



PONTIFICIA  
UNIVERSIDAD  
CATÓLICA  
DE CHILE

DISEÑO | UC

Pontificia Universidad Católica de Chile  
Escuela de Diseño

# Resignificación del lodo de Tierra de Diatomeas proveniente de la industria vitivinícola chilena

María de los Ángeles García-Huidobro Cáceres

Tesis presentada a la Escuela de Diseño de la  
Pontificia Universidad Católica de Chile para  
optar al título profesional de Diseñador.

Profesor guía: Rodrigo Ramírez

Julio, 2021. Santiago, Chile.





PONTIFICIA  
UNIVERSIDAD  
CATÓLICA  
DE CHILE

DISEÑO | UC  
Pontificia Universidad Católica de Chile  
Escuela de Diseño

## Resignificación del lodo de tierra de Diatomeas proveniente de la industria vitivinícola chilena

Alumna

**María de los Ángeles García-Huidobro Cáceres**

Profesor guía

**Rodrigo Ramírez**

Tesis presentada a la Escuela de Diseño de la  
Pontificia Universidad Católica de Chile para  
optar al título profesional de Diseñador.

Julio, 2021. Santiago, Chile.



## Gracias

Quisiera agradecer enormemente a todos los que participaron en este proceso.

A mi familia y amigos por apoyarme incondicionalmente en todo momento.

A mi profesor guía, Rodrigo, por su enorme paciencia y gran disposición a lo largo del proyecto. A César, docente Ingeniería UC, por los consejos y motivación.

A Juan, gerente de Indekap, por guiarme, enseñarme y estar siempre dispuesto a colaborar.

A Sebastián, enólogo de la Viña Correa Albano, por el apoyo y confianza.

Muchísimas gracias.

# Índice de contenidos

## 8. I. Introducción

## 9. II. Marco teórico

- 10. Industria vitivinícola
- 12. Proceso de vinificación
- 13. Procesos de filtración
- 15. Residuos del proceso de filtración
- 17. Diatomita
- 20. Propiedades de la tierra de diatomeas
- 21. Tierra de Diatomeas como material filtrante
- 22. Procesamiento de la Diatomita
- 24. Filtración con tierra de Diatomeas
- 26. Lodo de tierra de Diatomeas
- 28. Economía circular

## 31. III. Formulación del proyecto

- 32. Contexto y usuario
- 34. Problemática
- 35. Oportunidad de Diseño
- 37. Formulación; Qué, Por qué, Para qué
- 38. Objetivo general y objetivos específicos
- 39. Caracterización del patrón de valor
- 40. Metodología; Material Driven Design
- 43. Antecedentes
- 45. Referentes

## 47. IV. Desarrollo del proyecto

- 48. Obtención del residuo
- 50. Primeras aproximaciones
- 52. Experimentación con el residuo
- 53. Etapa Nº1; Pruebas de aglomeración
- 65. Etapa Nº2; Pruebas de fusión
- 68. Análisis del residuo
- 76. Primera prueba de fusión
- 86. Segunda prueba de fusión
- 91. Tercera prueba de fusión
- 95. Cuarta prueba de fusión
- 107. Caracterización del material
- 111. Posicionamiento del material entre similares

## 114. V. Proyecciones

- 115. Propuesta conceptual de implementación

## 120. VI. Conclusiones

- 121. Pasos a seguir y conclusiones

## 122. VII. Referencias bibliográficas

# I. Introducción

Haber vivido durante veinticuatro años en una de las ciudades con mayor presencia agrícola en Chile, como lo es Curicó, ubicada en la región del Maule, permite desarrollar una especial cercanía con el rubro y, por lo tanto, una visión más crítica respecto a las prácticas que se realizan durante los procesos de producción, las cuales, muchas veces, son poco respetuosas con el medio ambiente.

Es por esto, que nació el interés por conocer más sobre los residuos generados en las industrias del área agrícola en Chile, especialmente en la zona central del país. En el proceso, se hizo evidente la enorme cantidad de desechos que genera la industria vitivinícola durante sus procesos de producción.

“Aunque el cultivo de la vid parece un proceso inocuo medioambientalmente, no siempre es así; los efectos negativos se producen por el contacto con el suelo, el agua y el aire” (Gargallo, 2018).

Las aguas residuales de las viñas tienen importantes restos vegetales, como hojas, granos de uva, hollejo, restos de escobajo, semillas, entre otros.

Sin embargo, sus principales componentes sólidos corresponden a arcillas minerales u otros materiales utilizadas en la filtración (Ojeda, 2018). Durante este proceso, uno de los métodos más utilizados para separar el vino de sus impurezas se realiza por medio de filtros de vacío, en donde se emplea la tierra de Diatomeas como agente filtrante.

La tierra de Diatomeas es un polvillo blanco proveniente de la Diatomita, una roca silícica de tipo fósil (CONPAT, 2019). Estas tierras son empleadas con el mismo fin en muchos procesos industriales, entre ellos la industria alimentaria.

La acumulación y sedimentación de estos residuos provoca la formación de lodos residuales; subproductos indeseables difíciles de tratar y que implican un costo extra en su manejo y disposición (Giraud, 2020). Al ser procesados incorrectamente, constituyen un problema de contaminación ambiental y sanitaria que afecta a la flora, la fauna, a los mantos freáticos y, ocasionalmente, a los seres humanos (Salgado, 2015).

A diferencia de otros residuos generados en el proceso de elaboración vitivinícola, los sistemas de reutilización implementados para los lodos provenientes de la filtración son escasos.

No obstante, el residuo sólido presente en los lodos de filtración, muestra diversas características, dadas por su composición, que podrían ser valorizadas en nuevas aplicaciones del material. Es por esto, que por medio de un proceso experimental, se buscará rescatar y hacer visibles las propiedades existentes en el lodo de tierra de Diatomeas generado por el proceso de filtración en la industria del vino, junto con su posible aplicación en productos utilitarios.

# II. Marco Teórico

*La industria vitivinícola en Chile*

*Proceso de vinificación*

*Procesos de filtración*

*Residuos de los procesos de filtración*

*Diatomita*

*Tierra de Diatomeas como material filtrante*

*Procesamiento de la Diatomita*

*Filtración por tierras de Diatomeas*

*Lodo de tierra de Diatomeas*

## La industria Vitivinícola en Chile

La Vinicultura se define como un conjunto de técnicas y conocimientos relativos a la elaboración y crianza del vino (RAE, 2020). La industria del vino ha experimentado un crecimiento a nivel mundial, tanto en volumen como en valor. Actualmente, Chile es el primer exportador de vinos del nuevo mundo y cuarto exportador mundial de vinos, siendo superado sólo por países europeos de vasta trayectoria en materias vitivinícolas, como Francia, España e Italia (ODEPA, 2019).

Con más de 141 mil hectáreas, Chile tiene un potencial de producción de vino cercano a los 1.200 millones de litros. Esta superficie se encuentra principalmente en las regiones de O'Higgins y del Maule, concentrando más del 72% de la superficie nacional. Las exportaciones de vinos y mostos el año 2017 superaron los 967 millones de litros, por un valor sobre los USD 2.067 millones (ODEPA, 2019).

Las mayores producciones de vinos se localizan en las regiones del Maule, Libertador Bernardo O'Higgins y Metropolitana respectivamente, totalizando el 88,9% del total, concentrando en la Región del Maule el 43,7% de la totalidad de vino producido en el país (SAG, 2018).



Diagrama N° 1  
Principales países exportadores de vino  
Elaboración propia  
Fuente: ODEPA, 2019.



Valle de Colchagua, Región de O´higgins  
Recuperado de [www.borispatagonia.com](http://www.borispatagonia.com)

## Proceso de vinificación

El proceso de elaboración de vino es milenario, pero poco a poco se ha hecho más complejo, contando hoy en día con altos estándares de calidad, que son obtenidos por medio de procedimientos específicos (Viña Santa Cruz, 2019). Por muchas personas es considerado un proceso más cercano al arte que a una técnica, ya que a pesar de los siglos de conocimientos adquiridos por el hombre, son elementos tan sutiles como el tipo de tierra o la combinación de cosechas lo que define las características que lo convertirán en único (Gargallo, 2018).



Diagrama N° 2  
Proceso de vinificación  
Elaboración propia  
Fuente: ODEPA, 2017.

## Procesos de filtración

Durante la vinificación, los vinos están turbios y ricos en partículas, contienen diversos elementos provenientes de las uvas y de la vendimia, además de los microorganismos que asegurarán la transformación del mosto en vino, el cual a lo largo de su vida puede ser centro de modificaciones químicas, fisicoquímicas y microbiológicas que pueden conducir a una nuevas turbiedades o precipitados (Moutounet, 2002).

En la vinificación es necesario recurrir a procesos de filtración vitivinícola para lograr obtener un vino estable y libre de microorganismos, ya que la turbidez que este pueda tener determinará la calidad del vino resultante (Bobadilla, entrevista personal, 2021). La limpidez y el brillo forman parte de los primeros criterios de apreciación de los vinos, siendo la

limpidez una de las cualidades principales que el consumidor exige del mismo; la presencia de un enturbiamiento, un depósito en el fondo de la botella o un ligero velo es percibida por la mayoría de los consumidores como un defecto o alteración del producto (Moutounet, 2002).

La filtración es un proceso físico que consiste en separar una fase sólida en suspensión de una fase líquida al pasar a través de un medio poroso (IFV, 2003). Existen distintos tipos de sistemas de filtración, en los que se utilizan diferentes medios de filtro, todos con la misma función; clarificar el vino, separándolo de diversos componentes como levaduras, hollejos y bacterias propias del proceso de vinificación.

Los sistemas de filtración comúnmente utilizados en la vinificación son; Filtración a través de una pre-capa de tierra de Diatomeas, Filtración a través de placas de celulosa o módulos lenticulares, Filtración a través de membranas y Filtración tangencial. La filtración por medio de filtros de pre-capa es una de las más utilizadas. "...funcionan por medio de la formación de una capa formada por circulación de una suspensión (tierras filtrantes y un líquido limpio o filtrado) entre el filtro y el tanque de pre-capa" (Bobadilla, entrevista personal, 2021).

Para el funcionamiento de los filtros se deben utilizar coadyuvantes, los cuales retendrán las partículas, levaduras y microorganismos existentes en el vino. Los coadyuvantes para la filtración son mayoritariamente materias granulares, llamadas Tierra de Diatomeas y Perlita.

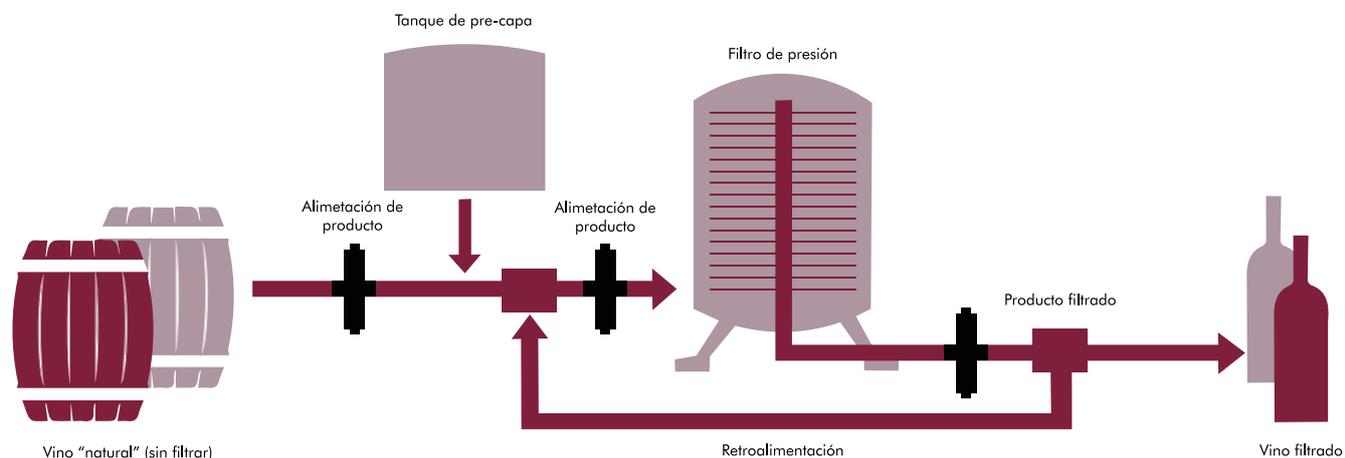


Diagrama N° 3  
Filtración por pre-capa de tierra de Diatomeas.  
Elaboración propia  
Fuente: Optek, 2020.



*Filtración de vino  
Fotografías de elaboración propia, octubre 2020.  
Viña Correa Albano, Curicó.*

## Residuos del proceso de filtración

“A raíz del proceso industrial por el que pasa la uva durante la elaboración del vino, se generan grandes cantidades de residuos sólidos orgánicos e inorgánicos que significan un enorme desafío en el rubro, ya que para hacer una botella de vino de 750cc se necesita más o menos un kilo de uva, lo que significa que hay un 25% que no es líquido, es sólido” (Silva, 2017).

Es necesario tratar los residuos adecuadamente antes de su eliminación en vertederos, su incineración o su potencial valorización, aunque no es fácil gestionarlos debido a que la generación de estos residuos no es uniforme ni en cantidad ni en composición a lo largo del año (Gancedo, 2018).

### Principales residuos asociados a la producción vitivinícola

- Materia orgánica de la uva; las pepitas, raspones y hollejos.
- Clarificantes proteicos como la caseína, gelatina y albumina.
- Cristales de tartrato.
- Tierras eventualmente utilizadas en la filtración (ejemplo: diatomeas)
- Cartones y plásticos (Condorchem envitech, 2021).

La producción de vino, una de las industrias más antiguas del mundo, es un rubro para el que los problemas ambientales han quedado en gran parte inexplorados (Christ, K. Burritt, R. 2013).

Algunos de los residuos sólidos de la industria vitivinícola, como el orujo de la uva, han sido reutilizados para la elaboración de alimentos, cosméticos y suplementos alimenticios, debido a sus propiedades químicas y biológicas únicas, especialmente como antioxidantes bioactivos (Redagrícola, 2019).

Sin embargo, existen residuos a los que no se ha logrado dar una segunda vida útil al finalizar el proceso de producción vitivinícola, y no siempre se les da un buen manejo al momento de ser desechados, estos tienen un contenido de materia orgánica muy alto y un pH muy ácido, de manera que pueden afectar seriamente la calidad del suelo, perjudicando así flujos de agua, emanando malos olores y dañando la flora y fauna del lugar (Dicyt, 2010). Los lodos o borras provenientes del proceso de filtración del vino son uno de ellos. Pueden llegar a representar hasta un 6% del volumen total del vino producido (Citeagroidustrial, 2018). Estos podrían ser regenerados en algunos casos pero, incluso así, al final de su vida útil deben ser valorizados/tratados de acuerdo a su composición. Se debe priorizar un proceso de compostaje o cualquier proceso de recuperación, antes que la disposición o incineración (Solé, 2004).

La tierra de Diatomeas, es uno de los principales y más comunes componentes granulares que se utilizan para el funcionamiento de los filtros implementados en los sistemas de clarificación y filtración de la industria vitivinícola, siendo utilizadas en los sistemas de filtración a través de pre-capas, filtración a través de filtros de papel o lenticulares y sistema de filtración tangencial (P. Ribéreau-Gayon, Y. Glories, 2006).

“Los vinos son sometidos a uno o dos tratamientos de filtración por tierras, si es vino destinado a embotellar se realiza una tercera filtración esterilizante antes de ser embotellado” (Vilavella, 1997).

Luego de realizar el proceso de filtración, una vez que las partículas de tierra de Diatomeas se saturan, son extraídas de los filtros y depositadas en tambos o en el cielo abierto, constituyendo un problema de contaminación que afecta a la flora, la fauna, a los mantos freáticos y, ocasionalmente, a los seres humanos (Salgado, 2015).

Si bien, la tierra de Diatomeas está clasificada como un material inerte que en su estado natural no genera daños para el medioambiente, luego de ser empleada como agente filtrante de partículas orgánicas su composición se ve alterada, ya que estas contienen materia residual del vino, transformándose en sedimentos dañinos para los ecosistemas. El lodo de tierra de Diatomeas debe ser sometido a procesos de descomposición controlada con el fin de evitar ser fuente de enfermedades, debido a que las bacterias crecen fácilmente en este residuo.



Disposición de residuos de lodos de filtración.  
Fotografías de elaboración propia, octubre 2020.  
Viña Correa Albano, Curicó.



## Diatomita

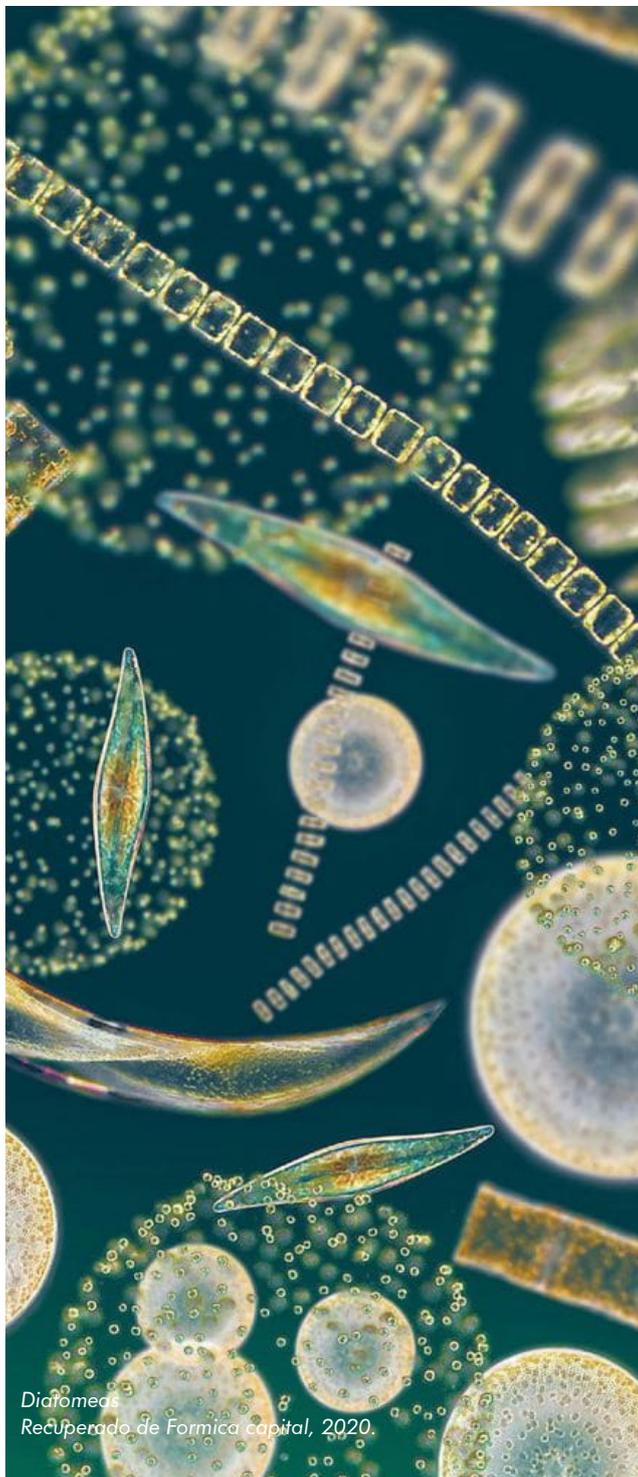
La Diatomita es una roca sedimentaria silícea formada por la acumulación de esqueletos fosilizados de algas microscópicas llamadas Diatomeas. Son unicelulares y están cubiertas de una frústula de Silicio que se impregna de este componente que se encuentra disuelto en el agua. Cuando las células mueren, las frústulas hidratadas de silicio se eliminan y se acumulan para formar una roca suave que se conoce como Diatomita. Estas rocas tienen diferentes composiciones microscópicas que dependen de sus orígenes marinos o lacustres, y se cree que tienen entre 60 y 100 millones de años (Salgado, 2015). La constitución química del carapacho (concha) de las diatomáceas está formada principalmente por sílice hidratada. Estos microscópicos seres unicelulares viven en todos los climas y se agrupan en cantidades inconmensurables. Cuando dejan de tener vida, sus esqueletos formados por sílice se conservan, sedimentándose en el fondo de las aguas, generándose depósitos de muy considerable espesor (Salgado, 2015). Generalmente, en un medio ambiente de aguas salinas, va a existir una población de especies grandes, lo cual formaría una tierra de Diatomeas de muy alta calidad, apta para filtrantes rápidos. En ambientes fríos y de agua dulce, habrá una menor población de Diatomeas, por lo que se formará una roca apta para filtración, con gran brillantez, pero un menor flujo (Bracamonte & Calvo, 2004). Constituyendo más del 60% de la corteza terrestre, la sílice es el material más abundante en la tierra. Para muchos organismos, el silicio es un elemento esencial, en ellos se le encuentra formando estructuras o participando activamente en procesos metabólicos.

Los materiales derivados del silicio tienen importancia especial por sus potenciales usos para la síntesis de cerámicas, en aplicaciones electrónicas, por su alta resistencia mecánica, etc. (Colín-García & Heredia, 2013).

Normalmente, un depósito de tierra de Diatomeas de alta pureza contiene entre un 86% y un 92% de dióxido de Silicio, y se consideran excepcionalmente puros si su contenido de Silicio supera el 96% (Bracamonte & Calvo, 2004). Asimismo, posee componentes menores como hierro, calcio, aluminio, titanio, sodio y potasio. Acompañado a la Diatomita se encuentran otros minerales no metálicos en los depósitos, tales como arcilla, cuarzo, yeso, mica, calcita y elementos feldespatos (Fórmula química de feldespatos;  $XAlSiO_8$ ) donde la X puede ser Sodio (Na), Potasio (K) o Calcio (Ca). (Borgel, 2007)

Las Diatomeas también son usadas como indicadores de las condiciones paleoambientales. Actualmente, están extendidas abundantemente en los ecosistemas marinos y dulceacuícolas, en el plancton y los sedimentos. Se estima que aproximadamente el 25 % de la fijación del carbono orgánico en el planeta se deba a ellas (Colín-García & Heredia, 2013).

Los materiales originados biológicamente, o biomateriales son estructuras altamente ordenadas, poseen características únicas; debido tanto a su composición química, como a su micro y nanoestructura. Estos materiales son también llamados compósitos (del inglés "composite" o "compuesto"), haciendo referencia a su naturaleza compleja, ya que están formados por una parte orgánica y otra inorgánica (Colín-García & Heredia, 2013).



## Depósitos de Diatomeas

Los mayores productores de Diatomita a nivel mundial son Estados Unidos y China, con un 35% y 21% respectivamente de la producción (IGME, 2017).

En Chile, ha sido históricamente explotada en depósitos existentes en el norte del país, principalmente por Imerys Arica Ltda. (ex Celite Chile), una compañía minera propietaria de los yacimientos de Diatomita de Mina Carol y Mina Tiliviche, entre otros. Están ubicados en las regiones de Arica y Parinacota (XV) y Tarapacá (I región), con una producción anual de Diatomita de 26.937 (TM) en 2016, correspondiente al 1% de producción mundial del mismo año (Servicio Nacional de la Geología y Minería, 2017).

Con el paso del tiempo se han intentado caracterizar las tierras de Diatomeas extraída del suelo de forma exacta, pero no ha sido posible debido a que cada una es diferente y los componentes minerales del suelo varían según su localización geográfica (Salgado, 2015).

“La biosílice que constituye las frústulas de las diatomeas es un material con capacidades importantes. Son estructuras con propiedades ópticas, mecánicas y de composición únicas, que apenas ahora se están entendiendo” (Colín-García & Heredia, 2013).

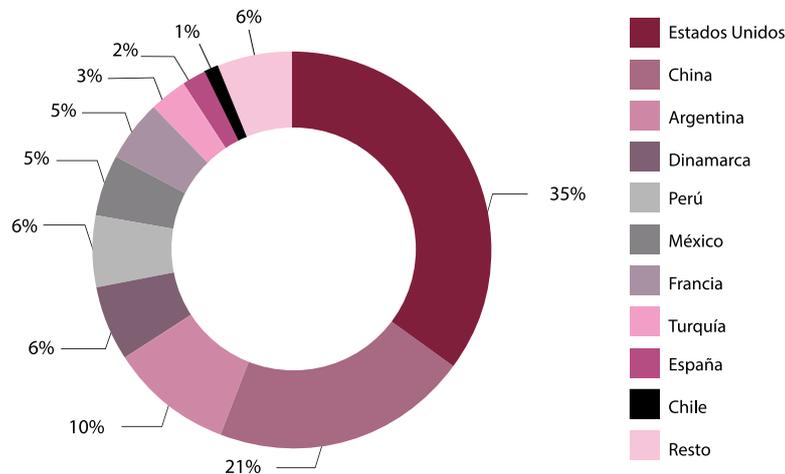


Gráfico N°1  
Producción de Diatomita en el mundo  
Elaboración propia.  
Fuente: IGME, 2017

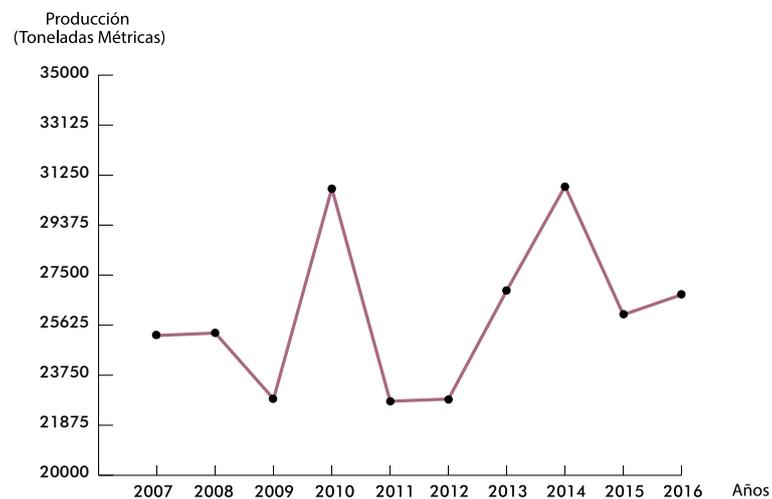
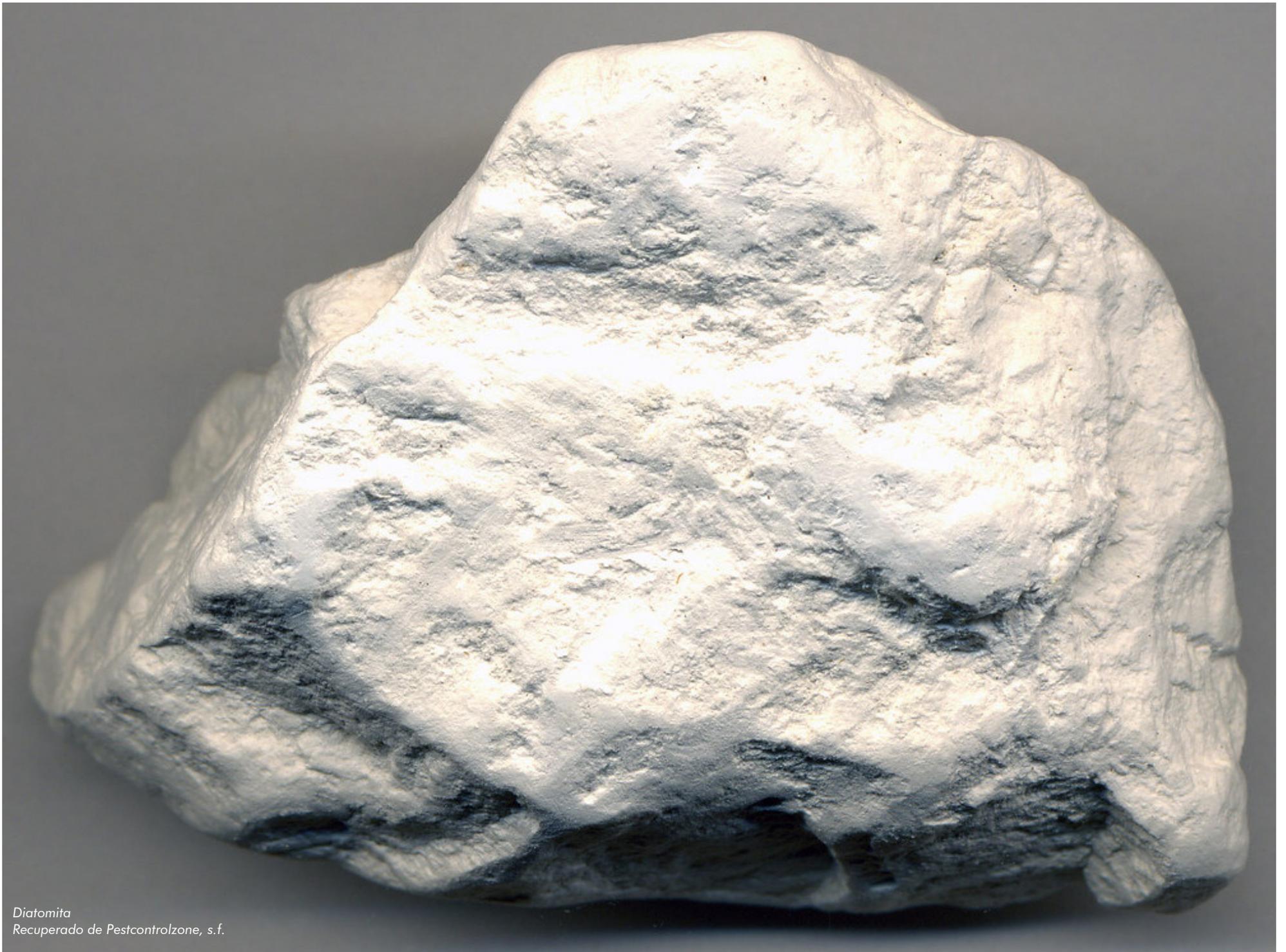


Gráfico N°2  
Producción de Diatomita en Chile  
Elaboración propia.  
Fuente: COCHILCO, 2017



*Diatomita*  
Recuperado de Pestcontrolzone, s.f.

## Propiedades de la Tierra de Diatomeas

Las tierras de Diatomeas poseen múltiples propiedades físicas y químicas que la hacen un material óptimo para la filtración y procesamiento de diversos productos.

- Alta porosidad
- Volumen de muy baja densidad
- Muy alta capacidad para absorber líquidos (absorbe hasta 150% de su peso en agua)
- Capacidad abrasiva suave
- Conductividad térmica y eléctrica muy baja
- El porcentaje de humedad varía de acuerdo al depósito (de 10% hasta un 60%)
- Químicamente inerte
- Alta resistencia a la temperatura
- Punto de fusión entre 1,400° a 1,750°C

*Propiedades de la tierra de Diatomeas*  
Fuente: Subsecretaría de minería de México, 2017.

Las propiedades de la Diatomita (dureza, peso específico menor a 1, porosidad y su contenido en SiO<sub>2</sub> (dióxido de Silicio) sobre 86%, permiten su uso industrial como filtrante, abrasivo, absorbente, aislante y puzolana para el cemento, entre otros (Servicio Nacional de la Geología y Minería, 2015).

Respecto a la composición de la Tierra de Diatomeas, el elemento principal que la conforma es el Ópalo o Sílice hidratada (SiO<sub>2</sub>) hasta en un 88% e incluso más en algunos depósitos, además de otros minerales que están presentes en su composición, pero en pequeñas cantidades.

Un estudio realizado por el Centro de Ciencia y Tecnología de la Energía de Skolkovo (Moscú, Rusia) y el Departamento de Ciencias de la Ingeniería, Universidad de Oxford (Oxford, Reino Unido), enfocado en "la estructura y composición de fases del Silicio presente en la tierra de Diatomeas", muestra un análisis de tierras de Diatomeas en su estado natural, siendo el dióxido de Silicio su componente principal (Gráfico N°3).

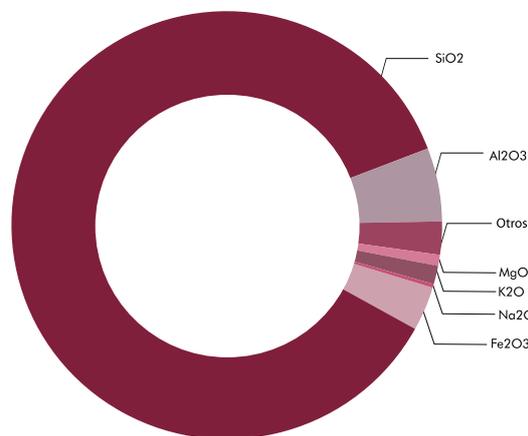


Gráfico N°3  
Componentes minerales de la tierra de Diatomeas  
Elaboración propia.  
Fuente: Aggrey, 2020.

Por otra parte, The Journal of Glass and Ceramics publicó un estudio en el cual se analizan los componentes de muestras de Diatomita provenientes de yacimientos en Rusia, indicando a través de porcentajes la cantidad de minerales contenidos en la roca según los diferentes yacimientos (Gráfico N°4). La cantidad de cada uno de estos elementos varía según el depósito del cual se extrae la Diatomita, teniendo siempre dióxido de Silicio como material predominante, en un porcentaje de entre 71% y 88%. También, se presentan variaciones luego de ser procesada para su uso en la filtración; según su temperatura de calcinación y fundentes utilizados.

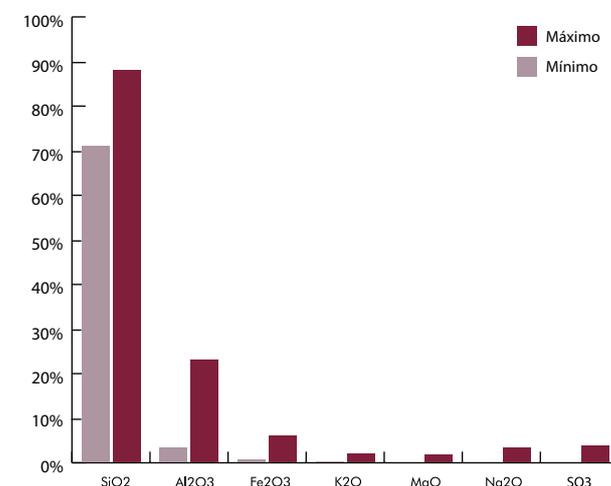


Gráfico N°4  
Componentes minerales de la tierra de Diatomeas  
Elaboración propia.  
Fuente: Manevich, Subbotin, Nikiforov, 2012.

## Tierra de Diatomeas como material filtrante

La filtración es la principal aplicación de la diatomita, siendo responsable del 50% del total consumido y de la mayoría de la producción de tipos de alta pureza calcinados y calcinados con fundentes (Imerys, s.f). Estas tierras fosilizadas se muelen para producir un polvo silíceo, conocido como tierra de Diatomeas, tierra de infusorio o kieselguhr (en alemán, “partícula pequeña de sílice”). (Ribéreau-Gayon & Glories, 2006). “La diatomita es el coadyuvante de filtración más utilizado en la filtración de vinos y otro tipo de bebidas, debido a su bajo precio y buen comportamiento de filtración” (Gomez & Gil, 2014). Se ha utilizado históricamente como un coadyuvante de filtración debido a la extrema porosidad del polvo que se obtiene al procesar la roca. La capa de filtración representa un 80% del total de la masa, con una superficie de 20 a 25 m<sup>2</sup> /g. Estas características son altamente favorables para la filtración (Ribéreau-Gayon & Glories, 2006).

Una vez extraído el mineral de los yacimientos, se deja en maduración a la intemperie durante al menos un año y luego se somete a un proceso de fabricación, donde se pretenden los siguientes fines: purificar el mineral, eliminar el agua, y obtener materias filtrantes de diferente porosidad (Hidalgo, 2011).

Existen distintos grados de tierra de Diatomeas para la filtración (Natural, calcinada y calcinada con fundentes), en las que varía el tamaño de la partícula, que es lo que controla la permeabilidad, en otras palabras, la tasa de flujo de un líquido que pasa a través del material.

Los tipos de tierras de Diatomeas utilizados en la industria vitivinícola varían según el grado de

turbidez que contenga el vino que será procesado y el estándar de clarificación que se busque obtener. Es por esto, que para definir distintos niveles de granulometría, las tierras de Diatomeas se someten a una calcinación, proceso en el cual se aplica calor para eliminar las sustancias volátiles que pueda contener.

### Natural

La Diatomita se muele y se seca para formar partículas finas. La filtración es muy buena, con alto nivel de clarificación. Al ser totalmente natural, puede contener residuos de materia orgánica.

### Calcinada

La Diatomita se muele y se calina a 1000°C, para producir polvos sin materia orgánica, con partículas gruesas que mediante la filtración pueden realizar una filtración fina.

### Calcinada con fundente

Se activa por calcinación con un fundente (cloruro de calcio o carbonato), se clasifica para partículas de mayor tamaño y una estructura más permeable. La filtración no es tan fina, pero el proceso es más rápido (Ribéreau-Gayon & Glories, 2006).

Usualmente se utilizan las tres variedades de tierra de Diatomeas en los procesos de filtración, ya que la diversidad de vinos que se producen requiere distintos tratamientos de clarificación, lo cual muchas veces demanda más de una fase de filtración durante el proceso de elaboración.

Aunque la diatomita natural se produce todavía para su utilización en la fabricación de adyuvantes de filtración, principalmente para su mezcla con otras calidades más compactas, la mayor utilización de la Diatomita en este aspecto es bajo forma calcinada (Aggrey, 2020)

Utilizando tierras de distintas granulometrías se puede realizar una filtración desbastadora o abrillantadora, así como eliminar un alto porcentaje de levaduras, pero es imposible asegurar la completa esterilidad del producto, ya que no se puede precisar con total exactitud el tamaño de poro de las tierras filtrantes, unas mismas tierras, que deberían tener igual granulometría, presentan grandes oscilaciones de sus tamaños de poro (InVIA, 2020).

## Procesamiento de la Diatomita

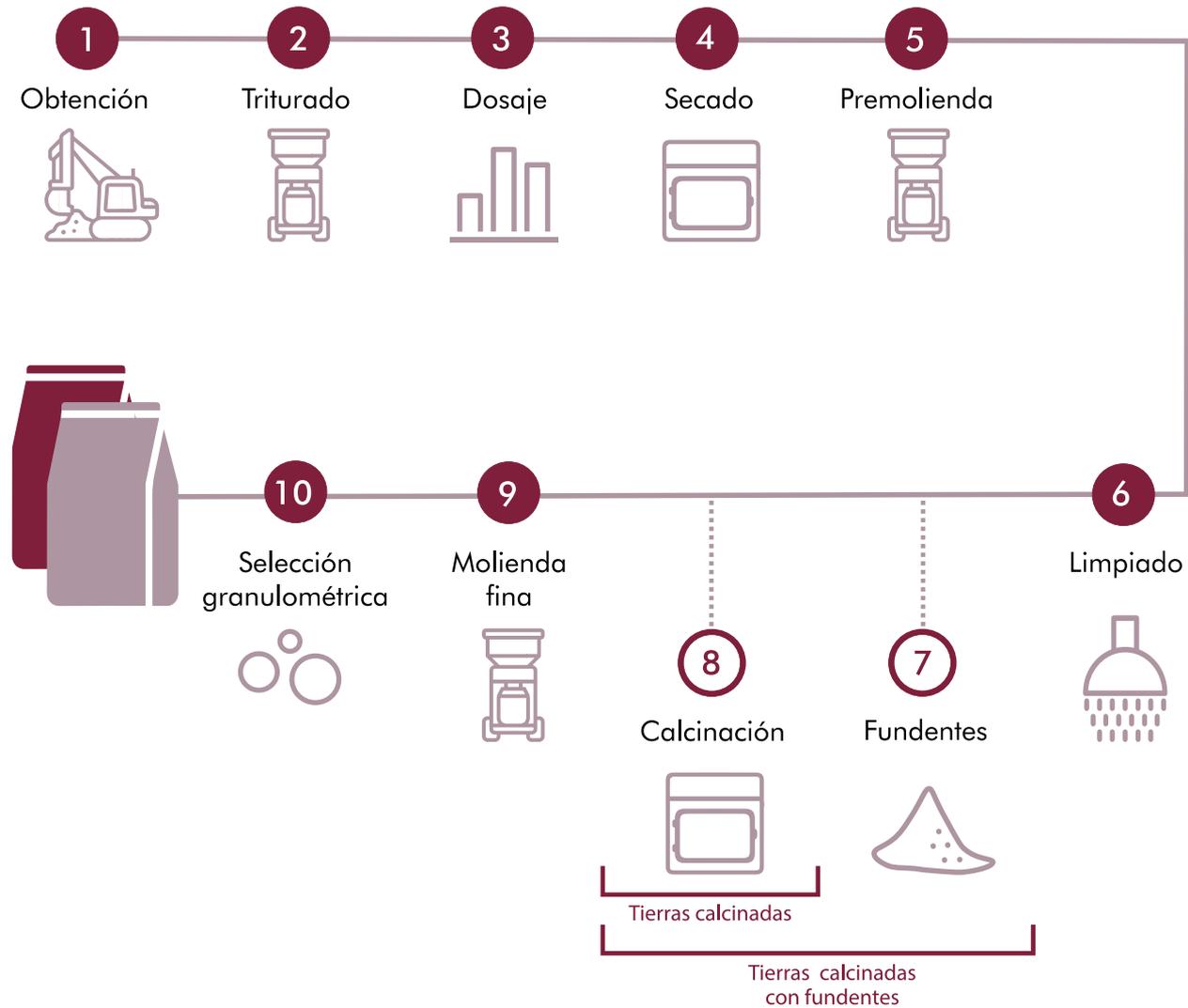


Diagrama Nº 4  
Proceso de elaboración de Tierra de Diatomeas  
Elaboración propia  
Fuente: Imerys, s.f.

## Calcinación de la Tierra de Diatomeas

La materia orgánica presente en la tierra de Diatomeas natural tiene su origen en los residuos de los animales que se alimentan de diatomeas y a la descomposición incompleta de los restos orgánicos de las mismas diatomeas, una vez que cesó su actividad vital. Las capas superiores del yacimiento son las menos contaminadas de materia orgánica, y si su contenido no pasa del 3 %, apenas puede reconocerse exteriormente por el color. Al pasar de ese porcentaje, el mineral cambia de color, y así con 8 a 10% de materia orgánica ya es gris, y con un 15 al 30 % es verde grisáceo (Aggrey, 2020).

La Diatomita natural está conformada principalmente por partículas de sílice amorfa, la cual pasa a ser sílice cristalina luego de ser sometida a procesos de calcinación. Este tratamiento térmico se utiliza para purificar la tierra de Diatomeas de residuos orgánicos y carbonatos. La calcinación normalmente implica un calentamiento a alta temperatura de minerales y otros materiales sólidos en aire u oxígeno y, a veces, en ausencia de oxígeno. Esto se hace normalmente para provocar la descomposición dentro del material. La calcinación contrae y endurece las partículas de Diatomita y une algunas de ellas en grupos microscópicos, otorgando a la diatomita una forma física más utilizable (Aggrey, 2020).

Un estudio realizado por el Instituto Geológico y Minero de España (IGME), muestra los cambios en la composición mineral que sufre la tierra de Diatomeas luego del proceso de calcinación, comparando las cantidades de minerales existentes estando en estado natural, calcinada con fundentes y calcinada sin fundentes (Gráfico N°5).

A partir de los resultados del estudio, se puede observar un aumento de Óxido de Silicio ( $\text{SiO}_2$ ) al estar calcinada con o sin fundentes, y lo mismo ocurre con el Óxido de Aluminio ( $\text{Al}_2\text{O}_3$ ).

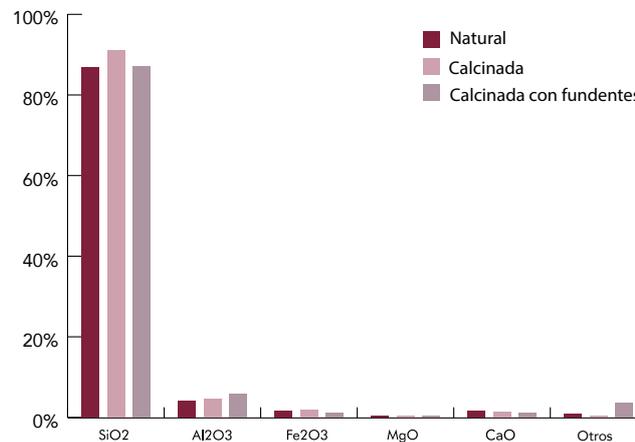
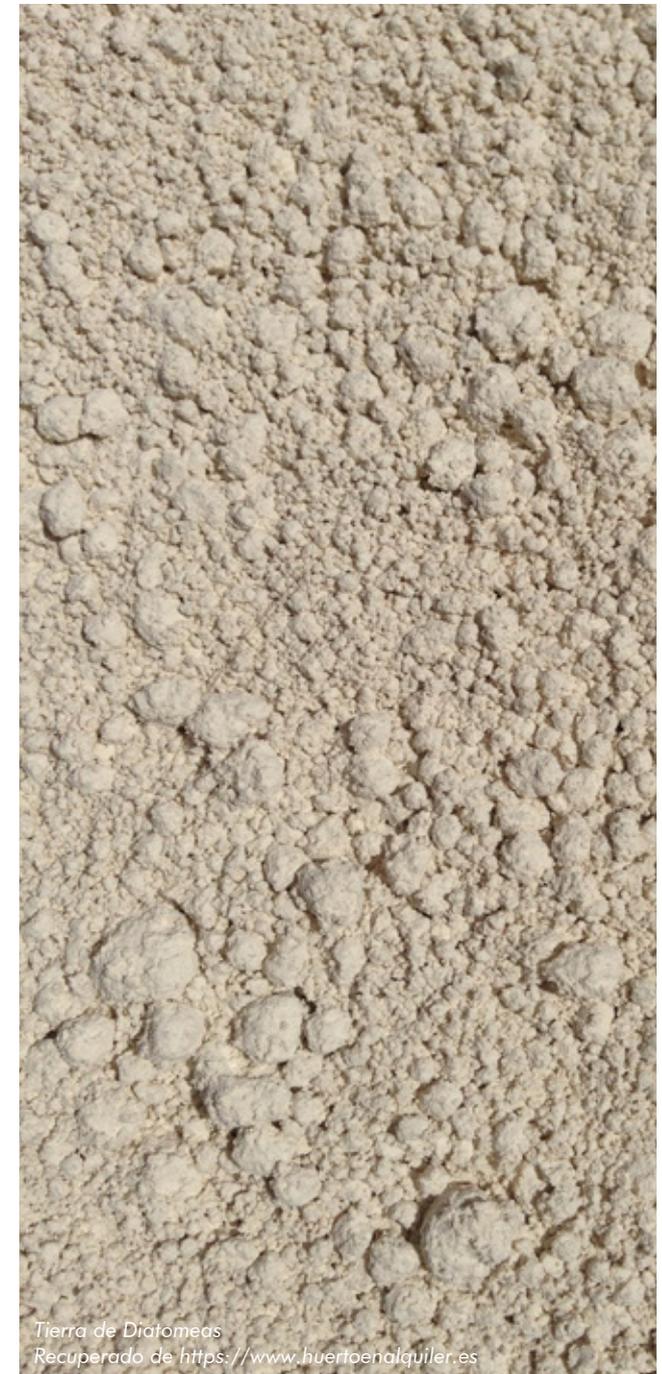


Gráfico N°5  
Componentes minerales de la tierra de Diatomeas según calcinación  
Elaboración propia.  
Fuente: Instituto Geológico y Minero de España IGME, 1976.



Tierra de Diatomeas  
Recuperado de <https://www.huertoenlquiler.es>

## Filtración por medio de tierras de Diatomeas

La filtración por medio de tierra de Diatomeas se ha utilizado durante mucho tiempo para clarificar vinos, comenzando a emplearse desde fines del siglo XIX. En sus comienzos, esto significaba recubrir una tela filtrante; La tierra de diatomeas, en suspensión en el vino o el agua, se depositaba sobre la superficie de la tela, lo que constituía la capa de filtro. La filtración en sí comenzaba cuando se completaba este paso. Este proceso ahora ha sido reemplazado por técnicas de acreción considerablemente más ventajosas, donde se agrega continuamente la tierra de diatomeas al vino turbio antes de que este entre al filtro. La capa de filtro se vuelve más gruesa a lo largo del proceso, las impurezas se distribuyen a través de la masa y la capa exterior nunca se bloquea (Diagrama N°5). Las tierras de Diatomeas tienen gran porosidad, su peso por litro es de 100 a 250 gramos según granulometrías, y 1 gramo de diatomeas presenta una superficie filtrante de 20 a 25 m<sup>2</sup> (Ribéreau-Gayon & Glories, 2006).

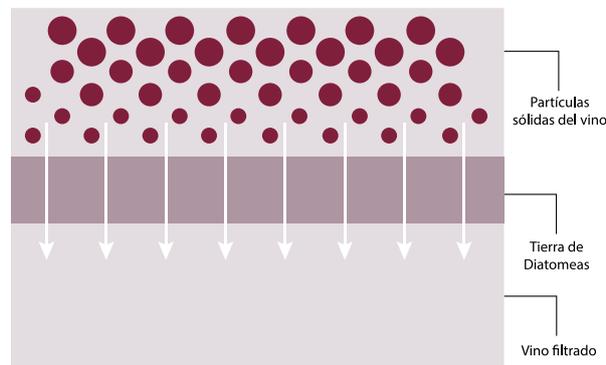


Diagrama N° 5  
Filtración por tierra de Diatomeas  
Elaboración propia  
Fuente: Imerys, s.f

“Una desventaja de este tipo de filtración es que se deben desechar grandes volúmenes de tierra de diatomea, lo que representa una fuente de contaminación ambiental” (Ribéreau-Gayon & Glories, 2006).

Para conocer más sobre el proceso de filtración vitivinícola, se contactó a enólogos que actualmente trabajan en viñas con un alto nivel de producción, ubicadas en distintos lugares de la zona central de Chile; Viña Viu Manent, Viña Matetic, Viña Correa Albano, Viña Casa Silva y Viña Patacón. Los enólogos señalaron que la filtración vitivinícola por medio de tierra de Diatomeas se realiza principalmente a través de dos tipos de filtros; filtros de pre-capa (o presión) para vinos con menor cantidad de impurezas, y filtros rotativos de vacío para filtrar borras o vinos muy turbios.

“En nuestro caso utilizamos filtro de presión para la filtración de los vino previo al envasado y de vacío para la filtración de las borras dulces previo a la fermentación y secas post fermentación en el caso de los blancos”, Viña Viu Manent (Celedón, entrevista personal, 2021).

“Para vinos muy turbios se debe usar tierras más gruesas y para vinos limpios usamos tierras finas... En la viña usamos para filtración de vinos con tierra el filtro de presión y para borras el de vacío... El año 2020 se generaron 89,231 Kilogramos de residuos de tierra de Diatomeas en la viña”, Viña Matetic. (San Martín, entrevista personal, 2021).

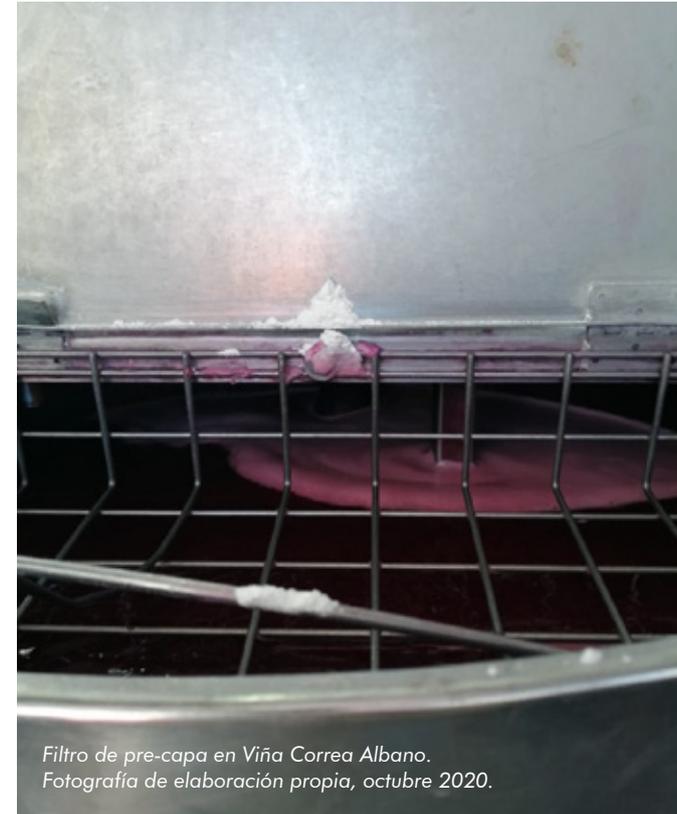


Filtro de pre-capa en Viña Correa Albano.  
Fotografía de elaboración propia, Octubre 2020.



### Filtro rotativo de vacío

Se utiliza principalmente para la filtración de vinos con mayor turbidez. Consiste en un tubo rotatorio con vacío en su interior, que soporta una capa de tierra de Diatomeas en su superficie. El flujo se aplica continuamente y luego se retira del tubo por medio de una cuchilla lateral (Astaburuaga, entrevista personal, 2021).



### Filtro de pre-capa (presión)

Es el sistema de filtración utilizado con mayor frecuencia. Se forma una pre-capa de tierra de Diatomeas al interior del tanque principal de acero. Luego se dosifican las tierras continuamente, lo cual previene la rápida colmatación de la pre-capa e incrementa la duración del ciclo de filtración (Bobadilla, 2021).

## Lodo de Tierra de Diatomeas

### Caracterización

Se llama lodo o torta al residuo que se genera producto de la filtración con tierra de Diatomeas. Está compuesto por las tierras filtrantes junto con las impurezas que este retiene luego de ser implementado en los filtros de vinos y mostos. En cuanto a su consistencia, el residuo se percibe al tacto como una pasta granular fina similar a la arcilla, pero su contextura varía en el caso de provenir de la filtración de vinos tintos o blancos, debido a su grado de turbidez. Se puede observar una mayor densidad y una textura ligeramente viscosa en lodos resultantes de vinos más turbios.

“La diferencia entre ambas tierras se debe a los componentes orgánicos absorbidos por las partículas de tierra de Diatomeas, propios de cada tipo de vino, siendo las cepas blancas más ricas en levaduras que las cepas tintas” (Sáez, entrevista personal, 2021).

“La tierra capta principalmente restos de levaduras, que forman parte de las borras del vino, ya que los residuos más gruesos se eliminan anteriormente por medio de trasiegos, ya que estos van decantando más rápidamente que los restos de levaduras” (Celedón, entrevista personal, 2021).

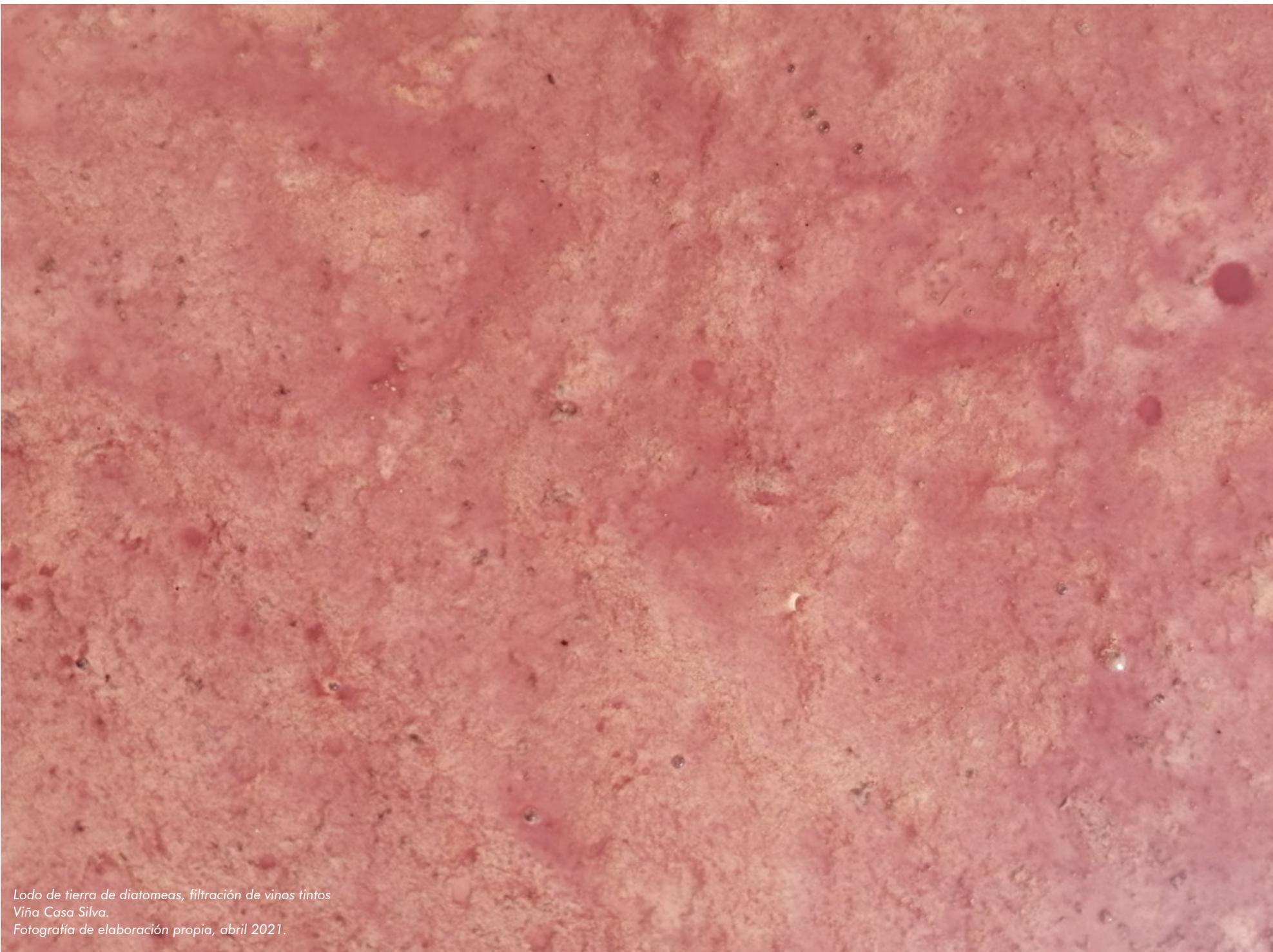
Su contextura también dependerá del tipo de filtración para la que haya sido utilizada la tierra; por filtro de vacío o filtro de presión. Este último realiza una filtración de partículas más pequeñas y finas del vino, mientras que el filtro de vacío procesa vinos y mostos turbios (de menor pureza).

### Manejo residual

El lodo de tierra de Diatomeas es considerado un gran problema para las viñas, ya que su disposición genera costos económicos y medioambientales. Los enólogos entrevistados dieron a conocer las medidas de manejo residual implementadas actualmente para los lodos de filtración al interior de las viñas, donde se pudo detectar que existen principalmente dos prácticas habituales.

- 1) Los lodos provenientes de la filtración son retirados de la viña periódicamente por empresas procesadoras de residuos agrícolas para ser incorporados en la elaboración de compost. Esta práctica se realiza debido a que las empresas procesadoras de estos residuos extraen alcoholes y otros componentes retenidos en el lodo para elaborar subproductos, como aguardiente y alcohol para otro tipo de bebidas. Las tierras sobrantes, que se encuentran estabilizadas luego de la extracción de aquellos componentes, son empleadas a modo de materia inerte en el compost, para no ser desechadas.
- 2) Los lodos son manejados por las viñas en donde se producen, depositándolos en la tierra a modo de compost sin un tratamiento previo, o en pozos de decantación, donde las tierras se acumulan y la parte líquida contenida en el residuo se elimina por medio de desagües.

Lodo de tierra de diatomeas, filtración de vinos blancos  
Viña Correa Albano.  
Fotografía de elaboración propia, abril 2021.



*Lodo de tierra de diatomeas, filtración de vinos tintos  
Viña Casa Silva.  
Fotografía de elaboración propia, abril 2021.*

## Economía circular

Las empresas necesitan desarrollar competencias de diseño circular para facilitar el reúso, el reciclaje y el aprovechamiento de productos en múltiples ciclos (Fundación Ellen Macarthur, 2020).

La sostenibilidad es un paradigma que ofrece oportunidades para la innovación y el desarrollo de una economía que requiere una relación armónica con el entorno natural, el territorio y sus asentamientos humanos como única manera para contribuir a la paz y la seguridad del planeta (Facultad de Economía y Negocios U.Chile, 2016). Dentro del ámbito económico y productivo en la viticultura, es relevante tener en cuenta la economía circular. Este concepto se presenta como un sistema de aprovechamiento de recursos donde prima la reducción de los elementos: minimizar la producción al mínimo indispensable, y cuando sea necesario hacer uso del producto, apostando por la reutilización de los elementos que por sus propiedades no pueden volver al medio ambiente (Fundación Economía circular, S.F).

Una economía circular tiene como objetivo redefinir el crecimiento, centrándose en los beneficios positivos para toda la sociedad. Implica desacoplar gradualmente la actividad económica del consumo de recursos finitos y eliminar los desechos del sistema. Respaldo por una transición a fuentes de energía renovables, el modelo circular genera capital económico, natural y social. Se basa en tres principios: Diseñar los desechos y la contaminación, mantener los productos y materiales en uso y regenerar sistemas naturales (Fundación Ellen Macarthur, 2020).

Durante los próximos años, el sector agroalimentario enfrentará los desafíos de aumentar la productividad de manera sostenible, haciendo un uso eficiente de los recursos naturales, y contribuyendo positivamente al medio ambiente y a la sociedad. Adicionalmente, debe dar respuesta a consumidores cada vez más exigentes e informados respecto a cómo se producen los alimentos, e interesados en productos elaborados de forma sostenible. En este contexto, la Economía Circular (EC) surge como una herramienta que puede contribuir de manera sistémica a que el sector aborde los desafíos descritos, involucrando la participación y sinergia de múltiples actores (ODEPA, 2019). Rescatar un residuo para convertirlo en un producto de alto valor agregado, solucionando un problema y convirtiéndolo en un potencial negocio es parte de lo que llamamos innovación sustentable, este círculo virtuoso de la sustentabilidad nos invita a pensar en que el desarrollo sostenible, sí es posible (Silva, 2017).

La Ley N°20.920 de responsabilidad extendida del productor (REP), promueve la disminución en la generación de residuos y fomento del reciclaje, para ello la ley responsabiliza a los productores e importadores a financiar una correcta gestión de los residuos que generan los productos que son comercializados en el mercado nacional sean estos importados o de fabricación nacional (Biblioteca del Congreso Nacional de Chile, 2016).



Lodo de tierra de Diatomeas viña Casa Silva  
Elaboración propia, abril 2021.



*Lodo seco de tierra de diatomeas, filtración de vino blanco  
Viña Correa Albano.  
Fotografía de elaboración propia, Abril 2021.*



# III. Formulación del proyecto

*Contexto y usuario*

*Problemática*

*Oportunidad de Diseño*

*Formulación del proyecto; Qué, por qué y para qué*

*Caracterización del patrón de valor*

*Metodología del proyecto*

*Antecedentes*

*Referentes*

## Contexto y usuario

Chile ha logrado posicionarse como uno de los más grandes y exitosos productores de vino a nivel global. En el ámbito económico, la industria vitivinícola del país se ha establecido como una de las actividades agrícolas más significativas, ocupando el quinto lugar entre los principales productos de la exportación chilena, después del cobre, el molibdeno, el salmón y la celulosa (CONICYT, 2007).

Este crecimiento se ha mantenido en el tiempo. En los últimos años, el consumo mundial de vino creció un 2,9%, mientras que en Chile creció un 5% en volumen y 6 % en el valor exportado (Wines of Chile, 2019). Sin embargo, la industria vitivinícola se ha visto enfrentada a múltiples desafíos para gestionar la gran cantidad de residuos que se generan en la producción, donde por cada 100 kg. de uva se generan 25 kg. de desechos sólidos (ODEPA, 2017). Las prácticas sustentables implementadas para el manejo de aquellos residuos, muchas veces son escasas, considerando que es uno de los rubros más significativos del país. Esta realidad, ha implicado que la gestión de los residuos cobre la relevancia debida, única y exclusivamente cuando la evidencia de los problemas sanitarios se manifiesta (CONAMA, 2017). Cuando se decidió ahondar en los residuos generados por el procesamiento del vino, se acudió a la viña Correa Albano, ubicada en la localidad de Sagrada familia, Curicó. La viña fue fundada por Sebastián Astaburuaga Correa, descendiente de José Correa Albano, quien comenzó a producir vino en Chile desde 1865, siendo uno de los pioneros en el rubro. La viña Correa Albano como tal nace en 1991, contando actualmente con 300 hectáreas productivas al interior de la región del Maule.

Junto a su fundador y enólogo, Sebastián Astaburuaga, se realizó una visita a la viña y el área de producción, en donde dio a conocer detalladamente cada proceso por el cual pasa la uva hasta convertirse en vino, dejando una serie de residuos a los que se les debe dar una correcta disposición para no dañar el medioambiente, así como otros residuos que aun resultan difíciles de procesar para la viña, como lo es el caso del lodo de tierra de Diatomeas proveniente de la filtración.

Las gestiones que las viñas realizan suelen limitarse a dar una correcta disposición final al residuo y no consideran la implementación de estrategias sobre como fomentar la prevención de su generación o promover su valorización; “Se han implementado exitosamente planes de manejo integral de residuos sólidos, líquidos y peligrosos, considerando todas las etapas de manejo, almacenamiento y disposición final” (ODEPA, 2016).

Actualmente, el consumo sustentable ha ganado terreno en Chile y Latinoamérica; Mercado Libre, la empresa dedicada a compras, ventas y pagos por internet, realizó un informe sobre la evolución de la oferta y la demanda de productos sustentables. El estudio permitió ver un crecimiento notorio en la demanda por productos cuya cadena de valor sea de triple impacto. El mundo está cambiando y las personas también. Cada vez son más quienes se animan a abandonar viejos hábitos y adoptar una postura más amigable con la naturaleza (Inmunes Chile, 2020).

La influencia de los factores sostenibles en los consumidores ha mostrado ser más alta en el Medio Oriente, África, Asia, y América Latina que en América del Norte y Europa. Los consumidores de los mercados en desarrollo suelen estar más conscientes de las necesidades de las comunidades circundantes, lo que conduce a un deseo de ayudar a los demás. Esto sugiere una mayor probabilidad de buscar y pagar más por productos sostenibles (Nielsen, 2015).

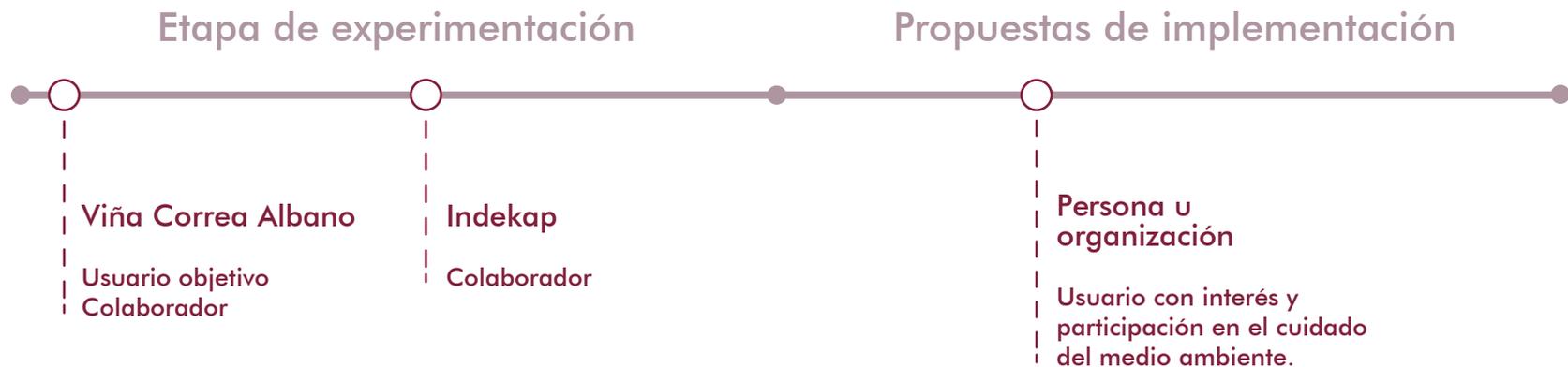
*“Sin duda, el consumidor chileno está virando hacia patrones de consumo más consciente. Está comprendiendo que en cada decisión de compra hay un rasgo de su identidad que se refleja en ella, y en el marco de la crisis climática actual, claramente hay una oportunidad para las empresas que sean capaces de liderar ese tránsito hacia un consumo más reflexivo” (Bravo, 2019).*

El usuario de la propuesta es de un carácter evolutivo. Lo que quiere decir que este cambiará según las etapas de desarrollo del proyecto.

La primera etapa del proyecto, de experimentación con el residuo, se realizará con la colaboración de la viña Correa Albano, definiéndose como usuario y contraparte a la vez. También, se define a Indekap como contraparte, la totalidad de la segunda etapa experimentación se realizará en colaboración con la empresa y será llevada a cabo en sus instalaciones de laboratorio y fábrica.

En la siguiente etapa del proyecto, una vez ya realizada la etapa experimental e iniciado el proceso de elaboración de alternativas de productos utilitarios y experimentales, en donde sea aplicado el material, se define al usuario como una persona u organización que muestra interés en la sustentabilidad y busca colaborar con el desarrollo de una economía circular, apoya iniciativas de innovación y demuestra preocupación por saber de donde provienen los productos que adquiere y cómo fueron elaborados, estando dispuesto incluso a pagar más por productos amigables con el medioambiente. .

**“Los consumidores están dando prioridad a las marcas que son sostenibles, transparentes y alineadas con sus valores centrales al tomar decisiones de compra y están dispuestos a pagar más, e incluso cambiar sus hábitos de compra, para las marcas que lo hacen bien” (IBM, 2020).**



## Problemática

La industria del vino está preocupada por la sustentabilidad en dos sentidos: enfrenta amenazas como el cambio climático, la exposición química y la disponibilidad de agua y energía, y sus actividades tienen sus propios impactos. En este sentido, entender la sostenibilidad en el mundo del vino requiere identificar definiciones y principios, pero también una revisión de las prácticas actuales (Shabbado, 2018). La tierra de Diatomeas es un material al que se le ha dado diversos usos en distintas industrias, como agente abrasivo, filtrante, absorbente, aislante, y otros., sin embargo, hasta el día de hoy no se ha visto interés por dar paso a iniciativas que logren otorgar un segundo uso al residuo proveniente de la industria vitivinícola, limitándose a ser aplicada en la elaboración de compost.

La dificultad de su reutilización en los procesos de filtración se debe principalmente a la carga orgánica que se encuentra retenida en las partículas de tierra de Diatomeas, la cual debe ser eliminada para su utilización. "Se ha intentado a través de diferentes métodos químicos y físicos activar nuevamente los residuos de diatomita, con el fin de ser reutilizada en los procesos de filtración. Sin embargo, los resultados obtenidos no han sido óptimos" (Peña-Rodríguez, 2019).

Rodrigo Torres, enólogo de la viña Patacón, afirma que las tierras, luego de ser empleadas en el proceso de filtración contaminan mucho y su residuo es complejo y costoso para manejar, teniendo en cuenta que la viña produce 75 millones de litros de vino al año, proceso en el cual se generan alrededor de 100.000 kg. de lodo de tierras filtrantes.

Sebastián Astaburuaga, Enólogo de la viña Correa Albano, señala que producto del procesamiento de aproximadamente 15.000 toneladas anuales de uva, se generan entre 3.000 y 15.000 kilos de residuo de lodo de tierra de Diatomeas, entre diferentes épocas del año.

La suma de la cantidad de residuo de tierra de Diatomeas generado por cuatro viñas a las que se consultó supera los 200.000 kg. anuales.

A partir de estas cifras, se puede ver que tras décadas de implementación de tierras de Diatomeas como material filtrante en las viñas de Chile, un país con una muy alta producción vitivinícola, se ha generado un desaprovechamiento significado que este material, siendo desechado en grandes cantidades, pasando inadvertidas sus múltiples propiedades, entre ellas el alto contenido de Sílice que contiene.

**“Es necesario ensamblar la cultura del vino con el respeto por la naturaleza, combinando con acierto el binomio experiencia y modernidad. En la elaboración de un buen vino deben ir unidas tradición e innovación”  
(Gargallo, 2018).**

## Oportunidad de Diseño



Producción vitivinícola en la región de O'Higgins y del Maule.  
Elaboración propia  
Fuente: ODEPA, 2019

Chile posee 212.000 hectáreas de vides, donde un 70,2% de las uvas producidas son destinadas a vino, contando con más de 400 bodegas entre la Región de Coquimbo y el BioBío, con alta concentración en las Regiones del Maule y O'Higgins (Fundación Copec-UC, 2019).

La apertura internacional y éxitos comerciales han llevado el vino chileno a los más diversos países y a competir y negociar con compradores y consumidores que valoran y pagan más por productos amigables con el medio ambiente (Piña, 2016).

De la gran cantidad de residuos provenientes del proceso productivo del vino, los lodos de filtración son uno de los pocos desechos al que aun no se ha logrado dar un uso provechoso en cuanto a sus propiedades, a diferencia de residuos como el orujo, restos de podas y material de embalaje, a los que se ha dado alternativas para su reciclaje y reutilización, siendo aplicados en la elaboración de diversas líneas de productos derivados de la elaboración vitivinícola, posicionándose con éxito en industrias cosméticas, alimenticias, medicinales y energéticas, entre otros. Hoy existe una creciente necesidad de innovar y hacer más sustentable la industria del vino en Chile y el mundo. La gran importancia que tiene la producción de vino en nuestro país nos obliga a hacernos cargo y desarrollar sistemas de producción sustentables e innovadores para la industria, es por esto que se debe maximizar la utilización de los recursos empleados en la cadena de producción por medio de iniciativas que busquen reutilizar, reciclar y dar valor a los residuos, potenciando así prácticas que permitan reducir al mínimo posible el impacto ambiental que generan muchos de estos al ser desechados.

“Conseguir una vitivinicultura ambientalmente sostenible implica tener en cuenta diversos factores, aplicables tanto a la gestión del viñedo como de la bodega, como son la gestión del agua y de la energía o el manejo de los residuos, y otros específicos de cada parte del sistema productivo” (González-SanJosé, 2017).

La industria del vino posee una gran capacidad para generar valor agregado; involucra a un gran número de industrias relacionadas con proveedores y participa en el proceso de exportación, utiliza una amplia red de transporte y comunicación para el desarrollo de sus actividades y tiene un gran potencial para agregar valor a sus productos (Mora, 2019).

A partir de la gran cantidad de lodos de filtración que se generan en la producción vitivinícola, las múltiples propiedades que caracterizan a la tierra de Diatomeas que conforma los lodos de filtración y las escasas iniciativas existentes por reutilizar este residuo proveniente de uno de los rubros más significativos de Chile, surge el interés por detectar posibles procesos de reutilización que otorguen valor al residuo a través del Diseño. Es por esto, que por medio de un proceso experimental, este proyecto buscará explorar alternativas para el desarrollo de un material en base al desecho industrial de esta materia prima ya existente, con el objetivo de resignificar y valorizar el residuo de tierra de Diatomeas, que hoy es considerado un desecho por la industria vitivinícola.



*Lodo seco de tierra de diatomeas, producto de la filtración de vino tinto en Viña Casa Silva.  
Fotografía de elaboración propia, abril 2021.*

# Formulación del proyecto

## Qué

Exploración sobre características físicas y químicas, que permitan revelar propiedades del material residual de tierra de Diatomeas generados en la industria vitivinícola, para encontrar posibles aplicaciones en productos u objetos utilitarios.

## Por qué

La tierra de Diatomeas, materia utilizada en la industria vitivinícola que luego se convierte en desecho, es un material que tiene un alto potencial físico y químico que no se aprovecha, terminando su vida útil en vertederos y contribuyendo a la contaminación del medio ambiente.

## Para qué

Resignificar y valorizar el material que es desechado, con el fin de encontrar posibles aplicaciones en diversos productos u objetos, generando valor “circular” desde un residuo de la industria.

## Objetivo general

Detectar propiedades físicas y químicas de la tierra de Diatomeas desechada por la industria vitivinícola por medio de experimentaciones, con el fin de identificar y proponer nuevos usos y aplicaciones, inicialmente desde la definición de tipología de productos y/o usos del material, para un desarrollo de soluciones posibles desde el diseño.

## Objetivos específicos

1.

Identificar las propiedades funcionales del lodo de tierra de Diatomeas a través de una metodología de experimentación material.

**IOV**

*Desarrollar un registro sistemático de propiedades, en base a análisis y fichas de medición.*

2.

Definir un material en base a residuos de tierra de Diatomeas generados en la industria vitivinícola por medio de experimentaciones físicas y químicas.

**IOV**

*A través de una aplicación de la metodología “Material Driven Design”, elaborada por Karana, Barat, Rognoli y Zeeuw van der Laan (2015), para la creación de nuevos materiales.*

3.

Determinar los alcances del material creado a partir del residuo de tierra de Diatomeas, de acuerdo a sus características y propiedades.

**IOV**

*Caracterización del material a través de las propiedades físicas, químicas y perceptuales detectadas en la experimentación.*

4.

Proponer y desarrollar conceptualmente el diseño de una posible aplicación del material en productos u objetos utilitarios.

**IOV**

*Por medio del desarrollo de visualizaciones, prototipos, y pruebas de concepto que serían validados con usuarios y/o contrapartes del proyecto.*

## Caracterización del patrón de valor

### Rescate del residuo

Las gestiones actuales de manejo de este residuo se limitan a darle una “correcta” disposición final para cumplir con las normativas exigidas, existiendo un escaso o nulo interés por implementar procesos que busquen una posible reutilización.

### Diversas áreas de implementación

La tierra de Diatomeas que compone el lodo que hoy es desechado, tiene diversas propiedades que podrían ser aprovechadas, para su revalorización e implementación en distintos rubros.

### Valorización del residuo

A diferencia de los demás residuos vitivinícolas, como el orujo y los escobajos, este no es una materia prima requerida por otras industrias, siendo uno de los pocos residuos de la viticultura que hoy no se valora.

### “Plus” para la industria vitivinícola

La creciente exigencia por parte de los consumidores que buscan productos más sustentables y las problemáticas medio ambientales que enfrenta la industria, entre otros factores, hacen que iniciativas que contribuyen a una producción vitivinícola de carácter sustentable signifiquen un beneficio para viticultura y su posicionamiento en Chile y el mundo.

### Resignificación del residuo

Se pretende resignificar el residuo por medio una búsqueda de procesos de reutilización que logren darle una segunda vida, rescatando sus principales propiedades.

### Material innovador

Se detectó un gran desconocimiento en las personas respecto a la existencia de este residuo y sobre las propiedades que posee la tierra de Diatomeas que lo compone. Hasta el día de hoy, no se han encontrado antecedentes sobre la reutilización de este lodo proveniente de la industria vitivinícola a modo de material, lo cual le da un carácter novedoso a la propuesta.

## Metodología del proyecto

Para la realización de la propuesta, es importante señalar que el proyecto se divide principalmente en dos etapas; primero se llevará a cabo un proceso experimental para el desarrollo del material y luego se dará paso a una etapa destinada a la aplicación de dicho material para el diseño de alternativas de productos u objetos.

Para esto, a lo largo del proyecto se implementará una metodología diseñada para la creación de nuevos materiales, llamada "Material Driven Design". Esta metodología fue postulada el año 2015 por Karana, Barati, Rognoli y Zeeuw van der Laan, miembros del Departamento de Ingeniería de Diseño de la Universidad Tecnológica de Delft, Holanda y del Departamento de Diseño de Politecnico di Milano, Italia. Consiste en una guía para facilitar los procesos productivos de proyectos en que el material es el factor primordial.

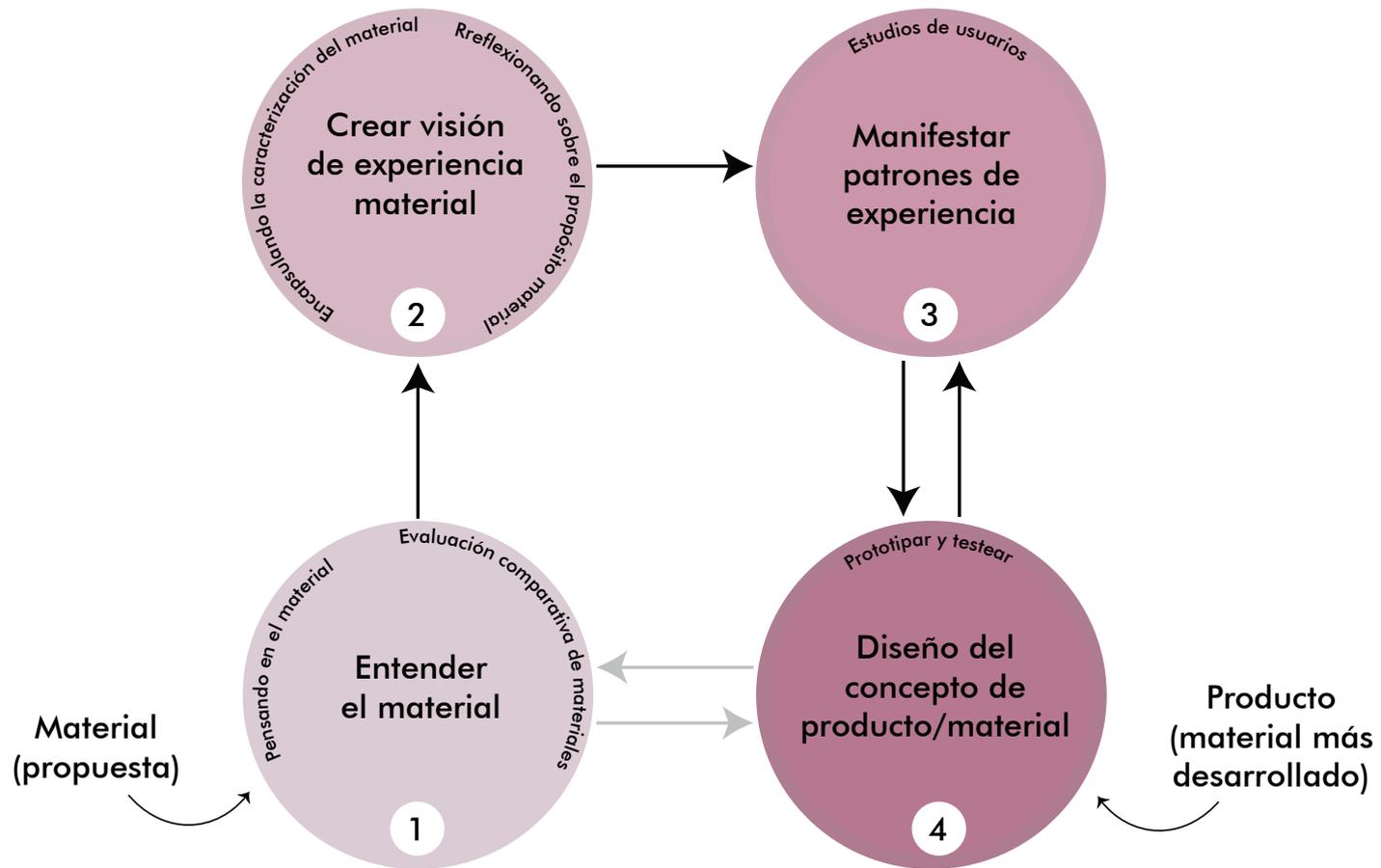
"El "material" ha sido un punto central de las agendas de investigación y práctica durante décadas en el diseño. Sin embargo, el diseño para experiencias materiales no se ha abordado hasta la fecha. El método MDD presentado aquí tiene como objetivo ayudar a los diseñadores en estructurar, comunicar y reflexionar sobre sus acciones en el diseño de experiencias materiales" (International Journal of Design, 2015).

Los escenarios a los que es aplicable esta metodología, según sus autores, son;

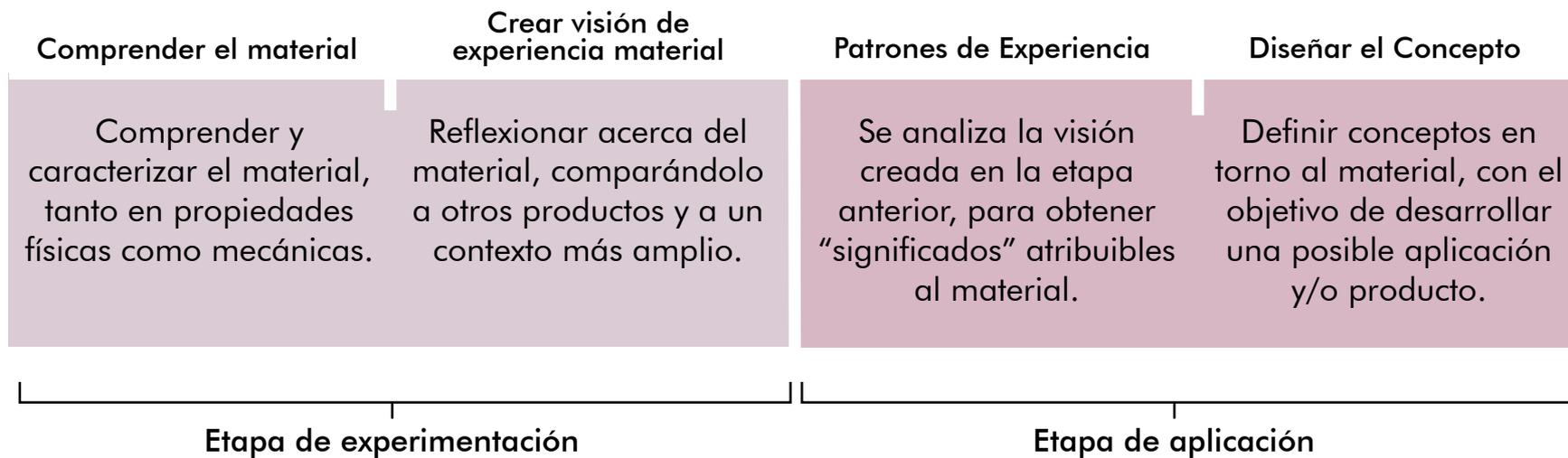
- 1) Para diseñar con un material conocido. Por ejemplo; roble, titanio, poliestireno, etc.
- 2) Para diseñar con un material nuevo, pero completamente desarrollado. Por ejemplo; madera líquida, D3O, materiales termocrómicos, etc.
- 3) Para diseñar con un material nuevo, pero que se encuentra semi desarrollado. Por ejemplo; compuestos de desperdicio de alimentos, materiales vivos hechos de células bacterianas, textiles impresos en 3D, OLED flexibles, etc.

Este proyecto se desenvuelve en torno al tercer escenario que propone la metodología, ya que se busca explorar el desarrollo de un nuevo material en base al residuo industrial de una materia prima existente, como lo es la tierra de Diatomeas.

El siguiente diagrama se muestra el “viaje de diseño” a través de la aplicación del método MDD.



Elaboración propia.  
Fuente: Karana, Barati, Ragnoli, 2015.



Elaboración propia.

Fuente: Karana, Barati, Ragnoli, 2015.

## Antecedentes

### Valorización de lodos generados por la Industria vitivinícola

Hoy en día no se han visto iniciativas implementadas que tengan como objetivo reutilizar, por medio de la revalorización de sus propiedades, la tierra de Diatomeas que se genera en la industria vitivinícola. Hasta el momento, la única práctica detectada para su reutilización, consiste en el aprovechamiento de los residuos de vino que se encuentran retenidos en ellas. Esta práctica se realiza producto de la necesidad de las viñas por deshacerse de sus residuos, por lo que muchas contratan a empresas procesadoras de desechos agrícolas que los retiran periódicamente. Estas empresas extraen de los residuos componentes propios del vino, utilizándolos en la elaboración de diversos productos.

#### Vinicas S.A

Vinicas es una empresa que realiza servicios de filtración y retiro programado de borras líquidas, orujos y vinos a la industria vitivinícola, reciclando los residuos para elaborar subproductos a partir de estos. Para reutilizar el lodo de tierra de Diatomeas se seleccionan únicamente las tierras que contienen mayor contenido de alcoholes y ácido tartárico, que fueron retenidos por las partículas de diatomeas en la filtración, para así poder elaborar subproductos en base a estos.

Las tierras de Diatomeas no son consideradas de primera necesidad para los procesos productivos de la empresa, sino que lo es su contenido de alcohol, por lo que son estabilizadas hasta llegar a un estado

inerte y posteriormente se mezclan con borras, orujos y escobajos, resultando un compost orgánico, que luego se vende a empresas agrícolas o a las mismas viñas de las que obtuvieron los residuos. En una entrevista realizada a Ricardo Bobadilla, gerente de Vinicas, señala que la utilización de estos residuos a modo de compost sin un proceso de tratamiento previo no es una práctica ecológicamente amigable, ya que, si bien la tierra de Diatomeas es un material inerte, los residuos orgánicos provenientes de la vinificación que están contenidos en el lodo poseen un alto nivel de acidez, por lo que muchas veces resultan dañinas para los suelos.



## Valorización de lodos generados por la Industria cervecera

Si bien, no se han implementado sistemas de reutilización que rescaten las propiedades de la tierra de Diatomeas contenida en el lodo proveniente de la industria vitivinícola, se han podido ver iniciativas interesantes para la reutilización de la tierra de Diatomeas provenientes de la industria cervecera, rubro en el cual también se implementa como coadyuvante de filtración.

“Para la producción de un litro de cerveza, en promedio se utilizan entre 1-2 g de diatomita calcinada y se producen al final de este proceso 17,14 gramos de residuos sólidos” (Peña-Rodríguez, 2019).

Los proyectos desarrollados para su reutilización han logrado rescatar algunas de las propiedades más valoradas de la tierra de Diatomeas, como su gran capacidad de absorción de líquidos, porosidad, aislación térmica y ligereza.

Por medio de procesos de revalorización de sus propiedades físico-químicas, se desarrollaron sistemas sustentables que fueron aplicados para solucionar problemáticas de distinta índole, buscando contribuir con la disminución de la disposición de este material que es desechado por la industria cervecera.

### Utilización de tierras diatomáceas recicladas de la industria cervecera como medio de transporte de macronutrientes

Un grupo de Investigación en Instrumentación y Física de la Materia Condensada de la Universidad Francisco de Paula Santander, Colombia, realizó una caracterización físico-química de tierras diatomáceas recicladas de la industria cervecera, para su uso como medio de transporte de macronutrientes (Nitrógeno, Fósforo, Potasio (NPK), con el fin de dar una alternativa amigable con el ambiente a los desechos generados en el subproceso de filtración de la cerveza.

“La capacidad de retención de agua, la porosidad y textura de la muestra de diatomita reciclada, poseen características agrónomicas (superficie específica, capacidad de intercambio catiónico) permitiendo el almacenamiento, transporte y disponibilidad de nutrientes al suelo coadyudando al crecimiento de plantas” (Peña-Rodríguez, 2019).

### Material aislante para “techos verdes” en base a residuos de tierra de Diatomeas de la industria cervecera.

Investigadores del grupo de investigación de Ingeniería de Materiales y Minera de la Universidad de Jaén han desarrollado un nuevo sustrato más sostenible y económico a partir de arcillas y residuos resultantes de la fabricación de la cerveza, ricos en materia orgánica como el lodo de la depuración de sus aguas, el bagazo o las tierras de diatomeas, consiguen un material muy poroso, aislante y con gran capacidad de absorción de agua.

“Este método requiere menos tiempo y coste energético que otros, ya que el propio residuo aporta energía en el proceso. Además consiguen que sea más ligero para poder instalarse en jardines de edificios sin sobrecargar su estructura, tanto en horizontal sobre los techos, como en vertical sobre las paredes” (Dicyt, 2017).

## Referentes

### De corchos

Proyecto de la diseñadora Paula Corrales que busca rescatar el corcho de botellas de vino, con el fin de reutilizar el material noble en productos utilitarios, como taburetes para niños y maceteros. El corcho es recolectado, molido y luego pasa por un proceso de re-aglomerado de baja tecnología (Ambientes Digital, 2019).



### Karün

Empresa nacional que diseña y fabrica anteojos con materiales recogidos del mar, como cabos, redes y otros desechos de la pesca. Karün busca principalmente incentivar la moda sostenible y ser un ejemplo para otras industrias, trabajando con la tecnología de ECONYL, donde se retransforma el material en monómero para luego convertirlo en polímero (Startups Chilenas, 2020).



### Kaffee Form

Empresa Alemana que diseña tazas y vasos en base a un material obtenido de los residuos de café generados en establecimientos y restaurantes. Para hacer el material, los pozos de café de las cafeterías locales en Berlín se recolectan, secan y se mezclan con biopolímeros, almidón, celulosa, madera, resinas naturales, ceras y aceites (Material District, 2018).



## Materiom

Materiom es una plataforma online para compartir recetas para la fabricación de biomateriales, con ingredientes al alcance de cualquier persona. Esta propone el uso de recursos naturales locales provenientes de ciclos de desechos o de organismos vivos que sean biodegradables o compostables para así lograr un ciclo cerrado de producción de materiales para aplicaciones en diseño (Pacheco, 2019).

Imagen; Bio compuesto material en base a residuo de cáscara de huevo, gelatina y agua (Materiom, s.f).



## LABVA

El laboratorio de bio materiales de Valdivia (LABVA) busca dar una segunda vida a residuos por medio de procesos de reutilización, en los cuales se emplean sustancias naturales para poder elaborar los compuestos y posteriores objetos en donde son aplicados.

Imagen; Bio compuesto material en base a cenizas rescatadas del sur de Chile, en donde el principal medio de calefacción es la leña (LABVA, s.f).



# IV. Desarrollo del proyecto

*Obtención del residuo*

*Primeras aproximaciones*

*Experimentación*

*Caracterización del material*

*Posicionamiento entre materialidades similares*

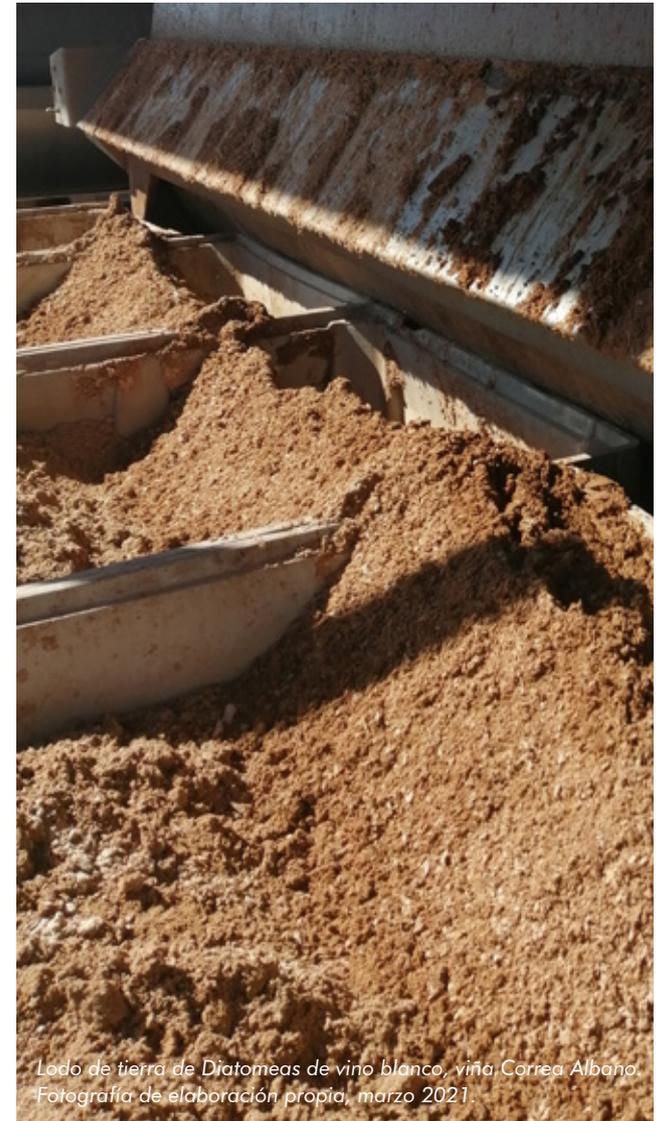
## Obtención del residuo

El residuo de tierra de Diatomeas que se utilizó a lo largo de la experimentación con el material fue solicitado a la viña Correa Albano, quienes estuvieron dispuestos a colaborar desde el inicio del proyecto. La viña se encuentra a pocos kilómetros de distancia desde donde se realizó la experimentación, lo cual favoreció enormemente el desarrollo de esta, tanto para conocer los procesos de producción asociados a la filtración como para acceder al residuo.

Para iniciar la primera etapa de experimentación, se realizó una visita a la viña con el fin de recolectar el residuo, en esa instancia se logró obtener únicamente residuo de tierras provenientes de la filtración de vino blanco. Se recolectaron aproximadamente 8 kg. de tierras de filtración, extraídas directamente de la maquinaria. Estas fueron transportadas en bolsas herméticas hasta el lugar de la experimentación. Pocos minutos después, producto del calor en el ambiente y las sustancias que contenía el lodo, las bolsas se inflaron hasta colapsar, por lo que se decidió almacenar el residuo en contenedores plásticos con la tapa semi abierta. Luego de unos días se observó la presencia de moscas e insectos en el residuo, lo cual indicó que este debía ser secado instantáneamente luego de su recolección, para ser almacenado cuando estuviese seco.



*Lodo de tierra de Diatomeas de vino tinto, viña Correa Albano.  
Fotografía de elaboración propia, octubre 2020.*



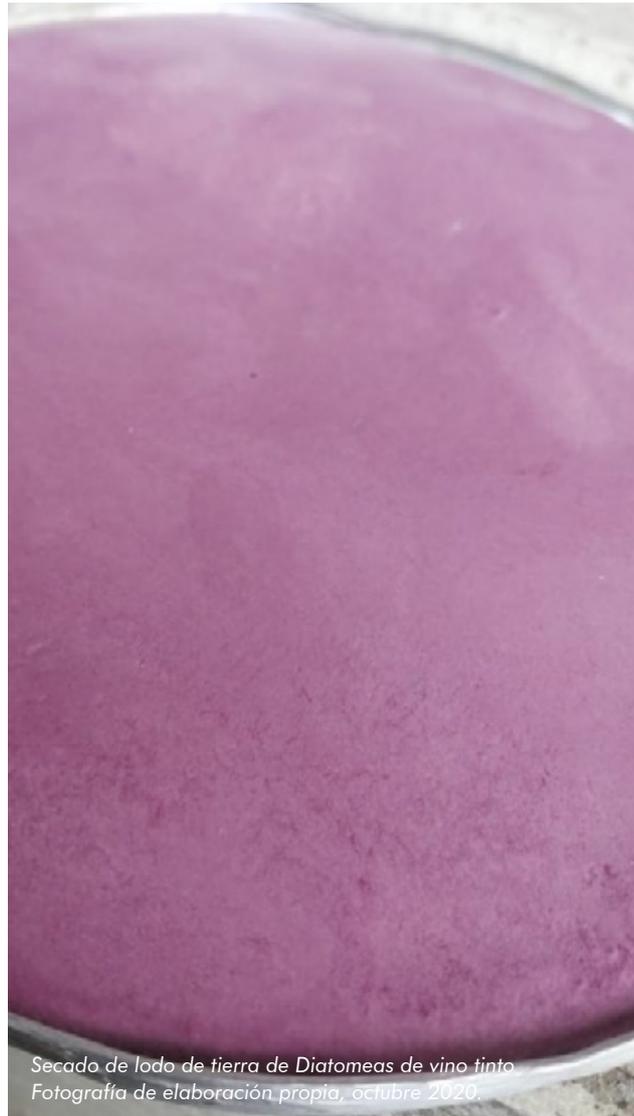
*Lodo de tierra de Diatomeas de vino blanco, viña Correa Albano.  
Fotografía de elaboración propia, marzo 2021.*

## Proceso de secado

Para el proceso de secado del residuo, se dispuso uniformemente una capa delgada de aproximadamente 2 cm. de grosor en bandejas metálicas, para así hacer más rápido el proceso. Luego de dos a tres días el residuo se encontraba completamente seco, por lo que ya se podía guardar en cajas de plástico cerradas.

Al experimentar con el residuo, este debía estar en estado de polvo, para así poder manipularlo de mejor manera, por lo que se procedió a moler el lodo que ya estaba seco. Este proceso se realizó triturando el residuo hasta obtener una consistencia arenosa en el caso de lodos de vino blanco y más fina en el caso de las tierras provenientes de vinos tintos.

Es importante señalar que durante la realización de este proceso y durante la totalidad de la experimentación fue necesaria la utilización de guantes debido a que es un material abrasivo, y mascarilla para proteger las vías respiratorias, ya que según la ficha de datos de seguridad para la manipulación de tierra de Diatomeas realizada por Imerys S.A indica que, si bien este es un material catalogado como "no peligroso", producto de la manipulación y uso (trituración o secado) de este mineral se puede generar sílice cristalina respirable y la inhalación prolongada de esta puede provocar fibrosis pulmonar, o también llamada Silicosis.



Secado de lodo de tierra de Diatomeas de vino tinto  
Fotografía de elaboración propia, octubre 2020.



Secado de lodo de tierra de Diatomeas de vino blanco.  
Fotografía de elaboración propia, marzo 2021.

## Primeras aproximaciones

### Conocer el residuo

Las experimentaciones preliminares se realizaron luego de la primera visita a la viña Correa Albano, cursando Seminario de título (Octubre 2020), donde se recolectaron muestras de distintos residuos que se generaban en el proceso de producción.

En esta instancia sólo se pudo conocer el lodo de tierra de Diatomeas proveniente de la filtración de vino tinto, ya que aun no comenzaba la temporada de filtración de vinos blancos.

Se llevaron a cabo 5 pruebas experimentales con el residuo, con el propósito de conocer su comportamiento frente a la aleación con aglomerantes naturales.

Los aglomerantes naturales utilizados en esta ocasión fueron Agar agar, Goma Arabiga y Alginato de Sodio. Al realizar estas primeras aproximaciones se obtuvieron hallazgos interesantes sobre el comportamiento y las propiedades del residuo, teniendo más claridad sobre los procesos de elaboración que sería conveniente implementar en las experimentaciones posteriores.



## Compuestos

Muestra N°1



Temperatura: Horno, 180°C.  
Tiempo: 15 minutos  
5 gr. de tierras  
4 gr. de Goma Guar  
60 ml de agua.

Muestra N°2



Temperatura: Horno, 180°C.  
Tiempo: 15 minutos  
3 gr. de tierras  
2 gr. de Goma Guar  
45 ml de agua

Muestra N°3



Secado: Temperatura ambiente  
Tiempo: 2 días  
3 gr. de tierras  
2 gr. de Agar Agar  
30 ml de agua.

Muestra N°4



Secado: Temperatura ambiente  
Tiempo: 2 días  
3 gr. de tierras  
2 gr. de Goma Guar  
45 ml. de agua

Muestra N°5



Secado: Temperatura ambiente  
Tiempo: 2 Días  
10 gr. de tierras  
1 gr. de Alginato de sodio  
30 ml. de agua

## Interacciones críticas

1. **Reduce considerablemente su volumen** en el proceso de secado, independiente del tipo de aglomerante utilizado.
2. Es necesario recurrir a un **proceso de deshidratación lento**, ya que las altas temperaturas debilitan el compuesto material.
3. Para controlar el compuesto de una mejor manera al momento de ser secado a temperatura ambiente, **es necesario la utilización de moldes** que lo contengan, de lo contrario, este tiende a deformarse rápidamente.
4. En el caso de la muestra N°5, con Alginato de sodio, se detectaron resultados interesantes, ya que el material se aglomera y toma una mayor consistencia a los 5 minutos aprox. de exposición al sol, siendo posible retirar el molde de silicona y que este mantuviese su forma.
  - 4.1 La muestra se seca luego de dos días, siendo muy **compacto y resistente** a impactos.
5. Resulta ser **muy liviano**, independiente del aglomerante o proceso de secado utilizado.
6. Las muestras laminares resultan ser **muy poco controlables** en cuanto a su forma, independiente del proceso de secado o aglomerante utilizado.

Después de estos primeros acercamientos al residuo en contacto con aglomerantes, se inició a la Etapa N°1 de experimentación con el residuo.

# Experimentación

*Etapa Nº 1; Pruebas de aglomeración*

*Prueba de aglomeración*

*Etapa Nº 2; Pruebas de fusión*

*Primera prueba de fusión*

*Segunda prueba de fusión*

*Tercera prueba de fusión*

*Cuarta prueba de fusión*

## Etapa N° 1

### Pruebas de aglomeración

En el mes de marzo se comenzó la primera Etapa de experimentación, a partir de residuos de tierra de Diatomeas extraídos de la maquinaria de filtración en la viña Correa Albano.

La primera experimentación material se realizó en base a los hallazgos obtenidos del primer acercamiento al residuo, donde se observó que por medio de adhesivos naturales, específicamente con Alginato de Sodio, al estar en formato de bloque el residuo lograba cierta moldeabilidad y resistencia.

#### Objetivo

El propósito de esta experimentación fue obtener resultados más precisos, con una mayor cantidad de pruebas de aglomeración y parámetros específicos que indicaran cual de los aglomerantes era potencialmente más apto para conformar un compuesto material, sin necesitar de resinas o sustancias sintéticas.

En esta experimentación se pudo trabajar únicamente con residuo de vinos blancos, ya que aun no comenzaba la temporada de filtración de vinos tintos. Al consultar sobre su disponibilidad en otras viñas, estas se encontraban en la misma situación, por lo que se debió posponer la prueba de aglomeración con residuos de tierra de Diatomeas de vino tinto.

Para identificar el aglomerante más apto, se definieron algunos de los requisitos iniciales que debían cumplir los compuestos resultantes, siendo utilizados como referencia para el análisis de las muestras obtenidas.

#### Criterios de selección

1. Capacidad de moldeado
2. Resistencia
3. Ausencia de hongos
4. El residuo como componente principal

El lodo se expuso a distintos factores incidentes en su composición y forma, para determinar un compuesto que coincidiera con los criterios cualitativos del material final.

Se crearon fichas de medición para evaluar el progreso de las muestras, en donde se especificaron las cantidades de los componentes de cada una y otras variables a considerar. También, se registraron los cambios que experimentó cada compuesto a medida que pasó el tiempo, a partir de los cuales se pudo determinar el comportamiento del residuo frente a las distintas sustancias aglomerantes.



Elaboración de muestras  
Fotografía de elaboración propia, marzo 2021.



## Principales implementos para la experimentación



Mortero

Se utilizó para moler las partículas de mayor tamaño presentes en el residuo.



Horno

Se realizaron pruebas en horno convencional para conocer la reacción del material al ser expuesto a temperaturas altas.



Moldes

Para testear la capacidad de aglomeración y moldaje del residuo.



Gramera

Se utilizó para generar resultados precisos en cuanto a cantidades de materias sólidas.



Vaso medidor

Para tener exactitud en utilización de sustancias líquidas.

La primera experimentación se realizó de forma casera, ya que, en ese momento, por motivos de confinamiento en pandemia covid-19, no se pudo acceder a instalaciones de laboratorio. Por lo tanto, se usaron utensilios domésticos para iniciar el proceso experimental con el residuo.

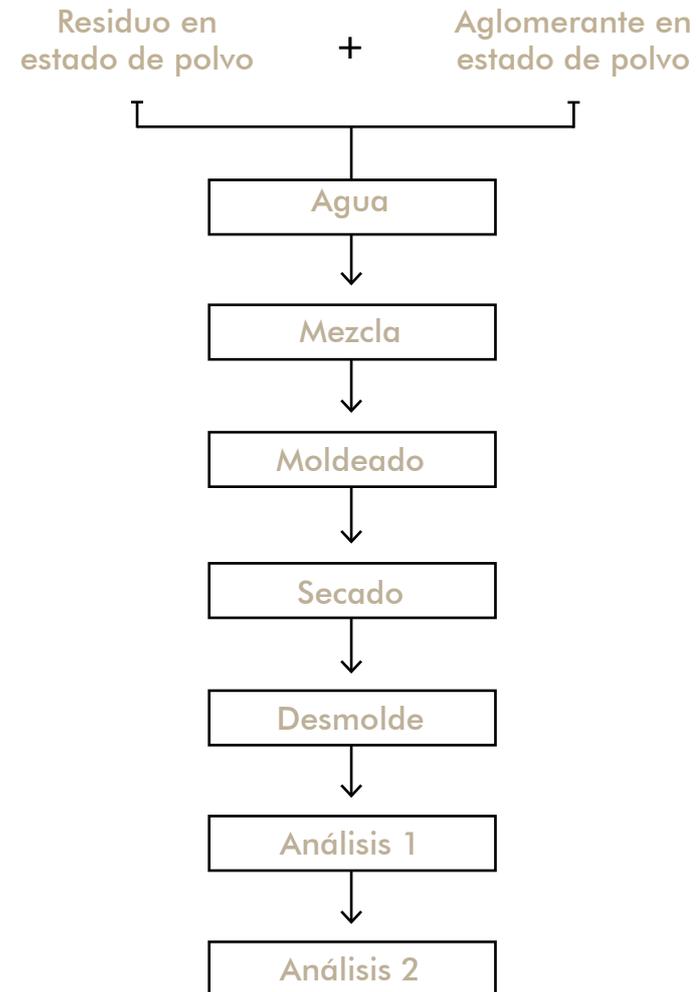
## Procedimiento

A partir de Materiom, plataforma en la que se exponen recetas para la fabricación de diversas tipologías de biomateriales, se logró conocer una gran cantidad de métodos y aglomerantes naturales con los que se podría dar paso a una primera experimentación, entre ellos se decidió utilizar;

- Agar Agar
- Goma guar
- Alginato de Sodio
- Goma Arábiga

Para la elaboración de cada compuesto, en primer lugar, se procedió a dosificar los componentes según medidas previamente determinadas en las fichas, indicándose las cantidades de residuo, aglomerante y agua que se debía utilizar para las distintas muestras. En segundo lugar, se mezclaron los componentes en un recipiente hasta estar completamente unidos, a los que luego se le añadió la dosis de agua correspondiente, formando una pasta homogénea. Finalmente, la pasta se vertió en un molde de silicona, en donde se dejó secar a temperatura ambiente.

Las muestras se secaron después de entre 7 y 9 días desde su elaboración, dependiendo del tipo de compuesto. Se realizó el proceso de desmolde y luego se hizo un análisis físico a cada una de ellas, el cual fue incluido en las fichas de medición. Finalmente, se mantuvieron en observación durante dos semanas para mantener un registro de su comportamiento.



En esta experimentación se realizó un total de 16 muestras, 4 por cada tipo de aglomerante. Se mantuvo el lodo de tierra de Diatomeas como componente predominante de los compuestos, en una cantidad de 10 g. por muestra, por lo que las variantes consistieron en la cantidad de aglomerante y de agua utilizada. Esto se debió a que se buscaba que el material resultante tuviese como componente predominante al residuo de tierra de Diatomeas, por sobre otras sustancias aplicadas en el proceso de elaboración del compuesto.

Para evaluar el comportamiento de las muestras durante el proceso de secado, se crearon fichas de medición, en las que se definieron distintos aspectos cualitativos a observar en los análisis físicos de la experimentación, los cuales están directamente relacionados a los resultados que se esperaban en el material final.

### Aspectos a evaluar

1. Cantidad de días de secado y clima
2. Agritamiento
3. Variación de su tamaño
4. Endurecimiento
5. Desgranamiento al tacto
6. Nivel de moldaje
7. Presencia de hongos



*Mezcla de residuo con aglomerante  
Fotografía de elaboración propia, marzo 2021.*

A2  
13:07

A1

D1  
17:14  
20 marzo

D2  
17:20  
20 marzo

D3  
17:25  
20 marzo

D4  
17:35  
20 marzo



# Alginato de sodio

## Compuesto



### E1. A1

10 gr. Residuo  
2 gr. Alginato de S.  
30 ml. agua



## Aspectos a evaluar

Días y clima: 7, soleado  
Se agrieta: si  
Varia su tamaño: si  
Se endurece: si  
Se desgrana: no  
Se amolda: si  
Hongos: no

## Observaciones

Al terminar la elaboración de las muestras, estas comenzaron a solidificarse rápidamente, tomando la forma del molde de silicona en que estaban contenidas.

Se secaron luego de siete días a temperatura ambiente. Donde se pudo observar que las muestras redujeron su tamaño considerablemente, pero lograron amoldarse.

Todas las muestras presentaron grandes grietas, a excepción de la muestra A1, la cual no presentó un agrietamiento significativo como las demás y mantuvo de mejor manera la forma inicial. A pesar de esto, las muestras no se desgranaron al tacto.

No se observó presencia de hongos.

Se concluyó que se debe aplicar una menor cantidad de Alginato de sodio y de agua para reducir las grietas y aumentar su compactación, ya que la muestra A1 es la que dio mejores resultados. Sin embargo, no fue considerado un compuesto resistente, ya que la presencia de grietas lo debilitaban de manera considerable.

Se pudo ver una gran diferencia en su comportamiento respecto a la muestra realizada durante las primeras aproximaciones, con residuo de tierras provenientes de la filtración de vino tinto, la cual se secó en dos días y resultó ser altamente compacta, sin presentar grietas.



### E1. A2

10 gr. Residuo  
3 gr. Alginato de S.  
35 ml. agua



Días y clima: 7, soleado  
Se agrieta: si  
Varia su tamaño: si  
Se endurece: si  
Se desgrana: no  
Se amolda: si  
Hongos: no



### E1. A3

10 gr. Residuo  
4 gr. Alginato de S.  
40 ml. agua



Días y clima: 7, soleado  
Se agrieta: si  
Varia su tamaño: si  
Se endurece: si  
Se desgrana: no  
Se amolda: si  
Hongos: no



### E1. A4

10 gr. Residuo  
5 gr. Alginato de S.  
50 ml. agua



Días y clima: 7, soleado  
Se agrieta: si  
Varia su tamaño: si  
Se endurece: si  
Se desgrana: no  
Se amolda: si  
Hongos: no

## Agar Agar

### Compuesto



#### E1. B1

10 gr. Residuo  
2 gr. Agar Agar  
20 ml. agua



### Aspectos a evaluar

Días y clima: 7, soleado  
Se agrieta: no  
Varia su tamaño: si  
Se endurece: si  
Se desgrana: no  
Se amolda: si  
Hongos: no

### Observaciones

A diferencia de las muestras aglomeradas con Alginato de Sodio, estas demoraron más en tomar consistencia al ser introducidas en los moldes, ya que la mezcla resultó ser más líquida.

Todas las muestras aglomeradas con Agar Agar resultaron tener una buena capacidad de moldeado, disminuyendo su volumen, pero manteniendo la forma inicial. Las muestras A2 y A3 se les desgranaron levemente al ser desmoldadas.

No se observó presencia de hongos.

La muestra A1 es en la que se observaron mejores resultados, ya que mantuvo la forma del molde y se compactó, siendo la única que no se desgranó o presentó grietas en la superficie.

De estos compuestos se pudo concluir que el Agar Agar tiene una buena capacidad para aglomerar el residuo y mantener la forma del molde, sin embargo, los compuestos resultantes se perciben como un material poco resistente, ya que, al aplicar presión con las manos sobre la muestra, esta comienza a debilitarse.



#### E1. B2

10 gr. Residuo  
3 gr. Agar Agar  
30 ml. agua



Días y clima: 7, soleado  
Se agrieta: si  
Varia su tamaño: si  
Se endurece: si  
Se desgrana: si  
Se amolda: si  
Hongos: no



#### E1. B3

10 gr. Residuo  
4 gr. Agar Agar  
40 ml. agua



Días y clima: 7, soleado  
Se agrieta: poco  
Varia su tamaño: si  
Se endurece: si  
Se desgrana: si  
Se amolda: si  
Hongos: no



#### E1. B4

10 gr. Residuo  
5 gr. Agar Agar  
50 ml. agua



Días y clima: 7, soleado  
Se agrieta: si  
Varia su tamaño: si  
Se endurece: si  
Se desgrana: no  
Se amolda: si  
Hongos: no

# Goma Arábica

## Compuesto



### E1. C1

10 gr. Residuo  
2 gr. Goma Arábica  
15 ml. agua



## Aspectos a evaluar

Días y clima: 8, soleado  
Se agrieta: si  
Varia su tamaño: si  
Se endurece: si  
Se desgrana: si  
Se amolda: si  
Hongos: no



### E1. C2

10 gr. Residuo  
2 gr. Goma Arábica  
20 ml. agua



Días y clima: 8, soleado  
Se agrieta: si  
Varia su tamaño: si  
Se endurece: si  
Se desgrana: no  
Se amolda: si  
Hongos: no



### E1. C3

10 gr. Residuo  
3 gr. Goma Arábica  
25 ml. agua



Días y clima: 8, soleado  
Se agrieta: no  
Varia su tamaño: si  
Se endurece: si  
Se desgrana: no  
Se amolda: si  
Hongos: no



### E1. C4

10 gr. Residuo  
4 gr. Goma Arábica  
30 ml. agua



Días y clima: 8, soleado  
Se agrieta: si  
Varia su tamaño: si  
Se endurece: si  
Se desgrana: si  
Se amolda: si  
Hongos: no

## Observaciones

Las muestras tardaron más tiempo de lo esperado en tomar consistencia, ya que la mezcla resultó ser muy líquida.

Los resultados de la aglomeración del residuo con Goma Arábica mostraron que los compuestos tienen buena capacidad de moldeado, pero hubo grandes grietas en las muestras C1 y C2, y un desgranamiento significativo en la muestra C4 al momento de ser desmoldada.

No se detectó presencia de hongos en las muestras.

El compuesto C3 fue el que dio mejores resultados, se amoldó y compactó sin sufrir agrietamientos o desgranos.

En general, el compuesto material resultó ser muy débil, ya que se desgranó notablemente al momento del desmolde y también al ser presionado con las manos.

## Goma Guar

## Compuesto

<p>●</p> <p><b>E1. D1</b></p> <p>10 gr. Residuo 1 gr. Goma Guar 25 ml. agua</p>			<p>Días y clima: 9, soleado Se agrieta: si Varia su tamaño: si Se endurece: si Se desgrana: si Se amolda: semi Hongos: no</p>
<p>●</p> <p><b>E1. D2</b></p> <p>10 gr. Residuo 1 gr. Goma Guar 35 ml. agua</p>			<p>Días y clima: 9, soleado Se agrieta: no Varia su tamaño: si se endurece: no Se desgrana: si Se amolda: semi Hongos: no</p>
<p>●●</p> <p><b>E1. D3</b></p> <p>10 gr. Residuo 2 gr. Goma Guar 45 ml. agua</p>			<p>Días y clima: 9, soleado Se agrieta: si Varia su tamaño: si Se endurece: si Se desgrana: no Se amolda: semi Hongos: no</p>
<p>●●</p> <p><b>E1. D4</b></p> <p>10 gr. Residuo 2 gr. Goma Guar 55 ml. agua</p>			<p>Días y clima: 9, soleado Se agrieta: no Varia su tamaño: si Se endurece: si Se desgrana: no Se amolda: semi Hongos: no</p>

## Aspectos a evaluar

## Observaciones

Los compuestos obtenidos de la aglomeración de Goma Guar con el residuo, resultaron ser altamente compactos y resistentes al tacto. Sin embargo, se pudo observar que la parte inferior de la muestra se logró amoldar, pero la superficie se deformó en el proceso de secado. Las muestras D1 y D3 mostraron grietas, pero ninguna de las muestras se desgranó. No se observaron hongos. Se destacó la ligereza de los compuestos, estos se percibieron significativamente más livianos que las muestras en las que se utilizaron otros tipos de aglomerantes. Se pudo concluir que a mayor cantidad de aglomerante, mayor es la deformación del compuesto. En general, el aglomerante da buenos resultados, pero se debe controlar la cantidad de agua añadida y el moldeado de la mezcla para que esta no se deforme durante el proceso de secado.

## Conclusiones

A raíz de los hallazgos iniciales obtenidos en la experimentación, se pudo concluir que los compuestos aglomerados con Goma Guar fueron los que dieron mejores resultados, ya que mostraron reunir varias de las características deseadas para la elaboración del material.

A pesar de que la mayoría de las muestras con Goma Guar no lograron mantener la forma exacta del molde, se destacó que estas no presentaron un gran agrietamiento o desgrane como los otros compuestos y mostraron ser muy resistentes al tacto, aun cuando algunas tenían pequeñas grietas.



## Pasos a seguir

Luego de finalizar la elaboración de las muestras, se coordinó una reunión con César Sáez, docente de Ingeniería de la PUC, especialista en biorremediación y Bio valorización de residuos.

En la reunión se expusieron los objetivos del proyecto y los resultados obtenidos de la experimentación con aglomerantes. Se puso énfasis en la composición mineral de la Diatomita, especialmente en la gran cantidad de dióxido de Silicio que contiene, el cual se pierde al ser desechada. A raíz de esto, se planteó la posibilidad de reutilizar el residuo mediante un mayor enfoque en las propiedades de la Sílice contenida en la tierra de Diatomeas, por lo que se decidió pausar la primera etapa de experimentación con aglomerantes para dar paso a una segunda etapa de experimentación, enfocada especialmente en las características que podría entregar al material este componente presente en el lodo.

César entregó observaciones y sugerencias relevantes a considerar, junto con puntos claves que se debían tener en cuenta para establecer los procesos a seguir. Inicialmente, se identificaron dos aspectos clave que podrían influir en la viabilidad de esta reutilización;

1. La materia orgánica que adquiere durante la filtración del vino.

2. El desconocimiento de la cantidad exacta de Sílice y otros elementos que la tierra de Diatomeas presente en el residuo contenía, ya que varía según el yacimiento de donde se extrae y el proceso de producción a la que se somete.



## Etapa N° 2

### Pruebas de fusión

Una de las principales propiedades de la Diatomita, roca sedimentaria de donde proviene la tierra de Diatomeas, es su alto porcentaje de dióxido de Silicio y otros elementos feldespáticos (comúnmente utilizados como fundentes; sustancias que se aplican a otros materiales para facilitar su fusión). Estos componentes, al estar en conjunto, otorgan características químicas y físicas al residuo que permiten suponer que el lodo de tierra de Diatomeas proveniente de la filtración del vino podría ser un elemento potencialmente apto para la formación de un material con características vítreas o cerámicas.

Un estudio realizado por The journal of Glass and Ceramics, propone a la Diatomita como uno de los sustitutos más prometedores de la arena de cuarzo utilizada en la elaboración común de vidrio. Esto debido a que, dentro de un grupo de clasificación de rocas de tipo "ópalo-cristobalita", la diatomita tiene la composición más estable, lo que se debe a las condiciones específicas en las que se forman. Asimismo, se señala que la diatomita permite aplicar un menor temperatura de fusión que la arena de cuarzo, como resultado de las características estructurales y de composición de la diatomita, incluida su microporosidad y grado de hidratación (Manevich, Subbotin, Nikiforov, 2012).

A partir de las características detectadas, la hipótesis que se buscó validar por medio de esta experimentación consistió en la posibilidad de generar un material vítreo a partir del residuo de filtración de tierra de Diatomeas generado por la industria vitivinícola, por medio de procesos de fusión.

Para la realización de las pruebas se requirió contar con instalaciones de laboratorio y diversos tipos de maquinaria, a los cuales fue difícil acceder por motivos de la pandemia. Frente a esta problemática, se comenzó a buscar personas o empresas que tuvieran los artefactos necesarios y pudieran facilitarlos para la experimentación.

Se contactó a Juan Pinto, gerente general de la empresa Indekap Ltda., ubicada en la comuna de Macul. Esta empresa se dedica a la fabricación de esmeriles, diamantes para uso industrial, artículos para minería, entre otros. Luego de contactar a Juan, se coordinó una visita a la fábrica en la que se confeccionan los productos de la empresa. En la reunión se explicó el proyecto y los requerimientos de la experimentación que se quería llevar a cabo. Juan estuvo dispuesto a colaborar y a hacer uso de las instalaciones de la fábrica y el laboratorio de la empresa, por lo que se acordó una segunda visita para comenzar la experimentación con el residuo.



Horno industrial utilizado para la experimentación  
Fotografía de elaboración propia, abril 2021.

## Principales implementos para la experimentación



Horno

Se utilizó un horno industrial para alcanzar la temperatura de fusión del material.



Micro balanza

Para lograr un alto nivel de exactitud en la dosificación de material para las muestras.



Microscopio

Se utilizó una lupa microscópica para observar en detalle el residuo y las muestras resultantes.



Tamices

Por medio del cedazo se logró clasificar el residuo en diferentes niveles según su granulometría.



Matrices

Por medio de una matriz cilíndrica de fierro de 18,5 mm. de diámetro se dió forma a las muestras.



Prensa

Se utilizó una prensa hidráulica para comprimir el residuo en la matriz.

Durante el desarrollo de la experimentación fue necesario recurrir a diversos implementos, con los cuales se logró testear el material.

La totalidad de estos pertenecían a la fábrica y laboratorio de Indekap, por lo que fueron utilizados con la ayuda y supervisión de Juan y otras personas que trabajaban ahí, debido a que algunos requerían de mayor experiencia y conocimientos para ser manipulados correctamente.



Lodo seco de tierra de Diatomeas  
Fotografía de elaboración propia

## Análisis del residuo

En la segunda visita se hizo un recorrido por la fábrica junto a Juan, quien explicó el funcionamiento de las máquinas que serían utilizadas y mostró los procesos de producción de algunas de las piezas que estaban siendo elaboradas en ese momento. Luego, se inició el proceso de experimentación con el residuo.

En esta instancia se logró trabajar con lodo proveniente de la filtración de vino blanco y también de vino tinto. Este último fue recolectado de la maquinaria de filtración de la viña Casa Silva, ya que la viña Correa Albano, de donde se obtuvo el lodo de vino blanco, aun no iniciaba la filtración de tintos, por lo que no contaban con disponibilidad de ese residuo. Antes de iniciar el proceso de experimentación, se llevó a cabo un análisis de ambos tipos de residuo en estado de polvo, para poder determinar su composición.

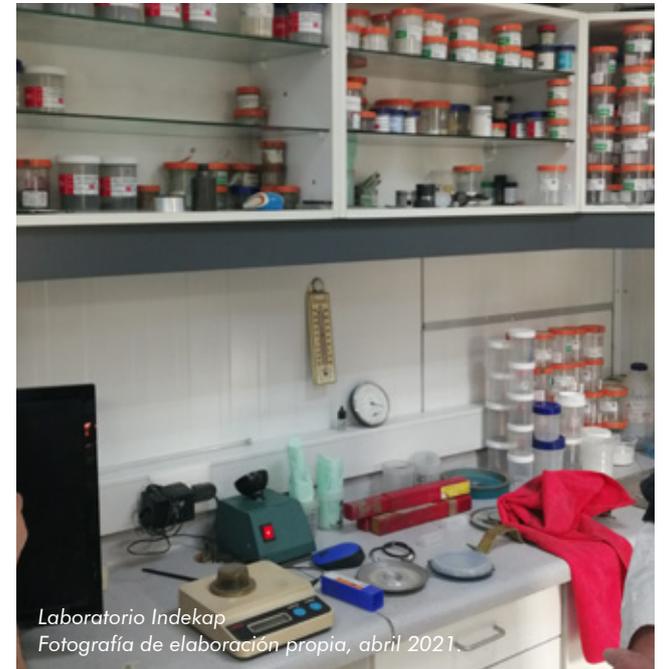
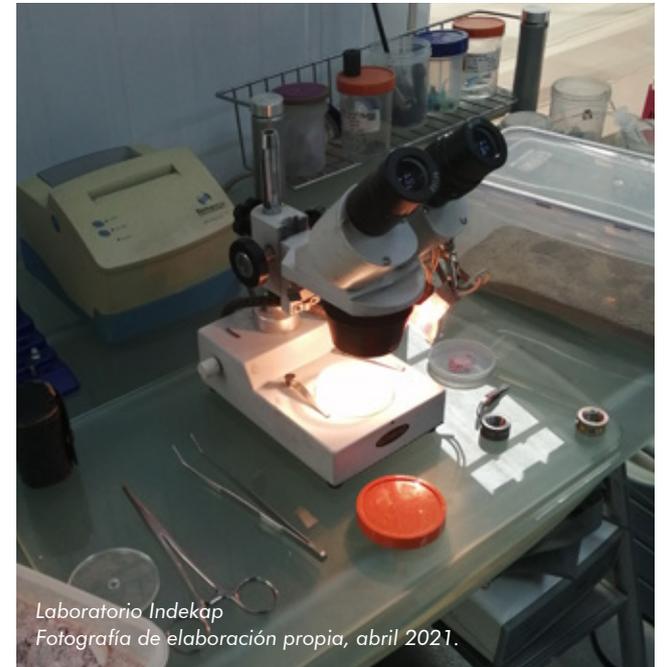
Para analizar en detalle la composición del lodo, en especial su porcentaje de Sílice, se necesitó hacer un análisis de espectrofotómetro, para lo cual se requerían instrumentos que el laboratorio de la fábrica no tenía.

Al cotizar un análisis químico del residuo en otro laboratorio resultó tener un costo muy alto, es por esto que se decidió realizar un análisis físico para

observar la presencia de Sílice, y también se tomó como referencia los estudios realizados a la tierra de Diatomeas señalados anteriormente, los cuales indican que esta puede contener entre un 71% a un 88% , o incluso más, junto con otros minerales dependiendo del depósito.

Además del Silicio y los otros elementos minerales, se consideró la materia orgánica que contiene el residuo, la cual está conformada principalmente por partículas de levaduras y fragmentos de hollejo de la uva.

La cantidad de estos en el residuo varían según su procedencia y la turbidez del vino que fue filtrado a través de las tierras. En la reunión que se había realizado con César, se indicó que la principal diferencia del residuo blanco y tinto se debe a las levaduras, ya que el residuo blanco absorbe más levaduras (microorganismo compuesto de casi pura agua), las cuales pueden ser eliminadas con mayor facilidad, y el residuo tinto absorbe más hollejos, y una menor cantidad de levaduras.





Fábrica Indekap  
Fotografía de elaboración propia, abril 2021.

Se utilizó una lupa microscópica para poder determinar qué tipo de residuo tenía una mayor concentración de Sílice y elementos feldspatos (fundentes), resultando ser en el lodo proveniente de la filtración de vino blanco donde se pudo observar una mayor presencia de estos.

En la imagen N°1, correspondiente al residuo provenientes de la filtración de vino blanco, se puede ver que existe una mayor cantidad de cristales de Silicio, lo cual se detectó por el brillo que estos generan al estar expuestos a la luz.

Por otro lado, en la imagen N°2, se muestra el residuo de la filtración de vino tinto, donde se puede observar que se trata de una tierra más fina y los cristales son pequeños. También se pudo detectar que, posiblemente, esta contiene una mayor cantidad de materia orgánica en comparación con el residuo de vino blanco, debido a que los cristales de Silicio se ven con menor claridad.



Imagen N°1  
Residuo de tierra de Diatomeas de la filtración de vino blanco.



Imagen N°2  
Residuo de tierra de Diatomeas de la filtración de vino tinto.



Imagen N°3  
Residuo de tierra de Diatomeas de la filtración de vino blanco.



Imagen N°4  
Residuo de tierra de Diatomeas de la filtración de vino tinto.

Para observar la presencia de otros elementos minerales presentes en las tierras, se aplicó agua al residuo. Al realizar este procedimiento, la materia orgánica se disolvería, por lo que se podrían ver los elementos que son insolubles, los cuales corresponden a los minerales que componen el residuo, muchos de ellos feldespatos.

En la imagen N°3, correspondiente al lodo de tierra de Diatomeas de vino blanco, se pudo observar partículas de color blanco, las cuales indicaron la presencia de minerales que probablemente podrían funcionar como fundentes en el material (feldespatos).

En la imagen N°4, correspondiente al lodo de tierra de Diatomeas de vino tinto, se pudo observar una ausencia de elementos minerales, como los observados en las tierras de vino blanco. Esto se podía deber a que existía una menor cantidad de partículas de aquellos elementos y/o eran más finas que las del otro residuo.

Producto de estos hallazgos y los conocimientos adquiridos durante la investigación, se pudo establecer ciertas hipótesis sobre el comportamiento que tendría el residuo en las pruebas de horno.

Hipótesis N°1: El lodo proveniente de la filtración de vino blanco tendría mejores resultados en cuanto a su posible vitrificación en las pruebas de fusión, debido a la mayor cantidad de Sílice, elementos que probablemente eran del tipo feldespatos y la clase de materia orgánica que este contiene.

Hipótesis N°2: Se esperaba que la materia orgánica retenida en la tierra de Diatomeas, al estar expuesta a altas temperaturas, se calcinara y por lo tanto desapareciera.

## Medición de pH

Los residuos podían poseer distintos niveles de acidez producto de sus componentes orgánicos, la cual es determinada por las partículas de hidrógeno presentes en ellos.

Se realizó una prueba para conocer qué tan ácidos eran ambos lodos, por medio de un medidor de pH (potencial hidrógeno). El pH puede variar desde el nivel 0 al nivel 14, donde 0 es muy ácido, nivel 7 es neutro y 14 es alcalino. En este caso, el medidor de pH era de un rango de 5.5, hasta 9.0, el cual, a través de un papel sensible a la acidez en el que se aplica el residuo, señalaba su nivel correspondiente, por medio de una colorimetría específica.

El residuo proveniente de la filtración de vino blanco resultó tener un pH de 6, lo cual significa que era prácticamente neutro, poco ácido.

El residuo proveniente de la filtración de vino tinto resultó tener un pH de 5.5, siendo levemente más ácido que el lodo de filtración de vino blanco.



Medidor de pH  
Fotografía propia, abril 2021.



Medidor de pH  
Fotografía propia, abril 2021.



Medición pH, lodo de vino blanco  
Fotografía propia, abril 2021.

## Prueba de abrasividad

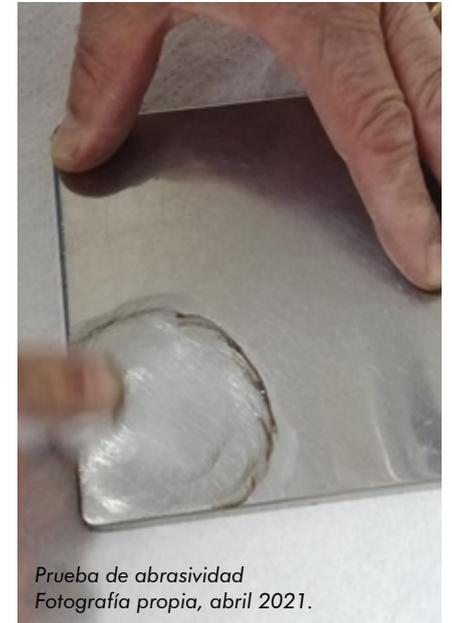
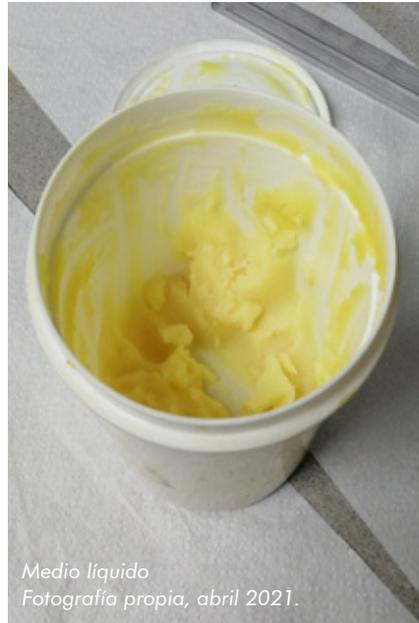
Al investigar sobre el uso que se le da a la tierra de Diatomeas en otras industrias, se había podido ver que una de sus principales aplicaciones era como material abrasivo, específicamente para metales.

A raíz de esto, para conocer más sobre las características del residuo se realizó un procedimiento simple que se utiliza habitualmente en la fábrica para el testeo de materiales abrasivos, con el que se puede conocer, a grandes rasgos, su nivel de efectividad.

Para eso se utilizó un medio líquido, el cual se mezcló con el residuo, provocando así una suspensión y

dispersión de las partículas de tierra de Diatomeas. Luego, este se aplicó sobre una placa de metal y se frotó sobre ella.

Al finalizar esta prueba se catalogó al residuo como un elemento *no agresivo y medianamente abrasivo*, debido a que no rayó el metal, logró pulir la placa en un tiempo relativamente corto y con poco esfuerzo, pudiéndose ver un gran cambio en la zona en la que se aplicó el residuo respecto al resto de la placa, ya que resultó ser más clara y limpia.





*Cristales de Sílice en residuo de tierra de filtración de vino blanco.  
Fotografía de elaboración propia, abril 2021.*

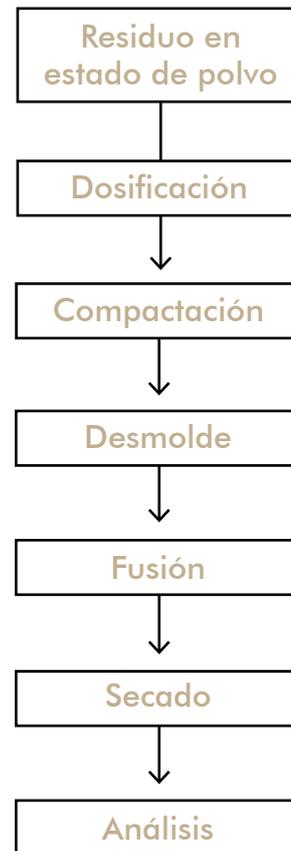
## Método experimental

A partir del análisis del residuo, se estableció una metodología a seguir para la experimentación en horno, la cual se creó a partir de los métodos previamente discutidos con César y con asesoramiento de Juan, quien contaba con experiencia y un gran conocimiento sobre el manejo y confección de materiales en base a elementos con características similares a la tierra de Diatomeas.

### Procedimiento

La metodología llevada a cabo consistió, en primer lugar, en medir la cantidad de residuo que sería utilizado para cada una de las muestras, para lo cual se utilizó una balanza de alta precisión. Posteriormente, el residuo se colocó al interior de una matriz cilíndrica de fierro, la cual se insertó en una prensa para hacerla más compacta y darle forma, lo cual facilitaba su manipulación y posterior análisis. Finalmente, las muestras ya compactadas se retiraban de la matriz y se distribuían sobre una placa cerámica de óxido de aluminio sinterizado, con una resistencia a altas temperaturas de hasta 1600°C, para ser introducidas en el horno. Cuando estas estuvieron listas se procedió a analizar el material resultante.

Es importante señalar que el horno utilizado para la fusión de las muestras era compartido con otros productos de la empresa, por lo que la frecuencia de uso y su disponibilidad dependía también de los requerimientos y tiempos de producción de la fábrica.



## Primera prueba de fusión

El día 23 de abril se inició la elaboración de las muestras para la primera prueba de fusión, siguiendo el procedimiento previamente establecido.

### Objetivo

Comprobar si el lodo de tierra de Diatomeas posee la capacidad de vitrificarse por medio de su exposición a altas temperaturas, sin utilizar productos para alterar la composición del residuo.

### Procedimiento

#### 1. Dosificación

Se comenzó el procedimiento con la dosificación del residuo en estado de polvo, para obtener una cantidad de 3,5 gramos en cada muestra. En esta primera prueba no se tamizó el residuo, por lo tanto, las muestras tuvieron una granulometría variada.

Imagen N°2; Al dosificar los residuos en 3,5 gr., se pudo observar que la densidad de la tierra proveniente del vino blanco (2) era de aproximadamente la mitad que la densidad de la tierra de vino tinto (1), ya que ocupaba casi el doble de espacio que la tierra de vino tinto al estar al interior del mismo recipiente, y ambas resultaban ser del mismo tamaño al ser prensadas. Esto se podía deber a una mayor presencia de materiales arcillosos en la tierra de diatomeas contenida en el lodo de filtración de vino tinto.



Imagen N°1  
Dosificación del residuo  
Fotografía de elaboración propia, abril 2021.

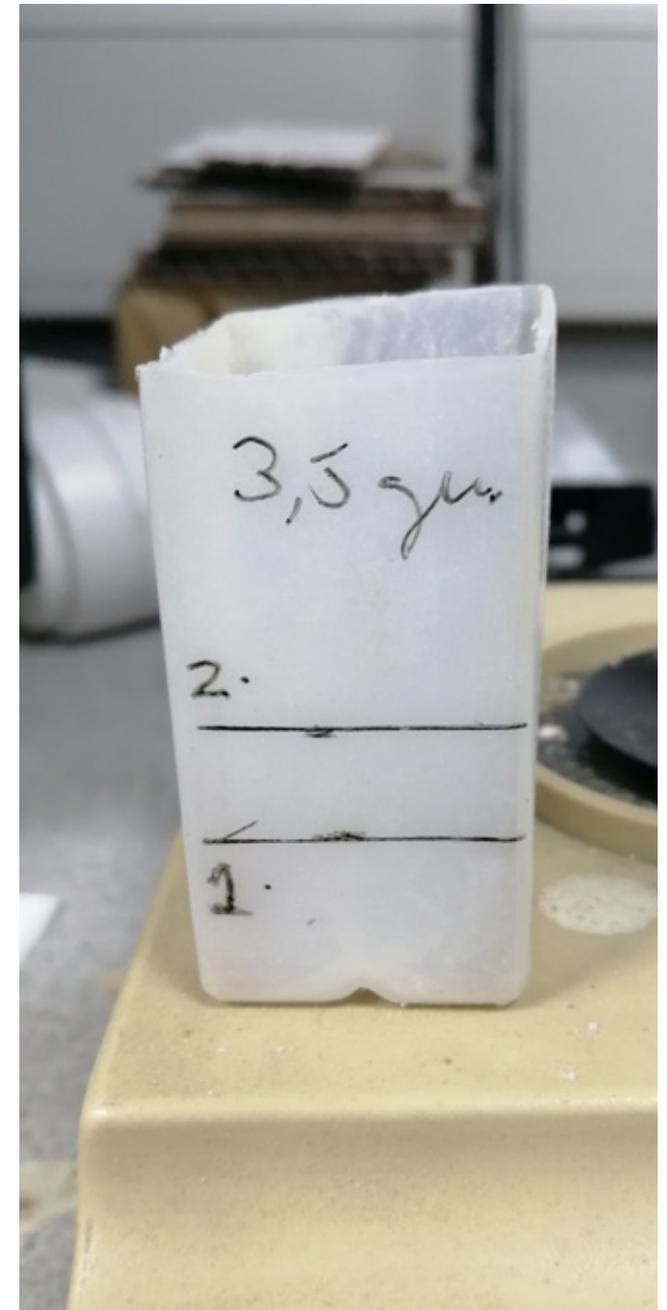


Imagen N°2  
Diferencia de volumen de los residuos  
Fotografía de elaboración propia, abril 2021.

## 2. Compactación

Con el residuo ya dosificado, se procedió a compactar las muestras, para lo cual se utilizó una matriz de hierro con forma cilíndrica, de 18,5 mm de diámetro y 10 mm de alto. Se introdujo el residuo al interior de la matriz y esta se llevó a una prensa hidráulica con una fuerza de 200kg por  $\text{cm}^2$ , con la cual se comprimió el residuo formando muestras cilíndricas compactas, a los cuales se llamó "pastilla" o "botón".

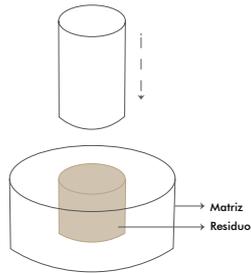


Diagrama N° 6  
Prensado del residuo en matriz  
Elaboración propia

La razón por la cual se compactó el residuo fue debido a que al tener la muestra en estado de polvo se dificultaría su manipulación, y no se podría tener un análisis claro respecto a la variación de su tamaño o forma al momento de ser fusionado, ya que las muestras resultarían muy irregulares.

Se realizaron 6 muestras con lodo de filtración de vino blanco y otras 6 muestras con lodo de vino tinto, a todas se les aplicó la misma cantidad de residuo y se les dio la misma forma cilíndrica.

Las muestras realizadas para esta prueba contenían únicamente residuo de tierra de Diatomeas, no se agregaron fundentes u otro tipo de tratamientos, ya que el objetivo de esta primera experimentación era comprobar si este era capaz vitrificar en su estado y composición original.



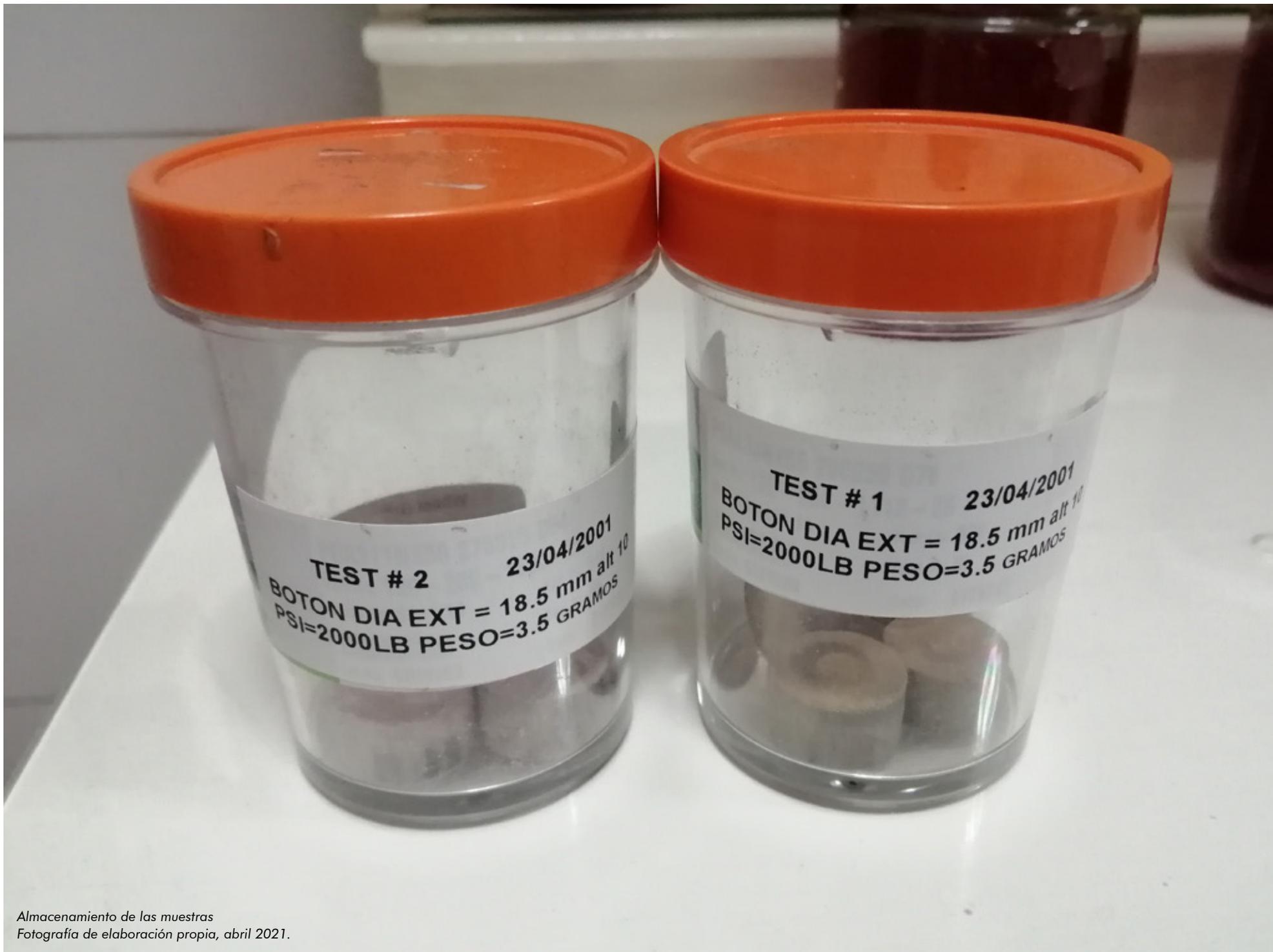
Residuo en matriz  
Fotografía de elaboración propia, abril 2021.



Proceso de prensado de las muestras  
Fotografía de elaboración propia, abril 2021.



*Muestras de residuo prensadas  
Fotografía de elaboración propia, abril 2021.*



Almacenamiento de las muestras  
Fotografía de elaboración propia, abril 2021.

### 3. Fusión

Las muestras fueron introducidas en el horno de fusión una semana después de su elaboración, ya que se prendía cuando existía una cantidad determinada de productos de la fábrica que lo necesitaran, para ser cargado completamente.

Las muestras ya listas fueron colocadas sobre la placa. En un lado se pusieron seis muestras de residuo de vino blanco y al otro lado seis muestras de residuo de vino tinto, dejando un espacio de separación entre cada una de ellas.

Se introdujeron en el horno a una temperatura de 1.258 °C, por 36 horas. Estas variables no fueron del todo controlables, ya que los otros productos de la fábrica, que también se encontraban en su interior, requerían de esa temperatura y duración específicas.

#### Funcionamiento del horno

En esta ocasión, los productos de la fábrica requerían de un proceso de fusión determinado. El horno estaba programado para funcionar a través de 12 ciclos de fusión que aumentan la temperatura en intervalos de tiempo específicos durante las 36 horas de duración. (Gráfico N°6) El tiempo que demora en llegar a la temperatura programada dependerá de la potencia del horno.

Para conocer su temperatura exacta de fusión se debían realizar pruebas en hornos más pequeños que tuvieran una mayor potencia y que llegaran a la temperatura indicada en intervalos de tiempo más cortos, ya que la duración de este estaba determinada por los intervalos de fusión requeridos por los otros productos, lo cual hacía más demoroso de lo necesario el proceso de fusión de las muestras. Por lo tanto, para esta prueba en específico, el tiempo no fue el factor determinante del material, sino que lo fue la temperatura final a la que se expuso.

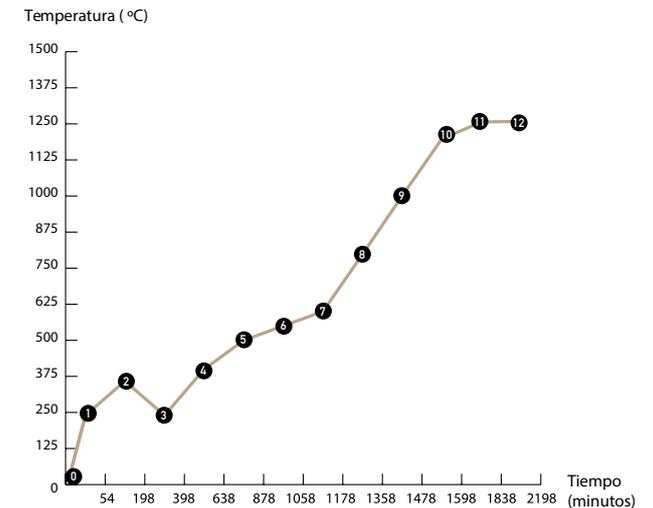


Gráfico N°6  
Proceso de fusión programado en el horno  
Elaboración propia.



Proceso de carga del horno industrial utilizado para la experimentación  
Fotografía de elaboración propia, abril 2021.

## Resultados

Al obtener los resultados de la prueba de fusión, se pudo validar la hipótesis planteada para esta primera experimentación, junto a otros hallazgos.

Las muestras de residuo de tierra de Diatomeas provenientes de la filtración de vino blanco lograron formar un material que se denominó “material vítreo” debido a su similitud con el vidrio, el cual se define como “Material duro, frágil y transparente o traslúcido, obtenido por la fusión de arena silícea con potasa y moldeable a altas temperaturas” (RAE, 2020). El término hace referencia tanto a un estado de la materia como un tipo de cerámico, que como material sólido está en estado vítreo. (Groover, 2014)

Las muestras de residuo de vino tinto no tuvieron el mismo resultado, sino que mostraron propiedades similares a las de un material refractario, los cuales se caracterizan por su capacidad de soportar altas temperaturas y mantener su forma inicial en algunas de las muestras. Esto debido a que, como se anticipó en el análisis previo, las tierras de vino tinto posiblemente contenían una mayor carga de materia orgánica, necesiándose una temperatura más alta para alcanzar la fusión, y también se puede deber a una menor cantidad de elementos con características fundentes presentes en el material.

Actualmente los materiales refractarios con alto porcentaje de Silicio son utilizados para la fabricación de ladrillos para hornos de fusión, parrillas y chimeneas, debido a su resistencia a altas temperaturas y capacidad de aislación térmica. Se han desarrollado estudios en que se implementa la Diatomita en la fabricación de ladrillos comunes, añadiéndose a la composición de estos con el fin de lograr un menor peso y mayor capacidad de aislación térmica por medio del Silicio presente en ella.



Resultado primera prueba de fusión  
Fotografía de elaboración propia, mayo 2021.





## Análisis de resultados

A partir de estos resultados, se decidió enfocar la investigación al residuo de tierra de Diatomeas de la filtración de vino blanco, por lo que se procedió al análisis de las muestras vitrificadas. Sin embargo, no se descartó una futura experimentación con el residuo de vino tinto, para analizar sus capacidades como material refractario.

Los resultados fueron muy interesantes, ya que el único componente del material vítreo obtenido era el lodo, no se añadieron otras sustancias, lo cual indicó que el residuo podría tener un alto potencial para ser reutilizado y valorizado de manera sustentable, por medio de su capacidad de vitrificación.

### Adherencia

Durante el proceso de fusión, se adhirieron a la placa en que habían sido puestas, por lo que se debía cambiar el tipo de soporte para próximas experimentaciones por uno aun más refractario.

### Vitrificación

Su capacidad de vitrificación se consideró muy buena, ya que los elementos que lo componen fueron suficientes para que alcanzara su punto de fusión, por lo que no requirió que se aplicaran otros fundentes en el proceso.

### Tamaño

El tamaño de las muestras se redujo notablemente; antes de la prueba de fusión era de 18,5 mm de diámetro y 10 mm de alto. Después de la prueba de fusión, su altura resultó ser de entre 4 mm y 5 mm, sin embargo, estas mantuvieron de manera casi exacta la medida de diámetro inicial, resultando ser de entre 17 mm y 18,5 mm.

### Color

El material vítreo que se logró formar a partir del residuo resultó ser de un color verdoso y turbio, debido a la posible presencia de partículas materia orgánica y otros elementos propios de la composición mineral de la tierra de Diatomeas que podrían influir en la coloración adquirida durante la fusión.

### Agrietamiento

Las muestras contenían grietas superficiales, que probablemente se habían generado al ser extraídas del horno, produciéndose un cambio de temperatura muy rápido.

### Punto de fusión

Según las observaciones de Juan, el tiempo y la temperatura de fusión que el material requería para alcanzar su punto de vitrificación no superaría las 12 horas al interior del mismo horno, a una temperatura máxima de aproximadamente 1200°C. Esto se comprobaría en pruebas donde se aplicaran esas variables específicas.



Muestra vitrificada  
Fotografía de elaboración propia, mayo 2021.



Vista con lupa microscópica  
Fotografía de elaboración propia, mayo 2021.

### Burbujas

Si bien, el material se percibe de textura suave, se observó la presencia de burbujas y agujeros en las muestras, que posiblemente habían surgido producto de un exceso de temperatura en su fusión y el proceso de calcinación de la materia orgánica que este contenía, ya que la mayor parte del componente orgánico se quemó al interior del horno, dejando espacios de aire en el material.



### Dureza

No se contaba con los elementos necesarios para medir de manera precisa la dureza del material resultante, aun así, se pudo determinar que al ser un material formado principalmente por Sílice ( $\text{SiO}_2$ ), podría tener una dureza de aproximadamente 7 en la escala de Mohs, escala con la cual se mide la dureza de los minerales, ya que el Cuarzo ( $\text{SiO}_2$ ) corresponde al nivel 7 de dureza, siendo 1 el más blando: Talco ( $\text{Mg}_3\text{Si}_4\text{O}_{10}(\text{OH})_2$ ) y 10 el más duro: Diamante (C). Esta hipótesis debía ser comprobada por medio de una prueba de dureza del material, ya que dependerá también de su composición específica.

### Conclusiones

Los resultados cumplieron con las expectativas de esta primera prueba, se logró generar un material vítreo a partir de la fusión de los componentes minerales contenidos en el residuo. Se pudo tener un conocimiento inicial sobre su comportamiento frente a altas temperaturas y determinar procesos que serían necesarios para continuar con la experimentación material en horno de fusión, la cual se enfocaría principalmente en encontrar el punto de fusión exacto del residuo.

## Segunda prueba de fusión

### Objetivo

La segunda prueba de fusión se realizó con el objetivo de conocer el comportamiento del residuo sin la presencia de materia orgánica en su composición, para ver los efectos cualitativos que producen los componentes orgánicos en el resultado del material, en comparación con las muestras de la primera prueba de fusión.

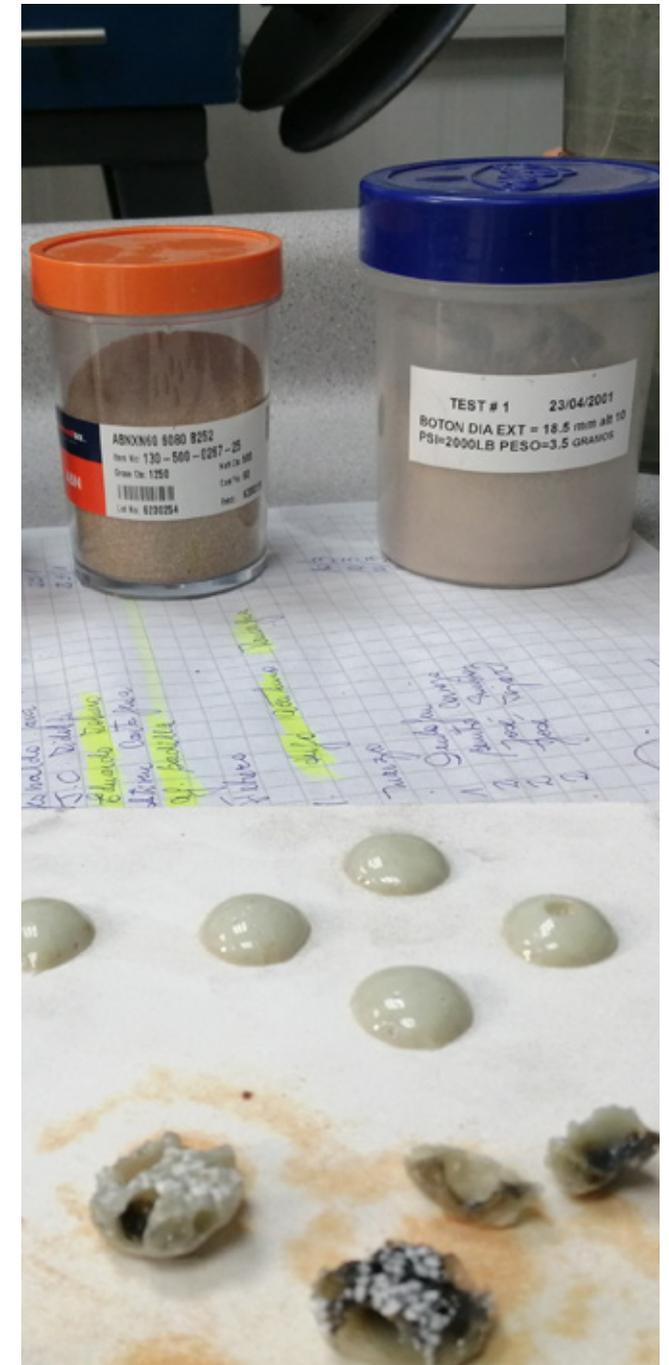
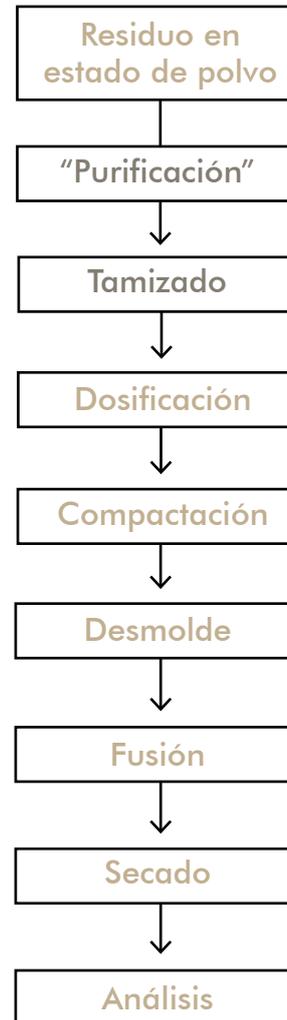
### Procedimiento

A raíz de los resultados de la prueba anterior, se utilizó únicamente residuo proveniente de la filtración de vino blanco, y se tomó como base el mismo método, al cual se le añadieron dos procedimientos; Tamizado del residuo y eliminación de materia orgánica.

El primer paso consistió en hacer pasar el residuo por un proceso de "purificación", en el que se eliminó por completo el componente orgánico.

El segundo paso consistió en tamizar el residuo por medio de un cedazo o tamiz, para obtener una granulometría específica y uniforme en cada muestra. Se procedió a prensar las muestras en la matriz cilíndrica para su compactación, y luego se inició la prueba de fusión.

Finalmente, con el material seco, se realizó un análisis de las muestras obtenidas.



## Prueba de fusión

### 1. Eliminación de la materia orgánica

En esta segunda prueba, primero se realizó el proceso de "purificación" del residuo, con el objetivo de obtener un material sin partículas derivadas de la filtración vitivinícola. Para esto, se eliminó la materia orgánica que pudiera contener, obteniendo una tierra de Diatomeas en estado más puro.

El proceso se llevó a cabo por medio de una calcinación del residuo en estado de polvo, a una temperatura de 500°C. Luego de la calcinación, el residuo aun contenía fragmentos de materia orgánica, por lo que fue necesario aplicar un baño de Ácido clorhídrico (HCl), el cual aseguraba su eliminación. Si bien, este componente es considerado una sustancia peligrosa y altamente corrosiva, se utilizó en el proceso experimental para lograr obtener parámetros más exactos respecto al comportamiento del material en ausencia total de componentes orgánicos y así poder cuantificar los efectos de la presencia de estos.

### 2. Tamizado

Con el residuo ya purificado, se procedió al tamizado de las partículas para obtener una granulometría uniforme. Este proceso se realizó por medio de un cedazo o tamiz, por el cual se hizo pasar el residuo hasta obtener una granulometría específica de 60 Mesh (0,0098 pulgadas).

*Mesh es una norma internacional utilizada para medir la capacidad de los tamices. Se obtiene midiendo el número de orificios por pulgada presentes en la malla; Mientras mayor es el número de Mesh, menor es el tamaño de la partícula.*

### 3. Dosificación y compactación

Al igual que en la primera experimentación, las muestras se dosificaron en 3,5 gramos y luego se realizó el proceso de prensado, en el cual se utilizó la misma matriz cilíndrica que en el procedimiento anterior, resultando un tamaño de 18,5 mm de diámetro y 10mm de alto para cada una de las muestras.

### 4. Fusión

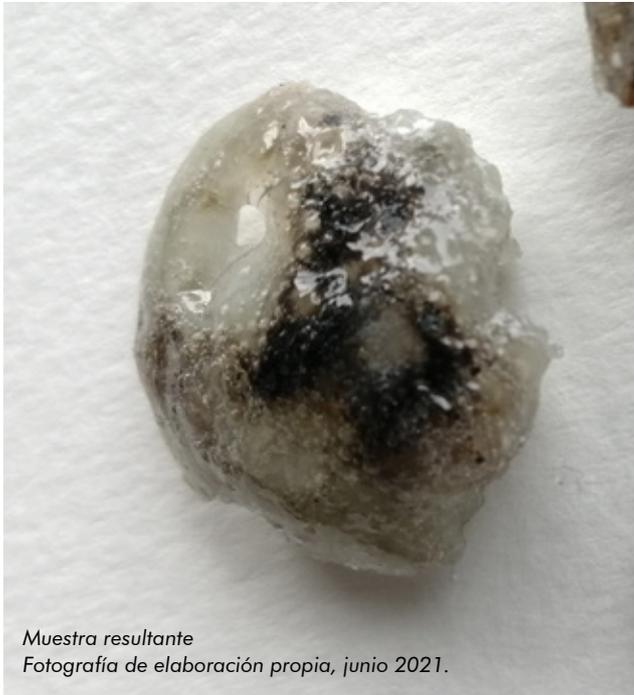
Finalmente, las muestras se pusieron en el horno a una temperatura de 1258°C, por 36 horas, al igual que en la elaboración de las muestras iniciales, ya que se buscaba comparar los resultados de esta experimentación con los de la anterior, por lo que se debía aplicar las misma variable de temperatura en el proceso de fusión.



Tamiz  
Fotografía de elaboración propia, junio 2021.



*Muestras resultantes de la segunda prueba de fusión.  
Fotografía de elaboración propia, junio 2021.*



Muestra resultante  
Fotografía de elaboración propia, junio 2021.

## Análisis de resultados

A pesar de que los resultados de esta experimentación no fueron los esperados, se cumplió el objetivo, ya que se pudieron obtener hallazgos relevantes a considerar para el manejo del residuo.

### Adherencia

Al igual que en la primera prueba, el residuo se adhirió a la superficie refractaria que se había puesto sobre la superficie anterior, la cual en este caso era de cuarzo molido.

### Punto de fusión

Se observó que la ausencia de materia orgánica hizo que disminuyera la temperatura en que el residuo llega a su punto de fusión, esto significa que en esta experimentación se requería menor temperatura para alcanzar la vitrificación que en la experimentación anterior. En este caso, el residuo llegó a un punto de ebullición, ya que la temperatura aplicada de 1258°C superó la temperatura requerida al interior del horno, provocando que luego de que este vitrificara, continuara su fusión, generando así la aparición de múltiples burbujas de aire, un debilitamiento significativo del material e incluso que algunas de las muestras resultaran quemadas.

### Cambio de color

Otra observación sobre el material resultante de esta prueba fue el cambio en el color y la disminución de su turbidez respecto a la prueba anterior, pudiéndose notar la ausencia de materia orgánica.

### Tamaño

Se pudo observar una gran variación respecto al tamaño y forma iniciales. Las medidas de las muestras fueron de 19 mm y 20 mm de diámetro aproximadamente, y su altura de entre 6 mm y 7 mm. El tamaño exacto fue difícil de determinar, ya que resultaron tener formas irregulares producto de la ebullición que experimentaron al interior del horno.

## Conclusiones

Se pudo determinar que mientras menos materia orgánica tenga el residuo, menor es su temperatura de fusión, por lo que la cantidad de componentes orgánicos que el lodo pudiese tener, sería un factor determinante en la temperatura a que el material sería fusionado en futuras experimentaciones de vitrificación.



Vista con lupa microscópica  
Fotografía de elaboración propia, junio 2021.



## Tercera prueba de fusión

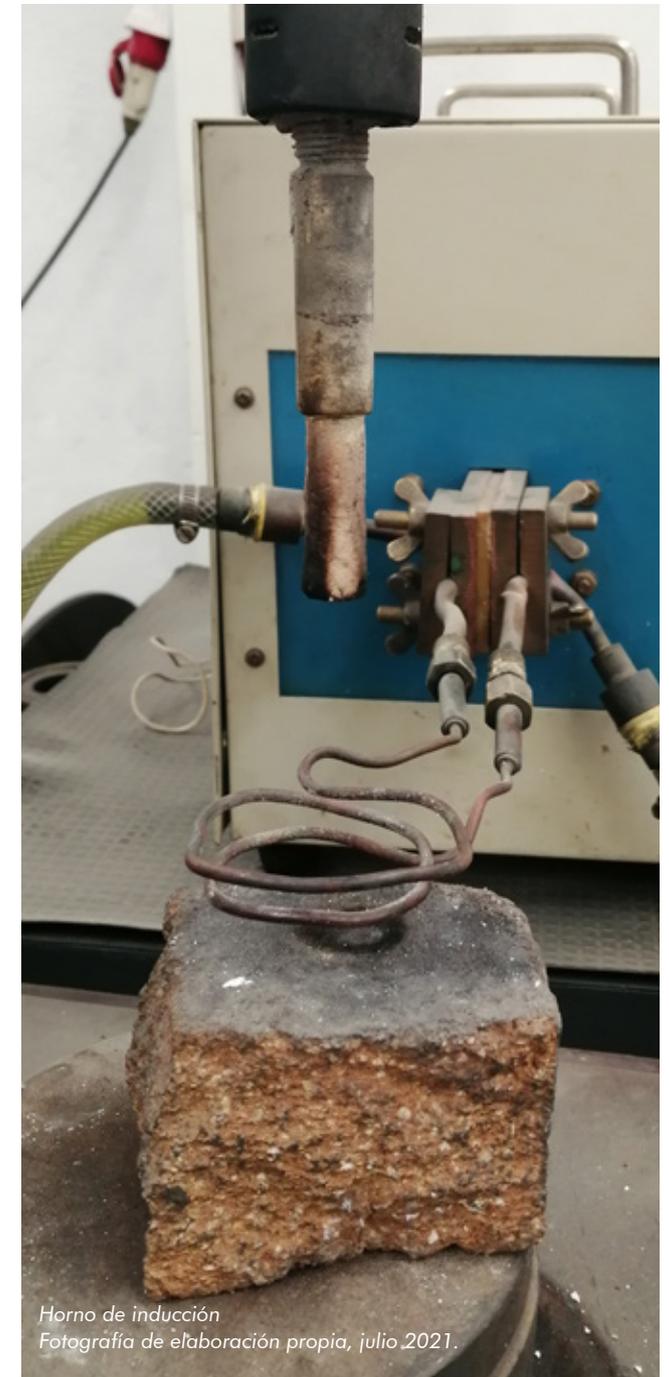
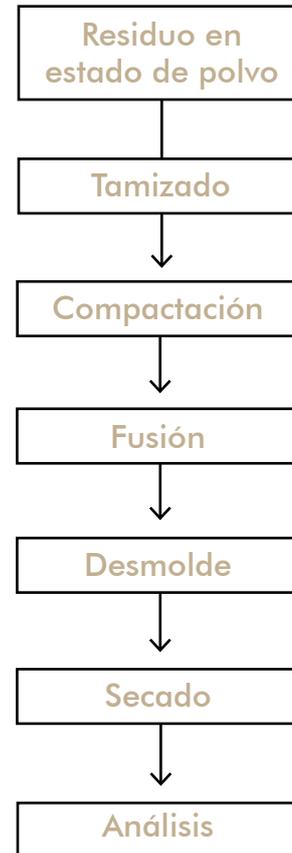
### Objetivo

Determinar la temperatura exacta en que el residuo, en su estado natural, alcanza su temperatura de fusión óptima para formar el material vítreo, en la cual las partículas se unen y el material se funde, manteniendo su forma inicial.

### Procedimiento

Para esta prueba se realizaron muestras distintas a las elaboradas anteriormente. Tenían por objetivo únicamente revelar el punto en que el material comienza a fundirse, por lo que eran más pequeñas. Se utilizó solamente residuo de tierra de Diatomeas de vino blanco.

Se comenzó el procedimiento tamizando el residuo de tierra de diatomeas en estado de polvo. Se compactó el residuo en la prensa y luego se realizaron tres pruebas de fusión en un horno de inducción. Finalmente, se retiraron las muestras de la matriz y luego de que secaran, se realizó un análisis de los resultados obtenidos.



Horno de inducción  
Fotografía de elaboración propia, julio 2021.

## Prueba de fusión

### 1. Tamizado

Para estas pruebas, se realizó un tamizado de residuos en partículas de 80 Mesh (0.0070 pulgadas), una granulometría aun más fina que la anteriormente utilizada.

### 2. Compactación

Se utilizó una matriz de grafito para poder someter el material al interior de ella en el horno de inducción, esta fue más pequeña que la anterior, con un diámetro de 10 mm. La cantidad de material no fue calculada, ya que no era necesario para obtener el punto de vitrificación en estas pruebas.

Para prensarla, se puso una pieza cilíndrica en la parte inferior de la matriz, a modo de base, luego se puso el residuo y se cerró la matriz con otra pieza cilíndrica.

### 3. Fusión

El horno utilizado funciona por medio de una bobina de inducción, la cual forma un campo magnético en su interior que calienta el grafito, generando muy altas temperatura en un tiempo reducido.

Se instaló la matriz al interior de la bobina del horno, y este continuó compactando el residuo mientras se fusionaba. La matriz de grafito se calentó a tres temperaturas en las que era probable que el material alcanzara su punto de fusión, haciendo que la materia orgánica se quemara, lo cual se notó debido al humo que producía a medida que subía la temperatura.



Matriz en horno de inducción  
Fotografía de elaboración propia, julio 2021.

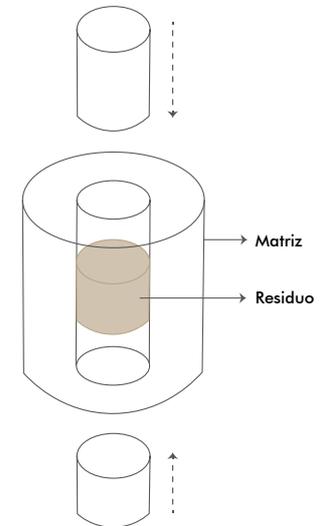


Diagrama Nº 7  
Fusión del residuo prensado en matriz  
Elaboración propia

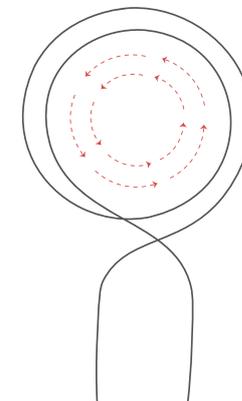


Diagrama Nº 8  
Bobina de inducción  
Elaboración propia

Prueba 1



Temperatura; 1000°C  
 Tiempo: 100 segundos.  
 Resultados;  
 Las partículas no se fundieron  
 Se desgranó al tacto

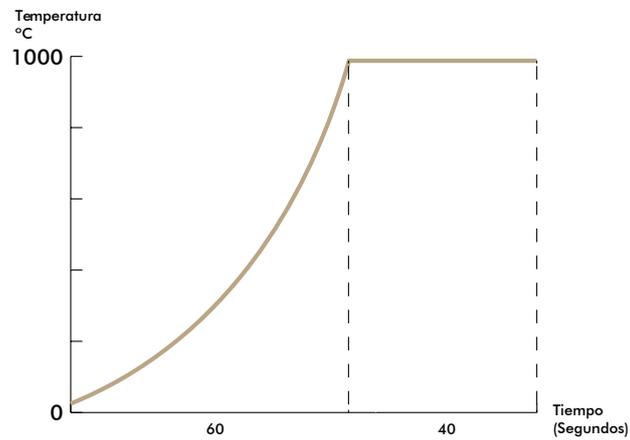


Gráfico N°7  
 Proceso de fusión en horno de inducción, prueba 1  
 Elaboración propia.

Prueba 2



Temperatura; 1100°C  
 Tiempo: 120 segundos.

Las partículas se fundieron medianamente  
 No alcanzó el punto de vitrificación

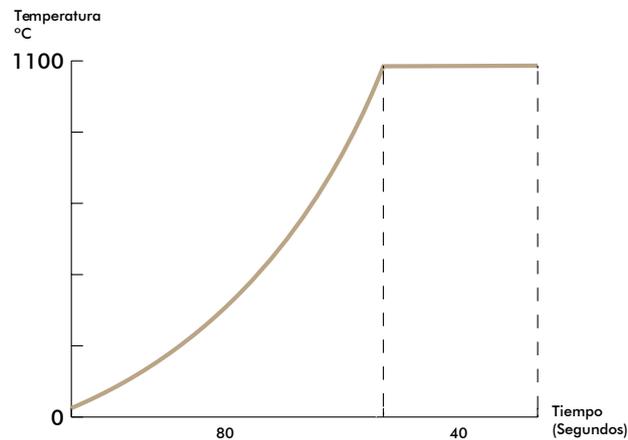


Gráfico N°8  
 Proceso de fusión en horno de inducción, prueba 2  
 Elaboración propia.

Prueba 3



Temperatura; 1180°C  
 Tiempo: 180 segundos.

Las partículas se fundieron medianamente  
 No alcanzó el punto de vitrificación

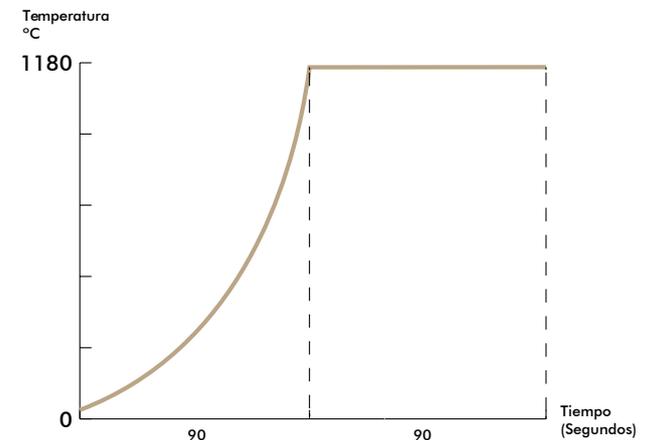


Gráfico N°9  
 Proceso de fusión en horno de inducción, prueba 3  
 Elaboración propia.

## Conclusiones

Se requiere una mayor temperatura para la fusión y vitrificación de las muestras, ya que las temperaturas con las que se testeó el residuo no lograron formar el material vítreo.

Se pudo corroborar que la temperatura óptima para la fusión sería próxima a los 1200°C, debido a que a los 1800°C se logró una mediana fusión de las partículas y a los 1257°C (temperatura del horno de fusión) el material comenzaba a ebullición. Se deben realizar más pruebas con temperaturas superiores a las ya testeadas en la bobina de inducción y menores a las aplicadas en el horno de fusión, para obtener el punto exacto de vitrificación del residuo.



*Matriz en inducción  
Fotografía de elaboración propia, julio 2021.*

# Cuarta prueba de fusión

## Objetivo

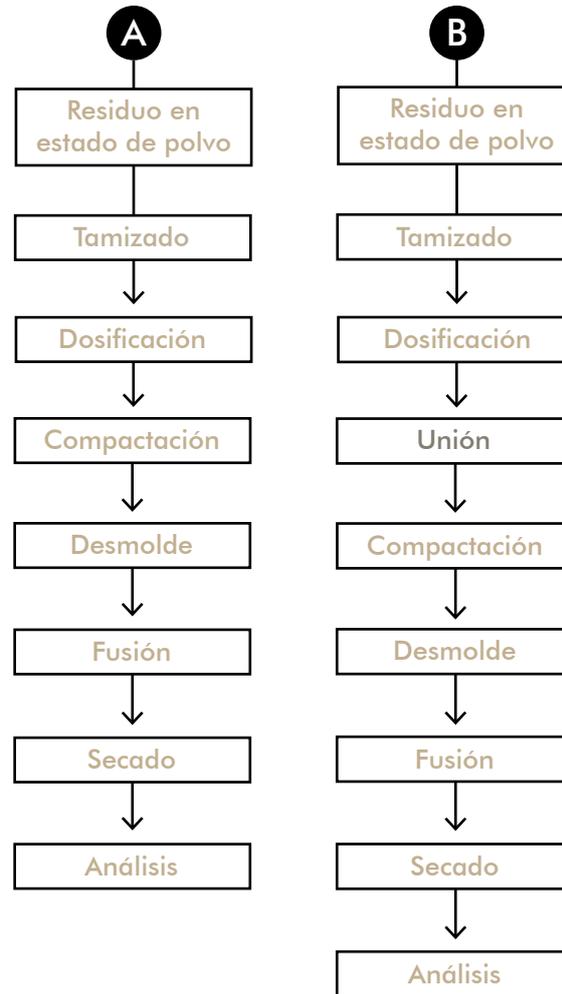
La quinta prueba de fusión tuvo como objetivo comparar los resultados de vitrificación del residuo de tierra de Diatomeas de vino blanco por si sólo (muestras "A") con muestras que contuvieran residuo de vino blanco y tinto (muestras "B"). Esto porque durante la experimentación surgió una nueva hipótesis, que consistió en que el residuo de vino tinto, al tener propiedades refractarias (capáz de mantener su forma sin fundirse a altas temperaturas) podría ayudar a que el residuo de vino blanco, en su proceso de fusión, fuese capáz de mantener de mejor manera la forma que se le da al prensarlo, siendo más resistente a las temperaturas del horno de fusión en que se realizan las pruebas.

## Procedimiento

Se inició la experimentación tamizando ambos residuos, y luego se dosificaron según sus tipologías (A y B).

Se unió el residuo de tierras de vino blanco con residuos de tierras de vino tinto (B) y se procedió a compactar las muestras A y B en una prensa hidráulica.

Finalmente, se llevaron al horno de fusión para su vitrificación y posterior análisis.



## Prueba de fusión

### 1. Tamizado

Se tamizaron ambos residuos por separado, en una granulometría de 80 Mesh (0.0070 pulgadas).

### 2. Dosificación y combinación

**Muestras A:** Se realizaron dos muestras, cada una con 23 gr. de residuo de tierras de vino blanco.

**Muestras B:** Se realizaron dos muestras, B.1 Y B.2, cada una de 25 gr. de residuos combinados.

**B.1:** 20 gr. de tierras de vino blanco y 5 gr. de tierras de vino tinto (20%).

**B.2:** 22,5 gr. de tierras de vino blanco y 2,5 gr. de tierras de vino tinto (10%).

### 3. Unión

Las muestras B.1 y B.2 se introdujeron, por separado, en frascos. Estos fueron sometidos a un proceso de mezclado a través de una Turbula.

*La Turbula es una máquina para mezclar sustancias en estado de polvo de manera homogénea, por medio de movimientos tridimensionales.*

### 4. Compactación

Se procedió a compactar las muestras, esta vez en una matriz cuadrada de 51 mm x 51 mm, resultando una altura de 8 mm para las muestras A y de 10 mm las muestras B.

### 4. Fusión

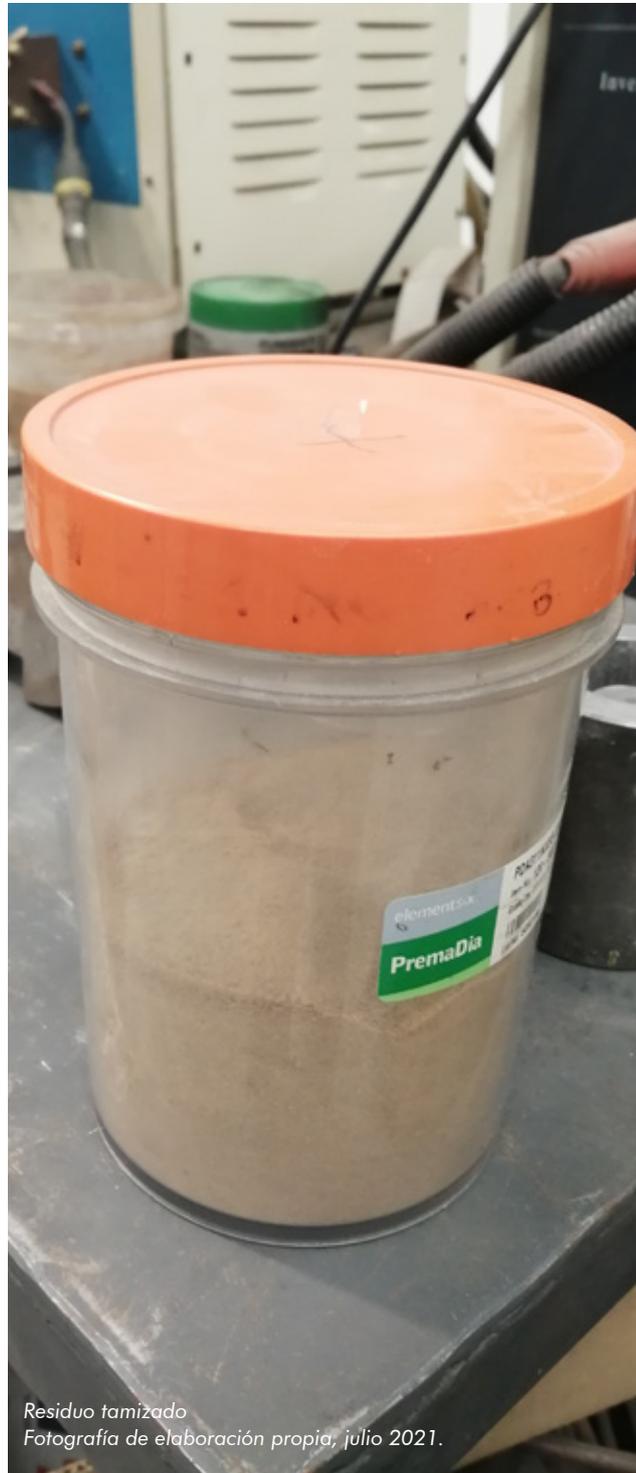
Finalmente, las muestras A y B se pusieron en el horno, al mismo tiempo, a una temperatura de 1257°C por 36 horas, aplicando el mismo proceso de fusión que las pruebas anteriores.



Dosificación de las muestras  
Fotografía de elaboración propia, julio 2021.



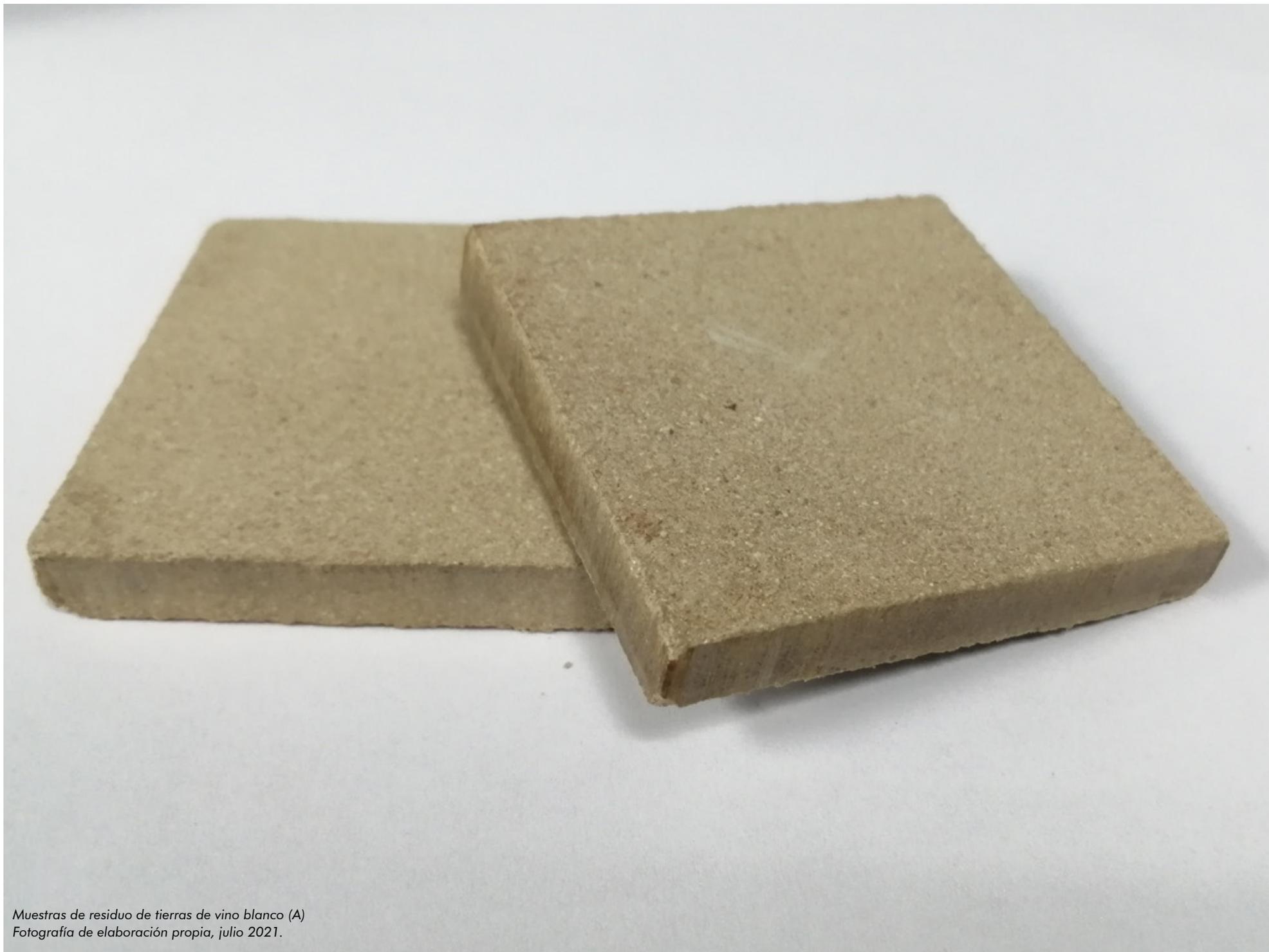
Proceso de mezcla de residuos en turbula  
Fotografía de elaboración propia, julio 2021.



Residuo tamizado  
Fotografía de elaboración propia, julio 2021.



Prensado  
Fotografía de elaboración propia, julio 2021.



*Muestras de residuo de tierras de vino blanco (A)  
Fotografía de elaboración propia, julio 2021.*



*Muestras de residuo de tierras de vino blanco y tinto (B)  
Fotografía de elaboración propia, julio 2021.*





## Análisis de resultados; muestras "A"

### Adherencia

Al igual que en las muestras anteriores, el material se adhirió a las superficies refractarias (granos de cuarzo), ya que la temperatura aplicada excedía el punto óptimo de fusión, lo que provocaba que el material se derritiera sobre ella.

### Vitrificación

Como se había planteado anteriormente, era necesario aplicar una temperatura de fusión más baja para la elaboración del material vítreo. Si bien, el material vitrificó, las muestras se fundieron excesivamente, provocando que se derritiera y se formaran burbujas producto de su ebullición en el horno. Si bien, se esperaban estos resultados, las muestras fueron realizadas de igual manera, con el fin de comprobar la hipótesis planteada para las muestras B, comparando ambos resultados.

### Cambio de color

Se notó que las muestras resultaron ser más oscuras que en la primera prueba de fusión, donde, al igual que en esta prueba, el residuo se encontraba inalterado en cuanto a su composición.

### Tamaño y forma

La forma inicial que se le dió a las muestras en la prensa, fue cuadrada, de 51 mm de ancho, 51 mm de largo y con 8 mm de altura. Sin embargo, las muestras obtenidas resultaron ser redondas, reduciendo su tamaño a 35 mm de diámetro y 6 mm de alto. La temperatura de fusión, superior a la óptima, provocó que el material se deformara, y la reducción de su tamaño se debió a la pérdida de los componentes orgánicos del residuo.

### Ausencia de trizas

Se pudo observar, que a diferencia de la primera prueba de fusión, no se generó un agrietamiento del material, solamente burbujas. Considerando que las variantes de fusión fueron las mismas, se dedujo que esto se podría deber al proceso de tamizado del residuo, ya que el resto del procedimiento fue igual para ambas.





## Análisis de resultados; muestras "B"

### Adherencia

Al igual que las muestras de tipo A, estas se adhirieron a los granos de cuarzo utilizados en el horno como superficie refractaria.

### Vitrificación

Para esta prueba, se esperaba que las muestras mantuvieran de mejor manera su forma inicial frente a la temperatura del horno, la cual excedía el punto de fusión óptimo. La posible función refractante del residuo de tierras de filtración de vino tinto, al estar combinado con residuo de tierras de vino blanco, fue descartada, ya que, se dedujo que el residuo proveniente de la filtración de vino tinto liberó sustancias gaseosas durante la fusión, que provocaron una completa deformación del material en ambas muestras, en especial la B.2, junto con una ebullición muy superior a la de las muestras de tipo A en la B.1, generándose múltiples burbujas de aire en su interior.

### Cambio de color

Al igual que las muestras A, resultaron ser de un color verde un tanto más oscuro que el obtenido en la primera muestra.

### Tamaño y forma

La forma inicial que se le dió a las muestras en la prensa, fue de 51 mm de ancho, 51 mm de largo, con 10 mm de altura. La muestra B.1 resultó tener una forma irregular, semi redonda, de aproximadamente 45 mm de diámetro y 15 mm de alto, mientras que la muestra B.2 resultó completamente deformada y cubierta por el cuarzo utilizado en la superficie de base del horno, se quebró fácilmente al manipularla.

## Conclusiones

Los resultados fueron totalmente distintos a los esperados. Las muestras que contenían una combinación de residuos de tierras de vino blanco y tinto (B), no lograron mantener su forma, invalidando la hipótesis planteada previamente, sobre el uso del residuo de tierras de filtración de vino tinto para ayudar a mantener la forma del material. Las muestras de residuo de tierras de vino blanco (A), también se deformaron, lo cual se esperaba, ya que se había podido comprobar que la temperatura del horno de fusión excedía la temperatura óptima para la vitrificación del material, realizándose en este caso con el objetivo de comparar los resultados.

## Pasos a seguir

Para obtener el material final a partir del lodo de tierra de Diatomeas de vino blanco, en próximas pruebas se debía continuar buscando el punto exacto de fusión.

Por medio de las pruebas realizadas, se detectó que este punto se alcanzaría aplicando temperaturas entre los 1200°C y 1240°C aproximadamente, ya que a los 1180°C se alcanzó una mediana fusión de las partículas, y a los 1257°C se superaba, provocando la ebullición del material. Estas temperaturas eran muy bajas para los productos de la fábrica que se elaboran junto a las muestras, es por esto que se requirió contar con otro horno de fusión, en el que fuese posible alterar la temperatura a la que se expone el residuo. Juan señaló que, próximamente, para finalizar las pruebas de fusión, se debía recurrir a hornos especiales para testeos, los cuales son más pequeños, alcanzan altas temperaturas y logran fusionar los materiales en un tiempo más corto.



## Prueba de pulido

Si bien, al tratarse de un material vítreo, se podía deducir que en la escala de dureza de Mohs se situaba entre un 7 y 7.5, luego de una prueba en que se intentó pulir el material vítreo, se pudo notar que este podría ser aun más duro de lo que se pensaba.

Esta prueba se realizó por medio de una piedra esmeril de carburo de Silicio, con la cual se pule fácilmente los cantos de los vidrios corrientes, ya que es de una muy alta dureza.

Se intentó pulir los bordes de las muestras de tipo A, realizadas en la prueba de fusión previa.

Los resultados no fueron los esperados, ya que la piedra no logró pulir el material, lo cual indicó que este era muy duro para la capacidad abrasiva de la piedra, y por lo tanto, más duro que los vidrios comúnmente utilizados.

De igual manera, se debían realizar pruebas técnicas específicas para conocer la dureza real del material.



*Piedra de carburo de Silicio  
Fotografía propia, julio 2021.*



*Muestra pulida  
Fotografía propia, julio 2021.*



# Caracterización del material

Para entender las cualidades, limitaciones y las oportunidades de aplicación del material en desarrollo, se debía realizar una caracterización técnica, en la cual fuese sometido a pruebas físicas y químicas específicas por medio de distintas herramientas de medición, obteniendo datos significativos, como la cuantificación de la composición mineral y orgánica del residuo (lo cual facilitaría la detección de su punto de fusión óptimo) y el nivel de dureza específica del material.

Sin embargo, en esta instancia no se pudo recurrir a un laboratorio de materiales que contara con los implementos requeridos para llevar a cabo el proceso, por lo que fue postergado. Frente a esto, se decidió caracterizar el material según los hallazgos obtenidos en las pruebas realizadas hasta el momento, que si bien, no fueron los suficientemente exactos como para ser establecidos en una caracterización definitiva del material, lograron dar indicios sobre los resultados que se obtendrían en estas futuras caracterizaciones específicas.

## Principales propiedades que lo caracterizan

### Composición

Lodo de tierra de Diatomeas proveniente de la filtración vitivinícola; compuesto por Sílice y elementos feldespáticos, que fueron observados con la lupa, junto con partículas propias del vino, como levaduras, fragmentos de hollejo y alcoholes.

### Dureza

Entre 7 y 7,5 en la escala de dureza mohs, determinado por medio de su comparación con materialidades similares y pruebas de pulido.

### Fragilidad

Si bien es un material duro, también es delicado y se quiebra frente a golpes fuertes.

### Cualidades térmicas

Se detectó que el punto de fusión óptimo para el material se encuentra entre los 1200°C y los 1240°C. El material resultante es frío a tacto.

### Cualidades ópticas

Vítreo, turbio y de color verde irregular

### Solubilidad

Se pudo ver que el material es insoluble en agua, no se disuelve al ser sumergido en ella.

### Permeabilidad

El material no permite el paso de líquido a través de su superficie, es impermeable.

### Textura

De superficie lisa y suave al tacto.

### Durabilidad

El material no muestra cambios físicos al estar vitrificado y en estado seco.

## Caracterización experiencial

Luego de realizar la caracterización de las propiedades físicas de material, fue sometido a pruebas perceptuales, en las cuales se pudo caracterizar experiencialmente, primero desde una perspectiva propia y luego por medio de usuarios. Esta caracterización se realizó tomando en cuenta diferentes **factores experienciales; sensorial, interpretativo y afectivo**. Luego, se realizó el mismo ejercicio con los usuarios, para conocer cómo era percibido material y las reacciones que se generaban al ser manipulado.

### Caracterización personal

A partir de los resultados obtenidos en el proceso de experimentación, se logró definir ciertos atributos cualitativos del material;

- Duro
- Frágil
- Turbio
- De aspecto vítreo (brillante)
- Frío
- De textura suave.
- Superficie relacionada a lo “limpio”
- Curioso, por su color verde claro irregular.
- De apariencia sofisticada, pero a la vez rústica.
- Innovador por su procedencia.
- “Noble”, por los elementos que lo componen.

### Caracterización por usuarios

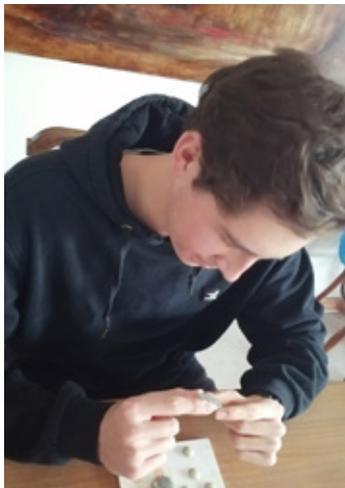
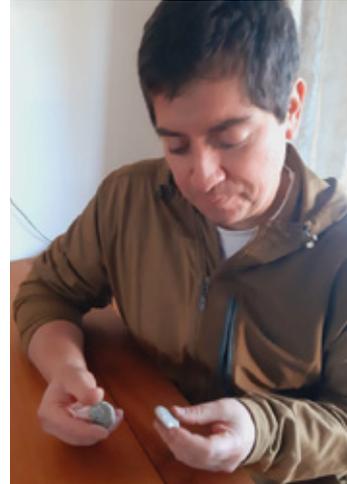
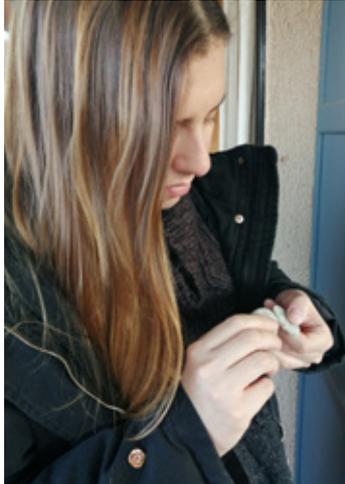
Se pudieron obtener nuevas interpretaciones partir de la experiencia de usuarios que observaron y manipularon el material, y otros que solamente lo observaron por medio de fotografías, pudiéndose ver una gran diferencia perceptual entre ambas experiencias.

#### Caracterización de usuarios que observaron y manipularon el material;

1. Las personas se vieron atraídas a la textura del material y lo manipularon con mucho cuidado, preguntando primero si se podía tocar.
2. A muchos les llamó la atención el color, algunas preguntaron si era natural o si se había aplicado.
3. Se vieron asombrados al informarles sobre la procedencia del material, preguntaron qué era la tierra de Diatomeas y mostraron un gran interés por conocer el proceso de reutilización.
4. Algunas personas señalaron que el material se asimilaba a la porcelana y al mármol.
5. Atributos como “duro”, “delicado”, “suave” y “frío” fueron frecuentes.
6. Varios expresaron que parecía un material antiguo, más parecido a la cerámica que al vidrio, por no ser translúcido.

#### Caracterización de usuarios que observaron el material por medio de fotografías;

1. Muchos imaginaron que el material era blando, similar a la silicona o a la gelatina.
2. A algunos les pareció muy frágil y que contenía algún tipo de líquido turbio en su interior.
3. Varios pensaron que se trataba de un material similar al cemento, pintado o cubierto con barniz.
4. Algunos señalaron que parecía antiguo, frío y que se veía “resbaloso”.
5. Muchos expresaron la necesidad de tocarlo, por que les daba curiosidad su textura.



Las caracterizaciones permitieron obtener una visión más clara sobre las posibles aplicaciones del material. Se destacó la reacción de asombro de los usuarios al comentarles sobre su origen, y también que se apreciara como un material antiguo, relacionado a objetos cerámicos.

Muchas veces se repitieron caracterizaciones que se habían atribuido personalmente, como su dureza, suavidad, material frío y delicado o frágil.

Las diferencias entre la caracterización realizada de manera presencial y la realizada de manera visual, fueron notorias, la mayoría de las personas sintieron la necesidad de tocar el material para poder caracterizarlo, sintiendo curiosidad respecto a su dureza y textura.



## Posicionamiento del material entre similares

A partir de lo que antes era un lodo desechado por la industria vitivinícola, se logró crear un material vítreo innovador, con características muy interesantes, por su aspecto, los elementos que lo componen, su comportamiento, procedencia y el proceso llevado a cabo para su elaboración.

Si bien, aun era necesario realizar pruebas para obtener una caracterización específica del material, con la cual se pudiera determinar de manera más clara sus posibles vías de aplicación, los hallazgos obtenidos hasta el momento permitían especular sobre los procesos que se podrían implementar. Es por esto, que se realizó un posicionamiento del material entre materialidades ya existentes que poseen características similares a las detectadas, en cuanto a su **composición y propiedades físicas**, con el objetivo de conocer las posibles aplicaciones que este podría tener y los métodos por medio de los cuales se llevarían a cabo aquellas aplicaciones.



Fuente; Mineral milling, 2019.

### Vidrio

Composición química:  
 $\text{SiO}_2$ : 71-75%,  $\text{Na}_2\text{O}$ ; 12-16%,  $\text{CaO}$ ; 10-15%.

El vidrio común es elaborado por medio de **arenas ricas en sílice ( $\text{SiO}_2$ )**, habitualmente de cuarzo, a las cuales se le añade **elementos que ayudan a alcanzar su fusión** a temperaturas más bajas (fundentes) y a estabilizarlo, como el carbonato de sodio ( $\text{Na}_2\text{CO}_3$ ) y la cal ( $\text{CaCO}_3$ ). Estos elementos se someten a **altas temperaturas** de  $1300^\circ\text{C}$  a  $1500^\circ\text{C}$ , para alcanzar la fusión (VidrioEspaña, s.f.). La mayoría de vidrios de fabricación industrial están hechos de este vidrio, se utiliza en **botellas de refrescos, frascos de alimentos, vasos y vidrios planos** (Hirschmann, 2020).



Fuente; Wine&Hause, 2020.

### Porcelana

Composición química:  
 $\text{SiO}_2$ : 60-73%,  $\text{Al}_2\text{O}_3$ : 26-36%,  $\text{K}_2\text{O}$ ,  $\text{Na}_2\text{O}$ : 4-8%.

La porcelana es un producto cerámico que se obtiene al tratar en hornos, a **elevada temperatura** ( $1800^\circ\text{C}$ ), una mezcla pastosa y moldeable de caolín, feldespato y cuarzo. Se obtiene así un **producto duro y frágil, impermeable al agua** y de superficie rugosa. Normalmente la porcelana se recubre superficialmente con un **barniz vítreo**, que, al ser sometido a un nuevo tratamiento en horno, se incorpora a la superficie dándole su **aspecto suave y brillante**. El caolín puro es un silicato de aluminio hidratado; una sustancia blanca terrosa, insoluble en agua pero con gran capacidad de absorción de ella (Facultad de Química UC, 2018).



Fuente; Manos del Alma, s.f.

## Gres

Composición química:

$\text{SiO}_2$ : 42-72%,  $\text{Al}_2\text{O}_3$ ; 17-39%,  $\text{Fe}_2\text{O}$ ; 0,2-7,5%,  $\text{MgO}$ , 0-1,5 %,  $\text{CaO}$ , 0,2-4%, ( $\text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O}$ ); 0,2-3,5%.

El gres es producto cerámico **vítreo** de textura fina, caracterizado principalmente por su opacidad y su **impermeabilidad**, en la que el fundente principal es el **feldespato**, a temperaturas de entre 1220 y 1300 °C. Químicamente está compuesto de alúmina, **silíce**, álcalis y óxidos que son aportados por los distintos tipos de arcillas, cuarzo, y feldespatos. Se obtiene un material **altamente resistente**, frecuentemente utilizado en objetos de exterior (Estrada, 1996).



Fuente; Museohistoriapenco, s.f.

## Loza

Composición química:

$\text{SiO}_2$ : 71-75%,  $\text{NaO}_2$ ; 12-16%,  $\text{CaO}$ ; 10-15%.

La loza está compuesta de varias arcillas blancas mezcladas con **tierras silíceas calcinadas**. Se compone a partir de: barro arcilloso (silicato de alúmina) que sirve de aglutinante y **silíce cristalina (arena cuarzosa)**, que dará a la pasta el grado de plasticidad conveniente.

Los **elementos fundentes**, que durante la cochura favorecen la formación de un "cemento vítreo", consiguen la cohesión de los minerales. Su temperatura de fusión es entre 1000 y 1050 °C, el fundente primordial es el **feldespato**. Alcanza una gran **dureza y resistencia**, lo que la hace muy indicada para la **vajilla doméstica** (Ecured, s.f).

## Procesos de producción

Durante la experimentación, junto a Juan se analizaron los posibles procesos productivos por los cuales el material podría ser implementado, considerando su comportamiento, componentes detectados y procesos llevados a cabo para la elaboración materialidades similares.

A raíz de esto, se dedujo que el proceso industrial adecuado por el cual podría ser implementado, una vez definido el punto óptimo en que el material alcanza su fusión y vitrificación, estaría relacionado a los métodos aplicados en la elaboración de objetos de vidrio, por su comportamiento en el horno de fusión y similitudes con las características que posee el material resultante de la experimentación. Sin embargo, se debían realizar pruebas al material cuando estuviese completamente desarrollado, que indicaran si este contaba con las propiedades necesarias para ser sometido a la gran diversidad de procesos que se realizan para la elaboración de vidrio, o bien, detectar cuales serían los más convenientes a implementar.

Hoy en día, existen múltiples procesos destinados a la elaboración de objetos a partir de vidrio, los cuales dependerán del tipo de producto y las distintas características que se desee obtener. Entre los más utilizados, podemos encontrar;

### Para envases y recipientes

#### Técnica de soplado

Este proceso consiste en aplicar aire al vidrio fundido, para formar burbujas en el interior del material. Dichas burbujas, se pueden obtener por dos medios de la aplicación de aire; utilizando maquinaria especializada y moldes, o soplando a través de un tubo, de manera artesanal. Es principalmente utilizado para recipientes de boca estrecha, por ejemplo botellas. (Cristalería Losal, 2020).

#### Técnica de prensado-soplado

Inicialmente, la mezcla se vierte al interior de un molde, donde es prensada. Luego se transfiere a otro molde para el soplado, donde se le da su forma final a través de la aplicación de aire. Es principalmente utilizado para recipientes de boca ancha, por ejemplo frascos. (Ainia, s.f)

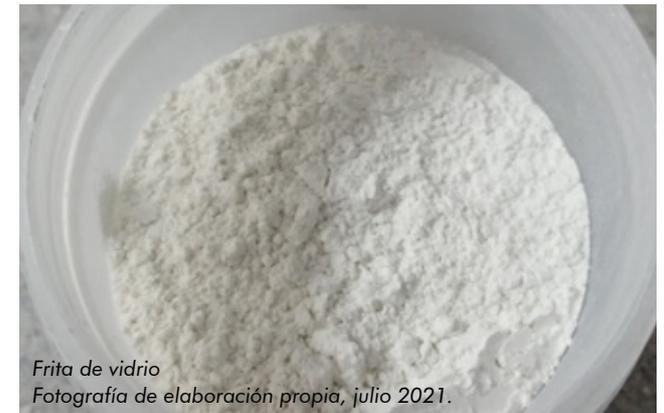
### Para recubrimientos y barnices

#### Proceso de Fritado

El aspecto vítreo de las cerámicas convencionales se realiza por medio de la aplicación de granos de vidrio, llamados Fritas, las cuales son elaboradas a través de un proceso llamado "Fritado", el cual consiste en la fusión del material vítreo, para luego, en su estado sólido, ser sometido a procesos de molienda, donde se obtiene la consistencia de un polvillo o de piedras pequeñas, según su fin. Este es aplicado sobre la superficie cerámica, la cual luego es sometida a procesos de fusión. (Anffecc, 2021)



Moldes  
Rescatada de Anffexi, s.f.



Frita de vidrio  
Fotografía de elaboración propia, julio 2021.



Soplado artesanal  
Rescatada de Galantiqua, 2017.

# V. Proyecciones

## Propuesta conceptual

Considerando que el material aun se encontraba en proceso de desarrollo, por medio de las características, propiedades detectadas y las diversas percepciones que se generaron al ser expuesto a los usuarios, se lograron obtener indicios sobre sus posibles vías de aplicación, las cuales serían implementadas por medio de los procesos de elaboración que se realizan actualmente en la fabricación de objetos en la industria del vidrio.

Si bien, las propiedades vítreas del material indicaban que podría ser implementado en múltiples áreas productivas y en diversas tipologías de productos u objetos, la necesidad de desarrollar procesos sustentables e innovadores para alcanzar una economía circular en la industria vitivinícola, llevó a que se planteara “devolver” este residuo a la viticultura, por medio del material vítreo elaborado con el lodo de tierra de Diatomeas que se descarta.

Para ello, inicialmente se realizó un ejercicio que consistió en determinar conceptos y características comunes entre el vino y los materiales vítreos/cerámicos, pudiendo vislumbrar correlaciones entre ellos, que darían paso a una propuesta conceptual para el diseño de productos u objetos creados a partir del material (Diagrama N° 9).

Al realizar este ejercicio se establecieron vínculos interesantes, ya que se pudo ver que algunos de ellos coincidían con las percepciones propias y las que habían sido descritas por los usuarios al momento de caracterizar el material.

A partir de esto, se definieron los conceptos que compondrían la propuesta por medio de la cual se proyectaría el material inicialmente; El carácter “ancestral” que este tiene, junto con el vínculo detectado a partir de la procedencia de ambos; la tierra.

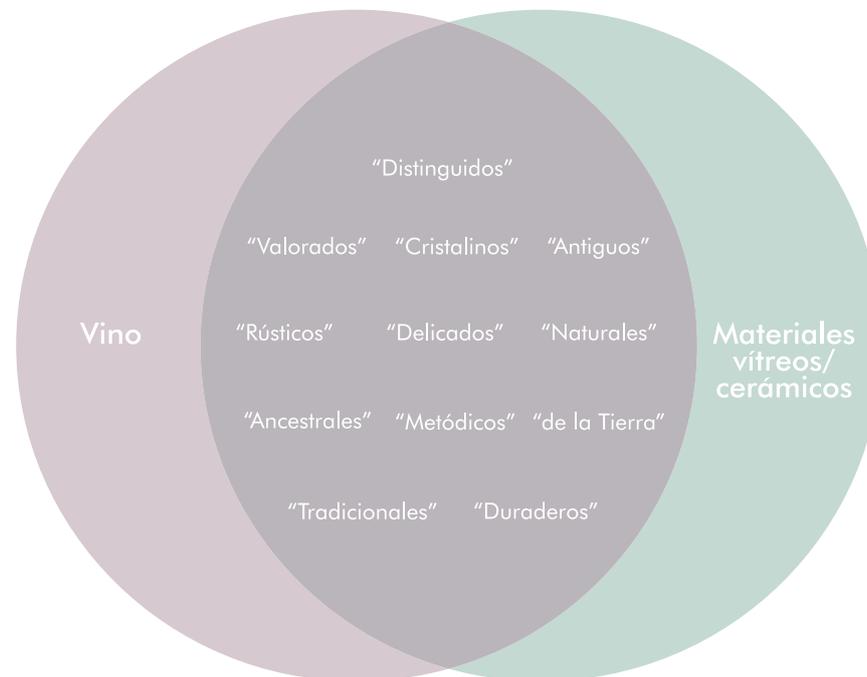


Diagrama N° 9  
Cruce de conceptos  
Elaboración propia



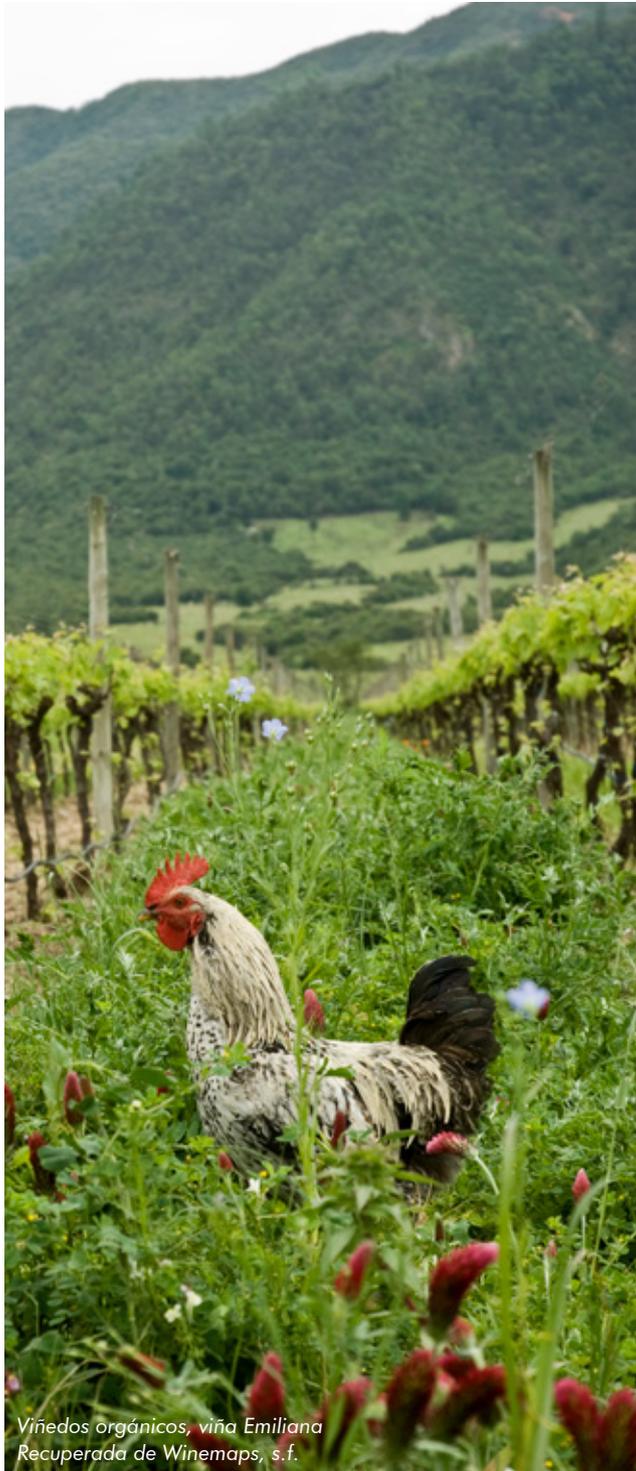
Vino orgánico  
Recuperada de Viña Emiliana, 2021.

Lo innovador del material desarrollado, se hizo evidente en las reacciones de las personas al interactuar con él e informarles sobre su procedencia, resultando ser altamente llamativo, tanto por su aspecto, composición y carácter sustentable. Sus características físicas evocan a elementos utilizados desde la antigüedad, lo cual, como se observó anteriormente, genera un vínculo relacionado a lo “ancestral” entre el vino y la tierra de Diatomeas que conforma el material, aludiendo también a lo “natural” de sus orígenes.

A partir de esto, se detectó la oportunidad de destacar aquellos atributos a través de su implementación en el **envase del vino**, específicamente, de vinos con **origen orgánico**, donde se podrían aprovechar y valorizar aun más sus propiedades y características. El material actuaría como un elemento **distintivo y atractivo**, posicionando en un **estatus superior** a los vinos que fuesen envasados en botellas confeccionadas a partir de él, las cuales también serían reconocibles por tener formas que aludan a la procedencia orgánica del vino. Generando así una **comunicación** activa con el público objetivo, concientizando y contribuyendo a la **circularidad y sustentabilidad** que se busca otorgar a los procesos productivos en la viticultura.

“Se pueden aprender muchísimas cosas de un vino sólo con examinar el aspecto de la botella. Su tamaño, forma y color, pueden proporcionar a las personas nociones generales sobre la región o la variedad empleada, además de condicionarle psicológicamente hacia su adquisición” (Vinetur, 2016).





Viñedos orgánicos, viña Emiliana  
Recuperada de Winemaps, s.f.

“La vitivinicultura orgánica es una de las grandes tendencias del momento en lo que respecta a vinos. Estos tintos y blancos que nacen de una agricultura respetuosa del medio ambiente, de procesos que dan continuidad al equilibrio natural y de prácticas culturales y técnicas que garantizan totalmente la calidad, seducen cada vez más a los amantes del vino” (Bodegas Bianchi, 2019).

“Chile no es solamente el hogar de algunas de las bodegas más antiguas en Sudamérica, sino que también lidera en cuanto a vinos orgánicos, una creación igual de deliciosa pero mucho menos destructiva” (Vita, 2020).

Estos vinos son producidos a partir de uvas cuyo tratamiento excluye los productos químicos, tales como fertilizantes, herbicidas y pesticidas. Sin embargo, se permite el uso de trampas mecánicas, eléctricas y adhesivas, feromonas, barreras físicas y repelentes basados en el uso de luz y sonido, sustancias de base natural como cebos de vitaminas y tierra de diatomeas (Cono Sur, 2020).

“La demanda de vinos orgánicos va en aumento, y si bien, actualmente representa alrededor del 4% del consumo mundial de vino, su relevancia cada día es más significativa, por lo que se espera que para el periodo 2017-2022 esta subcategoría sea la de mayor crecimiento proyectado” (Cono Sur, 2020). Aquel crecimiento se ha visto acentuado durante la pandemia de Covid-19, ya que la demanda por productos elaborados bajo las más estrictas prácticas de sostenibilidad ambiental, aumentó considerablemente, por lo que los productores de vinos orgánicos esperan que la demanda por su producto siga creciendo de forma sostenida (Dognac, 2017).

**“El vino orgánico genera un atributo diferenciador a la hora de ser exportado, siendo incluso en algunos países nórdicos algo fundamental para poder entrar en esos mercados” (Vita, 2020).**

# Visualizaciones



*Botellas de vino orgánico elaboradas a partir del material (visualización).  
Elaboración propia*



*Botellas de vino orgánico elaboradas a partir del material (visualización).  
Elaboración propia*



*Botellas de vino orgánico elaboradas a partir del material (visualización).  
Elaboración propia*

# VI. Conclusiones

# Pasos a seguir y conclusión

## • Análisis

Para continuar con la experimentación, se priorizó la realización de un análisis cuantitativo y cualitativo de la composición del residuo. Si bien, esta varía según su procedencia, proceso de filtración y tipo de vino, se podrían conocer las condiciones por medio de las cuales se logra la fusión y así detectar las posibles procesos que se debiesen realizar al trabajar con tierras en las que varíen estos parámetros.

## • Pruebas de fusión

Como se señaló en la última prueba, el material requería de más experimentaciones para detectar su punto de fusión óptimo, en el cual resultara estable y mantuviera su forma inicial al vitrificarse. Para esto, se necesitaría un horno de fusión de uso exclusivo para las muestras, en el cual se pudiera testear a distintas temperaturas. Sin embargo, por medio de la detección del punto en que el residuo comienza a aglomerarse y el punto de ebullición, se logró obtener un rango acotado en el que podría ser fusionado correctamente, lo cual facilitará su detección.

## • Pruebas físico-técnicas

Luego de que el material estuviese desarrollado, sería necesario realizar pruebas físico-técnicas, en las que se pudiese corroborar las propiedades detectadas durante la experimentación. Estas pruebas se enfocarían principalmente en medir su resistencia, inocuidad al contacto con alimentos/bebidas, capacidad para ser sometido a procesos de elaboración de vidrio, durabilidad, capacidad de ser reciclado, entre otras pruebas que dieran a conocer más aspectos sobre el material, los cuales podrían condicionar los alcances de su aplicación.

## • Propiedad intelectual

Cuando el material estuviese completamente caracterizado, se haya confirmado la factibilidad de implementarlo en productos utilitarios y se logre definir con exactitud el método de producción para su elaboración, se procedería a realizar las gestiones necesarias para proteger la propiedad intelectual del material vítreo desarrollado.

## • Alianzas

Para tener acceso al residuo, se detectó la necesidad de definir alianzas con viñas que facilitarían la obtención de los lodos provenientes de sus procesos de filtración con tierra de Diatomeas, pudiendo establecer “proveedores” permanentes para la producción del material. Asimismo, se debe llegar a acuerdos con las bodegas en los que se pueda asegurar que el residuo no sea mezclado con otros, sino que su disposición al interior de la viña se realice de manera independiente a los otros residuos.

## • Aplicaciones

Los hallazgos obtenidos sobre material, permitieron especular sobre sus posibles aplicaciones. Inicialmente se propuso una implementación conceptual en envases de vino para la industria vitivinícola orgánica, impulsando su sustentabilidad, circularidad e innovación. Sin embargo, sus propiedades sugieren que este podría ser aplicado en múltiples y diversas áreas, por ejemplo, en la elaboración de baldosas y vajilla, entre muchas otras.

Aunque todavía queda un largo camino por recorrer, los hallazgos y avances que se obtuvieron en este proceso para intentar resignificar y revalorizar el lodo de tierra de diatomeas proveniente de la industria vitivinícola, fueron muy significativos. A partir de un lodo residual, al cual no se le daba otro valor, más que su incorporación a compost, se logró crear un material vítreo altamente innovador, que posee un gran potencial para ser implementado en diversas áreas productivas.

Realizar este proyecto significó un enorme desafío, tanto por las dificultades adicionales que surgen al estar en un contexto de pandemia, como por enfrentar, por primera vez, un mundo repleto de conceptos ligados a la química, biología, uso de maquinaria industrial y procesos productivos, que antes eran totalmente desconocidos.

Mirando hacia atrás, se puede ver cómo el proyecto fue tomando distintos rumbos, de acuerdo a los hallazgos y nuevas posibilidades que surgían de la experimentación. Cada uno de ellos significó un enorme aprendizaje, el cual fue obtenido a través de múltiples reformulaciones, errores y logros, que permitieron adquirir conocimientos sobre el comportamiento del residuo y, posteriormente, del material.

Contribuir a que una economía circular y la sustentabilidad de los procesos productivos sea la base de toda industria, requiere estar en una constante búsqueda de oportunidades para innovar. Si bien, el material elaborado en este proyecto no se encuentra completamente desarrollado, significa un gran avance para contribuir con esta búsqueda.

# **VII. Referencias bibliográficas**

## A

Aggrey, P (2020) The structure and phase composition of nano-silicon as a function of calcination conditions of diatomaceous earth, *Materials Today: Volumen 33, Parte 4, 2020*, Pág. 1884-1892,

Ambientes Digital (2018). De corchos por Paula Corrales. Disponible en; <https://ambientesdigital.com/disenio-chileno-corchos-paula-corrales/>

Anfevi. (s. f.). Molde de botella [Fotografía]. Recuperado de <http://www.anfevi.com/sala-de-prensa/imagenes/>

Anffecc. (s. f.). Asociación Nacional de Fabricantes de Fritas, Esmaltes y Colores Cerámicos. Recuperado de <https://www.anffecc.com/es/fritas>

Astaburuaga, S (2020). Enólogo viña Correa Albano, entrevista personal por María García-Huidobro. Octubre 2020.

## B

Biblioteca del Congreso Nacional de Chile (2016). Ley 20920. Recuperado de <https://www.bcn.cl/leychile/navegar/idNorma=1090894>

Bobadilla, R. (2021). Enólogo Vinicas S.A, entrevista personal por María García-Huidobro. Abril 2021

Bodegas Bianchi. (2019). Vinos Orgánicos: Características y Beneficios. Recuperado de <https://www.bodegasbianchi.com.ar/blogs/blog/vinos-organicos-caracteristicas-y-beneficios>

Borgel, I. (2007). Caracterización del yacimiento de Diatomita de Loma larga, municipio de Acatlán, Hidalgo y evaluación de sus aplicaciones alternas. Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo. Recuperado de <http://dgsa.uaeh.edu.mx:8080/bibliotecadigital/bitstream/handle/231104/501/Caracterizacion%20del%20yacimiento%20de%20diatomita.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Bracamonte, M., & Calvo, K. (2004). Evaluación de usos potenciales de un yacimiento de minerales no metálicos. Universidad de el Salvador. Recuperado de [http://ri.ues.edu.sv/id/eprint/2004/1/Evaluaci%C3%B3n\\_de\\_usos\\_potenciales\\_de\\_un\\_yacimiento\\_de\\_minerales\\_no\\_met%C3%A1licos.pdf](http://ri.ues.edu.sv/id/eprint/2004/1/Evaluaci%C3%B3n_de_usos_potenciales_de_un_yacimiento_de_minerales_no_met%C3%A1licos.pdf)

Bravo, M. (2019). Uno de cada tres chilenos está dispuesto a pagar 20% más por un producto sostenible. Recuperado de <https://www.chiledesarrollosustentable.cl/noticias/noticia-pais/uno-de-cada-tres-chilenos-esta-dispuesto-apagar-20-mas-por-un-producto-sostenible/>

Brown (2016), "Diatomaceous Earth, Renewable Beer Filtration and Secrets of Great Beer," EP Minerals, 2016. Disponible en: <http://blog.epminerals.com/diatomaceous-earth-and-the-secret-to-great-beer>.

## C

Christ, K., Burritt, R. (2013) Critical environmental concerns in wine production: An integrative review. *J. Clean. Prod.* 53, 232–242. Elsevier. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2013.04.007>

Celedón, P. (2021) Enólogo viña Viu Manent, entrevista personal por María García-Huidobro. Abril 2021

Cite agronidustrial. (2018). Valorización de residuos y subproductos de la industria vitivinícola. Ministerio de la producción de Perú. Recuperado de [https://issuu.com/citeagroindustrialica/docs/in-18-008\\_informe\\_valorizaci\\_n\\_residuos\\_ind.\\_vitiv](https://issuu.com/citeagroindustrialica/docs/in-18-008_informe_valorizaci_n_residuos_ind._vitiv)

COCHILCO. (2017). Anuario de estadísticas del cobre y otros minerales 1997–2016. Ministerio de minería. Recuperado de <https://www.cochilco.cl/Lists/Anuario/Attachments/17/Anuario-%20avance7-10-7-17.pdf>

CONAMA (2017). Política de gestión integral de residuos sólidos. Gobierno de Chile. Recuperado de [http://www.santiagorecicla.cl/wp-content/uploads/2017/08/articles-26270\\_pol\\_rsd.pdf](http://www.santiagorecicla.cl/wp-content/uploads/2017/08/articles-26270_pol_rsd.pdf)

Condorchem envitech. (2021). Tratamiento de aguas residuales en la industria del vino. Recuperado de <https://condorchem.com/es/tratamiento-de-aguas-residuales-en-la-industria-del-vino/>

CONICYT, Gobierno de Chile. (2007). El sector vitivinícola en Chile, Capacidades de investigación y áreas de desarrollo científico-tecnológico. Recuperado de [https://www.conicyt.cl/documentos/dri/ue/Vino\\_Wine\\_BD.pdf](https://www.conicyt.cl/documentos/dri/ue/Vino_Wine_BD.pdf)

Cono Sur. (2020). ¿Qué es el vino orgánico y cómo se diferencia del convencional? Recuperado de <https://www.conosur.com/news/que-es-el-vino-organico-y-como-se-diferencia-del-convencional/>

CONPAT (2019). Caracterización de la materia prima para la elaboración de un material de construcción, utilizando la Diatomita y residuos de construcción y demolición (RCD). Reuperado 2020, de DOI: <https://doi.org/10.21041/CONPAT2019/V3REC232>

Colín-García, M., Heredia, C. (2013) Sílice de las algas diatomeas (clase Bacillariophyceae) como material complejo y su importancia nanotecnológica. *La Granja*. Vol. 17(1): 5-15. ISSN: 1390-3799.

Cristalería Losal. (2020). Vidrio soplado. Recuperado de <https://cristalerialosal.es/vidrio-soplado/>

## D

DICYT (2010). Los residuos de la industria vitivinícola resultan muy contaminantes. Recuperado de <https://www.dicyt.com/viewNews.php?newsId=19440>

DICYT. (2017). Nuevo material aislante para techos verdes. Recuperado de <https://www.dicyt.com/noticias/nuevo-material-aislante-para-techos-verdes>

Dotravel. (s. f.). The magic art of glass blowing in venice [Fotografía]. Recuperado de <https://dotravel.com/activity/show/2640/magic-art-of-glassblowing-tour>

Dougnac, A. (2017). Vinos orgánicos. Recuperado de <https://ewine.cl>

## E

Estrada, A. (1996). Gres Cerámico (3). Instituto de cerámica y vidrio S.C.I.C. Recuperado de <http://boletines.secv.es/upload/196605361.pdf>

## F

Facultad de Economía y Negocios U. Chile. (2016). Primer informe sostenibilidad de Chile y sus regiones (1). Recuperado de [https://unegocios.uchile.cl/wp-content/uploads/2016/04/primer\\_informe\\_sostenibilidad\\_de\\_chile\\_y\\_sus\\_regiones\\_2015.pdf](https://unegocios.uchile.cl/wp-content/uploads/2016/04/primer_informe_sostenibilidad_de_chile_y_sus_regiones_2015.pdf)

Facultad de química UC. (s. f.). Porcelana. Recuperado de <http://quimica.uc.cl/images/paginas/fporcelana.pdf>

Formica capital. (2020). Diatomeas [Fotografía]. Recuperado de <https://www.formicacapital.se/formica-ventures-invests-in-swedish-algae-factory/>

Fundación Copec UC. (2019). Tres nuevas tecnologías para mejorar el sector vitivinícola fueron presentadas a la industria. Recuperado de <https://fcuc.cl/tres-nuevas-tecnologias-para-mejorar-el-sector-vitivinicola-fueron-presentadas-a-la-industria%EF%BB%BF/>

Fundación Economía circular (2020). Economía circular. Recuperado de <http://economiecircular.org/>

Fundación Ellen Macarthur. (2020). Economía circular. Recuperado de <https://www.ellenmacarthurfoundation.org/circular-economy/concept>

## G

Galantiqua (2017). Vidrio soplado [Fotografía]. Recuperado de <https://www.galantiqua.com/2017/01/tecnicas-la-fabricacion-vidrio.html>

Galasso, P. (2007). Vinificación de uvas orgánica. Centro nacional de investigación Raihuen. Recuperado de <https://biblioteca.inia.cl/bitstream/handle/123456789/7203/NR35044.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Gancedo, S. (2018). "Impactos ambientales derivados de la producción de vino de la D.O.P Cangas"(Máster universitario de biotecnología alimentaria). Universidad de Oviedo. Recuperado de: [https://digibuo.uniovi.es/dspace/bitstream/handle/10651/48215/TFM\\_SamuelGancedoAlonso](https://digibuo.uniovi.es/dspace/bitstream/handle/10651/48215/TFM_SamuelGancedoAlonso).

Gargallo, P. (2018). Impactos ambiental es y medidas de mitigación en el sector vitivinícola español (50). Congreso Internacional Terroir. <https://doi.org/10.1051/e3sconf/20185001029>

Giraud, J. (2020). Uso de lodos residuales de la industria vitivinícola como sustrato en la producción en vivero de plantines de Eucalyptus camaldulensis Dehnh. Universidad Nacional de Cuyo. Recuperado de [https://bdigital.uncu.edu.ar/objetos\\_digitales/14827/giraud-billoud-juan-francisco-tesina-de-grado.pdf](https://bdigital.uncu.edu.ar/objetos_digitales/14827/giraud-billoud-juan-francisco-tesina-de-grado.pdf)

Gomez, J., & Gil, M. L. A. (2014). Diatomite releases silica during spirit filtration. Elsevier. Published. Recuperado de <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0308814614003604>

González-San José, M.(2017). La Cultura del Vino, motor del desarrollo sostenible de las regiones vitivinícolas. Recuperado de [https://www.bioconferences.org/articles/bioconf/full\\_html/2017/02/bioconf-oiv2017\\_04003/bioconf-oiv2017\\_04003.html](https://www.bioconferences.org/articles/bioconf/full_html/2017/02/bioconf-oiv2017_04003/bioconf-oiv2017_04003.html)

Groover, M. (2014). Introducción a Los Procesos De Manufactura. McGraw-Hill Interamericana. Published. Recuperado de <http://www.ebooks7-24.com.pucdechile.idm.oclc.org/stage.aspx?il=711&pg=&ed=>

## H

Hidalgo, T. J. (2011). Tratado de enología : Tomo ii (2a. ed.). ProQuest Ebook Central. Recuperado de <https://ebookcentral.proquest.com>

Hirschmann. (s. f.). Tipos de vidrio. Recuperado de <https://www.hirschmann-laborgeraete.de/es-ES/Wissen/Qualitaetsmanagement/Glas%20Arten.aspx>

## I

IBM (2020). El propósito y la procedencia generan mayores ganancias para la industria de consumo en 2020. Recuperado de <https://www.ibm.com/investor>

IFV: institut Français de la vigne et du vin. (2003). Resumen bibliográfico de filtración de vino (1). IFV Sud-Ouest. Recuperado de [https://www.matevi-france.com/uploads/tx\\_matevibase/synthese\\_bibliographique\\_filtration\\_des\\_vins.pdf](https://www.matevi-france.com/uploads/tx_matevibase/synthese_bibliographique_filtration_des_vins.pdf)

Imerys Ltda. (s. f.). Filtración. Recuperado de <https://www.imerys-performance-minerals.com/>

Inmunes Chile (2020). Consumo sustentable se duplica en Chile y Latinoamérica durante el contexto de pandemia. Recuperado de <https://www.inmuneschile.cl/articulos/2020/07/consumo-sustentable-se-duplica-en-chile-y-latinoamerica-durante-el-contexto-de-pandemia>

Instituto geológico y minero de España IGME (1976). Estudio económico y tecnológico para explotación y aprovechamiento de las rocas industriales (XIV). Plan nacional de la minería. Recuperado de [http://info.igme.es/SidPDF/019000/200/19200\\_0001.pdf](http://info.igme.es/SidPDF/019000/200/19200_0001.pdf)

Instituto geológico y minero de España IGME (2017). Producción de Diatomita y tripoli 2016. Panorama minero 2017. Recuperado de [https://www.igme.es/PanoramaMinero/actual/DIATOMITA%202016-PM\\_2017\(final\).pdf](https://www.igme.es/PanoramaMinero/actual/DIATOMITA%202016-PM_2017(final).pdf)

International journal of design. (2015). Material Driven Design (MDD): A Method to Design for Material Experiences. *International journal of design*, 9(2), 35-54. Recuperado de <http://www.ijdesign.org/index.php/IJDesign/article/viewFile/1965/687>

In Via. (2020). Filtración del vino por tierras. Recuperado de <https://www.invia1912.com/filtracion-del-vino-por-tierras/>

## L

Laboratorio de biomateriales de Valdivia. (s. f.). LABVA. Recuperado de <https://www.labva.org/>

## M

Manevich, V.E., Subbotin, R.K., Nikiforov, E.A. (2012). Diatomite — siliceous material for the glass industry. *Glass Ceram* 69, 168–172 <https://doi.org/10.1007/s10717-012-9438-9>

Manos del alma. (s. f.). Fuente cerámica gres [Fotografía]. Recuperado de <https://www.manosdelalma.cl/products/fuente-mediana-en-gres-con-cubiertos-madera#YPB8lxNKjeo>

Material District. (2018). Coffee cups made from waste coffee grounds. Disponible en; <https://materialdistrict.com/article/coffee-cups-waste-coffee-grounds/>

Mineral milling. (2019). Vidrio de soda y cal: proceso de producción y coloración. Recuperado de <https://mineralmilling.com/es/vidrio-de-soda-y-cal-proceso-de-produccion-y-coloracion/>

Ministerio del Medio Ambiente (2018). Curso de gestión de residuos para la ciudadanía. Recuperado de <http://santiagorecicla.mma.gob.cl/wp-content/uploads/2018/12/M%C3%B3dulo-1-INTRODUCCI%C3%93N-A-LA-GESTI%C3%93N-DE-RESIDUOS.pdf>

Mora, M. (2019). The Chilean Wine Cluster. En: Alonso Ugaglia, Adeline, Cardebat, Jean-Marie, Corsi, Alessandro (Eds.). *The Palgrave Handbook of Wine Industry Economics*. Chapter 8. pp. 177-200. [https://doi.org/10.1007/978-3-319-98633-3\\_8](https://doi.org/10.1007/978-3-319-98633-3_8) <http://repositorio.uchile.cl/handle/2250/170915>

Moutounet, M. (2002). La filtración en la enología. *Revista técnica del vino*, 1, 1–6. Recuperado de <https://www.infowine.com/intranet/libretti/libretto821-01-1.pdf>

Museo historia de penco. (s. f.). Loza de Penco [Fotografía]. Recuperado de <https://museohistoriapenco.cl/loza-de-penco/>

## N

Nielsen (2015). The sustainability imperative. Recuperado de [https://www.nielsen.com/wpcontent/uploads/sites/3/2019/04/Global20Sustainability20Report\\_October202015.pdf](https://www.nielsen.com/wpcontent/uploads/sites/3/2019/04/Global20Sustainability20Report_October202015.pdf)

## O

ODEPA. (2016). Informe de sustentabilidad; vinos de Chile. Recuperado de <https://www.odepa.gob.cl/wp-content/uploads/2019/07/InformeSustenVinosDeChile2016.pdf>

ODEPA: Oficina de Estudios y Políticas Agrarias. Gobierno de Chile (2017). Estudio de caracterización de la cadena de producción y comercialización de la agroindustria vitivinícola; estructura, agentes y prácticas. Recuperado de <https://www.odepa.gob.cl/wp-content/uploads/2017/12/AgroindustriaVitivinicola.pdf>

ODEPA: Oficina de Estudios y Políticas Agrarias. Gobierno de Chile (2019). Vinos y alcoholes. Disponible en <https://www.odepa.gob.cl/rubros/vinos-y-alcoholes>

ODEPA: Oficina de Estudios y Políticas Agrarias. Gobierno de Chile (2019). Estudio de Economía Circular en el Sector Agroalimentario Chileno. Recuperado de <https://www.odepa.gob.cl/publicaciones/estudios/estudio-de-economia-circular-en-el-sector-agroalimentario-chileno>

OIV: Organización internacional de la viña y el vino. (2018). Los principales exportadores de vino 2018. Recuperado de [https://cincodias.elpais.com/cincodias/2019/04/11/companias/1555003087\\_432849.html](https://cincodias.elpais.com/cincodias/2019/04/11/companias/1555003087_432849.html)

Ojeda, N. (2018). Reingeniería del tratamiento y la disposición final de efluentes industriales en bodega Los Haroldos, San Martín, Mendoza. Tesis de grado, Universidad Nacional de Cuyo. Recuperado de [https://bdigital.uncu.edu.ar/objetos\\_digitales/10308/tesis-irnr-ojeda-nuria-2018.pdf](https://bdigital.uncu.edu.ar/objetos_digitales/10308/tesis-irnr-ojeda-nuria-2018.pdf)

Optek. (2020). Control de filtro. Recuperado de <https://www.optek.com/es/quimicas/control-de-filtro.asp>

## P

Pacheco, C. (2019). *Calcárea: Biomateria emergente* (Tesis de pregrado) Pontificia Universidad Católica de Chile, Santiago, Chile

Peña-Rodríguez, M. (2019). Universidad Industrial de Santander. Utilización de tierras diatomáceas recicladas en la industria cervecera como medio de transporte de macronutrientes. *Revista UIS Ingenierías*.

Piña, M. (2016). Análisis del impacto ambiental y opciones de mitigación para la industria vitivinícola. Tesis Universitaria, Universidad de Chile. Recuperado de <http://repositorio.uchile.cl/bitstream/handle/2250/140364/Analisis-de-impacto-ambiental-y-opciones-de-mitigacion-para-la-industria-vitivinicola-mediante-un-analisis.pdf?sequence=1>

## R

RAE. (2020). *Calcinar*. Recuperado de <https://dle.rae.es/calcinar>

RAE. (2020). *Vinicultura*. Recuperado de <https://dle.rae.es/vinicultura>

Redagráfica. (2019). *Qué hacer con los residuos vitivinícolas*. Recuperado de <https://www.redagricola.com/cl/los-residuos-vitivincolas/>

Ribéreau-Gayon, P Glories Y (2006). *Handbook of Enology (The chemistry of wine stabilization and treatments ed., Vol. 2)*. Bordeaux, France: John Wiley & Sons Ltd.

Riley, L. (2021). «Significant growth» for organic wine - Harpers Wine & Spirit Trade News. Recuperado de [https://harpers.co.uk/news/fullstory.php/aid/28381/\\_Significant\\_growth\\_for\\_organic\\_wine.html?utm\\_source=newsletter&utm\\_medium=e-mail&utm\\_campaign=Harpers%252B-newsletter%252Bissue%252B1070](https://harpers.co.uk/news/fullstory.php/aid/28381/_Significant_growth_for_organic_wine.html?utm_source=newsletter&utm_medium=e-mail&utm_campaign=Harpers%252B-newsletter%252Bissue%252B1070)

## S

SAG. (2018). *Informe ejecutivo producción de vino 2018*. Ministerio de agricultura de Chile. Recuperado de <https://www.sag.gob.cl/sites/default/files/infocosecha2018.pdf>

Sáez C.,(2021) Docente Ingeniería UC. Entrevista personal por María García-Huidobro. Abril 2021

Salgado (2015). *Elaboración de material de construcción a partir de residuos industriales sólidos granulares procedentes de tierras Diatomáceas* (Tesis doctoral). Universidad Mexiquense del Bicentenario, Tultitlán, México.

San Martín, J. (2021) Enólogo Viña Matetic, entrevista personal por María García-Huidobro. Abril 2021

Servicio Nacional de Geología y Minería. (2008). *Anuario de la minería de Chile 2008* (N.o 179862). Disponible en; <https://www.sernageomin.cl>

Servicio Nacional de Geología y Minería. (2015). *Anuario de la Minería de Chile 2015*. Recuperado de <https://www.sernageomin.cl/wp-content/uploads/Anuarios/Anuario-de-la-Mineria2015.pdf>

Shabbado, S. (2018) What is sustainability in the wine world? A cross-country analysis of wine sustainability frameworks, *Journal of Cleaner Production*, Vol. 172, Pág. 2301-2312, ISSN 0959-6526, <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2017.11.181>.

Silva, C. (2017). *Innovación aplicada a los residuos del vino*. Recuperado de <http://www.desafio2030.cl/innovacion-aplicada-a-los-residuos-del-vino/>

Solé, M. (2004). *Guía de técnicas de gestión ambiental para residuos agrarios*. Fundación Catalana de cooperación. Recuperado de [https://upcommons.upc.edu/bitstream/handle/2117/6584/Gu%20a\\_residuos\\_agrarios\\_ESP.pdf?sequence=1](https://upcommons.upc.edu/bitstream/handle/2117/6584/Gu%20a_residuos_agrarios_ESP.pdf?sequence=1)

Startups Chilenas (2020). *Karun*. Disponible en; <https://startupschilenas.cl/karun/>

Subsecretaría de minería de México. (2017). *Perfil de mercado de la Diatomita*. Dirección general de desarrollo minero. Recuperado de [https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/287797/Perfil\\_Diatomita\\_2017.pdf](https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/287797/Perfil_Diatomita_2017.pdf)

## V

Vilavella (1997). *La filtración tangencial en el tratamiento de vinos* (Tesis doctoral). Escola técnica superior d'enginyeria agrària, Universitat de Lleida.

Vinetur. (2016). *Anatomía de la botella de vino*. Recuperado de <https://www.vinetur.com/2016122026613/anatomia-de-la-botella-de-vino.html>

Viña Emiliana. (2021). *Organic vineyards* [Fotografía]. Recuperado de <http://www.emiliana.cl/vinos/ge/ensamblaje/>

Viña Santa Cruz. (2019). *Conoce el proceso de elaboración del vino en nuestro Tour Icono*. Recuperado de <https://vinsantacruz.cl/conoce-el-proceso-de-elaboracion-del-vino/>

Vita, L. (2020). *Vinos orgánicos atraviesan su mejor momento por cuenta del auge de productos sostenibles*. Recuperado de <https://www.agronegocios.co/agricultura/los-vino-organicos-atraviesan-por-un-boom-por-cuenta-del-auge-de-productos-sostenibles-3044063>

## W

Wines of Chile. (2019). *Memoria anual 2018*. Recuperado de <https://www.winesofchile.org/wp-content/uploads/2019/05/MEMORIA-FINAL-EF.pdf>

Wine&Hause. (2020). *Klapp set vajilla porcelana Zoe*. Recuperado de [https://winehouse.cl/products/copia-de-klapp-juego-24-piezas-porcelana-zoe?variant=39512059707530&cy=CLP&utm\\_medium=product\\_sync&utm\\_source=google&utm\\_content=sag\\_organic&utm\\_campaign=sag\\_organic](https://winehouse.cl/products/copia-de-klapp-juego-24-piezas-porcelana-zoe?variant=39512059707530&cy=CLP&utm_medium=product_sync&utm_source=google&utm_content=sag_organic&utm_campaign=sag_organic)