente visible) de manera sostenida (estática).
- Tronco inclinado hacia un lado o girado (claramente visible) mucho tiempo (no necesariamente seguido) durante la jornada.
- Tronco inclinado hacia un lado o girado (claramente visible) de manera repetida (>2 veces/minuto).



Inclinación lateral del tronco



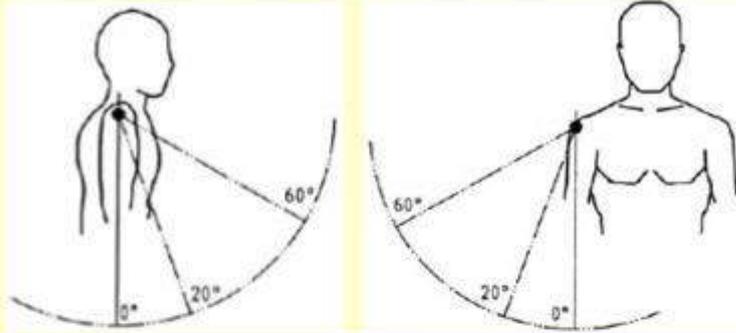
Giro del tronco

BRAZO

- Brazo elevado >20° de manera sostenida (estática), y sin apoyar.
- Brazo elevado entre 20 y 60°, de manera repetida (>10 veces/minuto).
- Brazo elevado >60°, de manera repetida (>2 veces/minuto).
- Brazo elevado >60° mucho tiempo (no necesariamente seguido) durante la jornada.
- Brazo en extensión (hacia detrás), de manera sostenida (estática).
- Brazo en extensión (hacia detrás) mucho tiempo (no necesariamente seguido) durante la jornada.



Brazo en extensión (hacia detrás), de manera repetida (>2 veces/minuto).

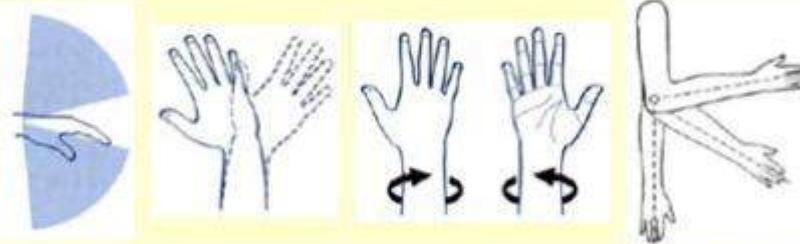


MUÑECA / CODO

Muñeca muy flexionada/extendida, muy inclinada lateralmente o muy girada, de manera sostenida (estática).

Muñeca muy flexionada/extendida, muy inclinada lateralmente o muy girada, de manera repetida (>2 veces/minuto).

Codo muy flexionado o muy extendido de manera sostenida (estática) o repetida (>2 veces/minuto).



Flexión/ extensión

Inclinación lateral

Giro

Codo Flexión/ extensión

CABEZA Y CUELLO: Línea de visión

El trabajador tiene su línea de visión por debajo de 40° respecto de la horizontal, de manera sostenida (estática).

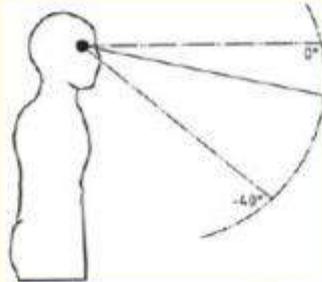
El trabajador tiene su línea de visión por debajo de 40° respecto de la horizontal mucho tiempo (no necesariamente seguido) durante la jornada.

El trabajador tiene su línea de visión por debajo de 40° respecto de la horizontal, de manera repetida (>2 veces/ minuto).

El trabajador tiene su línea de visión por encima de la horizontal, de manera sostenida (estática).

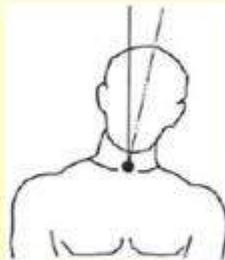
El trabajador tiene su línea de visión por encima de la horizontal mucho tiempo (no necesariamente seguido) durante la jornada.

El trabajador tiene su línea de visión por encima de la horizontal, de manera repetida (>2 veces/minuto).

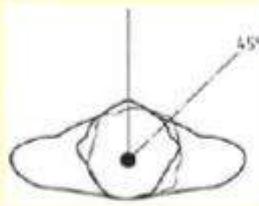


CABEZA Y CUELLO: Inclinación lateral o giro claramente visible

- Cabeza inclinada hacia un lado o girada (claramente visible) de manera sostenida (estática).
- Cabeza inclinada hacia un lado o girada (claramente visible) mucho tiempo (no necesariamente seguido) durante la jornada.
- Cabeza inclinada hacia un lado o girada (claramente visible) de manera repetida (>2 veces/minuto).



Inclinación lateral



Giro

PIERNAS

- El trabajador está de pie, sin desplazarse (por ejemplo frente a un banco de trabajo o una cinta transportadora), >2 horas seguidas.
- El trabajador mantiene una postura de pie (estática) con las rodillas flexionadas.
- El trabajador está de pie y flexiona las rodillas de manera repetida (>2 veces/minuto).
- El trabajador mantiene una postura de pie (estática) en la que carga casi todo el peso del cuerpo sobre una de las dos piernas.
- El trabajador está de rodillas o en cuclillas de manera sostenida (estática) o mucho tiempo (no necesariamente seguido) durante la jornada.



De pie



De pie, rodillas flexionadas



De pie, peso cargado sobre una de las dos piernas



De rodillas o en cuclillas

