

FRAGAMICA.gcode

“Diseño y producción a partir de la exploración de la antigua artesanía de la *Cerámica Perfumada de las Monjas Clarisas*, bajo el uso de la tecnología de fabricación digital en impresión 3D.”

Proyecto para optar al título profesional de diseñador
en mención industrial y servicios

Estudiante Francisco Muñoz Espinosa

Profesor Guía Mauricio Tapia Reyes

Santiago 2023

ÍNDICE DE CONTENIDOS

Resumen/ Abstract

Objetivos del Proyecto de Diseño

Metodología

Capítulo I: Introducción al Área de Estudio

I.a ¿Qué es la fabricación digital?	11
I.b Sistemas de fabricación digital: Filosofía CAD/CAM/CAE	11
Diseño Asistido por Computador (CAD)	11
Manufactura Asistida por Computador (CAM)	11
Ingeniería Asistida por Computador (CAE)	14
Método de Análisis FEM	14
I.c Tecnología de fabricación digital aplicada al diseño y desarrollo de productos en la región de Latinoamérica	15
I.d Problema de investigación: Justificación de la Problemática	17
I.e Hipótesis de investigación	18

Capítulo II: Marco Teórico

II.a Diseño y desarrollo de productos	20
Ecodiseño de un Producto y Desarrollo Sostenible	20
II.b Tecnología de fabricación digital	23
La Máquina-Herramienta	23
Sistema de Control Numérico Computarizado (CNC)	24
Mecanizado	25
II.c Técnicas de fabricación digital	26
Fabricación por Sustracción de Material (Mecanizado)	26
Fabricación por Adición de Material (Impresión 3D)	27
Ventajas de la Fabricación por Adición de Material	28
II.d Economía de fabricación digital	30
Sistema de Creación Colaborativa: Recursos Open Source	31
Oportunidades de Negocio con Fabricación por Adición de Material	31

II.e Artesanía de Chile: Diseño de una Tradición	33
Artesanía vs Arte Popular	33
Tradiciones Artesanales de Chile Continental	33
II.f El patrimonio artesanal de la Región Metropolitana	36
La Loza Policromada de Talagante	38
Legado Patrimonial en el Tiempo	39
Método de Fabricación de la Loza Policromada	40
II.g Cerámica policromada y perfumada de las monjas de la Orden de Santa Clara	42
Historia Artesanal a través del Oficio	43
Proceso de Fabricación de la Cerámica Perfumada de las Monjas Clarisas	45

Capítulo III: *Estado del Arte: Investigación a través del Diseño*

III.a Recreación de la cerámica perfumada de las monjas	53
La Arcilla	53
Composición Elemental de la Cerámica Perfumada	54
Preparación del Material Cerámico	55
III.b Proceso de experimentación/variables de estudio: Definición de los Ejes de Investigación	58
Secado	59
Plasticidad	60
Temperatura de Cochura y Contracción	61
Perfumado de la Cerámica	63
Impermeabilidad con Curado de la Greda	66
III.c Conclusiones del proceso de experimentación: Reflexión y Posibles Proyecciones de Investigación	68

Capítulo IV: *Diseño y Desarrollo de Productos*

IV.a Fase 0/ Planeación: Misión del Proyecto de Diseño	71
Oportunidad de Diseño	71
Objetivos del Proyecto de Diseño a Desarrollar	71
Definición del Proyecto de Diseño	72
Tecnología de Fabricación a Utilizar	73
Configuración CAM y Preparación del Material Cerámico	74

IV.b Fase 1/ Desarrollo conceptual: Requerimientos y Atributos de la Propuesta de Diseño a Desarrollar	77
Descripción del Usuario/ Contexto	78
Búsqueda de la Propuesta Conceptual	79
IV.c Fase 2/ Diseño sistemático: Sistema Estructural del Producto	80
Efectividad de Producción/ Modelo de Negocio	80
IV.d Fase 3/ Diseño de detalles: Especificaciones del Objeto de Diseño	82
Morfogénesis	82
Diseño de la Propuesta Formal	83
Exploración Morfológica a través del Boceto	83
Diseño CAD de la Propuesta/ Boceto	84
IV.e Fase 4/ Pruebas y refinamiento: Desarrollo y Evaluación de Prototipos	86
Evaluación de la Propuesta de Diseño	86
IV.f Fase 5/ Inicio de la producción: Determinación del Método de Fabricación	88
Proceso de Producción 4.0 de Productos Cerámicos	88
Conclusiones de la Investigación	90
Proyecciones e Impacto Ambiental	90
Fuentes y Bibliografía Consultada	92

"..La máquina que quedó parada un día, empezó de nuevo a funcionar.."

— Vanya Roa Heresmann.





Agradecimientos

A mi familia por todo su apoyo y compromiso en ayudarme a cumplir mis metas.

A mis únicos amigxs que me acompañaron siempre en este camino.

A mi maestra ceramista Ximena León por guiarme y ayudarme con su sabiduría y comprensión, en todo este proceso dentro del fascinante mundo de la alfarería.

Y a todas las personas que colaboraron para la realización de este proyecto y me hicieron posible llegar a este momento, gracias.

En memoria de la Prof.a en artes plásticas Alicia Rojas Abrigo.

Dedicado a quienes buscan dejar una huella en el oficio de la cerámica y crear sus propias memorias.

Resumen

La producción industrial 4.0 es un proceso dinámico, basado en los principios de investigación, desarrollo e innovación (I+D+i) plasmados en la ideología de una cultura de fabricación abierta a la exploración y conocimiento de nuevas técnicas de fabricación, esta metodología revolucionaria de diseño y desarrollo de productos se construye principalmente bajo la implementación de un sistema digital interconectado de manufactura automatizada (CAD-CAM-CAE), que busca mejorar considerablemente el nivel de optimización y calidad de un proceso de producción.

Chile actualmente es uno de los países en la región de latinoamérica donde se está avanzando en la exploración y trabajo interdisciplinar con la metodología de fabricación digital, presentándose como una oportunidad para el crecimiento y desarrollo de la manufactura industrial nacional, innovando en los procesos tradicionales de producción local y el aprovechamiento de las materias primas que se encuentran dentro del territorio, mejorando así la competitividad en el diseño y desarrollo de productos a escala global.

Conceptos Clave: *Fabricación Digital - Cerámica Perfumada - Proceso de Producción - Investigación a través del Diseño - Artesanía Chilena.*

Abstract

Industrial production 4.0 is a dynamic process, based on the principles of research, development and innovation (R+D+i) embodied in the ideology of a manufacturing culture open to the exploration and knowledge of new manufacturing techniques, this revolutionary methodology of product design and development is built primarily under the implementation of an interconnected digital automated manufacturing system (CAD-CAE-CAM), which seeks to significantly improve the level of optimization and quality of a production process.

Chile is currently one of the countries in the Latin American region where progress is being made in the exploration and interdisciplinary work with the digital manufacturing methodology, presenting itself as an opportunity for the growth and development of national industrial manufacturing, innovating in the traditional processes of local production and the use of raw materials found within the territory, thus improving competitiveness in the design and development of products on a global scale.

Keywords: *Digital Fabrication - Perfumed Ceramics - Production Process - Research through Design - Chilean Handcraft.*

Objetivos del Proyecto de Diseño

General

Desarrollar un proceso de producción basado en la manufactura artesanal realizada en la zona central de Chile, por medio de la utilización de tecnología de fabricación digital.

Específicos

Las siguientes metas que nos permitirán alcanzar este objetivo son:

- Identificar las artesanías locales de la Región Metropolitana de Santiago, mediante el estudio de la producción artesanal presente en la zona central de Chile.
- Especificar un tipo de manufactura artesanal compatible con el uso de tecnología de fabricación digital, analizando su proceso de producción y productos resultantes.
- Definir posibles oportunidades y desafíos del proceso de diseño y desarrollo de productos manufacturados con tecnología de fabricación digital, a través de una propuesta de producción colaborativa entre un método de fabricación artesanal y automatizado.
- Determinar el ciclo de vida y sustentabilidad de los productos elaborados a partir de la nueva propuesta de producción, por medio del análisis del proceso de manufactura.



Metodología del Proyecto de Diseño

La metodología utilizada de carácter científico aplicada en la presente investigación a través del diseño, se divide en 4 etapas:

① **Levantamiento de información teórica**, a través de una extensa recopilación bibliográfica para lograr definir los ejes de investigación sobre los que se fundamenta el presente proyecto de diseño.

En esta etapa se logra definir la problemática a estudiar y definir una posible hipótesis de investigación a través del diseño, que logre responder a las interrogantes del tema a explorar, en este caso del grado de viabilidad que existe entre la unión colaborativa de la tecnología de fabricación industrial 4.0 con el tradicional oficio artesanal local, visto como una oportunidad de crecimiento e innovación en la producción nacional, a través de un proceso de manufactura integrado.

② **Estudio del proceso de manufactura** artesanal, a través de la experimentación con la materia prima de fabricación, en esta etapa se busca conocer el método de fabricación y exploración analítica con el material de la artesanía seleccionada, buscando definir los ejes de manufactura que integran las bases de cada una de las etapas del proceso de producción a realizar.

③ **Definición del proceso y parámetros de producción**, equivalente a conocer los límites del método de fabricación, y determinación de los requerimientos y atributos de manufactura que el presente proyecto busca conseguir, además de los parámetros técnicos y mecánicos que mejor responden a los resultados esperados con el uso de la tecnología de fabricación digital seleccionada para desarrollar la propuesta de diseño.

④ **Validación de la propuesta de diseño**, por medio de la verificación del grado de funcionalidad de los resultados obtenidos, desarrollando prototipos tangibles que logren generar esa interacción directa entre lo material y humano.

CAPÍTULO I
INTRODUCCIÓN AL ÁREA DE ESTUDIO

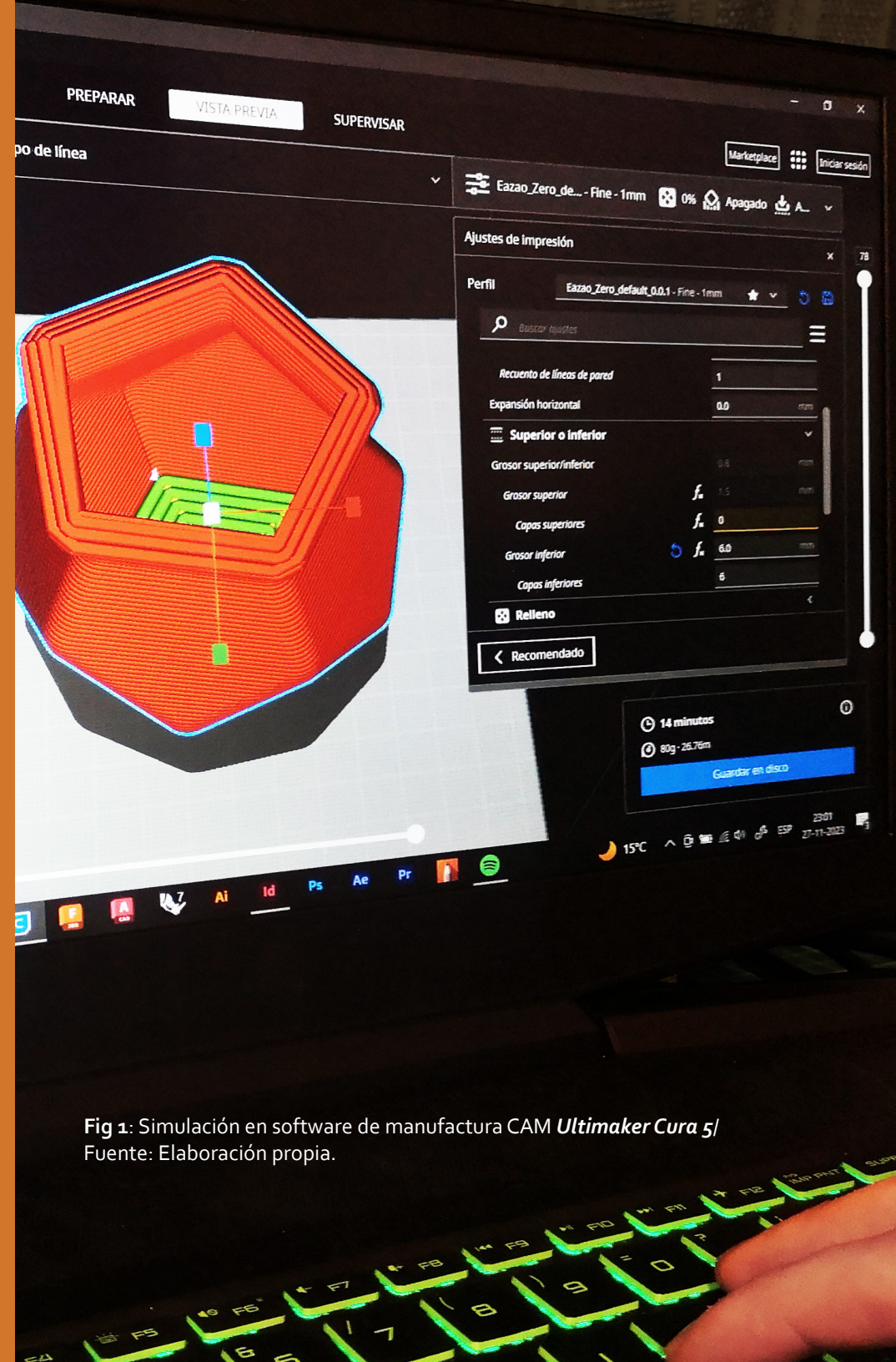


Fig 1: Simulación en software de manufactura CAM *Ultimaker Cura 5*/
Fuente: Elaboración propia.

I.a ¿Qué es la fabricación digital?

La fabricación digital puede ser entendida como la tercera revolución industrial, ya que es un proceso de producción que se rige bajo el concepto de "Convertir la Información en objetos y los objetos en información".

La digitalización del diseño ha facilitado a los usuarios la práctica de proyectar sus ideas por medio de un dispositivo digitalizador, sumado a los constantes avances en la tecnología y desarrollo de herramientas de fabricación digital, controladas por la acción de un ordenador de manera interconectada, ha permitido materializar estas ideas en nuevos productos de diseño, a través de un proceso mucho más eficaz. (Jorquera, 2017)

La fabricación digital es una práctica que se proyectó como la evolución de un nuevo ecosistema de producción, aquellas herramientas que se utilizan dentro de la manufactura del diseño y producción digital, remontan desde la década de los años 50 con las primeras máquinas de mecanizado CNC y el desarrollo de las primeras tecnologías de impresión 3D en la década de los años 80.

Actualmente la fabricación digital ha alcanzado un alto impacto en la industria, economía y sociedad, debido al aumento en la variedad de usuarios que utilizan este proceso de producción para fabricar sus propios diseños, fomentando el aprendizaje y participación multidisciplinar en la experimentación de nuevas técnicas de producción digital colaborativas. (Fressoli & Smith, 2015)

I.b Sistemas de fabricación digital

Filosofía CAD/CAM/CAE

CAD/CAM/CAE corresponden a sistemas de fabricación digital que pueden estar presentes en todas las etapas del proceso de diseño y desarrollo de productos, su aplicación permite fomentar la eficiencia y optimización de la manufactura de producción, materializando las ideas y conceptos de diseño de manera factible. (Baena, Tamayo & Benítez, 2022)

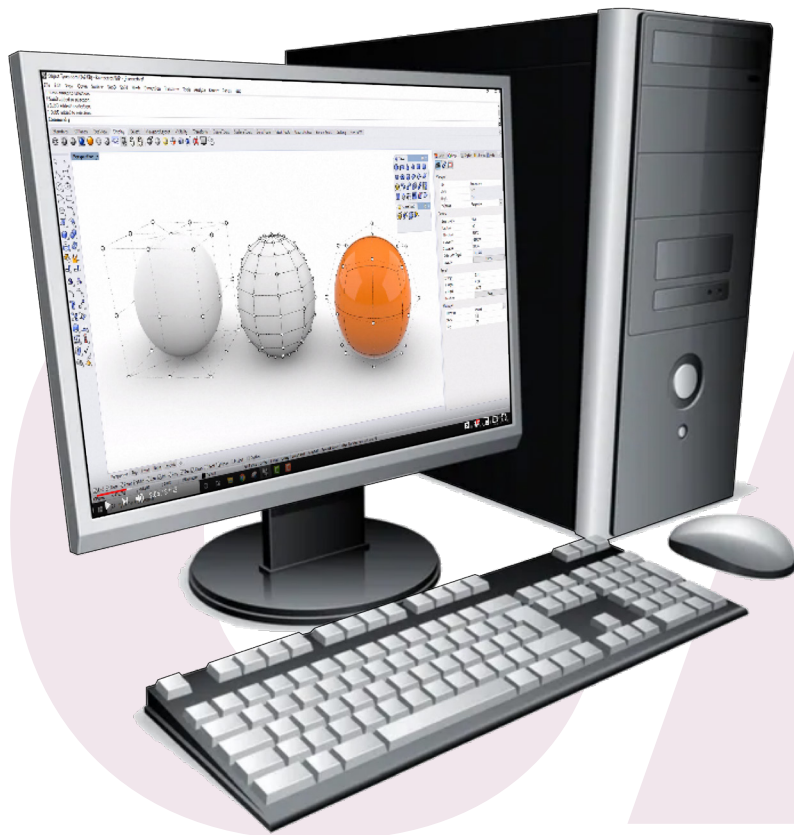
Diseño Asistido por Computador (CAD)

Según los autores Karl Ulrich y Steven Eppinger, el sistema de diseño CAD posee la ventaja de tener una visualización real o a escala de todos los requerimientos y detalles del producto, a través de la visualización de un único modelo digital, sin la necesidad de llevar a cabo la generación de un prototipo físico para analizar sus propiedades y eficiencia.

Desde hace décadas se han ido desarrollado nuevas herramientas de diseño que han provocado un cambio importante en la esencia y avance de la producción industrial en serie.

El software CAD es una herramienta digital que ha sido fundamental para el diseño y desarrollo de productos, ya que entrega una previsualización detallada de los componentes y ensambles de un producto, a través de un modelo digital en tres dimensiones (3D). (Lefteri, 2008)

Algunas de las actividades que se llevan a cabo por el sistema CAD son:



- Generación de bocetos o planos técnicos del producto.
- Modelado de la estructura geométrica del producto en 2D y 3D.
- Generación de cavidades de ensamble de las piezas del producto.
- Renderización del modelo digital 3D del producto.

Fig 2: Representación gráfica del Diseño Asistido por Computador (CAD) en Software *Rhino 7* para modelado 3D/ Fuente: Elaboración Propia.

Existen software CAD que integran en su sistema plataformas colaborativas de diseño, donde el equipo del proyecto puede trabajar de manera interconectada sobre modelos 3D digitalizados, mediante el uso de herramientas que permiten desarrollar un diseño de alta complejidad. (Baena, Tamayo & Benítez, 2022)

Manufactura Asistida por Computador (CAM)

Se lleva a cabo con el uso de un software CAM que controla una máquina-herramienta (Hardware) automatizada para la fase de producción, manufactura o fabricación del diseño/ prototipo de un producto.

Corresponde a un sistema integrado de partes y piezas que funcionan de manera interconectada (software y hardware), a través de un lenguaje de programación universal CNC (Gcode) que controla todas las funciones de ejecución de la máquina. (Erazo-Arteaga, 2022)

Existen 3 componentes fundamentales para ejecutar un sistema CAM:

Software CAM: Simula el proceso de producción y genera las acciones de manufactura a seguir por la máquina-herramienta para fabricar el producto.

Lenguaje de Programación (Gcode): Convierte las acciones de manufactura (movimiento, velocidad, trayectoria) en un lenguaje digital que la máquina-herramienta puede codificar y aplicar en el proceso de fabricación.

Máquina-Herramienta: Transforma el material en la pieza/producto terminado.

El sistema CAM simula el proceso de producción, gestionando todos aquellos parámetros de fabricación que se deben configurar para llevar a cabo la materialización de un producto, tales como la técnica de fabricación a ejecutar por la máquina, controles de acción en el software CAM mediante la generación de códigos de programación (Gcode), entre otros requerimientos de producción, aplicados a diferentes métodos de manufactura digital automatizada por control numérico (CNC). (Baena, Tamayo & Benítez, 2022)

Actualmente todas las tecnologías de manufactura automatizada por control numérico (CNC) han avanzado en el perfeccionamiento de su función.

El sistema CAM permite que la máquina-herramienta pueda generar los parámetros necesarios de operación, basándose en el diseño creado previamente en el software CAD, consiguiendo optimizar y mejorar la calidad del proceso industrial. (Erazo-Arteaga, 2022)

Algunas de las actividades que se llevan a cabo por el sistema CAM son:

- Manufactura de moldes.
- Definición y cálculo de parámetros de fabricación.
- Evaluación de tiempos de fabricación.
- Generación de códigos de programación de manufactura. (Gcode)
- Simulación de procesos de producción.

Ingeniería Asistida por Computador (CAE)

Este sistema se encuentra presente a lo largo de todo el proceso de diseño y desarrollo de un producto, su principal objetivo es el analizar la eficacia del diseño y manufactura del producto generado previamente en el software CAD, por medio de la aplicación de técnicas de análisis y simulación incorporadas en un programa digital. (Baena, Tamayo & Benítez, 2022)

El sistema CAE se fundamenta con base a la estructura geométrica del modelo tridimensional (3D) del producto, diseñado en el software CAD, ya que desde ahí se pueden llevar a cabo tareas de postprocesado como simulaciones y optimización del diseño de los productos, sin requerir de la fabricación de un prototipo, pudiendo modificar el diseño inicial (previo a su fabricación) si es necesario. (Rojas & Salas, 1999)

Una simulación es una previsualización de los cambios que presentará el objeto, en su forma y materialidad bajo diferentes interacciones mecánicas y aerodinámicas como también de los mismos sistemas de fabricación, por ejemplo la simulación para visualizar cómo será el orden de adición de las capas de plástico fundido y velocidad de extrusión, en la fabricación de la pieza de un producto en una impresora 3D. (Jorquera, 2017)

Método de Análisis FEM

Según el autor, FEM corresponde a un método numérico de programación por algoritmo que ayuda a simular interacciones físicas y biológicas sobre piezas de geometría compleja, con el objetivo de solucionar eventuales problemas en su ingeniería y diseño, permitiendo mejorar el producto.

En el diseño y desarrollo de productos, la simulación es una herramienta digital que le permite al diseñador comprobar la eficiencia del diseño de un producto, por medio de ensayos de prueba y error que verifican las

causas por las que el producto podría fallar y no ser lo suficientemente resistente en su utilización.

Algunas de las actividades que se llevan a cabo por el sistema CAE son:

- Análisis y optimización del diseño de producto (Método de análisis FEM)
- Análisis de sistemas de control.
- Simulación de eventos mecánicos.
- Evaluación térmica y de fluidos.
- Simulación y optimización de procesos de manufactura y desarrollo de productos.
- Verificación de fallas en la funcionalidad del diseño.

Los sistemas de fabricación digital CAD/CAM/CAE funcionan como herramientas para diseñar y desarrollar productos nuevos o diseñados, configurando todas las condiciones necesarias para la producción y optimización del ciclo de vida del producto.

CAD y CAM impulsan el diseño y materialización eficaz de un producto, mientras CAE funciona como un indicador de dicho resultado, evaluando la eficiencia de su funcionalidad, propiedades físicas y mecánicas (materialidad, terminaciones, resistencia estructural, deformación).

Estos 3 sistemas funcionan de manera interconectada, configurando una única red que permite compartir la información del diseño digitalizado entre diferentes áreas interdisciplinarias, la conexión de la máquina-herramienta con el sistema de manufactura CAM permite el flujo de información entre la producción y los sistemas de fabricación digital conectados a una red colaborativa. (Rojas & Salas, 1999)

Ventajas de los sistemas de fabricación digital: *CAD/CAM/CAE*

- El proceso de producción es mucho más rápido y eficiente.
- Reducen el número de fabricación de prototipos.
- Alto nivel de precisión en la manufactura de piezas.
- Se puede accionar una máquina-herramienta a partir del diseño digital de un producto.

I.c Tecnología de fabricación digital aplicada al diseño y desarrollo de productos en la región de Latinoamérica

Cuando se busca información respecto al desarrollo de la tecnología de fabricación digital en la región de Latinoamérica, se destaca la participación activa que han tenido recientemente los laboratorios de fabricación (*FabLab*).

Los FabLabs corresponden a una red global de laboratorios de fabricación que se enfocan en la creación de nuevos productos, por medio del libre acceso de los usuarios a los recursos de producción digital, facilitando la investigación y aprendizaje de nuevos procesos de producción basados en la experimentación con diferentes tecnologías de manufactura.

Funcionan como un espacio compartido en el que los usuarios pueden colaborar con sus ideas y participar en proyectos, registrando cada una de las técnicas y metodologías de producción como recursos para el libre acceso (*Open Source*) a la cultura de fabricación de prácticamente cualquier cosa. (Jorquera, 2017)

Según el mismo autor, las técnicas de fabricación digital empleadas en los FabLabs, se llevan a cabo fundamentalmente para:

- Diseño y fabricación de productos customizados.
- Diseño y fabricación de productos en cortas cantidades.
- Diseño y fabricación de modelos arquitectónicos.
- Diseño y fabricación de moldes para la producción.
- Diseño y fabricación de prototipos de distinta complejidad.

El primero de todos los FabLabs conformados en el mundo es el “*Center for Bits & Atoms*”, creado por el prestigioso Instituto de Tecnología de Massachusetts (MIT) en Estados Unidos el año 2001. Estos laboratorios surgen como una iniciativa por parte de las grandes empresas, universidades y algunos centros de investigación, debido a los altos costos en implementación de recursos y tiempo de capacitación que se necesitan para llevar a cabo este sistema de producción, limitándose el uso de este tipo de tecnologías a las grandes industrias.

Con el paso de los años a ido creciendo el acceso a los recursos y herramientas de diseño y fabricación de código abierto, al resto de la comunidad de usuarios (Open Source), lo que se traduce en un incremento acelerado del uso del sistema de fabricación digital en la región de Latinoamérica, ya que aún presenta grandes desafíos en cuanto al desarrollo e implementación de una industria de fabricación 4.0, ligada a la digitalización de los procesos de producción y a la inversión económica en el diseño y desarrollo de productos. (Erazo-Arteaga, 2022)

En Latinoamérica existen más de 40 centros de fabricación conectados a la red digital global de FabLabs, Brasil es el país de la región que lidera el fortalecimiento de la fabricación digital seguido de Argentina, Chile también se ha sumado a la implementación de laboratorios de fabricación digital dentro del ámbito académico universitario, llevando a las instituciones a invertir en tecnología avanzada y mejorar su equipamiento para fomentar el desarrollo y la innovación de sus programas de formación e investigación, por medio de la aplicación de herramientas de digitalización 3D y prototipado rápido (CNC), en áreas como ingeniería, medicina, arquitectura y diseño.

Hoy en día la fabricación digital en Chile, se ha establecido como un proceso de diseño y desarrollo de productos aplicado a proyectos liderados por universidades, que disponen de sus propios laboratorios de fabricación (FabLab) pero se limitan dentro del ámbito académico.

Sin embargo, se ha explorado en algunos casos la oportunidad de incluir otros escenarios de manufactura en los que se pueda integrar el uso de la tecnología de fabricación digital, como por ejemplo en la artesanía, donde se ha logrado mejorar el proceso de producción artesanal y entregar al producto un valor agregado de conocimiento ancestral local. (Briones, 2011)



Fig 3: Fablabs institucionales en algunas universidades de Santiago, Chile/
Fuente: Elaboración Propia.

I.d Problema de investigación

Justificación de la Problemática

Según el autor Tomás Vivanco, para que un territorio logre conformar una cultura de fabricación industrial, es fundamental contar con las variables de tiempo y desarrollo, que no solo permiten lograr un crecimiento a nivel de producción local, sino que trascienden al progreso de una sociedad envuelta en un sistema colectivo de producción tecnológico.

En Chile el modelo de producción y desarrollo industrial está muy lejos de alcanzar aquellos parámetros básicos de crecimiento productivo, ya que no existe un sistema de producción industrial equilibrado que incluya en ámbitos sociales, culturales, tecnológicos y ambientales, sino que se sostiene únicamente de la extracción y exportación de materias primas a países desarrollados en manufactura industrial, para el diseño y desarrollo de productos que después son comercializados en el mercado global, *“lo que ha generado una disociación entre las personas, los objetos y los territorios”*.

Pese a la disponibilidad de la tecnología de fabricación digital en el mercado nacional, la aplicación de esta aún sigue siendo limitada, debido a los altos costos implicados en su utilización, siendo pocos los proyectos desarrollados en el país a partir de esta metodología de diseño y producción, enfocándose mejor en la investigación académica como experimentos de fabricación a cargo de académicos jóvenes, que después comparten sus conocimientos de enseñanza a la comunidad educativa. (Briones, 2011)

Para entender las oportunidades que conlleva la implementación de la fabricación digital en la producción, es necesario conocer los espacios y manufactura local para poder experimentar con esta tecnología.

La red global de laboratorios de fabricación (Fablab) abre la posibilidad de que cualquier persona pueda acceder al uso de la tecnología de fabricación digital e idear proyectos de diseño y desarrollo de productos

en cualquier escenario de producción, con base a los conocimientos prácticos adquiridos de la experimentación con diferentes técnicas de fabricación automatizada. (Fressoli & Smith, 2015)

La masificación del acceso a la tecnología de fabricación digital, fomentó la democratización de la producción industrial en cualquier escenario de manufactura, presentando una oportunidad para los fabricantes de entrar al mercado nacional e incluso llegar a alcanzar un nivel de competitividad mundial.

En el escenario artesanal por ejemplo, se potenciaría la optimización de los recursos naturales locales, a través de un enfoque de producción sustentable y valor agregado a productos fabricados con base a técnicas artesanales ancestrales de manera automatizada, conservando el sello de una tradición e identidad regional. (Vivanco, 2016)

La fabricación digital presenta una oportunidad de integración de las comunidades emprendedoras en el desarrollo económico, tecnológico y social de una región, sin embargo, es importante asumir aquellos desafíos presentes en el “libre” acceso al uso de la tecnología de fabricación digital, ya que sin la existencia de medios reguladores que promuevan la colaboración entre las instituciones y los espacios productivos, seguirán habiendo obstáculos en el desarrollo industrial de manufactura nacional. (Fressoli & Smith, 2015)



Fig 4: Elaboración de algunas de las artesanías de Chile (Cerámica Policromada y Cestería)
Fuente: Artesanías de Chile.

I.e Hipótesis de investigación

La implementación de la fabricación digital para potenciar el diseño y desarrollo de productos utilizando materiales y técnicas de fabricación artesanales, simboliza una oportunidad de desarrollo industrial colaborativo que entrega un sello de manufactura nacional sostenible.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO



Fig 5: Monasterio de *Santa Clara* en la comuna de Puente Alto/
Fuente: Elaboración propia.

II.a Diseño y desarrollo de productos

El diseño funciona como uno de los fundamentos para el desarrollo de un producto, ya que predomina en todas las decisiones que se toman en cada etapa del proceso de producción.

Resultando ser para las empresas una estrategia importante que les permite alcanzar un nivel óptimo de innovación y competitividad en el mercado, mejorando la productividad y calidad de sus productos. (Hernández & Garnica, 2015)

Existe un elemento fundamental que es la base de todo este proceso y se le conoce como la composición de un equipo de proyecto, el cuál puede variar en su número de participantes y grado interdisciplinario, según la complejidad del proyecto.

Dentro de los integrantes principales se encuentra el diseñador, quién está encargado de definir todos los requerimientos físicos y sensoriales necesarios que debe tener el producto para cubrir de la mejor manera las necesidades del usuario.

Es importante que el diseñador asuma las variables de fabricación, calidad y utilidad del producto en las primeras fases del proceso de diseño, ya que así le resulta fácil tomar óptimas decisiones respecto a los requerimientos necesarios para el producto, y proponer al instante nuevas soluciones ante los desafíos que pueda presentar en su funcionalidad.

Con esto se previenen aquellos errores de diseño que resultan difíciles de solucionar después de la producción, y que conllevan a una reacción en cadena durante las etapas del *ciclo de vida del producto*. (Ulrich & Eppinger, 2013)

El diseño y desarrollo de productos comprende un sistema de decisiones a tomar por parte del equipo del proyecto, estas ideas se

enfocan en múltiples variables que funcionan como un todo y que suman la participación de otros actores fuera de la empresa, haciendo del proceso un método multidisciplinario.

Uno de estos actores se identifica como el cliente o usuario, quién puede ser considerado una ayuda fundamental para mejorar el diseño y desarrollo de un producto, verificando su calidad y utilidad al interactuar con los elementos sensoriales y funcionales que percibe del mismo al utilizarlo, lo que permite conocer el comportamiento del consumidor frente al producto y el nivel de entendimiento que tiene respecto a su funcionalidad. (Hernández & Garnica, 2015)

Ecodiseño de un Producto y Desarrollo Sostenible

Actualmente, el análisis de los procesos productivos en las industrias a nivel global se ha transformado en una herramienta fundamental para alcanzar un desarrollo económico y de producción sostenibles.

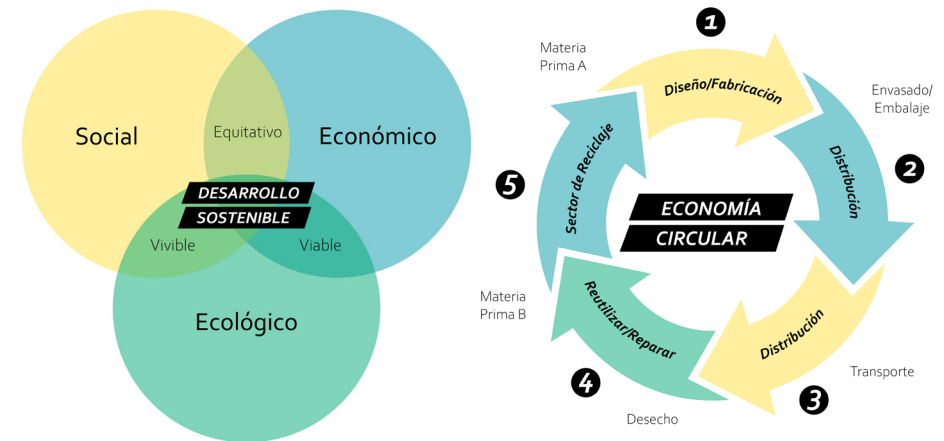


Fig 6: Diagramas de los principios para la sostenibilidad y del modelo de economía circular/
Fuente: Domínguez y Hermida, 2014.

El modelo económico circular abre una ventana a la innovación y desarrollo para la disciplina del diseño, asignando a los diseñadores la responsabilidad de crear nuevos productos sustentables que generen

la menor cantidad de residuos, configurando la base fundamental del desarrollo sostenible y los principios de este nuevo modelo económico, dando origen al concepto denominado *Ecodiseño*.

El ecodiseño corresponde a una herramienta elemental para lograr el objetivo de desarrollo sostenible, esta nueva metodología se utiliza principalmente en la industria de la fabricación de nuevos productos, donde se toma en cuenta el principio medioambiental al momento de observar y tomar decisiones dentro del proceso de diseño, en contraste con el método tradicional utilizado para el desarrollo de productos. (Domínguez y Hermida, 2014)

Dentro de los objetivos que fundamentan al ecodiseño, están el reducir el impacto medioambiental de un determinado producto/servicio y evaluar si este cumple con los requerimientos de sostenibilidad necesarios a lo largo de todo su ciclo de vida.

Siendo necesaria la presencia de nuevas herramientas con diferentes objetivos y sectores de aplicación en el ecodiseño, que permitan a los diseñadores tomar óptimas decisiones durante las diferentes etapas del proceso de diseño y desarrollo de productos.

Estas herramientas se agrupan en diferentes categorías según las fases del diseño en que se aplican, pudiendo ser utilizadas en una fase preliminar para establecer los requerimientos previos que se necesitan antes de diseñar, durante una fase intermedia para analizar y elegir las mejores opciones o conceptos de diseño, o durante la fase en que los productos diseñados son lanzados al mercado para destacar sus propiedades ambientales a los consumidores. (Sierra-Pérez, Domínguez y Del Mar, 2014)

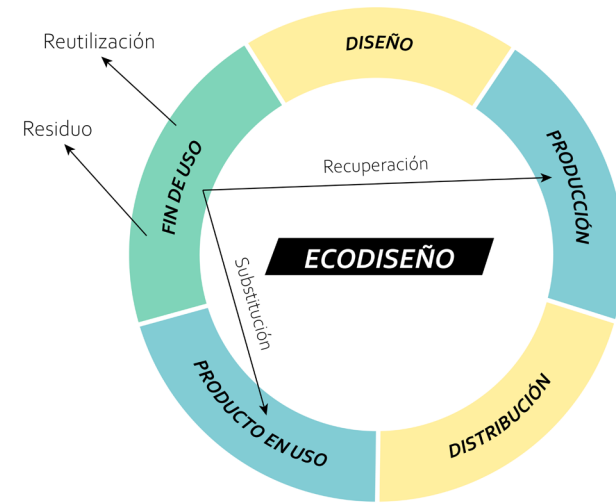


Fig 7: Esquema de las etapas del ciclo de vida de un producto/
Fuente: Domínguez y Hermida, 2014.

El análisis del ciclo de vida (ACV) de los nuevos productos/servicios diseñados, es una de las herramientas básicas del ecodiseño, funcionando además como un método auxiliar que promueve disminuir el impacto medioambiental del producto/servicio, por medio de análisis cualitativos y cuantitativos con cierto grado de exactitud.

Utilizando “eco-indicadores” como herramientas comparativas que entregan una referencia para mejorar los productos y no dañar al medio ambiente, dando como resultado una ventaja competitiva de estos nuevos productos en el mercado actual, al estar mejor adaptados a las expectativas y necesidades futuras. (Muniozguren y Mínguez, 2011)

La implementación de estas nuevas metodologías y herramientas de producción industrial con enfoque ecológico, son indispensables para un desarrollo sostenible que promueve la ecoeficiencia basada en la nueva ciencia de la ecología industrial que estudia el flujo circular de materiales y energía entre la producción y el medio ambiente.

Permitiendo aprovechar de manera eficiente los recursos en la fabricación de nuevos productos, reducir los residuos y prevenir la contaminación.

Las empresas que ya integran este elemento en su filosofía, se posicionan en los primeros lugares en innovación, ya que su manufactura adquiere un valor agregado distinto al de la competencia. (Ramirez y Galán, 2016)

En Chile existe un esfuerzo por avanzar hacia un modelo de economía circular, con el objetivo de promover un cambio en la gestión de los residuos, por parte de las industrias manufactureras del país, y alcanzar un desarrollo sostenible que logre disminuir considerablemente el impacto ambiental del consumo y producción industrial, encargándose de las necesidades del presente previniendo las consecuencias para el futuro.

Es así que a partir del año 2016, se promulgó la ley para la gestión de residuos, la responsabilidad extendida del productor y el fomento al reciclaje (**Ley REP**) con el objetivo de reducir la cantidad de residuos al mínimo, fomentando la reutilización y reciclaje de los productos una vez que finalizan su ciclo de vida, entregando una revalorización a los materiales de desecho y promoviendo el ecodiseño como un instrumento para satisfacer las exigencias que los consumidores chilenos demandan en los nuevos productos, impulsando la participación de los usuarios en el desarrollo de productos sostenibles que no dañen al medio ambiente. (Manzano y Solarte, 2022)

Dentro de la ley REP, se definen seis grupos prioritarios de productos en los que esta normativa se enfoca, ya que sus residuos causan un impacto negativo importante para el medio ambiente.

Uno de estos grupos corresponde al de los envases y embalajes que son especialmente consumidos de manera masiva y generan un volumen significativo de desechos después de ser utilizados, con la implementación de la ley REP se espera que exista un incremento considerable de la reutilización y reciclaje de estos productos,

promoviendo un cambio significativo en la conducta de los consumidores y en el sector productivo con el objetivo de reducir la generación de residuos y el impacto medioambiental. (Huerta, 2020)

La capacidad que posee una empresa para diseñar y desarrollar productos, se relaciona directamente con el sistema de producción que la define, el cuál determina la calidad y optimización de sus productos y le entrega una ventaja competitiva según sea el nivel de innovación y eficiencia estampado en su propuesta de valor. (Ulrich & Eppinger, 2013)



Fig 8: Home - Ley REP Chile/ Fuente: leyrep.cl

II.b Tecnología de fabricación digital

El funcionamiento de la tecnología de fabricación digital, a diferencia de las máquinas tradicionales, está automatizado por un sistema de control por computadora que gestiona (por medio de un software digital de programación) todas las operaciones de fabricación de un producto (posición, velocidad, trayectoria) ejecutadas por una máquina-herramienta, con el objetivo de llevar a cabo la materialización de cuerpos tridimensionales en prácticamente cualquier tipo de material.

Sin embargo, a nivel de volumen y velocidad de producción, puede resultar en algunos casos, ser un proceso deficiente si se necesitan fabricar grandes cantidades en serie con un tiempo de operación corto y post-acabado, por lo que es más conveniente para la fabricación de productos personalizados, por encargo o prototipos rápidos de los que no se requieren tantas unidades. (Lefteri, 2008)

La Máquina-Herramienta

Según el autor Julio Olmo, el término máquina-herramienta se refiere a aquellas máquinas estacionarias que funcionan de manera automatizada o son manipuladas por un usuario, a través de sistemas complejos de engranajes y palancas que controlan su funcionamiento. Su origen remonta, según los historiadores, cuando se eliminó la participación directa del ser humano en el proceso de dar forma a un material con la herramienta de trabajo.

La primera máquina-herramienta fue inventada en el año 1751 por el ingeniero francés Jacques de Vaucanson, la cual consistía en un sistema de Torno que integraba la herramienta de corte a un cabezal mecánico ajustable, quitando al artesano de su función.

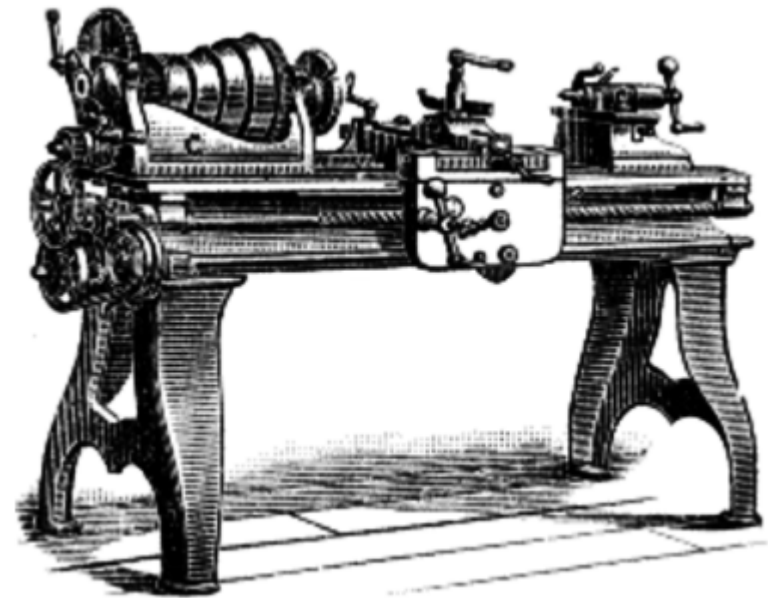


Fig 9: Ilustración de la máquina-herramienta de Torno, inventada por Jacques de Vaucanson/ Fuente: Así se hace (Chris Lefteri).

Actualmente las máquinas-herramientas de fabricación que se encuentran disponibles para llevar a cabo el diseño y desarrollo de productos, se fueron perfeccionando de una manera funcional mucho más avanzada.

Después de la Segunda Guerra Mundial se desarrolló el sistema de control numérico por computadora (CNC), que hoy en día se traduce en la capacidad de generar figuras tridimensionales complejas, con un nivel de manufactura mucho más preciso que el de los métodos de fabricación convencionales, controlando simultáneamente los movimientos de la herramienta de trabajo en 3 o más ejes de trayectoria.

Sistema de Control Numérico Computarizado (CNC)

Corresponde a un sistema de control automático que dirige el funcionamiento de una máquina-herramienta, por medio de un lenguaje de programación (Gcode) que determina la forma y propiedades físicas del modelo a fabricar.

Este sistema de fabricación ha permitido el desarrollo de un proceso de manufactura y prototipado mucho más rápido, consiguiendo generar formas de alta complejidad y precisión sobre cualquier tipo de material, debido a su flexibilidad y pocas limitaciones de manufactura en comparación al proceso de producción tradicional.

Sin embargo, en algunas tecnologías de fabricación digital no resulta ser un proceso eficiente para altos volúmenes de producción, ya que su velocidad de operación puede resultar más lenta según la complejidad de la forma del producto y el material utilizado para su fabricación. (Lefteri, 2008)

Ventajas y desafíos del sistema de fabricación por control numérico (CNC):

Ventajas

- Posee un alto nivel de precisión en la generación de piezas.
- Optimización del tiempo de trabajo.
- Mayor eficiencia en el uso de los recursos para la fabricación.
- Aumento de la productividad, confiabilidad y competitividad.

Desafíos

- Los costos de adquisición y mantenimiento de las tecnologías de fabricación son altos.
- Como consecuencia de la automatización de los procesos de manufactura, resulta inevitable la reducción del personal en las empresas.

Dentro de los sistemas de fabricación digital, el Control Numérico Computarizado (CNC) es una de las aplicaciones del sistema de manufactura CAM, donde se simula digitalmente (en el software CAM) la materialización de un producto, y se configuran ciertos parámetros de fabricación que permiten llevarlo a un escenario real de producción de manera optimizada. (Baena, Tamayo & Benítez, 2022)



Fig 10: Representación gráfica de Manufactura Asistida por Computador (CAM) en Software Ultimaker Cura 5 para impresión 3D/ Fuente: Elaboración Propia.

Mecanizado

El término de *Mecanizado* corresponde a un proceso de control automático (CNC), que transforma la pieza de material en una forma determinada mediante operaciones de trabajo automatizadas, dicha pieza es previamente diseñada (CAD) y preparada por el software de fabricación (CAM) para su realización en el proceso de mecanizado determinado. (Olmo, 2003)

Los parámetros de preparación del modelo a fabricar por mecanizado incluyen:

- Verificación de la forma y diseño del producto, si no presenta algún error en su geometría que podría causar algún error en su fabricación.
- Configurar los parámetros específicos de trabajo que la máquina necesita seguir durante el proceso de mecanizado, tales como: velocidad de trabajo, presión, posición, altura, entre otros.
- Configurar la orientación del modelo a fabricar en el software CAM para mejorar la eficiencia del proceso de mecanizado.

Según el autor Chris Lefteri, el material que frecuentemente se trabaja con esta técnica de fabricación es el metal, pero también es un proceso que se suele aplicar en prácticamente cualquier material sólido como madera, plástico y materiales cerámicos como el vidrio, este último puede llegar a ser diseñado para el mecanizado y así optimizar su manufactura, aportando niveles de tolerancia al proceso extraordinariamente altos.



Dentro de las ventajas del mecanizado, está el que es un proceso de producción que permite fabricar una amplia variedad de piezas de distintas formas y tamaños, con un alto grado de precisión, para diferentes usos industriales.

Sin embargo, la velocidad de manufactura puede variar en función de la técnica de fabricación que se aplique, y el tamaño de las piezas/productos está limitado por las dimensiones del material utilizado en la producción.

II.c Técnicas de fabricación digital

Según la forma en que se aprovecha el material durante la fase de producción, encontramos las siguientes técnicas de fabricación digital:

Fabricación por Sustracción de Material (*Mecanizado*)

Corresponde a uno de los procesos de producción más antiguos que se utilizan para la fabricación de productos y engloba todo el concepto de mecanizado.

Se caracteriza por el uso de máquinas-herramientas con uno o múltiples filos integrados que cortan, perfilan y desbastan material para generar la forma y las terminaciones del producto que se quiere conseguir, el residuo generado que se desprende del material en cada pasada de la herramienta se denomina viruta. (Olmo, 2003)

Según el autor Chris Lefteri, el método de fabricación por sustracción de material es frecuentemente utilizado en productos semi-elaborados, es decir, directamente sobre un material previamente conformado, dimensionado o moldeado en bloques, planchas u otros formatos.

Posteriormente aquellos productos generados, pueden requerir de algunas acciones de acabado (terminaciones o detalles secundarios) en su etapa final de producción, consiguiendo detalles de diseño más complejos que no se pueden generar en las primeras etapas del proceso productivo.

La fabricación por sustracción de material o mecanizado, abarca técnicas de *Desbaste de Material* y *Acabado*.

- *Desbaste de Material*

Se produce bastante cantidad de residuo, ya que existe poca precisión de extracción de material en el proceso de fabricación.

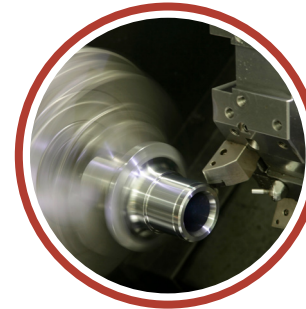
Entre las técnicas que más se conocen de desbaste de material encontramos:

FRESADO



Consta del paso de una herramienta rotativa de corte que se desplaza por la superficie de un material sólido, o bien, puede ser la mesa de trabajo la que sujeta el sustrato y se desplaza por la herramienta de corte (según el diseño de la máquina), pudiendo llegar a fabricar piezas muy complejas y variadas en su forma, respecto a otras técnicas de fabricación. (Sandvik Coromant)

TORNEADO



Es una técnica de mecanizado muy antigua, que consiste en colocar un material sólido sobre una rueda giratoria e ir gastando ligeramente su superficie hasta conseguir la forma que se necesita. La forma del producto que se va a materializar se configura previamente en el software CAM, para determinar los movimientos de manufactura de la herramienta (Torno).

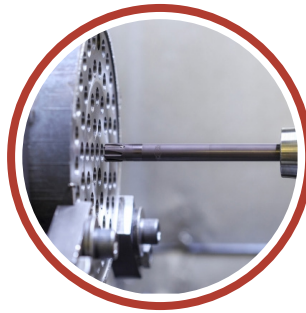
TALADRADO



Consiste en generar agujeros cilíndricos sobre la superficie del material por medio de un corte giratorio realizado por una herramienta denominada *Broca*, la cuál realiza perforaciones según las particularidades (diámetro, profundidad y velocidad) que se necesiten. (Sandvik Coromant)

ESCARIADO

Al igual que la técnica de taladrado, consiste en el acabado de perforaciones cilíndricas de gran precisión realizada por una herramienta denominada *Escariador* que penetra sobre la superficie del material sólido, a través de los múltiples filos en uno de sus extremos, ofreciendo un resultado de manufactura y acabado superficial de muy alta calidad y precisión. (Sandvik Coromant)



BROCHADO

Consta en pasar a lo largo de la superficie del material una herramienta con múltiples filos denominada *Brocha*, la cual permite tallar (brochado exterior) y perforar el material (brochado interior) para obtener la forma determinada.



- *Acabado*

La técnica de acabado corresponde a un post-proceso de terminación superficial que se aplica a las distintas superficies de las piezas del producto que lo requieran, produce poca cantidad de residuo, ya que el material se extrae con mucha precisión.

ABRASIÓN

Técnica de acabado que extrae minúsculas cantidades de material desgastado en la pieza fabricada. Este mecanismo es utilizado para lograr acabados con un alto nivel de precisión sobre la superficie del material, sin embargo, no resulta ser una técnica de fabricación muy adecuada para grandes volúmenes de producción. (Sandvik Coromant)



La técnica de abrasión se lleva a cabo por la acción de una herramienta denominada *Muela Abrasiva*, la cual se compone de un material duro y rugoso, cubierto por un aglutinante (aditivo) que permite eliminar material de la superficie de la pieza de una forma mucho más sencilla durante el proceso. (Lefteri, 2008)

Fabricación por Adición de Material (*Impresión 3D*)

Corresponde al proceso de producción revolucionario que utiliza tecnología de impresión de productos tridimensionales (3D), la cual se caracteriza por manufacturar piezas a partir del agregado de material en lugar de extraerlo, añadiendo capas sucesivas de material hasta completar la estructura tangible del producto.

Esta técnica de fabricación parte de un modelo digital 3D (CAD) que la máquina recibe para su materialización, generando la forma y mecanismos internos de la pieza deseada en 1 solo paso, disminuyendo el tiempo y gasto de material en la producción. (Jorquera, 2017)

Según la autora Mathilde Berchon, las técnicas de fabricación por adición de material generan resultados distintos según la tecnología de manufactura que se utiliza, a pesar de funcionar bajo el mismo proceso de fabricación (generación de capas por adición de material), la diferencia está en el modo que tiene cada una de las máquinas-herramientas de impresión 3D en generar cada capa.

Las técnicas de impresión 3D se clasifican en 3 grandes categorías:

- *Impresión 3D por Fotopolimerización*

ESTEREOLITOGRAFÍA (SLA)

El software CAM de la máquina codifica el diseño 3D de la pieza y comienza a conformar el modelo, añadiendo capas sucesivas de material líquido que se solidifican por medio de un barrido láser

sobre un tanque de resina (polímero líquido) fotosensible, el láser de luz UV es reflejado en el espejo reflector y se direcciona sobre la superficie líquida del tanque de resina en los ejes x, y mientras va trazando la forma del objeto.

Esta técnica de fabricación, permite la generación de piezas precisas y formas geométricas complejas con un buen acabado de superficie, sin la necesidad de optimizar la forma del producto a fabricar en el archivo de diseño. (Lefteri, 2008)

PROCESO DIGITAL DE LUZ (DLP)

Al igual que la estereolitografía, consiste en la fabricación por adición sucesiva de capas de resina líquida fotosensible, sin embargo la diferencia está en que el rayo de luz UV no se desplaza por el tanque de resina de manera horizontal, sino que se dirige directamente hacia la posición de la base de trabajo donde se sujeta la pieza impresa en 3D.

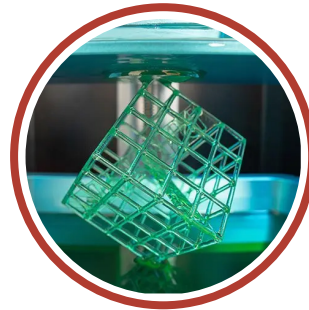
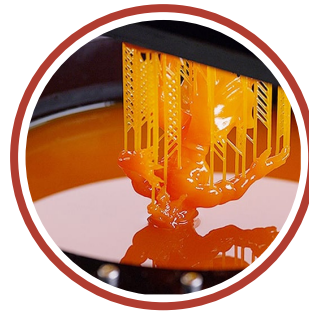
El haz de luz es disparado hacia el tanque de resina por un proyector que contiene millones de espejos controlados por un complejo sistema eléctrico, que filtra los rayos UV en función del dibujo 3D de la pieza. (Berchon & Luyt, 2016)

- *Impresión 3D por Fusión de Lechos de Polvo*

SINTERIZADO SELECTIVO POR LÁSER (SLS)

Técnica de impresión 3D que consiste en utilizar un láser para solidificar áreas determinadas de un tanque de polvo para generar objetos ligeros.

El rayo de luz láser es controlado a partir del software CAM, conformando la forma de la pieza a medida que se proyecta repetidas veces el rayo de luz sobre el polvo, fundiendo las partículas del material en polvo (capa por capa) hasta completar el proceso.



Esta técnica de prototipado rápido sirve para crear productos ligeros (esponjosos) rellenos de aire pero de alta resistencia y precisión, sobre cualquier material particulado en polvo: metal y plástico. (Lefteri, 2008)

- *Impresión 3D por Extrusión de Material*

MODELADO POR DEPOSICIÓN DE HILO FUNDIDO (FDM)

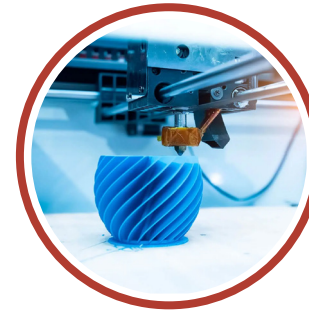


Fig 9: Tecnología de impresión 3D por inyección de plástico fundido/
Fuente: Sandvik Coromant.

Es la técnica de impresión 3D más popular de todas (hardware open source) y consiste en depositar capas sucesivas de material fundido (plástico o metal), por medio de una boquilla de extrusión que funde y deposita el filamento caliente (+180 °C) en capas muy finas (0.04 mm) a medida que genera el trazo de la forma del objeto, definida en el archivo de diseño.

Los materiales que frecuentemente se utilizan con esta técnica de impresión 3D son: termoplásticos (PET, PETG, ABS, PLA) y ceras de moldeado, aunque todavía se sigue experimentando en busca de nuevos materiales.

La principal ventaja de esta técnica de prototipado rápido es su facilidad de uso, flexibilidad de producción y su velocidad de impresión, sin embargo, su precisión de manufactura todavía es un desafío por perfeccionar. (Berchon & Luyt, 2016)

Ventajas de la Fabricación por Adición de Material

Los objetos fabricados en impresión 3D corresponden a series de producción cortas con un alto valor agregado, posicionando en los primeros lugares de competitividad en *investigación, desarrollo e innovación* (I+D+i), a las industrias que utilizan esta tecnología de fabricación digital, como en la *industria médica* (Diseño y desarrollo de prótesis e implantes), *aeronáutica* (fabricación de componentes y recambios para aviones) y *automotriz* (fabricación de componentes y recambios para autos). (Fressoli & Smith, 2015)

Gracias a la implementación de la tecnología de impresión 3D, se logró disminuir el tiempo empleado y gasto de material en la producción entre un 25 - 50%, y reducir el peso de la pieza fabricada entre un 10 - 30% menos que las piezas fabricadas por otras técnicas de fabricación, debido a que la fabricación por adición de material permite optimizar la cantidad de material requerido para generar la pieza deseada, otorga mejoras en su funcionalidad, propiedades técnicas y ambientales. (Sachon, 2016)

Según el autor, la fabricación por adición de material conlleva a un cambio en el paradigma de la producción industrial, trayendo múltiples ventajas como:

- *Simplificación del proceso de producción*

Se reduce considerablemente el tiempo de fabricación de un producto, al ser generado en 1 solo paso sin la necesidad de utilizar más de una técnica de fabricación.

- *Sin molde de fabricación*

La máquina-herramienta de impresión 3D puede generar múltiples modelos o prototipos rápidos del producto con el mismo material durante la producción, sin la necesidad de fabricar un molde o pieza maestra.

- *Reducción de los costos de producción*

Disminuye la generación de residuos del material y no requiere de la participación activa del personal, al ser una técnica de fabricación automatizada, lo que reduce significativamente los costos del proceso de producción.

- *Optimización de la forma del producto*

Las propiedades físicas y mecánicas del producto fabricado (detalles, resistencia, flexibilidad, ligereza) pueden cambiar según la tecnología

de impresión 3D, mejorando su rendimiento al reducir la cantidad de partes y piezas del producto, simplificando aún más su forma.

Este tipo de optimización es conocido como *Optimización Topológica*, y se relaciona directamente con el rendimiento mecánico del diseño del producto, el software CAD calcula el desplazamiento y tensión de la fuerza aplicada en el modelo 3D por medio del análisis de la densidad del material, determinando aquellas áreas donde se carga la fuerza y configurar en el software CAD un nuevo diseño optimizado que entrega al diseñador maneras de reducir la cantidad de material del producto, manteniendo su resistencia.

- *Control de la calidad de producción*

Se puede controlar de manera activa la calidad de manufactura en la producción, controlando cada capa adherida y relleno de material, evitando posibles fallas en la materialización del producto.

- *Personalización o customización del diseño*

La fabricación digital tiene la ventaja de poder modificar fácilmente el diseño de un producto, por medio del archivo digital (CAD) que contiene el dibujo 3D del modelo a fabricar, lo que permite generar modelos únicos que están 100% adaptados a las necesidades del usuario.

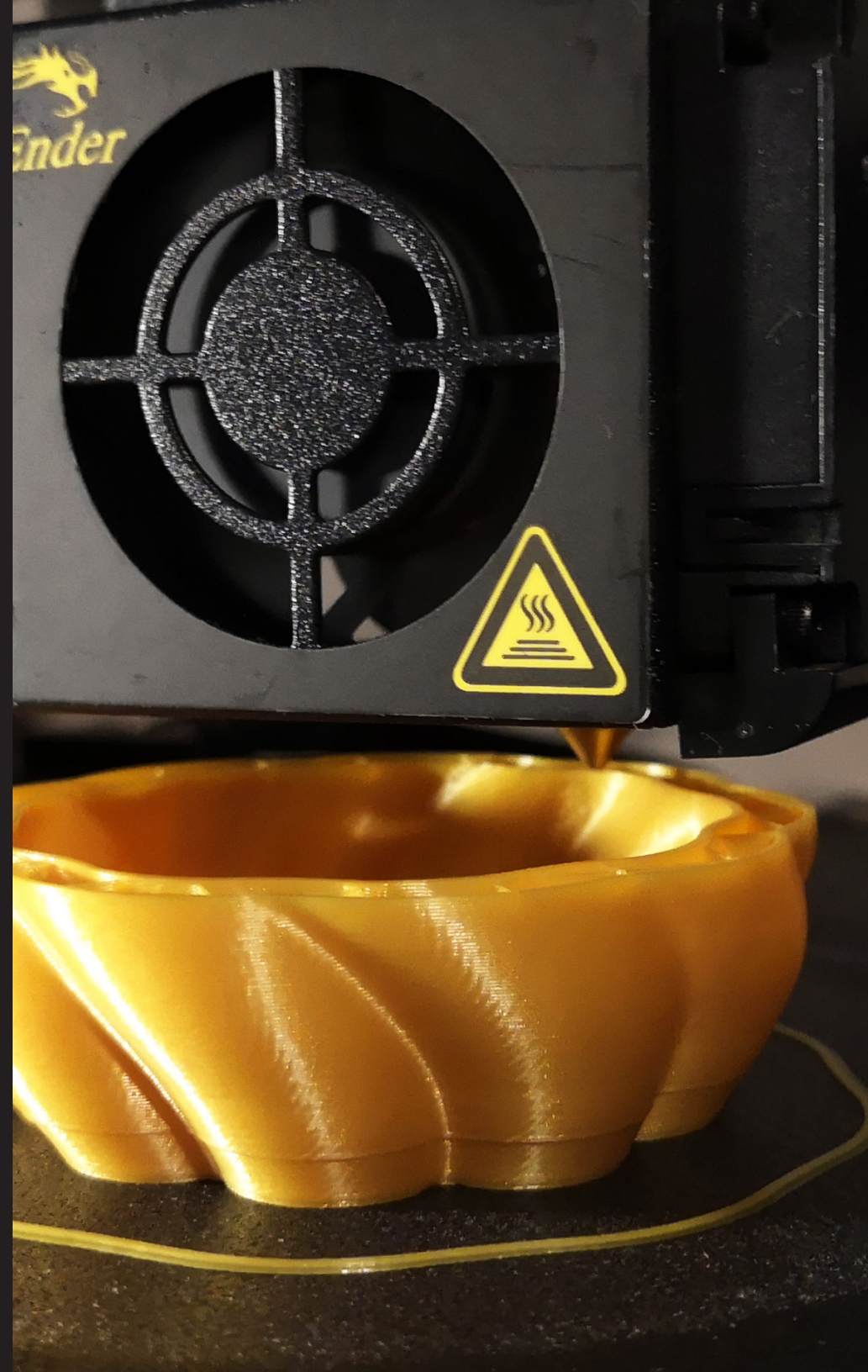
La tecnología de impresión 3D ha superando gradualmente aquellas desventajas que no le permiten alcanzar un nivel de producción en serie, como el tamaño de las piezas a fabricar que depende de las dimensiones de la máquina-herramienta, el tiempo y velocidad de producción que dependen del proceso de preparación de la impresora 3D en alcanzar la temperatura necesaria para fundir el material, o los costos de adquisición del equipo y material de impresión 3D que pueden ser entre 4 a 100 veces más caros que otras tecnologías de fabricación. (Fressoli & Smith, 2015)

II.d Economía de fabricación digital

Con el desarrollo de la manufactura industrial 4.0, la demanda por la customización del diseño y desarrollo de productos ha presentado un crecimiento acelerado en el mercado internacional, transformando la producción industrial en un proceso de manufactura dinámico que varía en la cantidad de productos obtenidos en cada lote de producción según la demanda.

Para la producción de lotes grandes (alta cantidad), se dispone principalmente de las técnicas de fabricación digital por mecanizado, tales como el torneado o fresado (CNC), mientras que la fabricación digital por impresión 3D, se utiliza siempre en escenarios de manufactura personalizada y de piezas industriales complejas con baja cantidad de producción, sin embargo la demanda por productos personalizados es cada vez mayor gracias a las posibilidades que entrega el diseño customizado. (Baena, Tamayo & Benítez, 2022)

La tecnología de fabricación digital presenta una alta demanda en el mercado mundial que crece de manera exponencial con el paso del tiempo, alcanzando más de \$16.200 millones de dólares en el año 2018 y se espera aún más para la década del 2020. Esto se debe a que las grandes empresas comenzaron a integrar esta nueva tecnología a sus métodos de diseño y desarrollo de productos, ya que la fabricación digital les permite disminuir el tiempo y costos de manufactura, facilitando el prototipado rápido y la modificación flexible del diseño de productos, según las demandas del cliente. (Fressoli & Smith, 2015)



Sistema de Creación Colaborativa: Recursos Open Source

En los principios de la era informática, las empresas desarrolladoras de Software comercializaban sus productos a los consumidores con las herramientas necesarias para que estos pudiesen *compilarlos*, es decir, acceder a la interfaz del software para resolver cualquier error de programación y mejorar su rendimiento agregando funciones nuevas.

Las universidades fueron las primeras instituciones en trabajar con esta tecnología digital, de tal manera que todas las modificaciones y mejoras que se le hacían a la interfaz de los softwares se compartían abiertamente a la comunidad académica. (Jorquera, 2017)

Hoy en día el acceso universal a los recursos de código abierto (open source) sin restricción de patentes, ha permitido que cualquier usuario pueda trabajar con la tecnología de fabricación digital, aprovechando las capacidades creativas de las personas para experimentar e innovar en un nuevo modelo de diseño y desarrollo de productos interdisciplinar, apelando al pensamiento colectivo para idear nuevas soluciones con un mayor potencial creativo. (Fressoli & Smith, 2015)

Para ejecutar un sistema de creación colaborativa, se requiere de la implementación de ciertos componentes como:

- *Participación Abierta*

La colaboración está guiada por el interés común de resolver problemas, sin limitación a ser un experto en algún área profesional o de conocimiento.

- *Diversidad*

Participación multidisciplinaria, permite un aumento en la diversidad del conocimiento y creatividad para encontrar soluciones.

- *Flexibilidad*

Uso de herramientas digitales con licencia abierta a la comunidad, permite la participación directa entre el usuario y el fabricante en la toma de decisiones y solución de problemas.

- *Velocidad*

El nuevo modelo de innovación y creación colectiva acelera el proceso de diseño y desarrollo de productos, al generar soluciones creativas y eficientes en poco tiempo.

Oportunidades de Negocio con Fabricación por Adición de Material

El avance tecnológico de la impresión 3D desde la década de los años 80 hasta la actualidad, significó el comienzo de una nueva forma de diseño y desarrollo de productos, trayendo ventajas significativas para el proceso de producción como el prototipado rápido, producción en baja cantidad de unidades sin mayores costos de fabricación, fabricación digital abierta a los consumidores para que puedan fabricar sus propios diseños personalizados según sus requerimientos y más recientemente la fabricación digital de componentes y piezas de ensamblaje en cualquier lugar donde se necesite.

Esto significó una posibilidad de crecimiento muy importante para el segmento de las PYMEs que innovaron en mejorar la calidad de sus productos y en optimizar económicamente la producción a baja escala, sin necesidad de gastar en mayores recursos de fabricación. (Oliva, 2018)

La tecnología de impresión 3D posee un bajo costo económico de adquisición, aumentando las ventas de impresoras 3D en aproximadamente 5.6 millones de unidades vendidas a nivel mundial el año 2019, y se espera que la cifra siga creciendo aceleradamente los próximos años, superando las expectativas de crecimiento económico de esta tecnología de fabricación digital en el mercado. (Sachon, 2016)

La cultura *Maker* nace bajo la motivación de experimentar y modelar libremente con la tecnología de fabricación digital, solucionando colectivamente entre los usuarios cualquier desafío que se pueda presentar en el proceso de producción. (Fressoli & Smith, 2015)

Según los autores, el aprendizaje y utilización de la tecnología de impresión 3D, impulsa el nacimiento de una fuerte **cultura emprendedora** y creadora de nuevos modelos de negocios, bajo los conceptos de:

- *Do it Yourself/ "Hazlo tu Mismo"*

Se apoya de la utilización de medios digitales abiertos, principalmente de plataformas o sitios web, que facilitan el aprendizaje y colaboración online entre los usuarios, compartiendo sus propios diseños, programas y tutoriales para la fabricación digital. Este método abre la posibilidad de crear nuevas formas de patentar el diseño, aplicando derechos de autor pagables para poder adquirir los modelos y fabricados.

- *Do it Together/ "Hagámoslo Juntos"*

Corresponde a un modelo de participación en conjunto entre el fabricante y el usuario, gracias a la flexibilidad en la tecnología de impresión 3D que permite modificar y testear modelos customizados por el cliente de manera rápida y barata. El libre acceso a la tecnología de fabricación digital y plataformas de modelado 3D, permite que los usuarios envíen sus diseños a las empresas o fabricantes para producir sus modelos personalizados en una baja cantidad de unidades.

Un ejemplo de este modelo de negocio es el destacado método de manufactura *Printer Farms* (Granjas de Impresión), que funciona bajo el concepto de *Pooling*: recopilación de varios pedidos (de diferentes clientes) en el mismo escenario de fabricación.

Dentro de la industria de juguetes para niños, empresas como *Hasbro* y *Mattel* se encuentran experimentando con este tipo de modelo de negocio, apoyándose en la comercialización patentada de softwares de

diseño y aplicaciones de modelado 3D, que permiten a los niños diseñar sus propios modelos para después fabricarlos, de esta forma lograrían innovar y cambiar el paradigma de la manufactura convencional de juguetes. (Fressoli & Smith, 2015)

- *Long Tail/ "Larga cola"*

La digitalización del diseño, permite disponer de un *stock digital* ilimitado de productos en plataformas digitales o sitios web de fácil acceso para los consumidores. Por ejemplo en la industria automotriz europea, existe una ley que obliga a las empresas de automóviles a disponer de repuestos para cada modelo de auto lanzado al mercado, todas estas piezas de recambio están almacenadas en un stock digital y se fabrican cuando existe una alta demanda de productos. (Sachon, 2016)

Uno de los desafíos presentes en los modelos de negocio con impresión 3D, es la no regulación de las patentes y derechos de autor de los modelos 3D compartidos en las plataformas digitales, lo que deja abierta la posibilidad al plagio y piratería de las piezas originales que desarrollan los fabricantes.

La *customización* en el diseño resulta ser una de las causas principales de este problema, debido a la complejidad de estandarizar todas las piezas fabricadas cuando existe una creciente exigencia de productos cada vez más personalizados por los consumidores, ya que la certificación de una pieza incluye a todos los factores presentes en su proceso de producción (tecnología de fabricación, material, ciclo de vida del producto), resultando imposible la regulación de las patentes de un producto, si no se produce un lote grande de unidades. (Oliva, 2018)

Fig 11: Recurso Open Source. T - Rex. UltiMaker Thingiverse/
Fuente: thingiverse.com.

II.e Artesanías de Chile

Diseño de una Tradición

La artesanía se entiende como una representación legítima de las raíces de una cultura, a través de las manos, como una de las actividades más antiguas de la humanidad, y que corresponde a una tradición histórica que se renueva con el paso de las generaciones.

Transmitiendo un conocimiento ancestral que conlleva a la incorporación de nuevas técnicas que mejoran el resultado de sus creaciones, tanto en su manufactura como comercialización, entre otros.

La artesanía de Chile representa una acción social, cultural, artística y económica transformadora que resulta fundamental para el desarrollo del patrimonio e identidad del país, entregando conocimientos técnicos, experiencia, historia y oficio “de un punto específico del mundo representado en una pieza artesanal”, mostrando el mestizaje de nuestra cultura nacional a lo largo de todo el territorio. (Gob. de Chile, 2008)

Artesanía vs Arte Popular

Según el mismo autor, durante décadas la definición de artesanía y arte popular han sido entendidas bajo el concepto de manufactura tradicional, cuyas expresiones formales y trabajo con el material sobreviven gracias a la visión de la gente que conservan las raíces de su pasado.

Sin embargo, la diferencia entre ambas está en la seriedad, ya que la artesanía representa una técnica de trabajo manejada por un maestro artesano, quien transmite ese conocimiento por un canal de aprendizaje “más formal”, a diferencia del arte popular que resulta ser más “intuitivo” y espontáneo, sin requerir necesariamente de un sistema de aprendizaje previo por parte del artista. (Artesanía Chilena, 2022)

En el año 1960 organizaciones estatales como SERCOTEC, CORFO, entre otras, relacionaron la artesanía con la pequeña industria, definiéndose como una fábrica pequeña con poca capacidad productiva y capital, creando de esta manera el concepto de artesanía típica o patrimonial: *...“Que produce artículos tradicionales (utilitarios o decorativos) con **materias primas nacionales** (recursos naturales sostenibles), principalmente por medio del trabajo manual o con la utilización de herramientas (manuales o mecanizadas), siendo la fuente principal o provisoria de ingresos”...*

Es importante destacar la naturaleza social de esta actividad colectiva como una representación simbólica de la identidad cultural de una comunidad, por medio de una forma y estética propia que se mantiene en el tiempo con el traspaso generacional, de esta forma se incorpora el principio cultural a la actividad productiva. (Gob. de Chile, 2008)

Tradiciones Artesanales de Chile Continental

El Norte

Debido a su ubicación geográfica, el norte de Chile presenta una gran influencia cultural Inca en el connotado altiplano andino, y que se encuentra plasmado en la expresión de su artesanía.

El territorio se caracteriza por ser un ambiente árido y desértico, en él se asentaron eventualmente los pueblos originarios más representativos de la zona (Aymaras, Quechuas, Atacameños, Diaguitas, entre otros) quienes compartían algunas características en común como el **trabajo textil**, el cual se caracteriza por ser la actividad de producción más importante de la zona norte del país, compartiendo y preservando la raíz andina de los pueblos originarios, vista en las particularidades en común que se revelan en el diseño de sus productos textiles como huellas de



Fig 12: Artesanías de la zona norte de Chile: 1. Siku, 2. Talega Aymara/
Fuente: Artesanías de Chile.

su cultura: telares, prendas de vestir, de uso doméstico o para trabajar (bolsas, sogas y costales), los cuales estaban hechos principalmente de fibra natural de animales camélidos de la zona como llamas, alpacas y vicuñas, luego a principios del S.XX se le sumó la fibra sintética como material de fabricación.

Muchos de sus productos se comercializan por todo Chile y en el extranjero, llegando a ser utilizados en escenarios urbanos como complementos de la vestimenta principalmente. (Peters & Núñez, 1999)

Existen en otros puntos específicos de la región, algunos productos manufacturados con materiales naturales de la zona como piedra, metal, madera y cerámica, que entregan una funcionalidad de complemento al vestuario, como ornamentación en festividades locales y uso decorativo o cotidiano, sin embargo muchos están discontinuados o se producen de manera esporádica.

En la región del Norte Chico la producción artesanal cambia su particularidad textil por la cestería en la elaboración de canastas de fibra de *Caña Brava* (muy resistentes) para diferentes usos o con la fibra de *Tотора* para la elaboración de figuras decorativas u objetos utilitarios (baúles, cestos y bolsos), así como también la utilización del cuero y piedra (*Combarbalita* y *Lapislázuli*), este último para la fabricación de pequeños objetos utilitarios, decorativos y de joyería, debido a las particularidades del material, que resultan ser muy codiciados por los turistas que visitan el país. (Gob. de Chile, 2008)

El Centro

Para abordar las artesanías realizadas en esta zona geográfica del país, tomaremos por separado la región metropolitana de la del resto del territorio "campesino", extendiéndose desde Rancagua hasta la región del Bío-Bío, donde las creaciones artesanales se caracterizan por tener una fuerte influencia ligada a las antiguas tradiciones prehispánicas y criollas, que son propias del mestizaje europeo-indígena que

consolidaron a la sociedad mediocre actual de Chile.

Las artesanías que predominan en esta región del país son la alfarería y los textiles principalmente, después le siguen la cestería, el trabajo con madera, cuero y metal en menor grado, ya que son pocas las piezas artesanales elaboradas en cobre (principal materia prima nacional) para decoración y joyería especialmente. (Peters & Núñez, 1999)

Según los mismos autores, los textiles desde la región de Valparaíso hacia el sur, combina las tradiciones y esencia del campo con su utilidad en el escenario urbano, potenciando la cultura local.

La manufactura textil es una actividad productiva ampliamente dispersa en el territorio, destacando principalmente en la región de O'Higgins y otras cercanías, la producción de textiles está orientada a la elaboración de productos utilitarios y decorativos como mantas y frazadas de lana, telares, chamantos, fajas y cinturones de Huaso.

La cestería del mimbre (*salix viminalis*) es una artesanía que se da principalmente a 160 km al sur de Santiago en la localidad



Fig 13: Artesanías de la zona central de Chile: 1. Cestería del Mimbre, 2. Alfarería de Greda, 3. Montura de Cuero, 4. Trompo Tradicional| Fuente: patrimoniocultural.gob.cl.

de **Chimbarongo**, uno de los centros de producción en esta fibra más importantes de Chile, y por lo que se conoce como *La Capital del Mimbres*.

La artesanía del mimbre destaca por su amplia variedad de productos utilitarios de uso doméstico, en su mayoría muebles tradicionales pero también otros con un diseño moderno procedente de otros lugares del mundo, manifestándose en diferentes modelos de *canastos* y *cestos*, *lámparas*, *figuras de animales*, y otra gran variedad de productos elaborados a partir de esta tradición local.

La actividad alfarera continúa desarrollándose más al sur en distintas localidades como en Lihueimo, provincia de Colchagua, donde hace ya varias décadas comenzó a realizarse, al igual que en la comuna de **Talagante**, figuras de *cerámica policromada* que plasman escenas y actividades folclóricas, aunque de terminaciones más toscas, con menos detalles y colores brillantes que la original, entrando en la Región del Maule se encuentra la localidad de Pilén donde las losetas trabajan la **greda roja**, realizando distintos diseños que destacan en la representación de aves domésticas como gallinas y patos.

En la zona también se encuentran artesanías elaboradas en cuero, las cuales se asocian al escenario rural y se fabrican productos como utensilios para cabalgar (monturas, riendas, lazos, entre otros), también se fabrican otros objetos de uso más cotidiano como billeteras, carteras, cinturones y monederos.

Al mismo tiempo, existen otras localidades donde se desarrolla el tallado en madera de piezas decorativas como animales y escenas que simbolizan la cotidianidad rural, como también la fabricación de juegos tradicionales como el *emboque* y el *trompo*, a modo de ser un oficio artesanal típico de la zona. (Gob. de Chile, 2008)

El Sur

La artesanía del sur de Chile, se caracteriza por estar predominantemente representada por la cultura *Mapuche*, debido a su resiliencia por siglos de luchar por la sobrevivencia y reconocimiento de su pueblo, ha hecho de su artesanía algo único que no se ha mezclado en técnicas y conocimiento como las obras artesanales de las zonas norte y centro del país, sin embargo, han evolucionado en tecnología y materialidad con la inevitable llegada de la industrialización capitalista del S.XX.

Otras culturas indígenas del extremo austral de Chile como los Selknam, no lograron oponerse a la conquista europea, por lo que sus costumbres y conocimientos ancestrales se extinguieron junto con ellos. (Gob. de Chile, 2008)

Entre las artesanías y materiales utilizados destacan la **cestería** y el uso de la fibra del trigo, ñocha, coirón y voqui para la elaboración de productos utilitarios y decorativos como *fruteros*, *sombreros*, *bolsos*, *cestos*, *colgantes*, *costureros*, *figuras de animales*, entre otros.



Fig 14: Artesanías de la zona sur de Chile: 1. *Metahue*, 2. *Telar*, 3. *Greda Negra*, 4. *Chaway!*
Fuente: Chile a Mano/ SURDOC.

La artesanía del sur de Chile, posee una clara influencia europea e indígena, debido a la mezcla de elementos culturales presentes en la manufactura de la zona y que representan elementos del territorio conquistado y la resistencia indígena, como ocurre con las formas y técnicas de **alfarería** en la tradicional *Greda Negra*, fabricadas en la localidad de *Quinchamalí*, las cuales se distinguen principalmente por ser piezas utilitarias (vajilla) y decorativas (figuras de distintos tamaños), y poseen un color negro brillante que se consigue con el humo de la cocción (quemada reducida) de la pieza mientras aún se mantiene el calor. (Artesanía Chilena, 2022)

Sin embargo, el origen y tradición artesanal de la alfarería mapuche se mantiene vigente con la elaboración de sus jarros o *Metahues* y otras piezas utilitarias y ornamentales de arcilla, que son fabricadas para su uso en la comunidad, así como en la **textilería** principalmente, con el telar de pie o *Huitral* y *Chol Chol* para la elaboración de una gran variedad de piezas artesanales de muchos colores como los ponchos cacique o *Tratikán Makuñ*, fajas o *Trarihues*, frazadas, alfombras y telares (Pontros y Lamas).

También se conoce del uso de la **madera** (Raulí y Mañío) para la elaboración de muebles artesanales tallados, y el **metal** para la fabricación de *joyas*, *vajillas* y *mates* aprovechando las monedas obtenidas de las transacciones con los colonizadores a finales del siglo XVIII, los *Retrafe* (platero mapuche) trabajan las piezas artesanales tradicionales como el *Chaway*, *Trapelacucha*, *Tupu*, *Trarilonco* y los *Sükull*, aunque originalmente la cultura mapuche trabajaba en **pedra**, siendo de uso común para la elaboración de objetos de uso doméstico como el *Tranan Trapihue* o mortero. (Artesanía Chilena, 2022)

II.f El patrimonio artesanal de la Región Metropolitana

La Región Metropolitana, se caracteriza principalmente por su alto desarrollo urbano y social desde los inicios de la historia de Chile, Santiago es la localidad principal y que más territorio abarca de la región, después le siguen sus alrededores rurales que concentran una cantidad significativa de artesanos locales, quienes manejan sus propias técnicas tradicionales de diseño y desarrollo de productos con base a los recursos naturales disponibles dentro del territorio, existiendo una gran variedad de artesanías ancestrales con características únicas en su manufactura, técnica y organización productiva.

La **cerámica** es un material que tiene una gran importancia en el territorio, ya que desde siempre ha sido utilizado por una gran variedad de comunidades productivas a lo largo del país.

Dentro de los lugares más simbólicos de la producción artesanal metropolitana, están el pueblo alfarero de *Pomaire* y la provincia de *Talagante*, que destacan por el oficio de la *greda* y la *loza policromada* respectivamente, otorgándoles un sello de tradición y patrimonio nacional. (Jimenez, 1960)

Pomaire es un pueblo ubicado en la comuna de Melipilla, a 60 km de Santiago, donde su origen alfarero se asentó con la llegada de



Fig 15: Loza Policromada de Talagante. *El Chinchinerol* Fuente: culturatalagante.cl.

un grupo reducido de nómades incas al territorio, mucho antes de la colonización española.

El oficio de la greda fue hasta hace no mucho tiempo una tarea ejecutada sólo por mujeres, quienes fabricaban principalmente productos utilitarios de uso doméstico como *vajilla, jarrones*, entre otras piezas propias de la *actividad rural campesina*, y que aún mantiene ciertas características de naturaleza indígena en su diseño, producto del mestizaje. (Peters & Núñez, 1999)

Con base a una entrevista realizada a Don Leto Riveros, *maestro gredero* de la localidad de Pomaire, la arcilla es obtenida a partir de los depósitos encontrados en los cerros cercanos, la cuál se extrae por toneladas en camiones y es llevada al pueblo donde se trabaja y comercializa.

El barro o *greda*, se caracteriza por sus propiedades físicas (plasticidad, tenacidad y porosidad) y químicas (consistencia, durabilidad y temperatura).

Antes de poder trabajar con la arcilla en el modelado y fabricación de productos, se requiere de un proceso previo de *preparación* o *refinado* de la greda, el cuál consta de 4 etapas:

- Deshacer el barro.
- Mezclar el barro.
- Amasado del barro.
- Conservación del barro.



Fig 16: *Chanchito alcancía* de greda roja de Pomaire/ Fuente: Chile a Mano.

Deshacer el barro: Se humedece la tierra para que se hinche y así cueste menos triturar en trozos pequeños, luego se lleva al molino mecánico para facilitar su granulado.

Mezclar el barro: Luego se le añade un desengrasante natural en polvo para mezclarlo todo y así mejorar la permeabilidad del material.

Amasado del barro: Antiguamente se realizaba con los pies, y consta de mezclar todos los componentes de arena y tierra para otorgarle más plasticidad al material. Actualmente se utiliza una máquina extrusora y laminadora para facilitar el proceso de amasado, mezclando bien sus componentes, triturando todos los granados de arena para así crear una pasta homogénea.

Conservación del barro: Para que la arcilla preparada se pueda mantener por bastante tiempo humedecida, se cubre con plástico para evitar el contacto directo con el aire y así aislarse lo mejor posible.



Fig 17: Preparación de greda. Taller de Don Leto Riveros en Pomaire/ Fuente: Elaboración Propia.

La elaboración de productos artesanales en greda es la fuente principal de ingresos de la mayoría de los habitantes del pueblo de Pomaire, algunos artesanos emprenden su oficio por el gran Santiago, vendiendo principalmente macetas para plantas y productos de uso doméstico (loza generalmente) hechos en greda, en lugares populares como mercados y ferias. (Peters & Núñez, 1999)

La Loza Policromada de Talagante

La comuna de **Talagante** fue una localidad alfarera muy importante durante el período colonial de Chile, ya que fue el principal centro proveedor de *cerámica utilitaria* del territorio, haciendo de la actividad alfarera de esta zona una parte importante de su patrimonio histórico.

Actualmente la productividad alfarera de Talagante disminuyó casi en su totalidad en comparación a aquella época, pero aún se mantiene vigente como oficio de tradición en la artesanía patrimonial de la zona, la ilustre *Loza Policromada*.

La cual se caracteriza en pequeñas esculturas de uso decorativo con un estilo propio de manufactura que ha perdurado en el tiempo.

Destacándose principalmente por el brillo de sus colores, su tamaño reducido (20 centímetros aprox.) y su expresión en la representación de personajes folclóricos y tradiciones religiosas de Chile como: *el chinchinero, la fiesta de cuasimodo, el organillero, el confesionario de la*



Fig 19: Loza Policromada de Talagante. *Festividad Religiosa de Cuasimodo*/ Fuente: culturatalagante.cl.

iglesia, entre muchas otras escenas costumbristas. (Municipalidad de Talagante, 2016)

La Loza Policromada de Talagante es una expresión artística que remonta desde hace un poco más de 2 siglos (S.XIX) en el seno de una familia oriunda de la zona, que ha mantenido esta tradición hasta la actualidad por 5 generaciones de artesanas.

Los diseños que hoy se plasman en esta artesanía, provienen si duda de la innovación realizada por ellas, quienes se especializaron en modelar escenas populares ligadas a la tradición rural chilena de los siglos XIX - XX.

Creando un estilo propio de expresión y esencia narrativa, que revela la aguda capacidad de observación de las loceras y que ha perdurado hasta la actualidad. (Huellas de Greda, 2015)



Fig 18: Loza Policromada de Talagante. *Tienda Las Marías*/ Fuente: Elaboración Propia.



Legado Patrimonial en el Tiempo

El conocimiento de esta artesanía, ha sido traspasado en el tiempo por generaciones de loceras, quienes aprendieron el arte de la cerámica policromada, a partir de un grupo selecto de ceramistas que actualmente pasaron a ser parte de la historia y patrimonio nacional, las ilustres *monjas de la orden de Santa Clara*, quienes transmitieron su oficio artesanal a sus discípulas reclusas en el monasterio.

Entre muchas de ellas estuvo María del Rosario Toro (1818 - 1893), quién se sabe alojó temporalmente en su hogar a dos reclusas del monasterio de Santa Clara, quienes le enseñaron el arte de la cerámica policromada *perfumada*, característica exclusiva de la manufactura artesanal que tuvieron las monjas de Santa Clara/ *Monjas Clarisas*.

María Toro le enseñó su trabajo a su hija Dolores López, quien también transmitió su conocimiento a sus hijas Dolores "Lolo" Jorquera y Luisa Jorquera, quienes lograron hacer conocidas sus obras artesanales al resto de la comunidad.

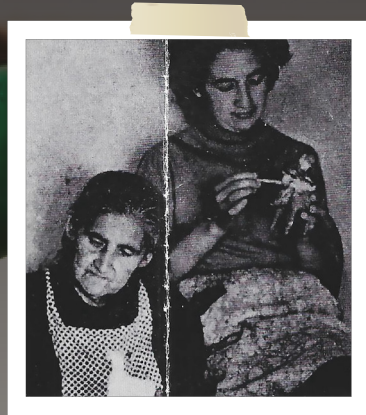


Fig 20: Luisa Jorquera y su hija María Olga Díaz Jorquera. Hermanas Teresa y Marisol Olmedo Díaz. Loza Policromada de Talagante/ Fuente: lozapolicromadachile.cl.

Posteriormente las hijas de Luisa Jorquera, María Luisa y María Olga Díaz Jorquera continuaron con el legado de su madre, modelando, pintando y *perfumando* sus obras artesanales al pie de la letra del oficio original que aprendieron sus ancestros de las monjas Clarisas. (Huellas de Greda, 2015)

Según Marisol, con el tiempo la manufactura de la cerámica policromada Talagantina, se fue modificando en su proceso de producción, se reemplazaron los pigmentos naturales con los que se pintaba la greda por pintura industrial con esmalte, y el método de *perfumado* de las piezas con componentes aromáticos como el *eucalipto*, *agua de rosas* y *benjuí* (entre otros), se discontinuó por su alto grado de toxicidad del gas emanado al calentar la preparación, ya que provocó en muchas de las artesanas la pérdida parcial o total de la vista.

Actualmente las loceras María Olga Espinosa Díaz, Teresa y Marisol Olmedo Díaz, son la última (5ta) generación de loceras que continúa con la producción de este legado familiar artesanal y patrimonial de Chile, ya que para ellas "*..Seguir adelante con esta tradición artesanal, es un orgullo muy grande que nos conecta con nuestra madre, nuestro pueblo y la greda, porque este oficio se convirtió en una tradición y patrimonio de la cultura de Talagante y las raíces de nuestra familia..*"

Método de Fabricación de la Loza Policromada

Según la locera *Marisol Olmedo Díaz*, legítima integrante de la familia de ceramistas que ha conservado el patrimonio artesanal de Talagante, la materia prima utilizada para la elaboración de este oficio corresponde a greda natural extraída de los cerros cercanos de la zona, específicamente la misma que es trabajada en el pueblo de Pomaire.

"..Nosotras utilizamos greda para hacer las piezas de la que conseguimos en Pomaire, antes mi abuela iba con su mamá a sacar la tierra directamente de los cerros cercanos cuando se podía, y la traían en sacos para después lavarla y colarla durante varios días, hasta tenerla lista para trabajar.."

Marisol también explica que el proceso de manufactura está dividido en 3 etapas consecutivas:

- 1 Modelado
- 2 Secado
- 3 Cochura
- 4 Pintura

*"..En la primera etapa de **modelado**, tomamos un trozo de greda y comenzamos a darle la forma con nuestras manos, moldes y herramientas que nosotras mismas fabricamos, primero trabajamos la pieza base y después las otras partes por separado, una vez que todas las piezas de la figura están listas, las unimos por medio de alambres que van metidos por dentro y que ayudan a afirmar la estructura, después se moja un poco la greda con agua para pegar todas las piezas y completar la figura que queremos hacer.*

*Después las dejamos **secar** al aire libre, el tiempo que se demoran las piezas en perder humedad es relativo, según sea la estación del año en que estamos (si hace frío o calor), también se pulen las piezas con piedras más*

chicas para que queden brillantes y eliminar cualquier imperfección que puedan tener.

*Luego las **quemamos** al aire libre, en un tambor de metal cortado por la mitad, adentro se colocan trozos de leña de eucalipto y carbón, hasta formar una pila, y se rocía con parafina para que el fuego prenda bien.*

Después se colocan las piezas agrupadas antes de encender el fuego, una vez que se prende el tambor, las piezas se dejan ahí unos 30 min - 2 hrs o sino hasta que todo se queme y solo queden las cenizas, cuando las piezas están rojas se sacan del tambor y se dejan a enfriar al aire libre, después se limpian para sacarles las cenizas y finalmente se llevan al taller.

*Finalmente en el taller se **pintan** las figuras con pinturas esmaltadas, primero se prepara la superficie de la greda cocida con un esmalte al agua para pintar, se parte de la forma base de la figura y después se pintan los adornos. Si alguna pieza se sale o se quiebra, se pega y se vuelve a pintar hasta que quede listo.."*

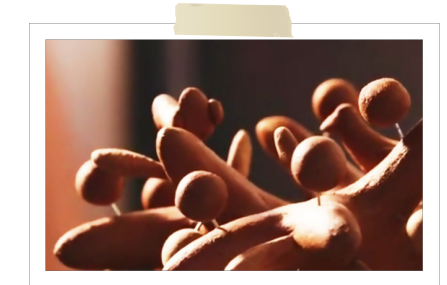


Fig 21: Proceso de elaboración artesanal de la Loza Policromada de Talagante/ Fuente: Artesanías de Chile.



Fig 22: Loza Policromada de Talagante. *El Organillero, Chinchinero y Huaso de Talagante*/ Fuente: lozapolicromadachile.cl.

II.g Cerámica policromada y perfumada de las monjas de la Orden de Santa Clara

Con la fundación del monasterio de las religiosas de la *Orden Franciscana de Santa Clara*, durante la época colonial de Chile en el año 1604, nace también una artesanía traída desde España con los conquistadores y que proviene de las raíces árabes de la invasión morisca en España, de las que aprendieron las mujeres españolas que llegaron a Chile como esposas de españoles conquistadores, y que muchas de ellas se hicieron religiosas de la orden al enviudar, convirtiéndose en uno de los primeros monasterios de los que se tiene registro en la historia del país, el de las Monjas de la orden de *Santa Clara* o las *Monjas Clarisas*. (Bichon, 1947)

Este arte cerámico, consiste en la elaboración de piezas pequeñas de greda policromada, perfumada y ornamentadas con diseños de aves y flores, estos modelos en miniatura ilustran toda una época del pasado colonial de Chile, y la estética barroca del arte europeo del siglo XVII.

Plasmando en su arte el concepto de una *realidad en claustro*, ya que por siglos mantuvieron una estética única plasmada en el diseño de sus obras, a pesar de los cambios históricos que experimentó la sociedad chilena en la época colonial y republicana más adelante. (Huellas de Greda, 2015)



Fig 23: Colección de artesanías perfumadas de las Monjas Clarisas (Siglo XIX - XX). Tetera Pichel/ Fuente: Colección Museo Histórico Nacional, Santiago.

La cerámica es un material de gran importancia en la artesanía del pasado colonial de Chile, que ilustra toda una época en que lo *artístico-utilitario* siempre ha sido de mucho interés desde el inicio de la historia. (Roa Heresmann, 1975)

De acuerdo a esto, se podrían establecer dos grandes grupos de cerámica artesanal durante la colonia:

- **Utensilios Domésticos**

Productos utilitarios como *vasijas* y *loza*, siendo los *mates* una de las piezas artesanales de la cerámica perfumada que destacó por su utilidad y tamaño estándar, decorados con figuras naturales de aves y flores unidas a la pieza por alambres en espiral que les daban movimiento (*tembleques*), cintas doradas, plumas e hilos de plata. (Bichon, 1947)



Fig 24: Vasija y taza con tembleques de las Monjas Clarisas (Siglo XIX - XX)/ Fuente: Colección Museo Histórico Nacional, Santiago.

- **Adornos y Juguetes**

Corresponden a los mismos modelos anteriores pero en una escala en miniatura, hechas casi exclusivamente para adorno.

Lo que caracterizaba a la producción de las Monjas Clarisas eran sus figuras con una forma mucho más compleja y de estética europea, este tipo de piezas miden aproximadamente de 10 a 70 mm. y consisten principalmente en *jarritos*, *tacitas*, *floreros* y la ilustre *tetera Pichel*.

Además de su característica ornamental, tamaño y estilo, la cerámica perfumada de las Monjas Clarisas destacaba principalmente por sus *aromas*, siendo el secreto de manufactura mejor guardado de la

artesanía de la época, y que tanto sorprendía a todos quienes las adquirían, ya que al ser utilizadas para contener infusiones como el *mate*, expelían un aroma que potenciaba el sabor y placer de quienes lo consumían. (Huellas de Greda, 2015)

Historia Artesanal a través del Oficio

Las primeras piezas elaboradas por las religiosas, en los conventos de la orden Franciscana de Santa Clara, poseen una antigüedad de muchos siglos. Sin embargo, ya a comienzos del S.XX este oficio artesanal se dejó de realizar y la técnica para perfumar las piezas se había perdido, al fallecer la última religiosa reclusa del monasterio Sor María del Carmen de la Encarnación Jofré, quien llegó a confeccionar esta artesanía en el convento 8 años antes de su muerte en 1898. (Olea, 1982)



Fig 25: Colección de *matecitos perfumados* de las Monjas Clarisas (Siglo XIX - XX)/ Fuente: Colección Museo Histórico Nacional, Santiago.



Fig 26: Antigo monasterio de Santa Clara en la Alameda con el cerro Santa Lucía (1870)/ Fuente: Memoria Chilena.

Con base a una entrevista realizada a Ximena Gallardo Saint-Jean, jefa del departamento de colecciones del Museo Histórico Nacional, las **Monjas Clarisas** arribaron a Santiago de Chile aproximadamente en 1603, estableciéndose a los pies del cerro Santa Lucía donde se ubica actualmente la Biblioteca Nacional, allí se dieron a conocer antes de ser trasladadas al **Barrio de la Chimba** (actual comuna de Recoleta, iglesia y convento ubicado en la **calle Lillo**).

Hoy se conocen 2 conventos de la congregación de **Santa Clara**, uno en la comuna de **Puente Alto** que se encuentra en completo abandono, y otro en las afueras de la ciudad de **Los Ángeles** de Chile.

Las religiosas realizaban originalmente sus cerámicas perfumadas para regalos únicos a autoridades, protectores del convento y miembros de la aristocracia chilena, ya que sus piezas eran similares a una pieza lujosa, imitando ser artículos de platería y elegancia, sin embargo, más adelante comenzaron a vender sus artesanías al resto de las personas como principal medio de ingresos, para poder costear los gastos del monasterio.

También comenzaron a arrendar algunos despachos del monasterio, rodeándose con el tiempo de tiendas y bazares, entre ellas estaba la **"Tienda de Ollitas"** (1910) que en los días de navidad se activaba dicho comercio a lo largo de la Alameda, donde todo tipo de figuritas se encontraban allí, incluyendo las ilustres miniaturas perfumadas de las monjas.

Muchas de sus obras se hicieron conocidas en otros países de Latinoamérica (Perú y México) y Europa (España/Portugal) como **"Cerámica de Chile"**, ya que se hicieron muy famosas y codiciadas por las fragancias que las caracteriza, por otro lado se dice que las piezas manufacturadas en Chile eran mucho más costosas, ya

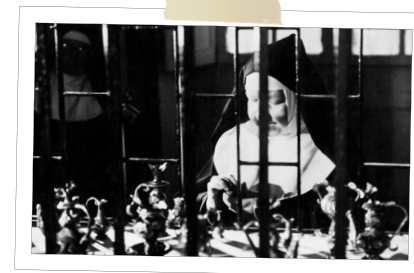


Fig 27: Religiosas de Santa Clara elaborando sus artesanías perfumadas de cerámica policromada/ Fuente: Memoria Chilena.

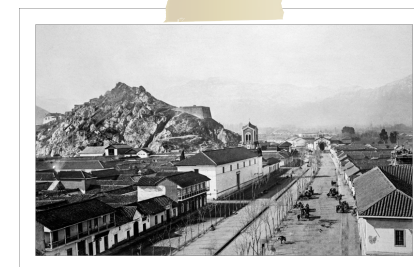


Fig 28: Venta de artesanía en la av. Alameda de Las Delicias (1910)/ Fuente: Museo Histórico Nacional, Santiago.



que se consideraban de una calidad superior a las realizadas en otros países por otras congregaciones religiosas del mundo, por la calidad de los materiales de los que disponían las monjas en el país, lo que les permitió conseguir mejores resultados de producción.

Las mujeres que aprendieron el oficio artesanal de las Monjas Clarisas durante su estadía en los antiguos conventos, reclusas que dejaron de serlo, sirvientas, esclavas o discípulas allí educadas, llevaron a cabo la realización de esta artesanía para emprender y conseguir ingresos, sin embargo, sólo alcanzaron a reproducir las características más generales de esta, siendo piezas un poco más toscas y sin perfume. (Olea, 1982)

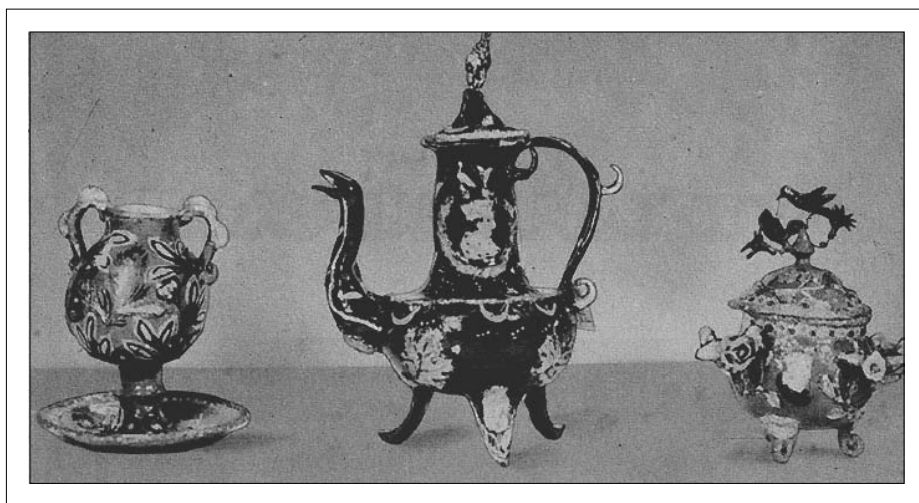


Fig 29: Artesanía llamada "Cerámica de las Monjas"/ Fuente: Aspectos de la Artesanía Nacional, 1960.

Entre las discípulas más destacadas están las hermanas Gutierrez: Zoila, Rosa y Sara, siendo esta última la más importante, ya que a través de su arte reconstruyó el folklore urbano antiguo, retratando costumbres y personajes ya desaparecidos de la actividad tradicional de Chile, de la misma forma que se realiza en la artesanía de Talagante.

Sus obras se vendieron como "Cerámica de las Monjas", aunque con diferencias bien marcadas en estilo, tamaño, tema y por sobre todo el perfume, ya que la única cerámica que posee el aroma es la que originalmente se hizo en el convento por las religiosas. (Roa Heresmann, 1975)



Fig 30: Catálogo de las piezas "Cerámica de Chile"/ Fuente: Biblioteca Nacional de Chile.

Proceso de Fabricación de la Cerámica Perfumada de las Monjas Clarisas

El proceso de fabricación del que se tiene registro, corresponde al registrado por la historiadora del arte Vanya Roa Heresmann, distinguida investigadora del Museo Histórico Nacional de Chile, el cual permite recrear un resultado semejante al original de las Monjas Clarisas, manteniendo un perfume intenso y brillo excepcional.



Fig 31: Colección de artesanías perfumadas de las Monjas Clarisas (Producción de Vanya Roa Heresmann). Tetera Pichel y Florero/ Fuente: Colección personal de la Prof.a Alicia Rojas Abrigo, Santiago.

Según la investigación, el proceso de elaboración de la artesanía de la cerámica perfumada, puede descomponerse en las siguientes etapas:

- 1 Fase Alfarera
- 2 Secado de las Piezas
- 3 Quemado/ Cochura
- 4 Pintura y Decoración
- 5 Barniz y Perfumado



Fig 32: Colección de miniaturas perfumadas de las Monjas Clarisas (Siglo XIX - XX)/ Fuente: Colección Museo Histórico Nacional, Santiago.

Se usa la **arcilla finamente tamizada** y decantada, con poca cantidad de *Caolín* y *arena fina*.

En lo posible que haya sido tratada en una *molienda* con rodillo, con el fin de darle una calidad semejante a la usada en las piezas antiguas (*compacta, suave y muy fina*).

Cada forma se trabaja entera a mano, utilizando herramientas para tallar las piezas que eran fabricadas por las mismas artesanas, el uso de tornos a modo de platillos de madera se descartó, debido a que *darían formas formas perfectas y equilibradas*, que se alejan en semejanza de los modelos originales y sus imperfecciones.

Las piezas terminadas **se secan a la sombra**, cubriendolas *cuidadosamente* con bolsas de plástico o con un paño seco para que el secado no sea tan brusco, ya que *se puede partir la obra*, luego de descubren cuando *pierden la humedad*, y por partes empiezan a cambiar de color.

En verano bastan uno o dos días para lograr el secado completo, una vez que las piezas estén bien secas estarán listas para *cocerse*.



Fig 33: Modelo de tetera en miniatura/ Fuente: Cruz de Amenábar, De La Taille-Trétilville & Fuentes, 2019



Fig 34: Modelos de flores decorativas/ Fuente: Cruz de Amenábar, De La Taille-Trétilville & Fuentes, 2019

La **cochura** de la cerámica es una de las etapas más importantes del *oficio alfarero*, ya que influye completamente en el resultado final de la obra.

Las Monjas Clarisas efectuaron la quema de sus piezas a **bajas temperaturas de cochura**, en un trabajo delicado y ceremonial que se llevó a cabo como una tradición hasta hace unos años en la alfarería chilena.

Para llevar a cabo esta etapa de la producción de su artesanía, las religiosas utilizaban 2 métodos diferentes:

- Horno en Tierra
- Horno de Pan

El primero se realizaba en la tierra, con un sistema muy primitivo llamado *Camada*, el cuál consiste en colocar las piezas bien secas en un hoyo, por capas a cocer, agregando carbón, caca de caballo o vaca y arcillas, repitiendo este orden hasta llenar el horno.

Al extinguirse el fuego y enfriar las piezas, estas se lavan con agua.

En el segundo la quema se realizaba colocando las piezas en un horno de pan que disponían las religiosas dentro en el claustro, el cuál estaba fabricado de *adobe* (barro) o *ladrillo*.

Una vez que se encendía el fuego se colocaban cuidadosamente las piezas de cerámica sobre las brasas, ordenadas por tamaño de manera que todas las piezas alcanzaran un buen grado de cochura y **control de la temperatura** (entre 600 a 1.200° C aprox.) alcanzada en el interior del horno, ya que es una variable que influía considerablemente en la *dureza*, *peso* y *porosidad* del material cerámico de las obras. (Cruz de Amenábar, De La Taille-Trétinville & Fuentes, 2019)



Fig 35: Horno de pan perteneciente al antiguo monasterio de la Orden de Santa Clara/ Fuente: Colección Museo Histórico Nacional, Santiago.

La **pintura** se elaboraba por las mismas religiosas, a partir de **pigmentos minerales** (tierras de color).

Se agrega agua y clara de huevo como aglutinante, más una pequeña cantidad de **aceite de linaza**, aplicando una capa de color base y una vez seca la pieza, se decora con **detalles** más pequeños.



Fig 36: Modelo semi-terminado de *jarrito en miniatura*/ Fuente: Cruz de Amenábar, De La Taille-Trétinville & Fuentes, 2019

La **decoración** es igual en todas las piezas, agregando relieves que corresponden a piezas aplicadas una vez terminada la obra, pegadas con *barbontina*.

Las piezas antiguas fueron fabricadas con moldes, con formas muy estilizadas, con abundancia de *espirales, flores en relieve, puntos y líneas onduladas*, en todas las decoraciones priman las líneas en forma de *relámpagos*, trabajadas con blanco y negro.

Esta etapa de la producción tampoco es muy variada, ya que en varios ejemplares las formas básicas se repiten en diferentes posiciones y agrupaciones, por lo general son planos con forma de *hojas o flores* muy simples acompañadas de líneas curvas o espirales regularmente puestas, produciendo una simetría.

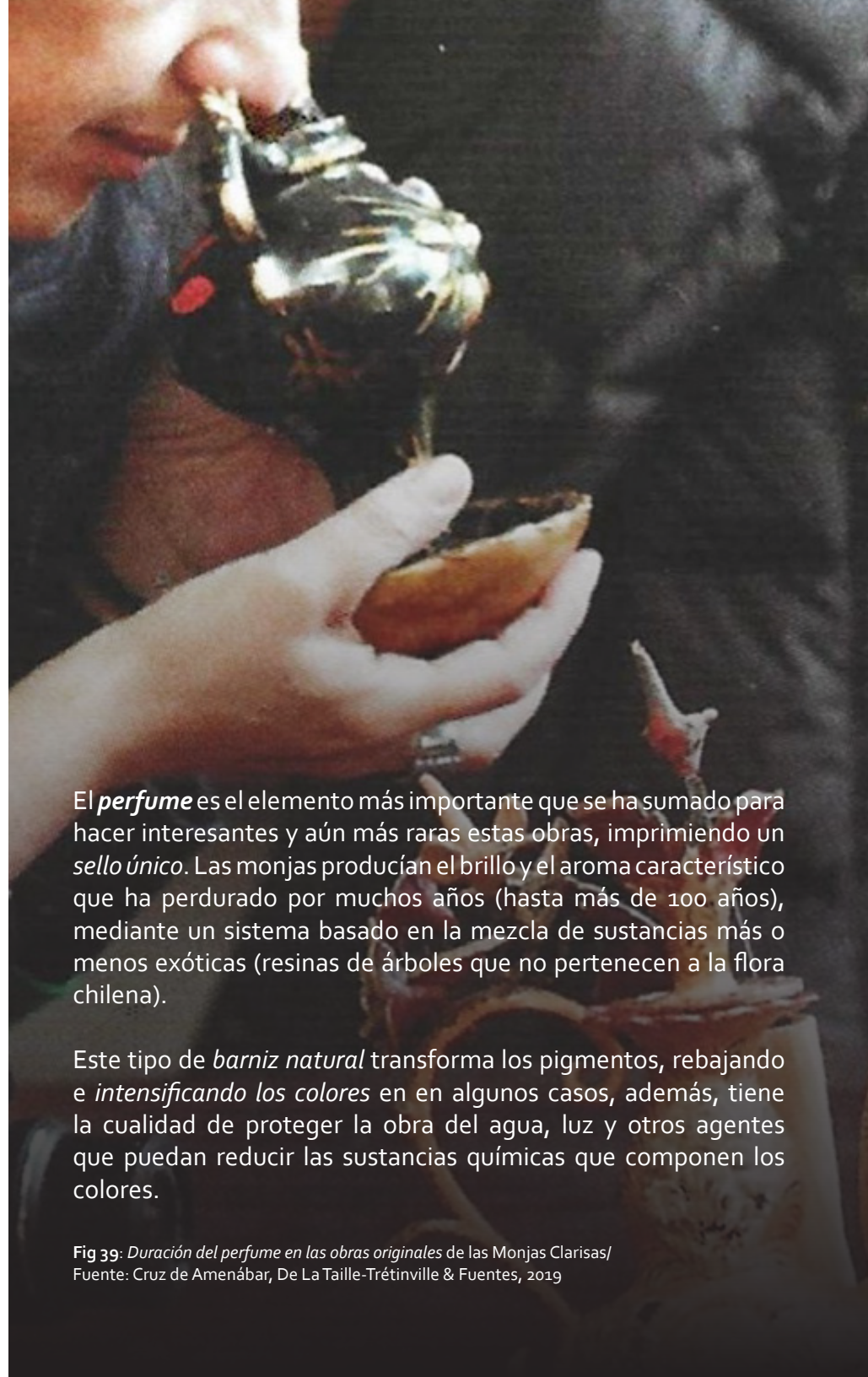
Otros elementos importantes por su originalidad (únicos dentro de esta artesanía) son las *piezas móviles* o figuritas que representan flores, pájaros, mariposas, hojas, etc, y que están incrustados en la pieza por *resortes*, ubicados en las asas o en las tapas de las piezas.



Fig 37: Modelo semi-terminado de jarrito en miniatura/ Fuente: Cruz de Amenábar, De La Taille-Trétinville & Fuentes, 2019



Fig 38: Colección de artesanías perfumadas de las Monjas Clarisas (Siglo XIX - XX). Tetera con tembleques/ Fuente: Colección Museo Histórico Nacional, Santiago.



El **perfume** es el elemento más importante que se ha sumado para hacer interesantes y aún más raras estas obras, imprimiendo un *sello único*. Las monjas producían el brillo y el aroma característico que ha perdurado por muchos años (hasta más de 100 años), mediante un sistema basado en la mezcla de sustancias más o menos exóticas (resinas de árboles que no pertenecen a la flora chilena).

Este tipo de *barniz natural* transforma los pigmentos, rebajando e *intensificando los colores* en en algunos casos, además, tiene la cualidad de proteger la obra del agua, luz y otros agentes que puedan reducir las sustancias químicas que componen los colores.

Fig 39: Duración del perfume en las obras originales de las Monjas Clarisas/ Fuente: Cruz de Amenábar, De La Taille-Trétinville & Fuentes, 2019

La cerámica policromada es considerada una versión moderna de la original cerámica perfumada, que ha respetado su proceso de elaboración, estilo y color.

Actualmente las obras de las Monjas Clarisas se encuentran guardadas y muy protegidas en el depósito remoto del Museo Histórico Nacional, y constituyen unas verdaderas reliquias de colección artesanal, que entregan una demostración del estilo y manufactura plástico visual del pasado colonial de Chile. (Olea, 1982)



Fig 40: Colección de *artesanías perfumadas* de las Monjas Clarisas (Siglo XIX - XX). *Jarrito con arco dorado escarchado, flores y hojas*/ Fuente: Colección Museo Histórico Nacional, Santiago.

"..Es de esperar que la búsqueda de tanto tiempo se aproveche y que el trabajo continúe, la máquina que quedó parada un día, empezó de nuevo a funcionar. Hay que aprovechar los dotes artísticos de la mejor manera, dando principal importancia a esto que fue suyo.."

— Vanya Roa Heresmann.





CAPÍTULO III

ESTADO DEL ARTE

INVESTIGACIÓN A TRAVÉS DEL DISEÑO



III.a Recreación de la cerámica perfumada de las monjas

Con base al proceso original de fabricación de la cerámica perfumada de las Monjas Clarisas, descrito en la investigación realizada por Vanya Roa Heresmann, se llevó a cabo el siguiente proceso de experimentación que busca, por medio de la definición de las principales variables de estudio, recrear el resultado obtenido de la manufactura original de las religiosas a modo de *establecer un nuevo proceso de producción de productos cerámicos perfumados*.

La Arcilla

Según los estudios que se han hecho de la materia prima utilizada para la elaboración de las piezas artesanales, se concluye que corresponde a un material cerámico ferruginoso rico en óxidos, de *color rojizo/anaranjado/marrón (greda), altamente plástica* y que al humedecer posee una viscosidad moderada, debido a la poca cantidad de caolín, sílice y otras arenas que la hacen ser una *arcilla muy fina*. (Roa Heresmann, 1975)

Chile es un país conocido por su abundancia en materias primas (de uso industrial) ricas en minerales, siendo los yacimientos de arcilla uno de los más importantes a lo largo del territorio.

Durante aquella época la disponibilidad de arcilla de muy buena calidad, era mucho más abundante dentro de la región metropolitana y sus alrededores, donde se construyó el monasterio de Santa Clara a inicios del siglo XVII, y les permitió a las religiosas obtener la materia prima directamente del territorio que pertenecía al convento, en las cercanías de la localidad de Talagante desde 1605. (Cruz de Amenábar, De La Taille-Trétinville & Fuentes, 2019)



Fig 41: Recreación de la posible *arcilla (greda quemada)* utilizada para la elaboración de la artesanía de las Monjas Clarisas/ Fuente: Elaboración Propia.

Composición Elemental de la Cerámica Perfumada

Componentes químicos encontrados en el *análisis químico* de una de las piezas artesanales, realizado por el profesor de química analítica de la Universidad Técnica del Estado Sr. Lautaro Rodríguez Arriagada, en colaboración con la investigadora de arte del Museo Histórico Nacional de Chile, Sra. Vania Roa Heresmann en el año 1975.

Los resultados del análisis químico mostraron lo siguiente:

Sílice	→	SiO ₂	.....	55,12 %
Alúmina	→	Al ₂ O ₃	.....	25,34 %
Óxido de Hierro	→	Fe ₂ O ₃	.....	7,26 %
Óxido de Calcio	→	CaO	.....	2,38 %
Óxido de Magnesio	→	MgO	.....	0,65 %
Óxido de Sodio	→	Na ₂ O	.....	0,98 %
Óxido de Potasio	→	K ₂ O	.....	0,43 %
Bicarbonato	→	H ₂ O-CO ₂	.....	7,62 %
				99,75 %

Fig x: Análisis químico de una pieza artesanal de las Monjas Clarisas, extraído de la investigación de Vanya Roa Heresmann.

Dicho análisis fue realizado a partir de una pieza artesanal terminada, por lo que el resultado también incluye todos los posibles cambios que puede presentar la arcilla y el resto de los componentes, al final del proceso de fabricación de la artesanía.

Como resultado se puede concluir que el material cerámico con el que trabajaron las religiosas, corresponde a una **arcilla ferruginosa** rica en óxidos (greda).



Fig 42: Colección de artesanías perfumadas de las Monjas Clarisas (Siglo XIX - XX).
Tetera Pichel Fuente: Colección Museo Histórico Nacional, Santiago.

Preparación del Material Cerámico

Según antiguos escritos encontrados de las Monjas Clarisas, se describe la participación de personas ajenas a la orden que ayudaban en la fabricación de las obras artesanales, principalmente en tareas más pesadas como la *recolección de la arcilla* y su posterior *refinación*, el cual consta de un meticuloso trabajo de *molienda* y *limpieza* de la greda en seco, del cual se encargaban de realizar las esclavas y criadas del monasterio, lo que se llevó hasta fines del siglo XX. (Cruz de Amenábar, De La Taille-Trétinville & Fuentes, 2019)

El proceso consiste en:

- 1 Secado de la Greda
- 2 Molienda
- 3 Tamizado
- 4 Humedecer la Arcilla

Se describe como un procedimiento minucioso que *muele* y *tamiza* la greda seca, para "*limpiarla*" de todas impurezas que pueda presentar en su composición (tierra, raíces, entre otros), y así lograr una arcilla *refinada*, *ligera*, *delicada* y de una granulometría *muy fina*.



Fig 43: Secado natural y Trituración de la greda/ Fuente: Elaboración Propia.



Fig 44: Molienda de la greda en molinillo manual de aluminio de capacidad 500 gr./ Fuente: Elaboración Propia.



Una vez que la greda seca es molida, se pasa por un proceso de *Tamizado* para lograr un grado de **granulometría fina** equivalente al de la arcilla utilizada por las Monjas Clarisas, para ello se utilizó 3 tipos distintos de *malla para tamiz*, con diámetro de *agujero* y *alambre* determinados:

① *Malla 60/60 Mesh*

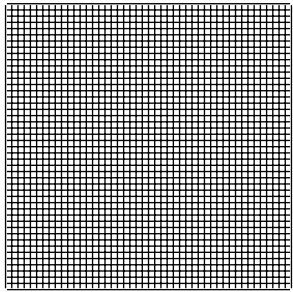


Fig 45: Malla 60. Diámetro de agujero: *0.35 mm*/ Diámetro de alambre: *0.12 mm*. Fuente: Elaboración Propia.

② *Malla 80/80 Mesh*

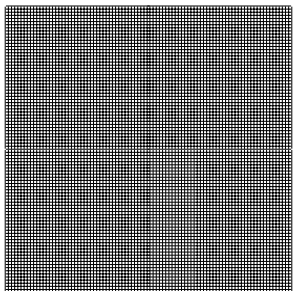


Fig 46: Malla 80. Diámetro de agujero: *0.25 mm*/ Diámetro de alambre: *0.09 mm*. Fuente: Elaboración Propia.

③ *Malla 120/120 Mesh*

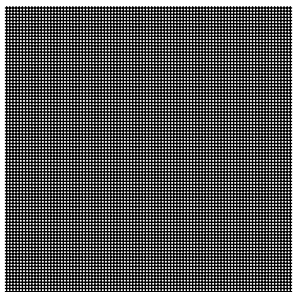


Fig 47: Malla 120. Diámetro de agujero: *0.15 mm*/ Diámetro de alambre: *0.06 mm*. Fuente: Elaboración Propia.



La arcilla obtenida después de tamizar, mezclar con agua, batir y decantar, resulta ser muy suave al tacto, de una consistencia óptima que casi no presenta burbujas de aire en su interior, y con un alto nivel de plasticidad.

Para conseguir el grado de *maleabilidad* adecuado del material, siempre se debe mantener húmedo al *amasar*, siendo la conversión ideal de *arcilla/ agua*:

500 grs. \longrightarrow \geq 160 cc.

Fig 48: Arcilla de *color rojizo* con un abundante porcentaje de *óxidos* en su composición/ Fuente: Elaboración Propia.

III.b Proceso de experimentación/ variables de estudio

Definición de los Ejes de Investigación

Para lograr obtener una arcilla con las mismas propiedades presentes en la cerámica original, se tomaron en cuenta los siguientes ejes de investigación:

- **Secado**► Endurecimiento y contracción del material cerámico con el aire.
- **Temperatura de Quemado**► Entre los 600°C - 1.200°C. (T° Horno de barro)
- **Plasticidad**► Disposición de la arcilla a agrietarse.
- **Contracción**► En bloques marcados con 100 mm de ancho.
- **Perfumado**► Permanencia del aroma en las piezas cerámicas.
- **Inpermeabilidad con curado**► Filtración de la humedad en el material cerámico.

en cada una de las muestras experimentales que se realizaron:



Fig 49: Muestras (500 grs.) de greda normal y refinada por tamizado (60 - 80 - 120)/ Fuente: Elaboración Propia.

Secado

Para llevar a cabo la prueba de **secado a temperatura ambiente** (A) de la arcilla, se elaboraron **piezas rectangulares** de cada una de las pruebas cerámicas preparadas, marcándolas con un fragmento de **100 mm.** en medio, para medir la **distancia de contracción** y el comportamiento del material.

Para llevar a cabo el secado, resulta necesario **cubrir** cada una de las pruebas para evitar el **quebrado** o **agrietado** de las piezas, a causa de diferentes variables ambientales como **temperatura, humedad, corrientes de aire,** entre otros.



Fig 50: Prueba de **secado** del material cerámico con el aire (100 mm) Fuente: Elaboración Propia.

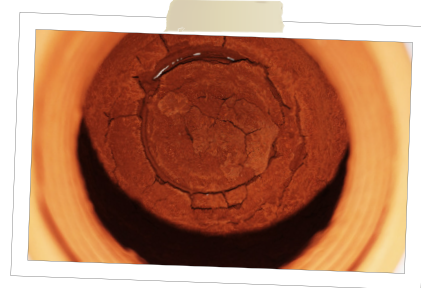


Fig 51: Proceso de **secado a temperatura ambiente** de cada prueba cerámica preparada/ Fuente: Elaboración Propia.



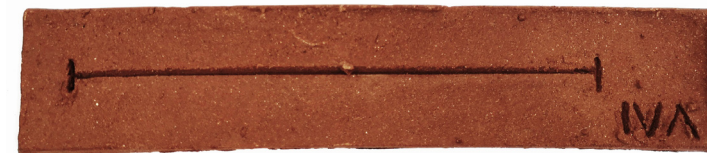
Muestra Greda I
(100 a 90 mm)



Muestra Greda II
(100 a 91 mm)



Muestra Greda III
(100 a 92 mm)



Muestra Greda VI
(100 a 92 mm)

Fig 52: Pruebas de **secado a temperatura ambiente (A)** de las 4 pruebas de material cerámico. Gredas I, II, III y IV (100 mm) Fuente: Elaboración Propia.

Los resultados obtenidos muestran que hubo muy poca variación entre todas las muestras respecto a la contracción del material con el secado natural, disminuyendo **10 mm** aprox. cada pieza.

Otra variación a considerar en cada prueba es la diferencia en el peso por **deshidratación** al evaporarse el agua contenida en su interior, **endureciéndose** totalmente el material generando un poco de **resistencia** y menos fragilidad, al petrificarse durante el secado.

Plasticidad

Método que consiste en **amasar un Lulo** con el material y enrollarlo en forma de espiral.

De este modo se pueden observar la formación de **grietas** en el material cerámico, y así poder estimar su *calidad para modelar* (moldeable).



Greda **Normal** (I)

Presenta un grado de plasticidad **adecuado** para modelar, si bien presenta grietas al doblarse, conserva su elasticidad y no se parte (rompe) con facilidad, al secarse mantiene adherida su estructura y no se necesita humedecer demasiado para lograr un nivel de consistencia óptimo para trabajar (retiene moderada humedad).



Greda **60** (II)

Presenta un grado de plasticidad **regular** para modelar, si bien se agrieta bastante al doblarse conserva su elasticidad, sin embargo se parte (rompe) con facilidad, y al secarse no se logra mantener unida su estructura, se necesita humedecer constantemente para lograr un nivel de consistencia óptimo para trabajar, ya que se tiende a secar bastante rápido.



Greda **80** (III)

Presenta un grado de plasticidad **muy bueno** para modelar, se agrieta poco al doblarse y conserva bien su elasticidad sin partirse (rompe) con facilidad, su estructura se adhiere bien al secarse, y no se necesita humedecer mucho para lograr un nivel de consistencia óptimo para trabajar (retiene bien la humedad).



Greda **120** (IV)

Presenta un **excelente** grado de plasticidad para modelar, se agrieta muy poco (levemente) al doblarse y posee una muy buena elasticidad sin partirse (rompe) con facilidad, su estructura se adhiere bien al secarse, y no se necesita humedecer mucho para lograr un nivel de consistencia óptimo para trabajar (retiene muy bien la humedad).

Fig 53: Muestras de *grado de plasticidad* en greda normal y refinada por tamizado (60 - 80 - 120)/ Fuente: Elaboración Propia.

Temperatura de Cochura y Contracción

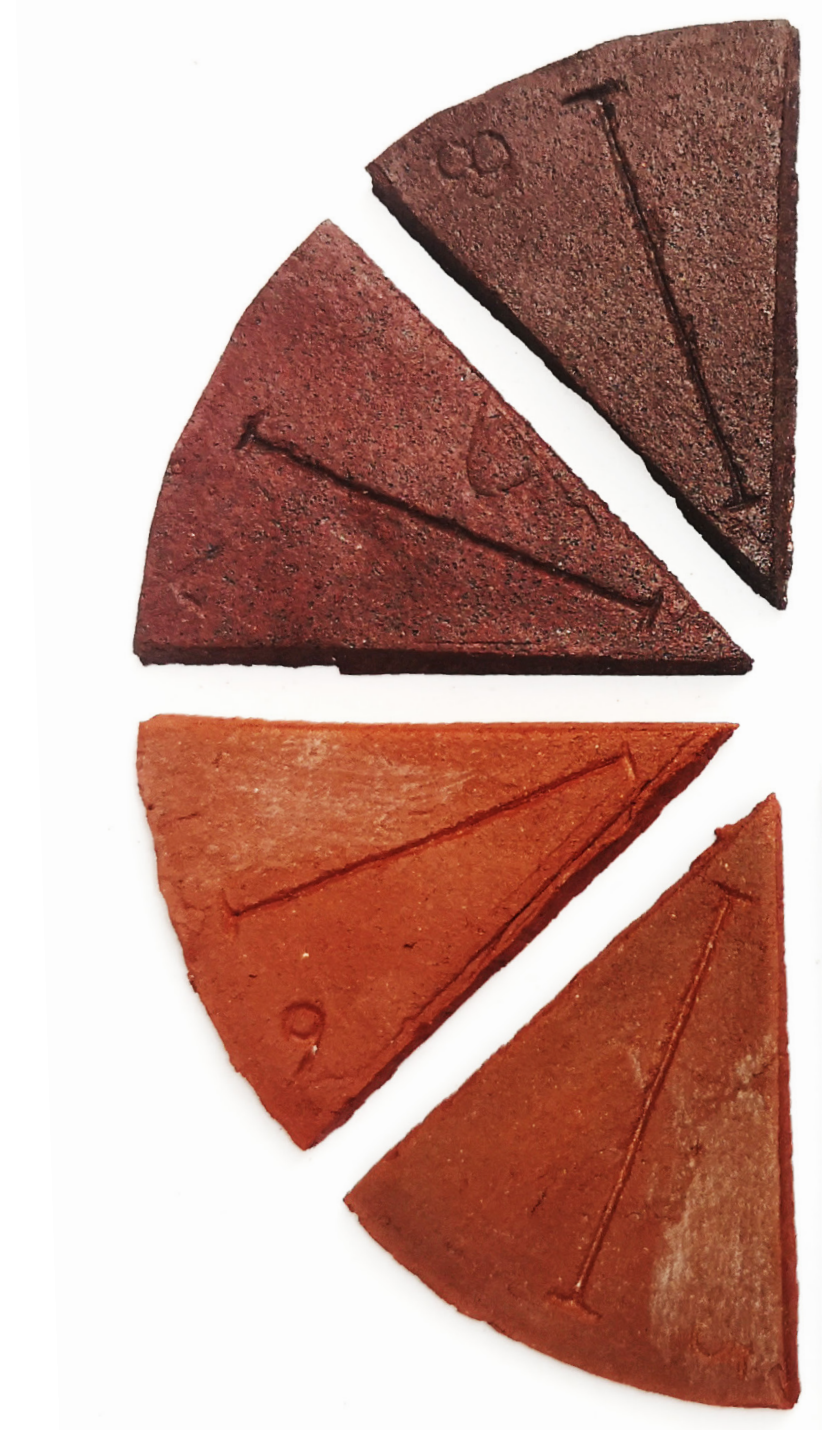
Se utilizaron *piezas rectangulares* de cada una de las pruebas cerámicas preparadas, marcándolas con un fragmento de *100 mm.* en medio, para medir la ***distancia de contracción*** y el comportamiento del material.

Dichas piezas se dejaron *precalentar* por un tiempo sobre la tapa del horno para eliminar la humedad de la greda cruda, y después ***quemarlas a distintas temperaturas*** de cocción, semejante a las T° alcanzadas en el horno de barro tradicional (***Horno de Pan***), donde se sabe que las Monjas Clarisas quemaban sus piezas artesanales) durante 6-7 horas aprox. (Roa Heresmann, 1975)

Dichas temperaturas alcanzadas en la ***quema*** con el horno de barro, varían aproximadamente entre los 600°C - 1.200°C, por lo que cada prueba se realizó a partir de las temperaturas:

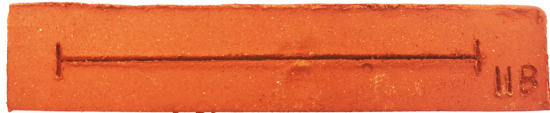
- 600 – 680° C. aprox. (B)
- 800 – 870° C. aprox. (C)
- 1.000 – 1.200° C. aprox. (D)

Simulando posibles resultados conseguidos en la quema con el horno de pan, utilizado por las Monjas Clarisas en aquella época.





Muestra Greda I
(100 a 89 mm)



Muestra Greda II
(100 a 90 mm)



Muestra Greda III
(100 a 90 mm)



Muestra Greda VI
(100 a 89 mm)



Muestra Greda I
(100 a 88 mm)



Muestra Greda II
(100 a 89 mm)



Muestra Greda III
(100 a 86 mm)



Muestra Greda VI
(100 a 86 mm)

Fig 54: Pruebas de *quema a 600 - 680°C (B)* de las 4 pruebas de material cerámico. Gredas I, II, III y IV (100 mm)/ Fuente: Elaboración Propia.

Fig 56: Pruebas de *quema a 1.200 - 1.500°C (D)* de las 4 pruebas de material cerámico. Gredas I, II, III y IV (100 mm)/ Fuente: Elaboración Propia.



Muestra Greda I
(100 a 90 mm)



Muestra Greda II
(100 a 91 mm)



Muestra Greda III
(100 a 90 mm)



Muestra Greda VI
(100 a 89 mm)

Fig 55: Pruebas de *quema a 800 - 870°C (C)* de las 4 pruebas de material cerámico. Gredas I, II, III y IV (100 mm)/ Fuente: Elaboración Propia.

Los resultados obtenidos muestran que hubo muy poca variación de contracción del material, entre las temperaturas de quema *B* y *C* en cada una de las muestras, manteniéndose la disminución aproximada de *10 mm*, alcanzada anteriormente con el secado natural de la pieza.

Sin embargo, a temperaturas de quema *D* existe una mayor contracción y *reducción* del tamaño de la pieza, llegando a *86 mm* aprox. *Endureciéndose* totalmente, siendo más resistente al conseguir *vitrificarse* después de la quema a altas temperaturas.

Perfumado de la Cerámica

El secreto del perfume que emitían las cerámicas perfumadas de las Monjas Clarisas, es la principal interrogante que *frena* la posibilidad de lograr recrear exactamente esta artesanía colonial.

Según antiguos escritos (originales) de las religiosas de aquella época, el aroma provenía del **barniz** que ellas mismas preparaban y después aplicaban a las piezas elaboradas, como *acabado* para generar el **brillo** y **perfumado** que tanto distinguía a su arte. (Cruz de Amenábar, De La Taille-Trétinville & Fuentes, 2019)

Dado las propiedades del **barniz** que elaboraban las monjas, muchas de las obras adquirirían propiedades complementarias a su funcionalidad, ya sea *medicinales* o *saborizantes*, determinado por el uso de algunas esencias naturales **Expectorantes** y **Dulces** que incrementan el agrado de sus consumidores, particularmente con los *Matecitos Perfumados*, que modificaban el sabor de las infusiones y abrían las vías respiratorias de quienes bebían de ellos. (Roa Heresmann, 1975)

Para simular resultados semejantes a dichas piezas cerámicas, se utilizaron las siguientes esencias naturales sobre cada una de las pruebas cerámicas elaboradas:



Esencia de Eucalipto



Esencia de Menta



Esencia de Rosas



Esencia de Frutos Rojos

Fig 57: Esencias Expectorantes

Fig 58: Esencias Dulces



Si bien las Monjas Clarisas perfumaban sus piezas por medio de la aplicación de un *barniz natural perfumado*, y no directamente sobre la arcilla.

Esta vez se aprovechó la superficie *porosa* de la greda como material cerámico, para aplicar directamente la esencia sobre la arcilla y lograr perfumarla por *absorción* del aceite esencial (*con base a alcohol*), a través de sus poros.

Dichas pruebas se llevaron a cabo sobre 2 tipos de muestras:

- *En crudo (A)*

En cada una de las piezas **se agregó 10 gotas de 15 ml. de esencia natural** en su interior, dejando secar a temperatura ambiente por **30 días**, después que el aceite es absorbido totalmente por los poros de la arcilla.



Fig 59: Perfumado en las 4 muestras de material cerámico en *crudo (A)*/ Fuente: Elaboración Propia.

Los resultados obtenidos en algunas pruebas mostraron que el aroma del perfume se volvió más **prominente y duradero** que en otras, en el siguiente orden:

Prueba Greda II > Prueba Greda III
> Prueba Greda IV > Prueba Greda I.

Dichos resultados son los mismos independientemente de si las piezas están **abiertas o cerradas**, lo único que cambia es la mayor **intensidad del aroma** en las piezas que permanecen **cerradas**.



Fig 60: Pruebas de perfumado en las 4 muestras de material cerámico en *secado natural (A)*/ Fuente: Elaboración Propia.

- *Quemadas a 800 - 870°C. (C)*

Debido a que resulta ser una temperatura óptima de quemado, en la que no se llega a vitrificar totalmente la cerámica, estando todavía **abiertos los poros** en la superficie del material.

Es importante reparar en el hecho que el aceite esencial se **pierde con la quema (altas temperaturas)**, debido a su composición con base a alcohol (OH), siendo muy **volátil**.



Fig 61: Perfumado en las 4 muestras de material cerámico *quemado (C)*/ Fuente: Elaboración Propia.

Por lo que se agregó 10 gotas de 15 ml. en cada una de las piezas, **después de haber sido quemadas y enfriadas al aire libre**.

Los resultados obtenidos de las pruebas perfumadas fueron los siguientes:

Prueba Greda III > Prueba Greda II
> Prueba Greda IV > Prueba Greda I.



Fig 62: Pruebas de perfumado en las 4 muestras de material cerámico *quemado a 800 - 870°C. (C)*/ Fuente: Elaboración Propia.

Inpermeabilidad con *Curado* de la Greda

La cerámica es un material bastante *poroso* que *filtra* y se *humedece* con facilidad, siendo necesario el **sellado** o vitrificación de los productos cerámicos para su *uso doméstico*, ya que de no ser así los componentes de la arcilla se mezclan con las preparaciones realizadas en ellas, resultando dañino para la salud del consumidor.

El método más común para lograr un buen *cerrado de los poros* es por medio de la quema de la pieza cerámica a temperaturas altas ($> 1.000^{\circ}C$), ya que bajo esa condición se consigue *vitrificar* el material, volviéndose más *duro*, *resistente* (vidrioso) e **impermeable**, perfecto para poder ser utilizado.

Antiguamente la técnica de *vitrificación* de la arcilla por quema a altas temperaturas no era un método infalible, debido a que el proceso de quema de los objetos cerámicos por *combustión* no logra alcanzar las temperaturas adecuadas para vitrificar el material, en comparación con el uso del *horno eléctrico*.

Es por eso que para lograr un buen sellado del material e impedir su filtración y humedecimiento, los productos después de ser quemados a bajas temperaturas ($< 1.000^{\circ}C$), eran *Curados* o cubiertos por *componentes impermeables* como la *cera* o *leche*, para **tapar** los poros de la arcilla y así prevenir que las preparaciones se filtren por las paredes del objeto al ser utilizado. (Bruguera I Talleda, 1985)

Las siguientes pruebas de *Curado de la Greda*, se llevaron a cabo por medio de la **inmersión de las piezas cerámicas** en:

- Leche Entera de Vaca.
- Aceite Vegetal de Almendra.
- Cera Pura de Abeja.



Fig 63: Inmersión (30 seg.) de la muestra de greda IV (C) en *leche hirviendo*/ Fuente: Elaboración Propia.

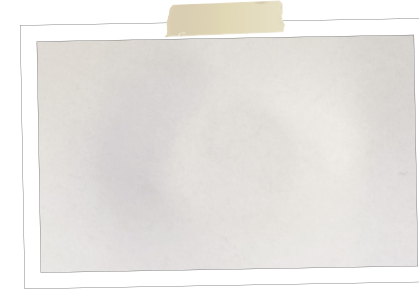


Fig 64: Inmersión (30 seg.) de la muestra de greda IV (C) en *aceite vegetal hirviendo*/ Fuente: Elaboración Propia.



Fig 65: Inmersión (30 seg.) de la muestra de greda IV (C) en *cera derretida de abeja*/ Fuente: Elaboración Propia.

Curado en Leche



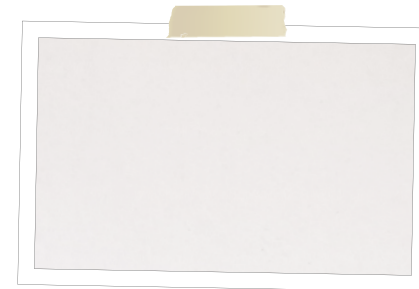
Baja Filtración

Curado en Aceite



Filtración Regular

Curado en Cera



Sin Filtración

Fig 66: Secado a temperatura ambiente de las pruebas de impermeabilidad con curado/ Fuente: Elaboración Propia.

Fig 67: Se agregó agua hirviendo a cada una de las pruebas para comprobar su grado de filtración/ Fuente: Elaboración Propia.

Fig 68: Grado de filtración de cada prueba después de 3 horas, sobre una superficie de papel/ Fuente: Elaboración Propia.

III.c Conclusiones del proceso de experimentación

Reflexión y Posibles Proyecciones de Investigación

Con base a los resultados obtenidos en la presente investigación realizada, es posible concluir que a pesar de apoyarse en las etapas del proceso de producción artesanal descrito por la investigadora Vanya Roa Heresmann, para alcanzar resultados de manufactura parecidos al de las obras originales, resulta ser un desafío prácticamente imposible.

Debido a que la calidad de los materiales de los que disponían las Monjas Clarisas en aquella época, no siguen existiendo actualmente en Chile, bajo las mismas condiciones y nivel de calidad. Un ejemplo claro de esto, está en su mayor atributo, *el perfume*.

Como las pruebas cerámicas no se resguardaron, y la esencia era absorbida directamente por los poros en la superficie de la arcilla, el aroma presentó leves variaciones en su *intensidad* (dependiendo de la muestra perfumada), desvaneciéndose gradualmente con el paso de los días, llegando a perderse en algunas pruebas cerámicas casi en su totalidad.

Lo que supone la posibilidad de que el bálsamo utilizado por las religiosas originalmente, fuese muy distinto a las actuales esencias que hoy se venden en el mercado, ya que seguramente estaban menos procesadas químicamente y mucho más concentradas.

A pesar de que la cerámica es un material poroso que absorbe humedad y por ende se logra perfumar al sorber las esencias aromáticas, la investigación de la artesanía perfumada de las Monjas Clarisas por Vanya Roa Heresmann, revela que el perfume se encontraba impregnado en el *barniz*, y no en la arcilla, por ende queda pendiente el estudio de un barniz adecuado (de base natural) que logre retener los aromas en su composición, y permita perfumar piezas cerámicas por un tiempo prolongado, además de entregar el acabado brillante que se logra distinguir en las obras originales.



Fig 69: Rueda cromática de arcilla (greda 120) experimental, quemada a diferentes temperaturas para evaluar su nivel de *contracción* (<30 mm.), cambio de *color*, grado de *vitrificación*, entre otras variables de estudio/ Fuente: Elaboración Propia.



Otra cualidad importante de esta artesanía es el uso del *color* o *pintado* de la obra cerámica, el cual no se consideró como variable de investigación, ya que es una etapa del proceso de producción artesanal que no influye directamente sobre los cambios presentes en el material cerámico, trabajando con el *color natural de la greda*, con el objetivo de estudiar el grado de variación presente en su colorimetría, conforme se va experimentando con la arcilla.

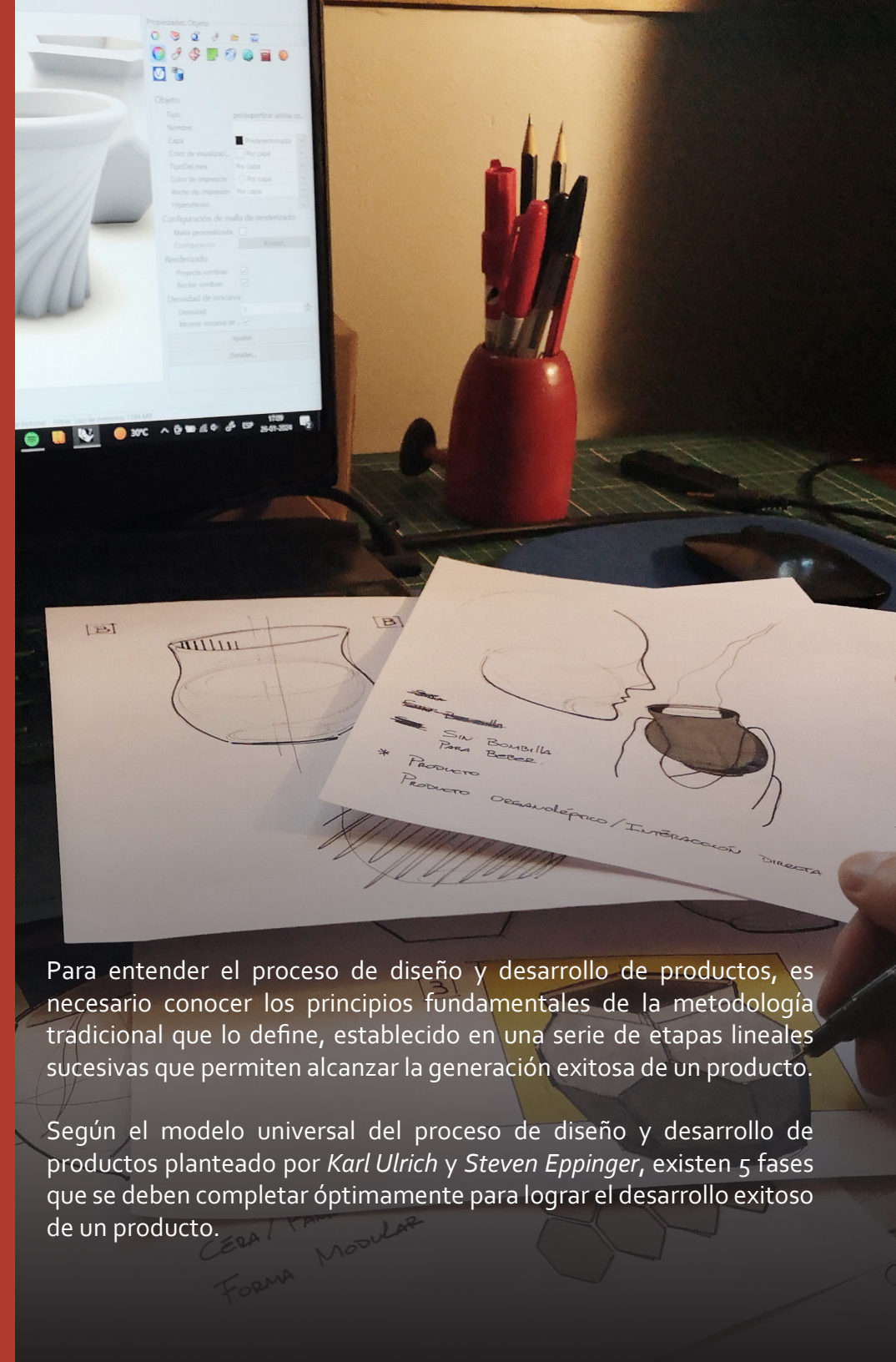
Si bien la ornamentación es un elemento innato del oficio artesanal de la cerámica perfumada de las Monjas Clarisas, corresponde a una etapa del proceso productivo que difícilmente se puede replicar bajo el uso de tecnología de fabricación digital y producción en serie, ya que el nivel de detalles plasmado en cada una de las obras de las religiosas es único, y son una fiel representación de los resultados obtenidos, a partir de la *fabricación con las manos*, siendo así los resultados de manufactura obtenidos a partir de este proyecto de diseño, de un estilo mucho más contemporáneo.

A partir de lo investigado, se averiguó que las piezas manufacturadas en Chile por las Monjas Clarisas poseían un valor mucho más alto que las artesanías fabricadas en otras congregaciones del mundo, ya que se consideraban superiores en calidad, seguramente por las grandes cualidades que poseían las *materias primas* en Chile, lo que les permitía conseguir mejores resultados de manufactura.

Por lo que trabajar la ornamentación, barniz y el uso de *pigmentos naturales* para la decoración de las obras perfumadas, es un desafío que aún falta por lograr, para completar el proceso de producción que define a esta artesanía.

CAPÍTULO IV

DISEÑO Y DESARROLLO DE PRODUCTOS



Para entender el proceso de diseño y desarrollo de productos, es necesario conocer los principios fundamentales de la metodología tradicional que lo define, establecido en una serie de etapas lineales sucesivas que permiten alcanzar la generación exitosa de un producto.

Según el modelo universal del proceso de diseño y desarrollo de productos planteado por *Karl Ulrich* y *Steven Eppinger*, existen 5 fases que se deben completar óptimamente para lograr el desarrollo exitoso de un producto.

IV.a Fase 0/ Planeación

Misión del Proyecto de Diseño

Definición del proyecto de diseño, especificando las oportunidades y objetivos de mercado que tendrá el nuevo producto a desarrollar, con base a una estrategia corporativa de la empresa: evaluar la disponibilidad de nuevas tecnologías y diseño del producto, identificar las restricciones de la producción y asignar los recursos que se utilizarán para el proyecto.

Oportunidad de Diseño

Con base a lo planteado anteriormente por algunos autores en la justificación de la problemática del presente proyecto, se puede suponer que los medios de producción (tecnología y materiales) están disponibles dentro del territorio, marcando una posibilidad para el desarrollo de la industria de fabricación 4.0 del país, transformando la producción tradicional característica de la zona en un método avanzado de producción nacional, incorporando los nuevos avances tecnológicos de la fabricación digital a la manufactura ancestral de las artesanías.

Siendo necesario conocer los materiales y metodologías de fabricación artesanal compatibles con este tipo de herramientas digitales, para poder experimentar e innovar en nuevas metodologías de fabricación a nivel industrial, integrando conocimientos ancestrales de la cultura de Chile al diseño y desarrollo de productos modernos y utilitarios, que estén al nivel de competir en calidad y eficiencia, entregando una propuesta de valor innovadora que optimice al producto en su funcionalidad práctica, económica, edónica, simbólica y estética.

Esto se puede traducir en lograr cambiar un poco la percepción que se tiene tradicionalmente de las artesanías, que generalmente son vistas como *productos decorativos* sin mucho valor y utilidad, debido al general desconocimiento que tienen las personas respecto a la calidad de sus materiales y grado de manufactura.

Dentro del valor agregado que entrega la producción artesanal, está la optimización en el uso de materias primas locales, que llevadas al diseño y desarrollo de productos con el uso de herramientas de fabricación digital, representaría una oportunidad de avanzar hacia el desarrollo de una industria de fabricación sustentable y economía circular, basadas en los principios del ecodiseño y la cultura nacional, entregando un sello de tradición y reconocimiento de producción *hecho en Chile*.

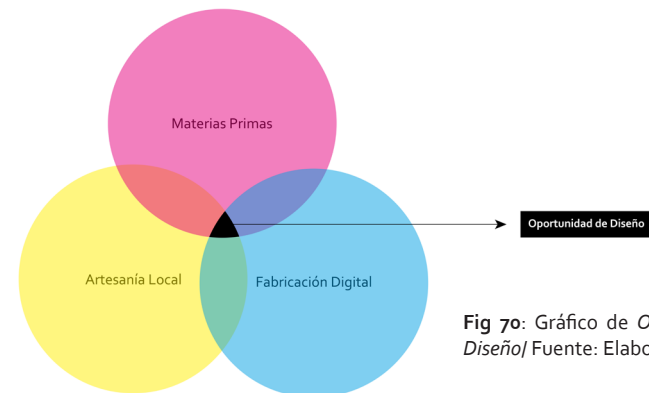


Fig 70: Gráfico de *Oportunidad de Diseño*/ Fuente: Elaboración Propia.

Objetivos del Proyecto de Diseño a Desarrollar

- Definir un proceso de producción sostenible que aumente las competencias en el oficio y manufactura de un producto artesanal para el emprendimiento, a través de la incorporación de nuevas tecnologías de fabricación 4.0.
- Mostrar una propuesta de valor sustentable e innovadora, por medio del estudio de los principios del ecodiseño y economía circular de un producto, junto al uso de una materia prima local de la Región Metropolitana.
- Distinguir la manufactura y huella de un producto hecho en Chile, mediante la abstracción de una artesanía única que se haya producido en el país.
- Sugerir un nuevo oficio de producción industrial basado en la manufactura artesanal de Chile, mediante el uso de herramientas de fabricación digital.

Definición del Proyecto de Diseño

Con base a los puntos descritos anteriormente en el levantamiento de información teórica de la presente investigación, se apuntó hacia la manufactura artesanal basada en el oficio de la cerámica, que se ha llevado a cabo en la Región Metropolitana desde el comienzo de la historia de Chile.

Centrándonos en la elaboración de la legendaria artesanía de la Cerámica Perfumada realizada por las Monjas de Santa Clara en los inicios del Chile colonial, con el propósito de continuar con el oficio de una artesanía olvidada, que destacó inigualablemente en su manufactura del resto de productos fabricados con cerámica en la historia del país, presentando una oportunidad para potenciar la producción alfarera nacional y desarrollar nuevos productos con un mayor valor agregado.

Actualmente este tipo de producción ha avanzado en la incorporación de nuevas tecnologías de fabricación, lo que abre una ventana al desarrollo e innovación en el oficio, reflejándose en el aumento de los niveles de competencia y calidad de manufactura de los productos cerámicos.



Fig 71: Colección de artesanías perfumados de las Monjas Clarisas (Siglo XIX - XX). Tetera con Tembleques/ Fuente: Colección Museo Histórico Nacional, Santiago.

El desarrollo de la fabricación 4.0, ha revolucionado las técnicas de producción en diferentes escenarios industriales, siendo la cerámica o alfarería una de las principales áreas de integración de nuevas tecnologías de manufactura en el oficio, que se están difundiendo en el mercado.

Para ello es fundamental que los productores estén actualizados en el manejo de nuevos métodos de fabricación avanzada para el desarrollo de sus competencias y mejorar su producción, ya sea por

medio de una capacitación o talleres de fácil acceso para aquellos usuarios profesionales instruidos en la disciplina, y quieran actualizarse para potenciar su emprendimiento, renovando la calidad de sus productos.

Lo que hace del diseño y desarrollo de productos cerámicos, un oficio que escala a niveles de producción industrial avanzada por medio del uso de tecnología de fabricación 4.0, como consecuencia de la colaboración entre el oficio y tradición de un conocimiento de fabricación originalmente artesano, pero que es realizado por una *máquina-herramienta* de manufactura industrial.

Losing my America

Como referente inspiracional para el desarrollo del presente proyecto de diseño, se tomó la colección *Losing my America* realizada por el estudio *gt2P* en colaboración con diferentes artesanas y artesanos nacionales, la cual propone el desarrollo e intervención de piezas artesanales icónicas en colaboración con diseñadores y productores, expresando el choque de dos mundos (industrial y artesanal) e identificando la resistencia de las tradiciones artesanales con la progresiva pérdida de resolución en los procesos digitales, buscando mantener su esencia de la expresión original en el oficio.

Se rescata la identificación y catastro de oficios artesanales con un alto valor sociocultural y económico, que tengan el potencial de colaborar con diseñadores a través del intercambio de conocimientos de fabricación, con el objetivo de sistematizar las técnicas de manufactura artesanal, y fortalecer sus economías locales. (gt2P, 2014)



Fig 72: Colección *Losing my America*. *The Oveneral* Fuente: gt2p.com.

Tecnología de Fabricación a Utilizar

Dentro de la variedad de *máquinas-herramientas* de fabricación digital que existen actualmente, podemos encontrar aquellas que *imprimen* objetos tridimensionales (en 3D), por medio de la adhesión sucesiva de capas de material hasta completar la estructura del producto, lo que lleva el nombre de fabricación por adición de material o impresión 3D.

La tecnología de impresión 3D, utiliza una amplia gama de materiales que sigue creciendo a medida que avanza en funcionalidad de producción, ya que es conocida por ser una herramienta de fabricación experimental, que busca alcanzar un grado de manufactura industrial a gran escala como tecnología de producción primaria.

Entre los materiales utilizados encontramos principalmente:

- Plásticos
- Metales
- *Cerámica*, Arena y Hormigón
- Materiales Orgánicos (Experimentales)

Con base al objetivo general planteado en la presente investigación a través del diseño, se escogió trabajar con la marca de herramientas de impresión 3D con cerámica EAZAO Zero, para la realización de este proyecto de diseño.

The logo for EAZAO, featuring the brand name in a stylized, lowercase, sans-serif font. The letters are white and set against a dark background. The 'e' and 'o' are particularly prominent, with the 'e' having a circular shape and the 'o' being a simple circle.

Fig 73: Máquina de fabricación por impresión 3D con cerámica, marca EAZAO/
Fuente: eazao.com

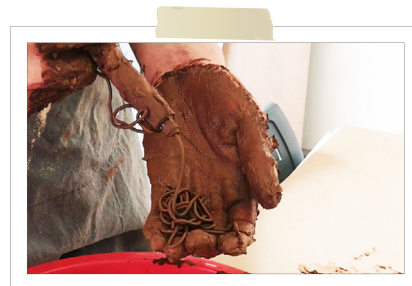
Configuración CAM y Preparación del Material Cerámico

Para llevar a cabo la fabricación de piezas cerámicas, por medio del uso de esta tecnología de fabricación digital por extrusión de material, se deben configurar los requerimientos de preparación necesarios para llevar a cabo la producción CNC, los cuales son:

- **Elaboración del material a imprimir**

Para una correcta manufactura de impresión y extrusión del material, es necesario preparar correctamente la arcilla con la cual se desea fabricar.

Para ello el material debe estar lo suficientemente húmedo y maleable para poder ser extruido con facilidad (a través de una jeringuilla), la **greda refinada** tiene la ventaja de ser una cerámica suave y consistente que acumula muy pocas burbujas de aire en su interior, al tener una baja cantidad de arena y otras impurezas que le otorgan mayor dureza, resulta ser bastante **plástica y maleable** al extruirla sin mucho esfuerzo.



Para lograr este resultado, se fue probando la greda con diferentes cantidades de agua, hasta conseguir la conversión ideal de **arcilla/agua**:



La boquilla de impresión que se utilizó corresponde a la de **2.2 mm (azul)** de diámetro de abertura, debido a que se requirió de una mayor extrusión de cerámica.



Fig 74: Boquillas. Rosa (0.6 mm). Gris (1.2 mm). Verde (1.6 mm). Azul (2.2 mm)
Fuente: eazao.com.

Otra ventaja de trabajar con este material cerámico es su alta calidad en el oficio de manufactura, ya que permite conseguir **piezas con superficies prolijas**, que realzan los detalles de la figura sin mostrar ninguna imperfección, debido a la óptima unión que se consigue entre las capas de extrusión con el material.

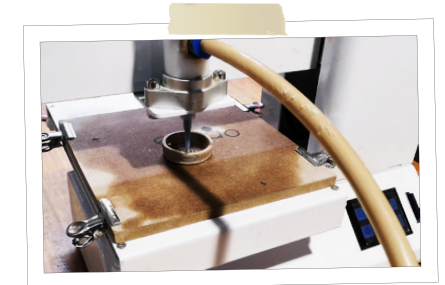
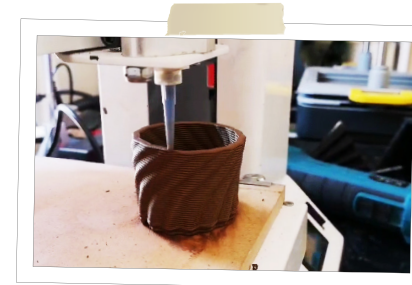


Fig 75: Impresión de cerámica con **greda refinada 120**/Fuente: Elaboración Propia.

Fig 76: Impresión de cerámica con **arcilla para modelar**/ Fuente: Elaboración Propia.

- Configuración de los parámetros de impresión

Para simular el resultado de manufactura realizado por la impresora 3D. Por medio de la utilización del software de manufactura CAM **Ultimaker Cura 5**, en el cual se precisó los *parámetros de impresión* necesarios para efectuar una correcta fabricación de cada una de las piezas cerámicas como:

- **Altura de Capa** ————— 1.0 mm.
- **Velocidad de Impresión** ————— 20.0 mm/s.
- **Grosor de Capa superior** ————— 1.5 mm.
- **Grosor de Capa Inferior** ————— 6.0 mm.

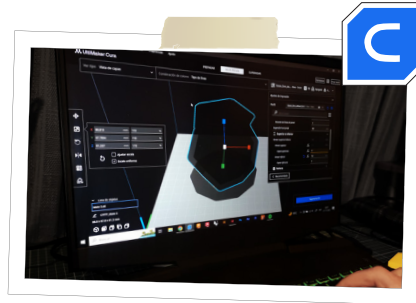


Fig 77: Perfil de impresión Eazao_Zero/ Fuente: Elaboración Propia.

Para lograr una impresión ideal de la pieza cerámica, resulta necesario modificar la opción de grosor de capa inferior a > 1.0 mm (predeterminado), en este caso de **6.0 mm**, ya que al realizar la impresión de una sola capa, utilizando la configuración predeterminada del perfil de la impresora *Eazao_Zero*, no se realiza una correcta impresión de la base de la pieza, perdiéndose en el proceso.

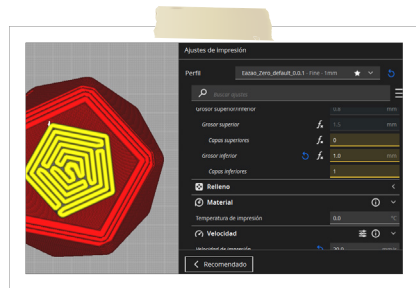


Fig 78: Resultado de impresión con configuración de grosor de capa inferior: **1.0 mm** (predeterminado). Escala 100%/ Fuente: Elaboración Propia.

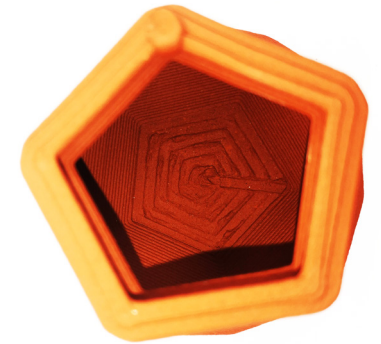
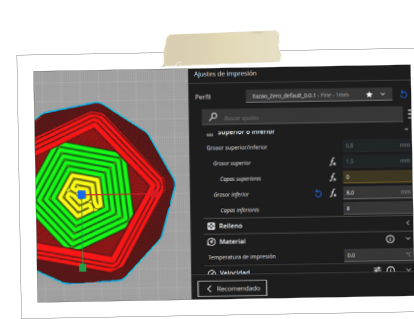


Fig 79: Resultado de impresión con configuración de grosor de capa inferior: **8.0 mm**. Escala 110%/ Fuente: Elaboración Propia.

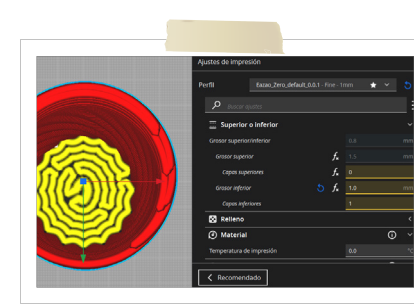


Fig 80: Resultado de impresión con configuración de grosor de capa inferior: **1.0 mm** (predeterminado). Escala 100%/ Fuente: Elaboración Propia.

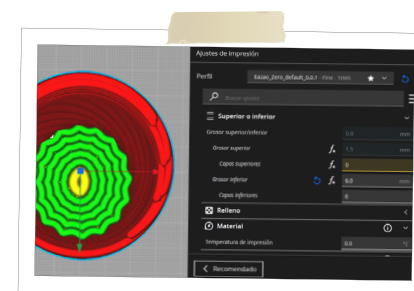


Fig 81: Resultado de impresión con configuración de grosor de capa inferior: **6.0 mm**. Escala 82%/ Fuente: Elaboración Propia.

En caso de que se deba modificar la escala del tamaño de la pieza a imprimir, también es necesario modificar nuevamente los parámetros de impresión, según sean los resultados de manufactura simulados en el software CAM.

Si bien la tecnología de impresión 3D en cerámica Eazao_zero ofrece resultados de manufactura en impresión 3D ilimitados, aún sigue siendo una herramienta de fabricación digital en desarrollo, en comparación a otras tecnologías de fabricación por extrusión de material (FDM) más avezadas, presentando algunas limitaciones de fabricación como la *forma de las piezas* cerámica a imprimir, ya que algunos cuerpos no se logran simular correctamente en el software CAM, ocasionando fallas en la impresión.

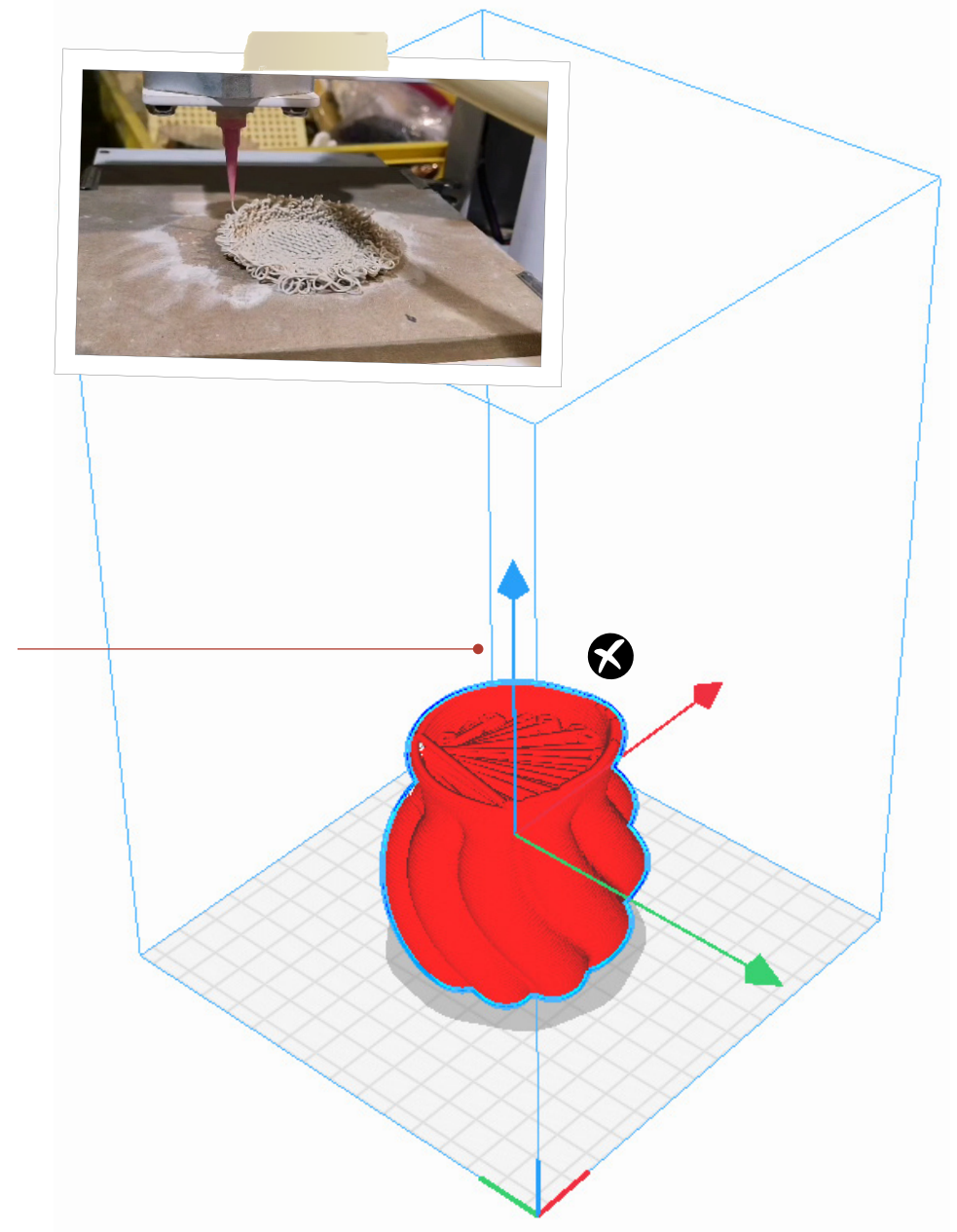
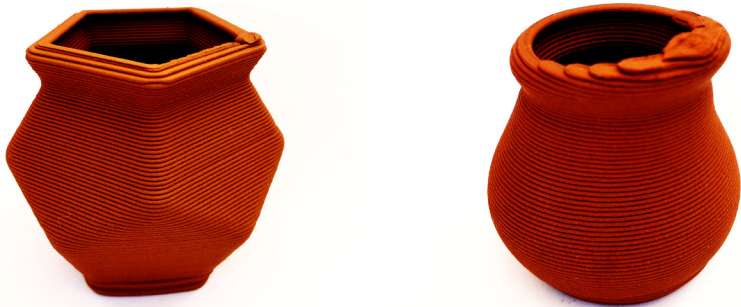


Fig 82: Fallas presentes en la *fabricación y simulación* del resultado de manufactura realizado por la impresora 3D. Por medio del software de manufactura CAM *Ultimaker Cura 5*/ Fuente: Elaboración Propia.

IV.b Fase 1/ Desarrollo conceptual

Requerimientos y Atributos de la Propuesta de Diseño a Desarrollar

Descripción de las propiedades del producto: funcionalidad e interacción con el usuario, propuesta formal, color, materialidad y terminaciones, entre otras especificaciones.

Para ello es necesario identificar las necesidades del usuario y la existencia de productos similares dentro del mercado objetivo, con el fin de proponer y evaluar conceptos de diseño del producto que se puedan desarrollar y prototipar, de esta forma se pueden estimar los costos y efectividad de producción.

FACTOR	REQUERIMIENTOS				ATRIBUTOS			
Práctico	Agarre ergonómico para manipular cómodamente el recipiente	Medio para mantener el aroma y temperatura (incluye tapa)	Mantenimiento de la temperatura	Fácil y seguro de limpiar, sin preocuparse por dañar el producto	Mantiene su esencia en cada uso durante el tiempo	Contenedor de infusiones (calientes)	Agarre lateral/ por los bordes superiores (para beber)	Recipiente para más de 80 o más ml de capacidad
Indicativo	Modo de uso explícito en las partes del objeto (a la vista)	Especificaciones de uso/ en cuál recipiente hacer una determinada preparación	Optimización del espacio que necesita para guardarse	Optimización del espacio que necesita para ser guardado	Contenedor de líquidos	Asas o bordes sobresalidos para el agarre	Borde para saber hasta dónde echar agua caliente en el recipiente	Producto de piezas ensamblables
Sensorial	Diseño estético y minimalista (forma simple)	Intensificar sensaciones de sabor y aroma	Armonía entre el oficio industrial y artesanal	Producto natural/ clara apreciación del material	Sensación agradable a los 5 sentidos	Acabado limpio/pureza y suavidad al tacto del material/ greda	Color natural del material de fabricación (greda)	Estructura conceptual simétrica
Simbólico	Diseño sustentable (ecodiseño)	Original de la manufactura artesanal de la RM/ Chile	Renovación de la manufactura artesanal de Chile	Representar un producto 100% chileno, alta calidad <i>hecho en Chile</i>	Producto Ecoamigable (rústico)	Representar la cultura y recuerdo del patrimonio de Chile	Manufactura histórica de la greda en la RM/ Chile	Función utilitaria de la cultura chilena del té
Producción	Basada en el Ecodiseño	Costos moderados de manufactura	Tiempo optimizado de fabricación (producción simple)	Modelo de negocio óptimo para emprender una pyme	Precio de venta óptimo para el consumidor	Proveerse de greda natural (de Pomaire) para la fabricación	Optimización del acabado, con el color y brillo natural del material	Producto biodegradable/ elementos de fabricación naturales

Fig 83: Tabla de *requerimientos* y *atributos* de la propuesta de diseño/ Fuente: Elaboración Propia.

Búsqueda de la Propuesta Conceptual

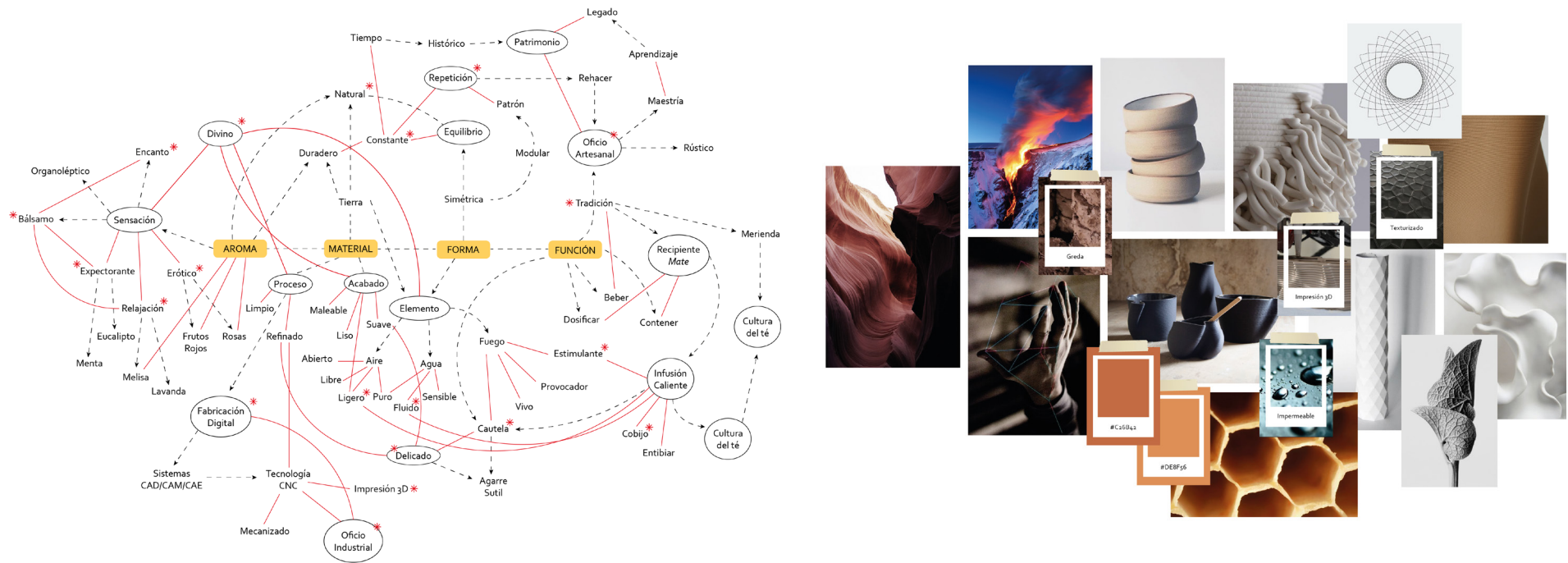


Fig 85: Búsqueda de *conceptos clave*: Mapa y Moodboard conceptual de la propuesta de diseño/ Fuente: Elaboración Propia.

El desarrollo conceptual de la propuesta de diseño surge a partir de la idea de *Artesanía Industrial*, la que se traduce en la unión colaborativa entre la esencia artesanal y la manufactura industrial.

Para ello se realizó un mapa conceptual basado en las principales características del producto, de las cuales se obtuvieron *palabras clave* y líneas conceptuales derivadas de su funcionalidad, materialidad, fabricación, estética y simbología.

IV.c Fase 2/ Diseño sistemático

Sistema Estructural del Producto

Componentes y definición de su geometría, especificando el funcionamiento e interacción de cada uno de sus subsistemas, y estableciendo un esquema del proceso de ensamblado final que se llevará a cabo durante la fase de producción.

Además se determinan los costos de fabricación, proveedores necesarios y precios de venta adecuados para el lanzamiento del producto al mercado.

Efectividad de Producción/ Modelo de Negocio

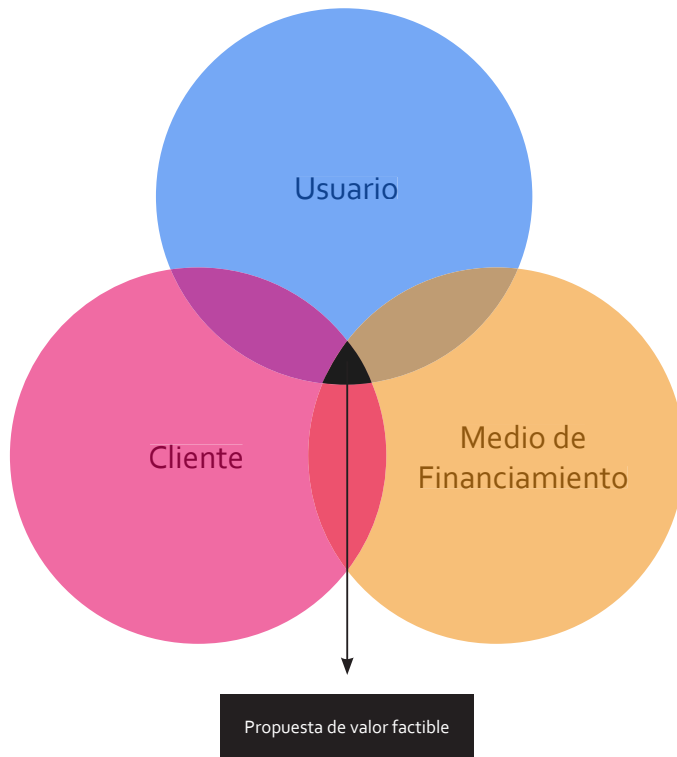


Fig 86: Gráfico de *Mapa de actores* que sustentan la *factibilidad* del proyecto de diseño/
Fuente: Elaboración Propia.

Para que el proyecto de diseño disponga de un grado de *sostenibilidad* eficaz, y se pueda presentar como una oportunidad de desarrollar un nuevo oficio para el *emprendimiento*, resulta fundamental determinar quiénes son los principales actores que participan y se pueden llegar a beneficiar con el presente proyecto.

Estos se designan como:

Usuario

Quien se encarga de realizar la *producción* y **creación del producto**, participa de manera activa en el proceso de aprendizaje y manufactura, enseñando las etapas del oficio a quienes quieran seguir creando.

Entre sus actividades están:

- **Presentación del proyecto/** resumen, definición de los objetivos, actividades de trabajo, importancia del proyecto.
- **Cotización y elaboración de presupuesto/** gastos.

Operacionales	De Personal	De Inversión
Transporte \$6.000 aprox.	Horas de Trabajo	Impresora 3D Eazao Zero \$ 893.584 aprox.
Material \$4.000 los 23 kg./ grada en bruto.		Accesorios y repuestos
Herramientas manuales		

- **Definir los aportes del proyecto/** aporte e impacto del proyecto de diseño, definir al público objetivo y contexto en que se va a realizar.

Ciente

Instituciones o consumidores que reciben el *servicio* propuesto, ya sea por medio de acuerdos mutuos con **organismos públicos** como *universidades, fundaciones y municipalidades*, o a través de la realización de *talleres, exposiciones*, entre otras *actividades de difusión*.

- **Alianzas** con instituciones para ocupar sus instalaciones.
- **Aporte cultural** y académico.
- **Clases** en beneficio a quienes quieran *aprender el oficio* de la cerámica perfumada con fabricación digital y reconocimiento del organismo público a cargo.

Medio de Financiamiento

Presupuesto entregado para llevar adelante el desarrollo del proyecto de diseño, en este caso resulta conveniente la postulación a **capital concursable** administrado por el estado de Chile.

Un ejemplo claro es el *fondo nacional de desarrollo cultural y las artes, FONDART* donde se debe presentar el proyecto a modo de *vender una propuesta de valor factible*.

- **FONDART** nacional de creación artística.
- Creación de cuenta Cultura.
- **Postulación a capital FONDART** de diseño/ Creación artística.
 - \$23.000.000 tope máximo de fondo concursable a solicitar.



Fig 87: Esquema de convocatorias a *Fondos de Cultura Nacional* Fuente: fondosdecultura.cl.

Siempre es bueno para postular a fondos de financiamiento, tener en cuenta la participación de instituciones educativas, ya que resulta ser un medio de colaboración factible con el aporte cultural a la sociedad.

Por lo que es fundamental rendir al máximo el presupuesto solicitado, en este caso por medio de la enseñanza y difusión de nuevos procesos de producción a los usuarios, con el objetivo principal de **crear**.

IV.d Fase 3/ Diseño de detalles

Especificaciones del Objeto de Diseño

Determinación de la forma, color, selección de materiales, terminaciones, partes y piezas, ensambles, tolerancias, entre otros. Se define y planifica el proceso de producción y ensamble del producto, junto con el diseño y registro de todas las piezas a fabricar (sketching y uso de software CAD) y los moldes a utilizar para cada una de ellas.

Morfogénesis

Dentro del catálogo de productos que elaboraban antiguamente estas *artesanías religiosas*, destacan por su utilidad los codiciados *matecitos* y *tazas perfumados*, y que entregaban a los usuarios que consumían sus infusiones en ellos una experiencia agradable de sabores y aromas, que les despertaban sensaciones únicas de placer y deseos de seguir consumiendo.

Si bien la geometría del producto a desarrollar parte de la base de ser un *recipiente contenedor para líquidos calientes*, es fundamental tener en cuenta el concepto sobre el cual se sostiene, representado visualmente en su estética, ya que la colección de productos elaborados por las Monjas Clarisas varían bastante en su diseño al incluir otros elementos en su ornamentación y relieve.

Marcando patrones geométricos y ciertos componentes emblemáticos como *platos* o *bandejas* en la base lisa, *asas laterales* para el agarre y diferentes ornamentos en relieve como *flores*, *pájaros* y *hojas* unidos a la pieza por *pastillaje*, destacando también sus colores de tonos *rojos*, *verdes* y *dorados* que les entrega una intensidad y brillo característicos. (Cruz de Amenábar, De La Taille-Trétinville & Fuentes, 2019)

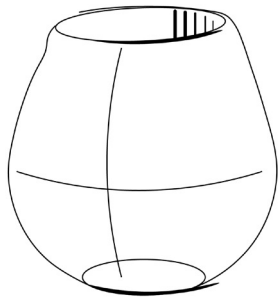


Fig 88: Mate de cerámica sin asa/
Fuente: Sweetea.cl.

Sin embargo, con base a la idea conceptual de *Artesanía Industrial*, se busca jugar con sus elementos característicos dentro de un diseño mucho más homogéneo, llegando a una morfología paramétrica compleja pero que a su vez resulta ser uniforme, limpia y minimalista.



Fig 89: Colección de *matecitos* y *tazas perfumados* de las Monjas Clarisas (Siglo XIX - XX)/
Fuente: Colección Museo Histórico Nacional, Santiago.

De la experiencia de usuario que entregaban estos productos, se distingue la difusión territorial de esta particular presentación del *mate chileno*, incluyendo elementos complementarios para consumir el mate como *bombillas*, *yerberas* para guardar la hierba mate, y depósitos para hervir el agua.

Generando una "cultura del mate", que caracterizaba y unía a la población regional de aquel entonces, ya que el mate fue el recipiente más típico utilizado en la región sur-andina entre el siglo XVIII a inicios del siglo XIX. Por otro lado, con la llegada de los marinos británicos a los puertos de Chile, se masificó la costumbre de beber té en todas las clases sociales reemplazando a la yerba mate, debido a que era una alternativa más económica de consumo.

(Peters & Núñez, 1999)



Fig 90: Moodboard CMF y lenguaje visual de la propuesta de diseño/ Fuente: Elaboración Propia.

Con base a lo explicado en capítulos anteriores, la customización del diseño en la fabricación digital, permite generar una cantidad ilimitada de formas y modificaciones del modelo a realizar, según sean los requerimientos del producto.

Para ello se tomaron como modelo estructural el uso de *formas modulares orgánicas* que simulan las proporciones y equilibrio natural del ecosistema, presentes en la configuración de superficies geométricas complejas que difícilmente se pueden llegar a realizar de manera manual, en contraste con el oficio alcanzado por la fabricación 4.0.



Fig 91: Búsqueda a través del boceto de ideas. Sketching de exploración de la forma y diseño de productos/ Fuente: Elaboración Propia.

Diseño CAD de la Propuesta/ Boceto

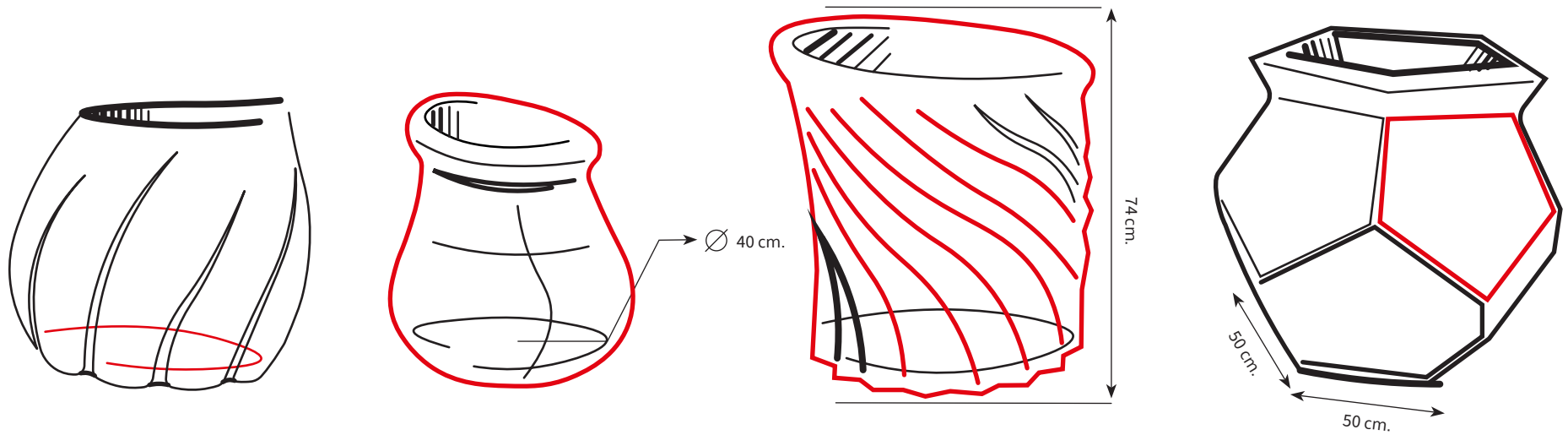


Fig 92: Determinación de parámetros de diseño en cuerpos geométricos a imprimir en 3D. *Matecitos*/ Fuente: Elaboración propia con el uso de software de diseño CAD Autodesk Fusion 360.

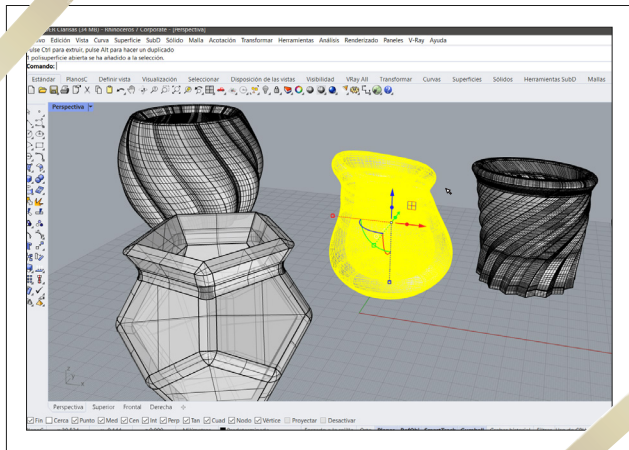
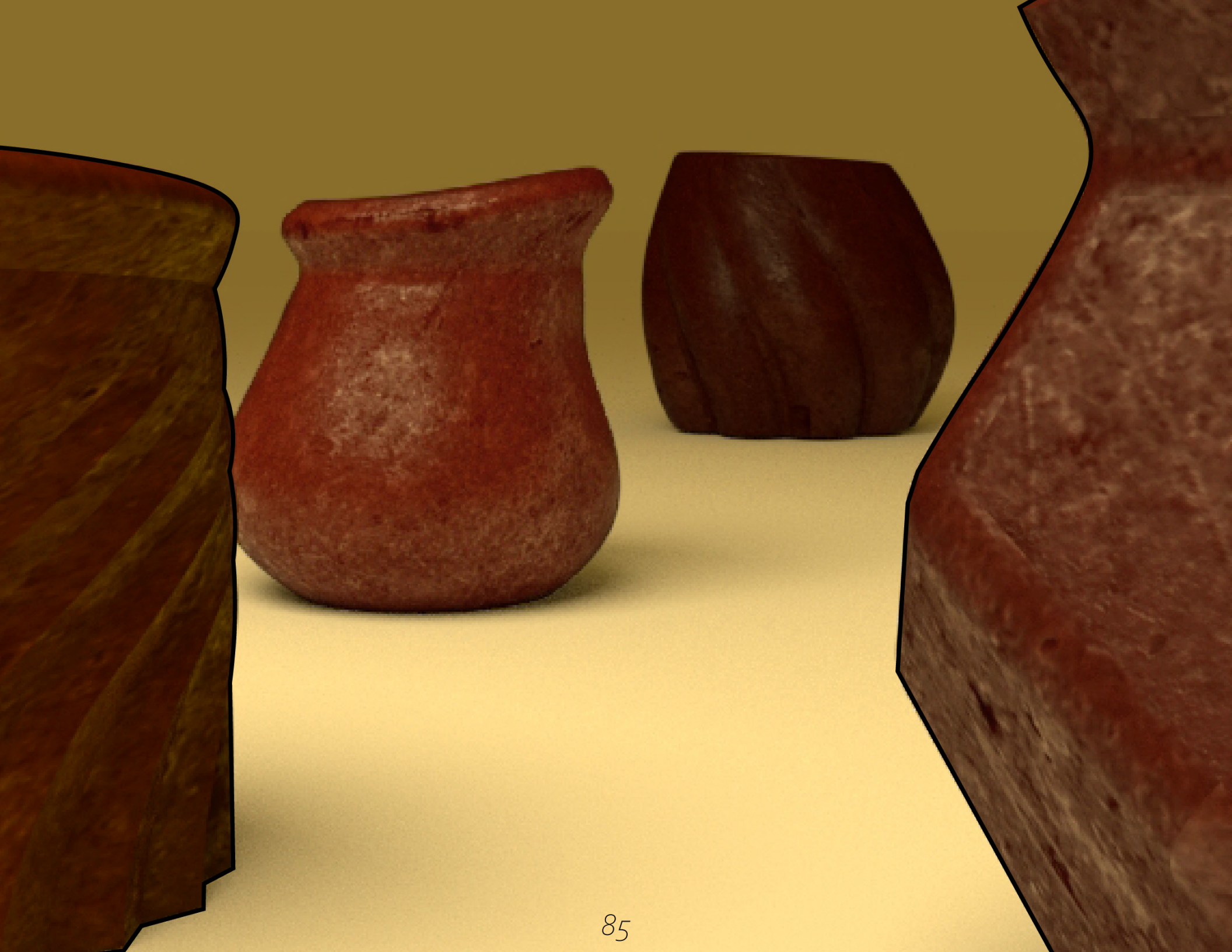


Fig 93: Diseño CAD y Renders de simulación de volúmenes cerámicos a imprimir en 3D. *Mates*/ Fuente: Elaboración propia con el uso de software de diseño CAD *Rhino*ceros 7.



IV.e Fase 4/ Pruebas y refinamiento

Desarrollo y Evaluación de Prototipos

Etapa de pre-producción es fundamental para determinar y resolver aquellas fallas presentes en el diseño de partes y piezas del producto, a través de pruebas con prototipos del producto antes de su producción, clasificándolos en 2 grupos según su enfoque:

- **Prototipos alfa**/ Primeros prototipos

Corresponde a la fabricación de partes y piezas en su versión real de producción, respetando la geometría original del producto y con la misma materialidad con que se piensa fabricar.

El objetivo de estos prototipos es determinar la factibilidad del diseño del producto y si logra cumplir con las exigencias del usuario al cual está dirigido.

- **Prototipos beta**/ Segundos prototipos

Corresponde a la fabricación de partes y piezas específicas del producto, con el propósito de probar su funcionamiento, usabilidad e interacción con el usuario para determinar los cambios necesarios que se deban realizar en el diseño del producto, y alcanzar un óptimo nivel de calidad.

Evaluación de la Propuesta de Diseño

Los prototipos realizados en formato de **matecitos de cerámica perfumados** a **escala 1:1**, corresponden a **prototipos físico- integrales**, ya que son el resultado de la integración de todas las etapas del sistema de producción de la cerámica perfumada, recreado con el uso de la tecnología (*manufactura de impresión 3D*) y materialidad (*greda*) de fabricación determinados para realizar el presente proyecto de diseño.

Para el diseño de los prototipos, se tomaron algunas *formas orgánicas parametrizadas* con el objetivo de validar la calidad del oficio de manufactura que se puede alcanzar con el uso de esta técnica de fabricación digital.

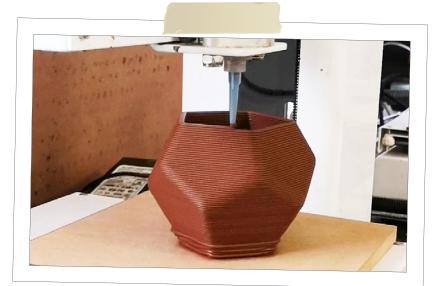
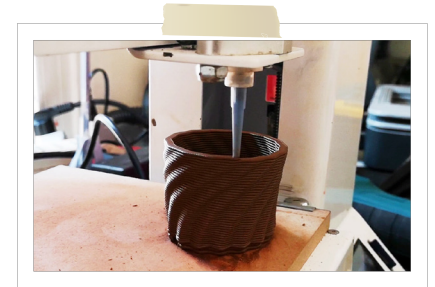


Fig 94: Elaboración de prototipos (Matecitos) de cerámica perfumados/
Fuente: Elaboración Propia.

Primero se realizó una evaluación de carácter *físico-enfocado* en el comportamiento y *cambios observables del material* cerámico (*greda*), en cada prototipo, durante el proceso de producción.

Existiendo una clara diferencia en sus propiedades, a medida que se avanza en cada una de las etapas del sistema productivo:

Pieza Cruda (Seca)



Pieza Quemada (C)



Pieza Terminada



- Posee el tradicional *tono marrón* de la greda seca a temperatura ambiente (A).
- Con la *petrificación del material cerámico* se adquiere una mayor *dureza y resistencia* de la pieza cerámica a romperse con facilidad.
- Posee un acabado natural *opaco* sin brillo.

- Posee una *tonalidad mucho más anaranjada*, característica de la greda quemada a una temperatura media de 800 - 870°C (C).
- Con el moderado estado de vitrificación del material alcanzado, se adquiere aún más *dureza y resistencia* de la pieza cerámica a romperse con facilidad.
- Adquiere un acabado *brillante* del material en su superficie.

- Al curar la pieza cerámica con cera natural pura de abeja, la greda consigue un *tono marrón mucho más oscuro* en comparación a cuando aún está cruda, y levemente rojizo (*caoba*).
- Mantiene el mismo grado de *dureza y resistencia* anterior, incluso después que *la cera es absorbida completamente por los poros del material*.
- Consigue un acabado natural de brillo *mate* una vez que la cera se seca (*sellado de la superficie*).

Fig 95: Diferencias de *tonalidad, dureza, y acabado*/ Fuente: Elaboración Propia.

Después se llevó a cabo una **segunda prueba** de carácter *analítico-integral* de su funcionamiento, evaluando su *grado de eficiencia y utilidad* al interactuar directamente con posibles consumidores del producto.

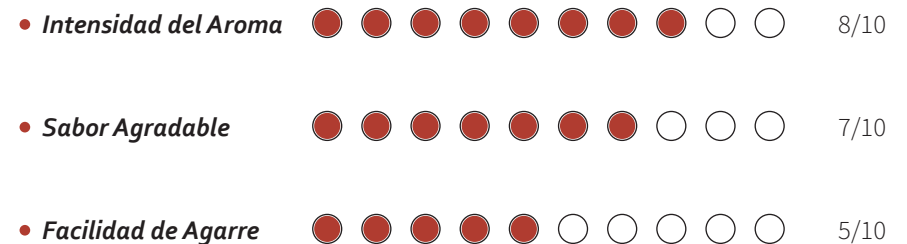


Fig 96: Resultados obtenidos de las *pruebas de prototipado* con enfoque *analítico-integral* del nivel de *utilidad y calidad* de la propuesta de diseño/ Fuente: Elaboración Propia.

Los resultados obtenidos describen realmente el nivel de *calidad y optimización* de la manufactura obtenida a través del proceso de producción definido, entregando una *ventaja en las competencias* de fabricación e *innovación de un oficio artesanal* discontinuado, impreso en la **propuesta de valor** del producto de diseño propuesto.

IV.f Fase 5/ Inicio de la producción

Determinación del Método de Fabricación

El objetivo de esta fase es resolver cualquier desafío que se pueda presentar en el proceso de producción y reconocer cualquier error presente en el producto final.

La idea es poner a disposición de los clientes más importantes la primera serie de producción, para evaluar sus resultados y así comenzar gradualmente con el funcionamiento del sistema de producción completo.

Proceso de Producción 4.0 de Productos Cerámicos

El proceso de producción a realizar consiste en la *fabricación digital de productos cerámicos* con **Greda**, la cual es previamente *refinada* y preparada para ser utilizada como sustrato de fabricación en la máquina de *impresión 3D con cerámica Eazao Zero*.

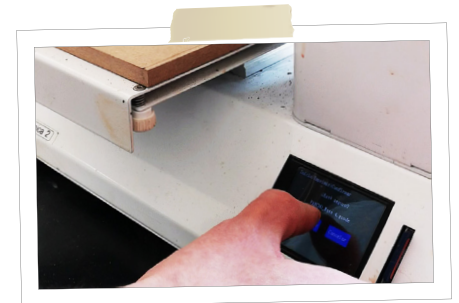


Fig 97: Máquina de fabricación digital en Impresión 3D con cerámica Eazao Zero + material cerámico para impresión (1kg. de greda procesada)/ Fuente: Elaboración Propia.

Una vez que el material cerámico alcanza las condiciones adecuadas de preparación para poder ser extruido por la impresora 3D, **se coloca dentro de un tubo (Cartucho)** de PVC transparente de aproximadamente 1 Lt de capacidad que irá conectado a la máquina por medio de un *motor de empuje* que se encargará de mover la arcilla preparada hacia el *motor de extrusión*, por medio de la **fuerza de presión** ejercida por el pistón.

Cuando **la arcilla llega al extrusor**, comienza a salir por la boquilla de impresión (de 2.2 mm. de diámetro en este caso), después de retirar el exceso de burbujas de aire contenidas durante el trayecto del material cerámico hacia la abertura de la boquilla, la máquina está lista para comenzar con la **manufactura de impresión 3D con cerámica**.

Se carga el **archivo.gcode** de la pieza a fabricar (*Mate n°*), previamente modelada y simulado en el software de manufactura CAM (*Ultimaker Cura 5*) con la configuración correcta del perfil de impresión de la máquina, a través de una **tarjeta SD** extraíble que se conecta directamente en la impresora 3D para llevar a cabo la **manufactura del producto**.



Al terminar la impresión de la pieza cerámica, se retira cuidadosamente con la **base de impresión** (madera mdf de 5 mm. de espesor) y se deja secar a temperatura ambiente en un lugar cerrado, con tal de evitar las corrientes de aire y cambios muy rápidos de temperatura que pueden llegar a agrietar la pieza recién impresa.



Después que la obra está completamente seca, se lleva a la quema en un horno eléctrico a una temperatura promedio de **800 - 870°C.** y se deja enfriar a temperatura ambiente, para luego ser *perfumada* (40 gotas) con esencias naturales y *curada* con cera derretida de abeja, con la pieza aún caliente, para evitar la generación de *grumos* al pincelar con la cera sobre la superficie del objeto cerámico.

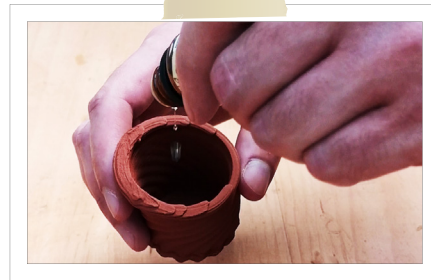


Fig 98: Curado de la pieza cerámica (greda) en frío, con cera natural (pura) de abeja. Generación de grumos de cera, sobre la superficie del material!
Fuente: Elaboración Propia.



De esta forma se evita la total *disipación* del aroma y la *filtración* del líquido que contendrá en su interior, **sellando** la superficie porosa de la greda. Dejando el producto cerámico apto para ser utilizado, una vez que está completamente seco (a temperatura ambiente).



- 1 Preparación del Material Cerámico
- 2 Acondicionamiento de la Impresora 3D
- 3 Impresión 3D
- 4 Secado de la Impresión
- 5 Quemado/ Cochura
- 6 Perfumado
- 7 Curado con Cera
- 8 Producto Terminado

Fig 99: Proceso de producción. *Fragamica.gcode*/ Fuente: Elaboración Propia.



La capacidad que posee una empresa para diseñar y desarrollar productos, se relaciona directamente con el sistema de producción que la define, el cuál determina la calidad y optimización de sus productos y le entrega una ventaja competitiva según sea el nivel de innovación y eficiencia estampado en su propuesta de valor. (Ulrich & Eppinger, 2013)

Conclusiones de la Investigación

Con base a los resultados alcanzados durante el desarrollo del presente proyecto de investigación a través del diseño, se puede reflexionar principalmente del largo camino de exploración que se sigue por medio de la manufactura automatizada, lo que significa un camino de aprendizaje e innovación en la fabricación de productos de nunca acabar.

La experiencia en el manejo y conocimiento de procesos productivos mecanizados, nos abre el camino hacia el crecimiento personal y profesional, a través de nuevos desafíos en el oficio, que ponen a prueba nuestro ingenio y capacidades en la creación de nuevos productos.

La fabricación digital es un método de producción que constantemente se sigue perfeccionando, y avanzando hacia el desarrollo de nuevas tecnologías de manufactura, si bien la máquina-herramienta es un instrumento que busca posicionarse al nivel de ser un mecanismo esencial para la industria, aún sigue estando dentro de un proceso de evolución que continúa innovando en las técnicas de producción, diseño y desarrollo de productos.

La impresión 3D con materiales cerámicos es un proceso de fabricación automatizado que busca alcanzar el resultado antes mencionado, sin embargo es una tecnología experimental de producción que todavía se sigue desarrollando, y de la que se espera lograr alcanzar un nivel de manufactura similar al del oficio de la alfarería tradicional con la manos.

Proyecciones e Impacto Ambiental

Si bien Chile es un país que se sostiene principalmente de la extracción de recursos naturales, actualmente gracias a la entrada de nuevas tecnologías más avanzadas de fabricación, también ha logrado desarrollar durante este último tiempo una actividad de diseño y desarrollo de productos, a nivel de producción nacional.





No obstante, aún se sigue avanzando en potenciar las competencias de producción hacia un nivel de fabricación industrial a escala global, existen aún muchos oficios de diseño y desarrollo de productos con un alto grado de valor y sello de manufactura único, pero que todavía se siguen manteniendo en su esencia de origen, la de ser una artesanía.

Por medio del presente proyecto de diseño, es posible comprobar que la integración de procesos de fabricación 4.0 permiten potenciar e innovar en la modernización de oficios tradicionales implicados en el diseño y desarrollo de productos, lo que simboliza una oportunidad de desarrollo industrial colaborativo que entrega un sello de manufactura nacional sostenible, basado en las técnicas de fabricación artesanales ya existentes y el óptimo aprovechamiento de los materiales nobles del territorio, estampado en la propuesta de valor de un objeto de diseño *Hecho en Chile*.

Colaborando con el medio ambiente al ser un producto fabricado con materiales 100% naturales y reutilizables (cerámica/greda), bajo un sistema de producción que se lleva a cabo por medio del uso exclusivo de energía eléctrica (sin emisión de gases contaminantes como CO₂) y que no genera residuos al tratarse de una técnica de fabricación por adición de material (impresión 3D).

Otra de sus ventajas de ser un producto de diseño circular sostenible, es que es un producto 100% biodegradable, ya que a diferencia del común de los productos cerámicos utilitarios, su temperatura de quema es baja para llegar a vitrificar completamente el material, pudiendo así absorber y filtrar con facilidad la humedad, permitiendo su rápida impregnación con la tierra u algún otro sustrato natural.

Fig 100: Molienda de pieza terminada en molinillo manual de aluminio. (500 g.) de capacidad/ Fuente: Elaboración Propia.

Fuentes y Bibliografía Consultada

Artesanía Chilena. Biblioteca Nacional digital de Chile. (2022). *Memoria Chilena*. <https://www.memoriachilena.gob.cl/602/w3-article-556.html#presentacion>

Baena Pérez, L. M., Tamayo Sepúlveda, J. A. & Benítez Lozano, A. J. (2022). *Manufactura y Gestión del Ciclo de Vida del Producto (PLM) (1.a ed.)*. Fondo Editorial ITM.

Berchon, M. & Luyt, B. (2016). *La Impresión 3D (1.a ed.)*. Editorial Gg.

Bichon, M. (1947). *En torno a la cerámica de las monjas (1.a ed.)*. Imprenta Universitaria.

Briones, C. (2011). *Bitartesanía: Del diseño digital a la manufactura artesanal*. Revista 180, 27(1), p 36-39.

Bruguera I Talleda, J. (1985). *Manual Práctico de Cerámica (1.a ed., Vol. 1)*. Editorial Omega.

Cruz de Amenábar, I., De La Taille-Trétinville U, A., & Fuentes González, A. C. (2019). *Cerámica perfumada de las monjas clarisas: Desde Chile hacia el mundo, oficio, terapéutica y consumo, siglos XVI - XX (1.a ed.)*. Ediciones Universidad Católica de Chile.

Erazo-Arteaga, V. (2022). *El diseño, la manufactura y análisis asistido por computadora (CAD/CAM/CAE) y otras técnicas de fabricación digital en el desarrollo de productos en Latinoamérica*. Revista Información Tecnológica, 33(2), p 297-308.

Fressoli, M. & Smith, A. (2015). *Impresiones 3D/ Fabricación Digital: ¿Una nueva revolución tecnológica?* Revista INTAL 50 Años, 1, p 112-125.

Gob. de Chile: Consejo nacional de la cultura y las artes. (2008). *Chile Artesanal: Patrimonio hecho a mano (1.a ed.)*. Colección Patrimonio.

gt2P. (2014). *Losing my America*. great things to People. <https://www.gt2p.com/Losing-my-America-1>

Hermida Balboa, C. & Domínguez Somonte, M. (2014). *Economía circular como marco para el ecodiseño: el modelo ECO-3*. Informador Técnico, 78(1), p 82-90.

Hernández, N. & Garnica, J. (2015). *Árbol de Problemas del Análisis al Diseño y Desarrollo de Productos*. Revista Conciencia Tecnológica, 50, p 38-46.

Huellas de Greda. (2015). *De manos de Monjas a manos de Loceras: Reviviendo el pasado de la Loza Policromada (1.a ed.)*. Consejo Nacional de la Cultura y las Artes de Chile.

Huerta, O. (2020). *Ecodiseño de envases para una economía circular*. Revista Creación y pensamiento, 5(9), p 1-12.

Jimenez, R. F. (1960). *Aspectos de la Artesanía Nacional (Vol. 1)*. Revista En Viaje.

Jorquera, A. (2017). *Fabricación Digital: Introducción al modelado e impresión 3D (1.a ed.)*. Madrid: Ministerio de Educación de España.

Lefteri, C. (2008). *Así se hace. Técnicas de fabricación para el diseño de producto (1.a ed.)*. Blume.

Manzano, M. & Solarte, S. (2022). *Rol del Ecodiseño en la Industria Chilena del Plástico*. Revista TEKHNE, 25, p 62-76.

Municipalidad de Talagante. (2016). *Historia. Loza policromada de Talagante*. <https://www.lozapolicromadachile.cl/index.html>

Muniozguren Colindres, J. & Mínguez Gabiña, R. (2011). *Ecodiseño de un producto y desarrollo sostenible*. Revista Fabrikart, p 40-52.

Olea Carrillo, P. (1982). *Cerámica perfumada y policromada: Visita realizada al convento de Los Ángeles*. Museo de Arte y Artesanía de Linares, Dirección de bibliotecas, archivos y museos.

Oliva, S. V. (2018). *La impresión 3D como tecnología de uso general en el futuro*. Economía Industrial, 1(1), 407.

Olmo Escribano, J. (2003). *Estructuras y Mecanismos (1.a ed.)*. Oxford University Press.

Peters Barrera, C., & Núñez Gallardo, S. (1999). *Artesanías de Chile: Un reencuentro con las tradiciones (1.a ed., Vol. 1)*. Comunidad Iberoamericana de la Artesanía.

Ramirez Juidías, E. & Galán Ortiz, L. (2016). *El ecodiseño como herramienta básica de gestión industrial*. Academia Accelerating the world's research.

Roa Heresmann, V. (1975). *Cerámica perfumada, Monjas Claras (1.a ed., Vol. 1)*. Museo Histórico Nacional.

Rojas Lazo, O. & Salas Bacalla, J. (1999). *Producción Automatizada: Sistemas CAD/CAE/CAM*. Industrial Data, 2(1), p 38-47.

Sachon, M. (2016). *Impresión 3D: La digitalización de la fabricación*. Revista de Negocios del IEEM, p 60-65.

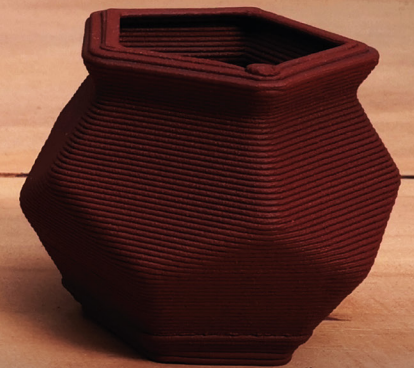
Sandvik Coromant. *Conocimiento de Mecanizado*. Sandvik.Coromant.com.
<https://www.sandvik.coromant.com/es-es/knowledge/pages/default.aspx>

Sierra-Pérez, J., Domínguez, M. & Del Mar Espinosa, M. (2014). *El ecodiseño en el ámbito de la ingeniería del diseño*. ResearchGate.

Ulrich, K. T. & Eppinger, S. D. (2013). *Diseño y Desarrollo de Productos* (5.a ed.). McGraw-Hill.

Vivanco Larraín, T. (2016). Digital Análogo: *Sistemas de Fabricación Digital Personal*. Revista Diseña, 10(1), p 153-167.





 CERÁMICA
COLCOL



Cerámica
Perfumada
de las
Monjas Clarisas

 Chile