

**UNIVERSIDAD TÉCNICA FEDERICO SANTA MARÍA**

**SEDE VIÑA DEL MAR – JOSÉ MIGUEL CARRERA**

**DISEÑO Y EVALUACIÓN DE UN HORNO SOLAR TRANSPORTABLE**

Trabajo de Titulación para optar al Título de  
Ingeniero en FABRICACIÓN Y DISEÑO  
INDUSTRIAL con Licenciatura en Ingeniería  
en fabricación y diseño industrial.

Alumno:

Félix Mellado Aguirre

Profesor Guía:

Augusto Vargas Schüler

**2024**



## **RESUMEN**

**KEYWORDS:** COCINA SOLAR, PORTABILIDAD, TERMOSOLAR, CAMBIO CLIMÁTICO, RESILIENCIA

En los últimos años, el cambio climático se ha hecho sentir con mayor fuerza, representando un reto que agudiza las situaciones de escasez de recursos, incluidos los energéticos y/o térmicos. En este contexto, los hornos solares han surgido como una solución sostenible y resiliente para hacer frente a los efectos del cambio climático en las comunidades afectadas. Este estudio examina cómo los hornos solares pueden abordar los problemas gemelos del cambio climático y la escasez de energía evaluando su capacidad para reducir las emisiones de gases de efecto invernadero y proporcionar una alternativa viable a los combustibles fósiles. A través de un análisis comparativo con los sistemas de cocción convencionales, se demuestra que los hornos solares pueden mitigar las emisiones mediante el uso de energía solar limpia y renovable. Además, adicionales las ventajas de los hornos solares en situaciones de escasez son exacerbadas por el cambio climático son exploradas, como su resistencia a los fenómenos meteorológicos extremos y su capacidad para funcionar en áreas con acceso limitado a la infraestructura de energía convencional. A través de ejemplos de implementaciones exitosas en comunidades vulnerables, esta investigación ilustra cómo los hornos solares pueden contribuir a la adaptación y resiliencia al cambio climático, promover la seguridad alimentaria, y mejorar las condiciones de vida en los entornos afectados. Este estudio destaca la importancia de incluir hornos solares como herramienta estratégica en la planificación de la mitigación y adaptación al cambio climático y políticas, promoviendo su adopción e integración en el desarrollo sostenible programas.

## **ABSTRACT**

In recent years, climate change has made itself felt with greater force, representing a global challenge that exacerbates situations of scarcity of resources, including energy and/or heat. In this context, solar ovens have emerged as a sustainable and resilient solution to face the effects of climate change in affected communities. This study examines how solar ovens can address the twin problems of climate change and energy shortages by assessing their ability to reduce greenhouse gas emissions and provide a viable alternative to fossil fuels. Through a comparative analysis with conventional cooking systems, it is shown that solar ovens can mitigate emissions by using clean and renewable solar energy. In addition, complementary advantages of solar ovens are explored which in scarcity situations are exacerbated by climate change, such as their resistance to extreme weather events and their ability to function in areas with limited access to conventional energy infrastructure. Through examples of successful implementations in vulnerable communities, it illustrates how solar ovens can contribute to adaptation and resilience to climate change, promotion of food safety, and improvement of living conditions in affected environments. This study highlights the importance of including solar ovens as a strategic tool in climate change mitigation and adaptation planning and policies, promoting their adoption and integration into sustainable development programs.

# Índice

1. Capítulo I: Diagnóstico del mercado y de diseños de hornos solares en Chile y el mundo a través de la búsqueda bibliográfica en distintas fuentes .....	1
1.1 Antecedentes, Historia, conceptualización y definición de los hornos solares 2	
1.2 Tipo y clasificación de los hornos solares y hornos solares transportables .....	4
1.3 Materialidad de los hornos solares y hornos solares transportables .....	6
1.4 Empresas que se dedican al diseño y fabricación de hornos solares y hornos solares transportables .....	8
1.5 Precio de mercado de hornos solares y hornos solares transportables.....	10
1.6 Análisis FODA, Grupo Focal, entrevistas estructuradas, semi estructuradas y/o diseño y aplicación de una encuesta destinada al análisis del producto hornos solares y hornos solares transportables.....	12
1.7 Profundización de las debilidades y/o problemas encontrados en los hornos solares .....	13
1.8 Definición del problema a mejorar en base a las debilidades y/o problemas encontrados en los hornos solares .....	14
1.9 Análisis de las posibles causas y consecuencias (o impactos) de las debilidades o problemas detectado en hornos solares transportables, a través de Ishikawa, Pareto, lluvia de ideas, u otra técnica. ....	15

1.10	Diagrama resumen causa problema impacto .....	19
1.11	Planteo de objetivo general y objetivos específicos.....	20
	Objetivo general.....	20
	Objetivos específicos .....	20
2	Capitulo II: Evaluación de diferentes metodologías de diseño, mejoras e innovación en hornos solares. ....	21
2.1	Metodologías para diseño en general.....	22
2.2	Metodologías para diseño de prototipos .....	23
2.3	Metodología para diseño de prototipos de hornos .....	26
2.4	Metodología para evaluar diseño .....	27
2.5	Evaluación y/o adecuación de metodologías de diseño .....	29
2.6	Selección de una metodología de diseño .....	31
2.7	Propuesta de metodología para el diseño de un prototipo de hornos solares transportables. ....	31
2.8	Definición y caracterización de mejoras e innovaciones. ....	31
2.9	Mejoras en el diseño de prototipos de hornos solares y hornos solares transportables. ....	32
2.10	Innovación en el diseño de prototipos de hornos solares y hornos solares transportables. ....	33

2.11	Evaluación de una mejora y/o innovaciones para ser incorporadas en el diseño del prototipo de horno solar transportable.....	34
2.12	Selección de una mejora y/o innovaciones para ser incorporadas en el diseño del prototipo de horno solar transportable coherente con las debilidades encontradas en el FODA y al problema, causa y consecuencias encontradas. ....	36
2.13	Propuesta de valor para una mejora y/o innovación para ser incorporada en el diseño de un prototipo de hornos solares transportables en base al problema detectado, causas y consecuencias encontradas.....	37
	37	
3	Capítulo III: Diseño y fabricación del prototipo de horno solar transportable. ....	38
3.1	Esquemmatización del diseño del prototipo virtual con la mejora y/o innovación incorporada.....	39
3.2	Diseño del prototipo virtual .....	40
3.2.1	Sketches.....	40
3.2.2	Geometría .....	42
3.2.3	Render .....	43
3.3	Diseño del prototipo físico.....	45
3.3.1	Materiales .....	45
3.3.2	Maquinaria y herramientas.....	45
3.3.3	Procesos.....	46

3.3.4	Precios .....	47
3.4	Planos de fabricación y montaje .....	48
3.4.1	Plano general .....	49
3.4.2	Plano despiece .....	50
3.4.3	Plano conjunto .....	51
3.5	Fotografías del funcionamiento del prototipo virtual .....	53
3.5.1	Incidencia .....	53
3.5.2	Posiciones .....	54
3.5.3	Montaje y desarme .....	55
3.6	Fotografías del funcionamiento del prototipo físico .....	57
3.6.1	Incidencia .....	57
3.6.2	Posiciones .....	59
3.6.3	Montaje y desarme .....	60
3.7	Video del funcionamiento del diseño virtual .....	60
3.8	Video del funcionamiento del prototipo físico .....	60
4	Capítulo IV: Evaluación del prototipo de horno solar transportable .....	61
4.1	Antecedentes y tipos de pruebas de evaluación de prototipos .....	62
4.2	Antecedentes y tipos de pruebas de evaluación para prototipos de hornos solares .....	63

4.3	Selección o construcción de pruebas de evaluación para prototipos de hornos solares .....	63
4.4	Aplicación de pruebas de evaluación para prototipos de hornos solares .....	65
4.4.1	Aplicación pruebas y resultados focalizado en usuarios .....	65
4.4.2	Aplicación pruebas y resultados focalizado en funcionalidad .....	68
4.5	Evaluación y análisis de las pruebas de evaluación aplicadas al prototipo coherente con las debilidades encontradas en el FODA y al problema, causa y consecuencias encontradas.....	72
4.6	Conclusiones, coherente con los objetivos planteados, debilidades encontradas en el FODA y al problema, causas y consecuencias encontradas. ....	73
5	BIBLIOGRAFÍA .....	75

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 - Presentación de un concentrador solar finales del siglo XVIII .....	2
Figura 2 - Diagrama de Ishikawa .....	16
Figura 3 - Grafico de Pareto .....	18
Figura 4 - Principales tecnologías de prototipado rápido .....	24
Figura 5 - Diagrama resumen y de competencias del Diseño Concurrente.....	25
Figura 6 - Método del doble diamante .....	26
Figura 7 - Diagrama I+P+D3.....	29
Figura 8 - Diagrama Metodología Design Thinking adaptado a hornos solares .....	30
Figura 9 - Lean Canvas Propuesta De Valor .....	37
Figura 10- Propuesta 1.....	40
Figura 11- Propuesta 2.....	40
Figura 12- Propuesta 3.....	41
Figura 13- Propuesta 4.....	41
Figura 14 - Plano cartesiano de parábola y punto focal .....	42
Figura 15 - Vistas isométricas propuesta final horno solar transportable .....	43
Figura 16 - Vista Detalle Clip Seguridad .....	44
Figura 17 - Vista Detalle Guía Perno y Mariposa .....	44

Figura 18 - Incidencia de luz en parábola.....	53
Figura 19 - Rango de movimiento de la parábola .....	54
Figura 20- Montaje Base Horno .....	55
Figura 21 - Montaje parábola .....	55
Figura 22 - Montaje Mariposa y Tuercas .....	56
Figura 23 - Montaje Guía y Pernos .....	56
Figura 24 - Fotografía alineación horizontal .....	57
Figura 25 - Fotografía alineación vertical .....	58
Figura 26 - Fotografía montaje para el control de temperatura con multímetro .....	59
Figura 27 - Fotografía frontal derecha montaje de control de temperatura con multímetro	59
Figura 28 - QR Prototipo Virtual.....	60
Figura 29 - QR Prototipo Físico .....	60
Figura 30 - Resumen calificación usuarios.....	66
Figura 31 - Promedio calificación usuarios.....	67
Figura 32 - Grafico Tiempo V/S Temperatura .....	69
Figura 33 - Grafico Ciclo Diario de Radiación y Velocidad del Viento .....	70
Figura 34 - Grafico Temperatura/Radiación Vs tiempo.....	71
Figura 35 - Velocidad Viento/ Temperaturas Horno vs Tiempo.....	71

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Partes y materiales de horno solar y horno solar transportable. ....	7
Tabla 2 – Resumen tipos de hornos que fabrica cada empresa .....	10
Tabla 3 - Rango de precios por cada tipo de horno solar. ....	11
Tabla 4 – Oportunidades y Amenazas de horno solar transportable .....	12
Tabla 5- Debilidades y Fortalezas de horno solar transportable. ....	12
Tabla 6 - Análisis de Pareto.....	17
Tabla 7 - Evaluación de mejoras /innovación a implementar. ....	35
Tabla 8 – Precio de Materiales usados en prototipo final de horno solar transportable.....	47
Tabla 9 - Evaluación tipo para usuarios .....	64
Tabla 10 - Calificaciones de usuarios.....	65
Tabla 11 - Tabla de Tiempo V/S Temperatura.....	68

## SIGLAS Y SIMBOLOGÍAS

### SIGLA

GHI:	Directa Horizontal
DHI:	Directa Horizontal Difusa
DNI:	Directa de Plano Inclinado
M:	Masa
%:	Porcentaje
\$:	Peso Chileno

### SIMBOLOGÍA

mm:	Milímetros
m <sup>2</sup> :	Metros Cuadrados
cm:	Centímetros
m:	Metros
m <sup>2</sup> :	Metros Cuadrados
°C:	Grados Celsius
W/m <sup>2</sup> :	Vatios por Metro Cuadrado

**1. Capítulo I:**

**Diagnóstico del mercado y de diseños de hornos solares en Chile y el mundo a través  
de la búsqueda bibliográfica en distintas fuentes**

## 1.1 Antecedentes, Historia, conceptualización y definición de los hornos solares

El ser humano, desde el dominio del fuego, experimentó un cambio radical en sus hábitos alimenticios, específicamente en la preparación de alimentos que requerían una fuente de calor para ser cocinados. Hace aproximadamente 2500 años, en la cultura griega, se comenzaron a diseñar de manera estructural métodos para captar el calor del sol (Echevarría López, 2012), tanto para sus hogares como para utensilios y lugares dedicados a la cocina, con el fin de gestionar mejor sus alimentos. Esto demuestra la adaptación humana y la tendencia cultural hacia métodos más eficientes y cómodos para mejorar sus hábitos alimenticios. (Vásquez; et al,1995)

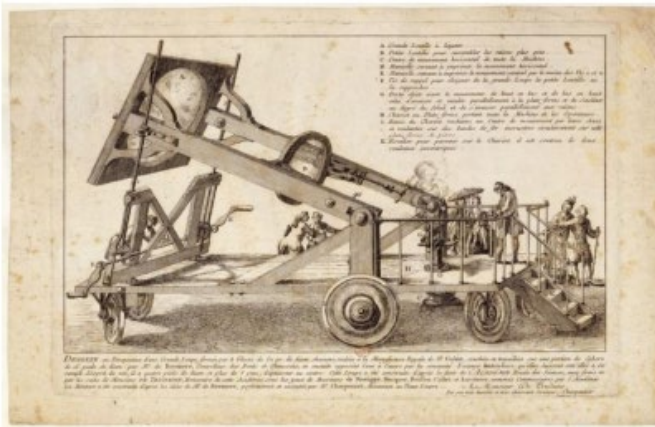


Figura 1 - Presentación de un concentrador solar finales del siglo XVIII

(Saint-Gobain, 1774)

He aquí cuando el ser humano comienza a considerar al sol como una fuente de calor confiable y económica. Sin embargo, no se veía sus potenciales que hoy podemos destacar,

que es una fuente de energía respetuosa con el medio ambiente, abundante y viable para aplicar como fuente térmica. (Carretero Gómez, 2010)

En Grecia alrededor del Siglo V a.C. entendieron el potencial de la estrella y empezaron considerar la orientación de las viviendas que iban construyendo, considerando los hábitos de una familia, y la estación en la que encontrasen (Yettou et al., 2014); Por ejemplo, en invierno tenían que captar la mayor cantidad de luz para retener la mayor cantidad de calor, pero en verano una menor captación. También podemos distinguir como primer acercamiento relevante el horno solar de Odeillo que ya podemos recalcar como, 40 años concentrando el Sol hasta fundir el acero. (Mariano Vásquez, 1995)

Dadas las condiciones internacionales, el problema que la cantidad de energía de combustibles fósiles consumida a nivel mundial crece a una tasa de 1% al año aproximadamente, y a una tasa del 5% anual en países desarrollados. (buscar cita). A tal caso se espera una demanda a mundial de energía que aumenta y no se prevé de los combustibles fósiles, debido principalmente a la disminución de la producción y problemas ambientales, es decir, calentamiento global, efecto invernadero y contaminación atmosférica. (Solar, s.f.)

Es importante destacar la radiación solar total anual en el mundo, la cual llega a la superficie terrestre de forma aproximada  $3,4 \times 10^6$  EJ, (Jaime et al., 2013). Es un orden de magnitud mayor a los recursos energéticos renovables, estimados incluyendo combustible fósiles y nucleares.

La consideración de la aplicación térmica de la energía solar como la solución más prometedora y viable se debe a las ventajas que incluye como la economía de combustible, reducción de gases de efecto invernadero emisión ahorro de utilización de leña. (de la Cruz, 2017)

Por lo tanto, el proceso para mejorar el diseño de horno solar y/o horno solar transportable conlleva un acto fundamental para poder apoyar y ayudar al medio ambiente.

Realizando una exhaustiva búsqueda de características, restricciones y requisitos, se puede mejorar continuamente el diseño funcional del horno solar. Este diseño justifica su necesidad como una forma de ahorro y como una contribución potencial al medio ambiente. (Ré et al., 2021)

## **1.2 Tipo y clasificación de los hornos solares y hornos solares transportables**

Los hornos solares tipo caja se componen de un reflector en la parte superior y una superficie de captación en el interior. El recipiente de cocción se coloca en la superficie de captación y se utiliza para cocinar alimentos o calentar líquidos. Este tipo de cocina puede alcanzar temperaturas de entre 121 °C y 149 °C, siendo excelente para cocinar sopas, carnes y vegetales. (Osorio Giraldo, 2018)

En primera instancia encontramos los hornos solares parabólicos. Son aquellos con forma de parábola y utilizan un reflector parabólico para concentrar la radiación solar en un punto focal, donde se coloca el recipiente para su cocción donde concentra una alta temperatura para cocinar. (Mirdha & Dhariwal, 2008).

En segundo lugar, se encuentran los hornos solares de disco, los cuales tienen forma de disco y utilizan un reflector circular para enfocar la radiación solar en su centro, donde se coloca el recipiente de cocción. En tercer lugar, observamos los hornos solares de concentración central, que emplean una torre central para concentrar la radiación solar de múltiples reflectores en un solo punto.

Por demás están los hornos solares transportables. Se refiere a aquellos hornos solares diseñados para ser portátiles y fáciles de transportar. Estos suelen ser ligeros, plegables y compactos, lo que los hace ideales para actividades al aire libre, campamentos o situaciones donde la movilidad es necesaria. Estos hornos suelen ser del tipo de caja o parabólicos y están fabricados con materiales ligeros como el aluminio o tejidos especiales de alta reflectividad.

Por otra parte, podemos destacar los plegables que suelen de ser mucho más compactos, lo que facilita su transporte y almacenamiento.

Otros tipos son, los tipos maleta tienen una forma similar a una maleta y se pueden cerrar con pestillos. Al abrir la maleta, se despliegan los paneles reflectantes que generan la captación de calor.

A continuación, están los clasificados como inflables que se expanden fácilmente con aire y se desinflan, para un transporte compacto y liviano. También son flotantes, en su mayoría. Por lo que da pie para su uso en actividades acuáticas o en la playa.

Por último, lo que podemos clasificar como mochila pueden ser llevados en una mochila y son ideales para actividades al aire libre, como senderismo o camping. Se despliegan abriendo la parte reflectante.

Esta caracterización de hornos solares transportables es clasificable según la actividad que se pueda llevar a cabo dado por los distintos fabricantes y diseños específicos teniendo características adicionales por la misma razón. Además, tienen temporizadores, termostatos o sistemas de seguimiento solar para maximizar la eficiencia.

### **1.3 Materialidad de los hornos solares y hornos solares transportables**

La definición de la materialidad de los hornos depende de si son fijos o transportables, ya que esto determina los materiales a utilizar. Podemos destacar los diseños actualmente comercializados, como el Sun Cook, el Sun Over y los hornos artesanales. Dada la variedad de tipos, podemos identificar una tendencia en los materiales utilizados. Esto nos permitirá desarrollar una comparación entre hornos solares fijos y transportables. Además, podemos definir las partes o conceptos de los distintos modelos, los cuales son:

- **Reflectores:** Concentran la radiación solar en un punto focal para la generación de calor.
- **Superficies de captación:** Es la superficie sobre la cual incide la radiación solar y donde se concentra el calor.
- **Aislante térmico:** Para minimizar las pérdidas de calor, los hornos solares suelen tener un material aislante alrededor del área de captación y del punto focal.

- Estructura y soportes: Los hornos solares requieren una estructura sólida que mantenga la forma y la estabilidad.
- Recipiente de cocción: Es el contenedor donde se coloca la comida o el objeto que se desea calentar o cocinar.

A continuación, una tabla comparativa de la característica general de componentes y los materiales a contener, según la clasificación de horno solar y/o transportable.

Tabla 1 - Partes y materiales de horno solar y horno solar transportable.

<b>Parte</b>	<b>Horno solar</b>	<b>Horno solar transportable</b>
<b>Reflectores</b>	Espejo de vidrio, aluminio anodizado y películas reflectantes materializadas.	Láminas espejo, Películas reflectantes y aluminio anodizado.
<b>Superficies de captación</b>	vidrio cerámico y acero o metales.	Vidrio templado, aluminio anodizado y láminas reflectantes.
<b>Aislante térmico</b>	Fibra de vidrio.	Fibra cerámica.
<b>Estructura y soportes</b>	Acero, aluminio, madera o incluso ladrillos.	Aluminio o madera.
<b>Recipiente de cocción</b>	Cerámica, vidrio, metal resistente al calor o incluso bolsas selladas herméticamente	Acero inoxidable, aluminio anodizado, vidrio resistente al calor, o metales cerámicos.

*Nota:* Esta tabla muestra, cuáles son los componentes de un horno y los materiales que generalmente se utilizan.

Fuente: autoría propia

#### **1.4 Empresas que se dedican al diseño y fabricación de hornos solares y hornos solares transportables**

En Chile se han encontrado distintas empresas que se dedican, no exclusivamente a la producción del horno solar, pero sí consideran sus particularidades que dan pie y relevancia a sus características.

- Camper Chile: empresa chilena dedicada a la fabricación de hornos solares transportable tipo tubo de vacío. El nombre de su producto es Gosun Fusión. El producto ofrecido viene en 3 tamaños y además puede incluir ciertos complementos como estabilizadores que ayudan a la focalización (CamperChile.cl 2023).
- Solmue Chile: Empresa pequeña chilena, dedicada a la fabricación de hornos solares tipo caja principalmente de madera, Esta empresa sólo ofrece un solo formato en el cual es un tamaño estandarizado para ellos. (facebook.com/hornosolar.solmue, 2023)
- Solares Chile: Empresa chilena especializada en servicios solares y fotovoltaicos, que ofrece productos como paneles fotovoltaicos iluminación calentadores solares y hornos solares. Estos últimos, tipo caja, pero con variaciones en su forma, pues el diseño que ofrecen es un panel vertical el cual se despliega y se coloca la inclinación deseada. Además, el formato está más adaptado a la deshidratación de alimentos. (solareschile.cl)
- Antu Solar: empresa chilena ubicada en Providencia Santiago. Se especializan únicamente en las cocinas solares donde el producto ofrecido son hornos solares tipo tubo al vacío. El producto tiene varios formatos y tamaños, donde la novedad es que las piezas plásticas utilizadas son recicladas y además impresas en 3D. (antucocinasolar.cl, 2023)

- Wakan Ecotecnias: es una pequeña empresa chilena ubicada en la región de Valparaíso. Se dedica a confeccionar 2 tipos de hornos solares, el primero es de tipo caja, la cual está adaptada para la deshidratación de frutas verduras y semillas, y viene en 3 formatos y tamaños, fabricados principalmente en madera. El segundo tipo de horno es parabólico o de concentración solar, fabricado principalmente con acero al carbono y chapa metálica recubierta con material reflectante. (wakanecotecnias.cl, 2023)
- Madera y Sol: pyme chilena ubicada en la comuna de María Pinto. Se dedican a la confección de hornos solares tipo caja, adaptado específicamente a la deshidratación de alimentos. Tienen cuatro formatos diferentes, fabricados principalmente en madera. (maderaysol.cl, 2023)
- SAECSA Chile: es una empresa transnacional de origen mexicano que se dedica a la fabricación de elementos solares y fotovoltaicos a nivel básico, semi industrial e industrial. La empresa produce dos tipos de hornos solares. El primer tipo es el horno de caja, que tiene tres variaciones enfocadas en la deshidratación de alimentos. El segundo tipo es una combinación de horno de caja y tubo al vacío. (saecsaenergiasolar.com/promoweb/chile, 2023)

Tabla 2 – Resumen tipos de hornos que fabrica cada empresa

<b>Empresas</b>	<b>Tipo caja</b>	<b>Parabólico</b>	<b>Tubular</b>	<b>Paneles</b>
<b>Solmue</b>	<b>x</b>			
<b>Solares Chile</b>	<b>x</b>			
<b>Antu</b>			<b>x</b>	
<b>Madera y Sol</b>	<b>x</b>			
<b>Saecsa</b>	<b>x</b>		<b>x</b>	
<b>Wakan</b>		<b>x</b>		
<b>Camper Chile</b>			<b>x</b>	

Fuente: autoría propia.

### 1.5 Precio de mercado de hornos solares y hornos solares transportables

En temas de precios de los hornos solares solamente vamos a considerar los que se fabrican y venden en Chile, por lo que la opción de cocina solar de paneles quien queda excluido de la siguiente tabla ya que no hay un fabricante nacional confirmado.

- Camper Chile: ofrece tres tipos de hornos tubulares donde tiene 3 tipos de tamaños, grande, mediano, pequeño, los cuales tienen los siguientes valores respectivamente: \$650.000, \$550.000 y \$150.000. (camperchile.cl, 2023)
- Solmue Chile: Ofrece un solo tipo de horno (caja), en un solo tamaño, con un valor de \$139.990, precio que según página tiene 35% de descuento, y el mismo anteriormente era de \$210.000. (facebook.com/hornosolar.solmue, 2023)

- Solares Chile: esta empresa ofrece solo un tipo de horno, los cuales son caja adaptados para el secado de frutas. Comercializan tres tamaños distintos, donde según la propia página indica que sus valores son los siguientes: \$1.900.000 + IVA, \$310.000 + IVA y \$450.000 + IVA, para grande, pequeño, mediano respectivamente. (solareschile.cl, 2023)
- Antu Solar: Ofrece solo un tipo de horno solar, en un único tamaño, el valor del horno tipo tubo es de \$340.000 (antucocinasolar.cl, 2023)
- Wakan Ecotecnias: la presente empresa ofrece dos tipos de hornos solares, tipo parabólica y tipo caja, la primera tiene un valor de \$179.990. el horno tipo caja presenta 3 tamaños disponibles, con los siguientes valores; \$59.990, \$138.990 y \$434.990, pequeño mediano y grande respectivamente (wakanecotecnias.cl, 2023)
- Madera y Sol: ofrecen un solo tipo de horno solar, el cual es de caja, y se puede elegir entre 4 tamaños, pequeño, mediano, grande y familiar, donde los valores son los siguientes; \$79.000, \$99.000, \$180.000 y \$230.000 respectivamente. (maderaysol.cl, 2023)
- SAECSA Chile: Empresa de (saecsaenergiasolar.com/promoweb/chile, 2023)

Tabla 3 - Rango de precios por cada tipo de horno solar.

	precio mayor (\$)	precio menor (\$)
<b>Caja</b>	450.000	59.990
<b>Parabólico</b>	179.990	17.990
<b>Tubular</b>	650.000	150.000

Fuente: autoría propia. En base a los precios del mercado nacional.

## 1.6 Análisis FODA, Grupo Focal, entrevistas estructuradas, semi estructuradas y/o diseño y aplicación de una encuesta destinada al análisis del producto hornos solares y hornos solares transportables

Tabla 4 – Oportunidades y Amenazas de horno solar transportable

Oportunidades	Amenazas
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Creciente demanda en el mercado de cocinas solares</li> <li>- Producto novedoso en tendencia</li> <li>- Poca competencia directa posibilidad de desarrollo de mejoras de diseño y materiales.</li> <li>- Potencial de promoción de sostenibilidad y conciencia ambiental</li> <li>- posibilidad de reducción de costos.</li> <li>- Potencial de investigación y desarrollo.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Condiciones climáticas desfavorables (lluvia, nubosidad, etc.)</li> <li>- Costo de fabricación</li> <li>- Costo de adquisición</li> <li>- Conocimiento de cocinas solares por parte de los usuarios</li> </ul>

Tabla 5- Debilidades y Fortalezas de horno solar transportable.

Debilidades	Fortalezas
<ul style="list-style-type: none"> <li>-No hay gran variedad de productos</li> <li>-Sólo se puede usar bajo ciertas condiciones climáticas.</li> <li>-Limitación en el tamaño y forma de los recipientes de cocción</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Tecnología de bajo costo y fácil construcción en las cocinas solares de caja</li> <li>- No requiere de combustible adicionales</li> <li>- Son económicas y sostenibles</li> <li>- Seguras de usar sin riesgo de incendios o emisiones nocivas</li> </ul>

- 
- |   |   |
|---|---|
| <ul style="list-style-type: none"><li>-Falta de conocimiento</li><li>-Fragilidad del tubo en cocinas al vacío</li><li>-Ajuste frecuente para seguir la trayectoria solar.</li><li>-Diseño voluminoso y poco portátil en las cocinas de cajas solares</li><li>-las cocinas parabólicas requieren montaje y desmontaje complejos</li><li>-No hay posibilidad de almacenar la energía contenida.</li></ul> | <ul style="list-style-type: none"><li>- Las cocinas parabólicas tienen mayor velocidad de cocción</li><li>- potencial de aplicación en áreas de acceso limitados a fuentes de energía convencionales.</li></ul> |
|---|---|
- 

### **1.7 Profundización de las debilidades y/o problemas encontrados en los hornos solares**

Las debilidades mencionadas en la tabla cuatro, nos dan a entender lo siguiente:

- En cuanto a la variedad de productos, la ausencia de empresas manufactureras hace que las pymes asuman el control en este ámbito. Estas desarrollan principalmente cocinas solares tipo caja, fabricadas en madera y vidrio, ofreciendo un único tamaño en el mercado.
- Ya habiendo mencionado el tamaño, las cocinas solares presentan limitaciones al momento de cocinar pues como lo son las parabólicas solamente se puede utilizar una olla o sartén a la vez, lo mismo sucede con los hornos solares tipo caja, donde sólo se puede introducir un elemento a la vez, y también condicionado por el tamaño de la caja pues ollas muy grandes no entrarían. La otra cocina solar con problemas en tema de tamaño es la de tubo al vacío, esta diferencia de las demás no se le puede introducir una olla, sino más bien está condicionada por la bandeja propia que trae.

- Las cocinas solares además están condicionadas por el clima pues no presentan una eficiencia constante, lo que, en temporadas más frías, los tiempos de cocción pueden alargarse.
- El peso de las cocinas solares puede considerarse un problema, pues la mayoría de las producciones al ser de maderas y de un volumen bastante considerado, suelen ser bastante pesadas y difíciles de acomodar.
- La manufactura se basa principalmente en madera.

### **1.8 Definición del problema a mejorar en base a las debilidades y/o problemas encontrados en los hornos solares**

Basado en los problemas y debilidades de los hornos solares es la eficiencia de la captura y la retención del calor, pues el tiempo de precalentado y cocción es elevado en condiciones climáticas adversas (neblina, lluvia, nubosidad, etc.), dicho problema se puede apreciar de mejor manera cuando se aplica en hornos solares transportables, pues al ser de materiales más ligeros estos pueden llegar a tener una de las deficiencias anteriormente mencionadas, y la corrección del problema podría significar el aumento de peso y/o volumen.

**1.9 Análisis de las posibles causas y consecuencias (o impactos) de las debilidades o problemas detectado en hornos solares transportables, a través de Ishikawa, Pareto, lluvia de ideas, u otra técnica.**

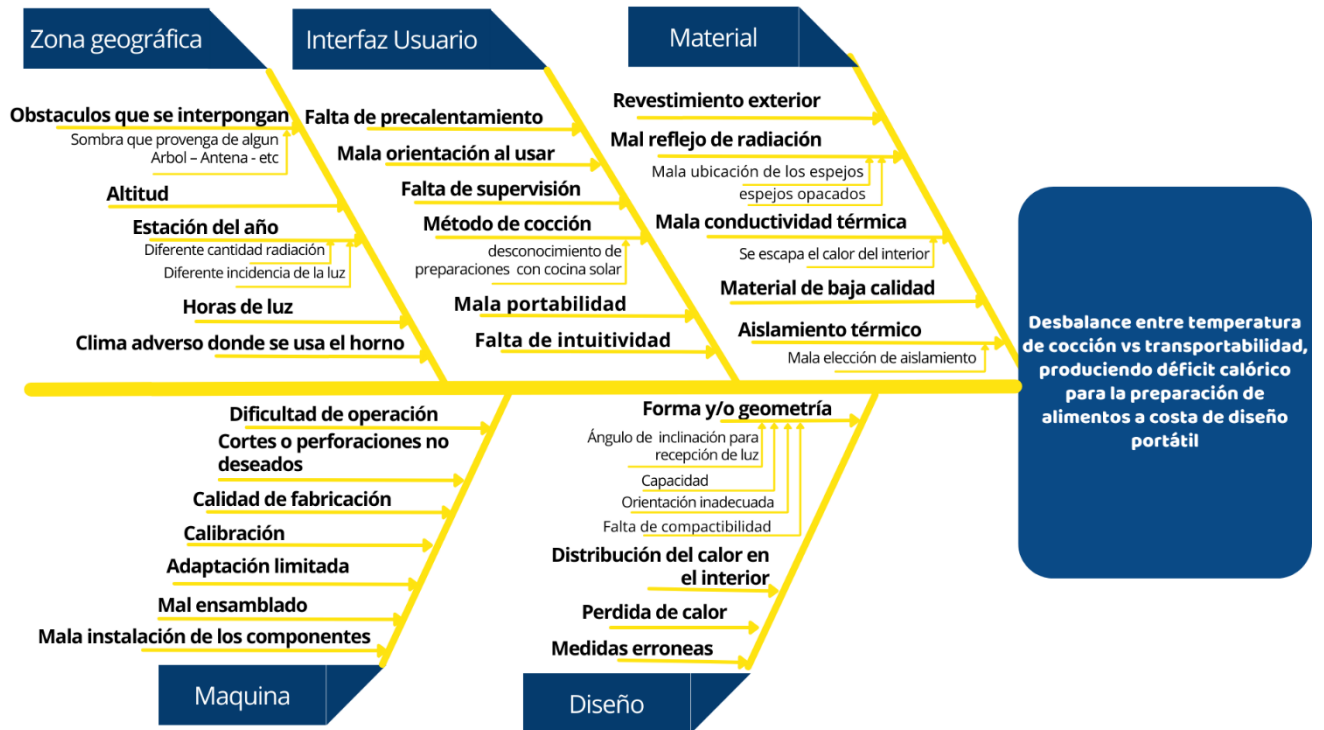
Por medio de la lluvia de ideas se pudo extraer lo siguiente:

Causas.

- Poca investigación y desarrollo de las cocinas solares.
- Pérdida de conciencia y/o conocimiento sobre los hornos solares, lo que ha llevado a una baja adaptación y uso limitado.
- Diseños y materiales posiblemente inadecuados lo que afecta la captura y retención deficiente del calor.
- Falta de incentivos o apoyos del gobierno para la investigación.
- Falta de conocimientos impide que las comunidades aprovechen sus beneficios como ahorro energético reducción de costos y sostenibilidad ambiental.
- Falta de capacidad para almacenar energía, limita su uso de momentos específicos.
- Falta de desarrollo genera falta de versatilidad al momento de diseñar un horno solar.

Por medio del método de Ishikawa se puede extraer lo siguiente:

Figura 2 - Diagrama de Ishikawa



**Fuente:** autoría propia

El principal problema del horno solar es el tiempo que toma precalentar el horno, y/o la cocción de los alimentos, y más si es que el horno es de un tamaño reducido para ser transportable. Esto puede ser producto de determinadas condiciones. En primera instancia, puede deberse a un problema de interacción **interfaz usuario**, donde puede haber desconocimiento de condiciones de uso, métodos de cocina, mal sellado, etc. Puede ser por no considerar las condiciones de la zona en la que se va a usar (**zona geográfica**); puede presentar algún árbol o infraestructura que obstruya la luz que debe recibir el horno solar, o

no se consideró el tiempo de luz optima disponible, la estación del año, o se está utilizando en un clima muy nuboso.

Otras causas que presentamos están relacionadas con el **material** escogido para fabricar el horno. El material puede ser de baja calidad o tener baja conductividad térmica, lo que lo convierte en un aislante térmico ineficiente. Además, es posible que el revestimiento exterior no sea el adecuado o que también presente baja conductividad térmica. Finalmente, puede que se esté utilizando una cantidad de material mayor a la necesaria.

Por otro lado, puede deberse al área de la manufactura. Primero encontrar las posibles causas en el **diseño**. Quizás no se consideró la orientación, forma y/o geometría del horno, dificultando el ingreso de la luz o distribuyendo de mala forma el calor al interior de la cámara del horno, o las medidas no fueron lo suficientemente precisas, dejando aberturas donde se fugue el calor y se pierda.

Extrayendo información del diagrama de Ishikawa, se realiza un análisis con Pareto, confeccionado en la Tabla 6 – Análisis de Pareto con la información anterior:

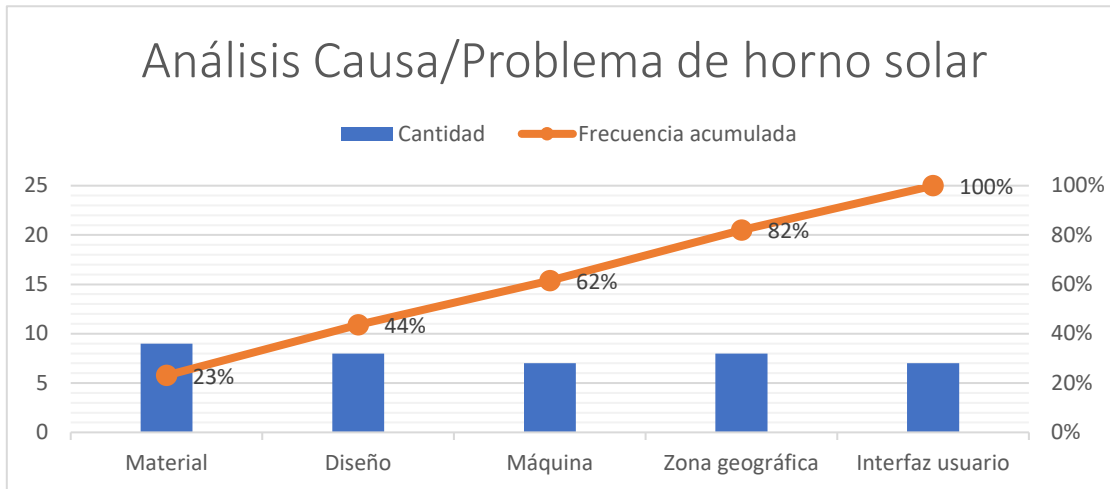
Tabla 6 - Análisis de Pareto

<b>Nombre</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Frecuencia</b>	<b>Frecuencia acumulada</b>
<b>Material</b>	9	23%	23%
<b>Diseño</b>	8	21%	44%
<b>Máquina</b>	7	18%	62%
<b>Zona geográfica</b>	8	21%	82%
<b>Interfaz usuario</b>	7	18%	100%
	39		

**Fuente:** autoría propia

Posteriormente se realiza un gráfico comparativo para analizar ampliamente:

Figura 3 - Grafico de Pareto



**Fuente:** Autoría propia

Por el método de Pareto, se puede concluir que no hay causa que destaque de forma significativa, Se entiende que hay muchas razones vitales que pueden estar asociadas a la problemática. En este caso 4/5 de las áreas de posibles causas, lo que nos dice es que se debe enfocar en las posibles causas que, al haber poca innovación o investigación, no reduce las variables, de tal forma que al aplicar nuevamente nos arroje efectivamente las áreas a mejorar de forma más puntual.

### 1.10 Diagrama resumen causa problema impacto

#### Causa:

Problemas de interfaz, El horno solar no es intuitivo para el usuario dificultando su uso.

Problemas o Fallas presentes desde el diseño, material o manufactura, donde se presentan condiciones desfavorables para la retención de calor (materiales termo conductores ineficientes, brechas en las uniones por donde fuga calor, maquinas mal calibradas o mal escogida para la fabricación del horno solar)

#### Problema:

Desbalance entre temperatura de cocción vs transportabilidad, produciendo déficit calórico para la preparación de alimentos a costa de diseño portátil

#### Impacto:

Prolongación de tiempo de cocción en un horno solar

- Prolongación de tiempo de precalentado.
- Fugas de calor. (se detecta por pistola térmica)
- Comida mal cocinada, o cruda.

Objetividad del impacto y el tema de la comida mal cocinada.

## **1.11 Planteo de objetivo general y objetivos específicos**

### **Objetivo general**

Diseñar física y virtualmente un prototipo de horno solar que no sacrifique capacidad de cocción por la transportabilidad, evitando elevar peso y volumen sobre las capacidades de carga y necesidades del usuario.

### **Objetivos específicos**

- Diagnosticar el mercado y el diseño de los hornos solares en Chile y el mundo a través de la búsqueda bibliográfica en distintas fuentes.
- Evaluar diferentes metodologías de diseño, mejorar e innovar en hornos solares.
- Diseñar virtualmente un prototipo de horno solar transportable incorporando una mejora o innovación.
- Fabricar físicamente el prototipo de horno solar transportable diseñado.
- Confeccionar y ejecutar pruebas que permitan valorar las condiciones de funcionamiento del prototipo de horno solar diseñado.

## **2 Capítulo II:**

**Evaluación de diferentes metodologías de diseño, mejoras e innovación en hornos solares.**

## 2.1 Metodologías para diseño en general

Realizando una búsqueda exhaustiva, Se logró encontrar las siguientes metodologías de diseño las cuales pueden ser aplicadas para el desarrollo del horno solar transportables:

**Lean PPD:** o *Lean Product and Process Development*, consiste en la racionalización sobre el ciclo de vida del producto y la incorporación de valor al mismo, entendiendo el problema/cliente y el contexto. (INNOVATION, 2014)

**Design Thinking:** Metodología para el desarrollo de innovación en el producto en conjunto con la participación del usuario, para ello se entiende que tiene 5 etapas bien definidas para poder desarrollarlo; 1), Empatía, 2) Definición, 3) Idear, 4) Prototipo, 5) Probar. (Ortega, 2016)

**I+P+D3:** Metodología para el desarrollo de la creatividad e innovación basándose en otros modelos propuestos. La metodología por entender que consta de 5 etapas estándar y de secuencia lógica para poder ser aplicado: 1) Investigación, 2) Planificación, 3) Definición del producto, 4) Diseño, 5) Desarrollo. (Baez, 2018)

**VDI 2221:** Metodología estándar propuesta por la asociación de ingenieros alemanes (*verein deutscher ingenieure*), de base investigativa sobre las necesidades que el producto va a satisfacer. Consta de 4 etapas: 1) Definición del producto, 2) Diseño conceptual, 3) Diseño de materialización 4) Diseño de detalle (Katherine Arias, 2017)

**Ingeniería concurrente:** Metodología del producto está integrado en todos los procesos necesarios para fabricarlo, teniendo en cuenta todo su ciclo de vida; Así mismo, es

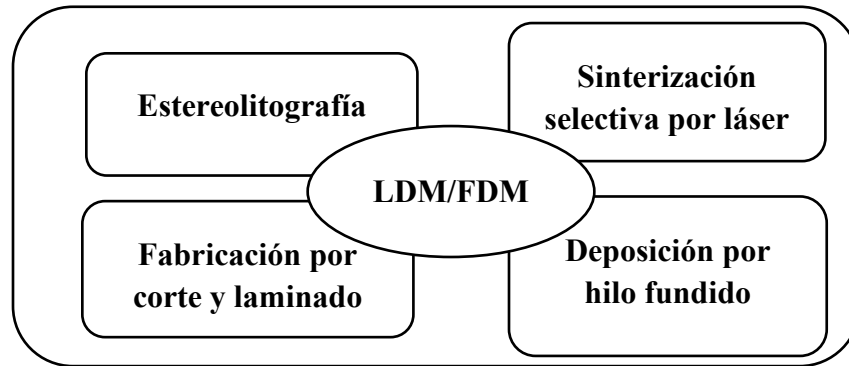
coordinada con todos los departamentos de ingeniería que formen parte de su desarrollo de forma paralela (Velasco, 2012)

## **2.2 Metodologías para diseño de prototipos**

**Prototipado Rápido:** Se entiende como conjunto de técnicas que por medio de utilización de software CAD permiten la elaboración preliminar en un tiempo menor a 24 horas, reduciendo los tiempos de desarrollo de un producto a la mitad. La finalidad del prototipado rápido es principalmente efectuar evaluaciones y validación de geometrías definitivas (Rodríguez, 2005). Existen 4 tipos de prototipado rápido (se evalúa una sola característica del objeto), cuando se realiza un **prototipado de diseño**, se está evaluando la estética. Cuando se realiza un **prototipado geométrico** se evalúa la construcción. Cuando se opta a un **prototipo funcional** se evalúa la funcionalidad. Y cuando se realiza un prototipo **técnico** se evalúa la materialidad.

Las Tecnologías que utiliza el prototipado rápido se puede comprender de la siguiente manera:

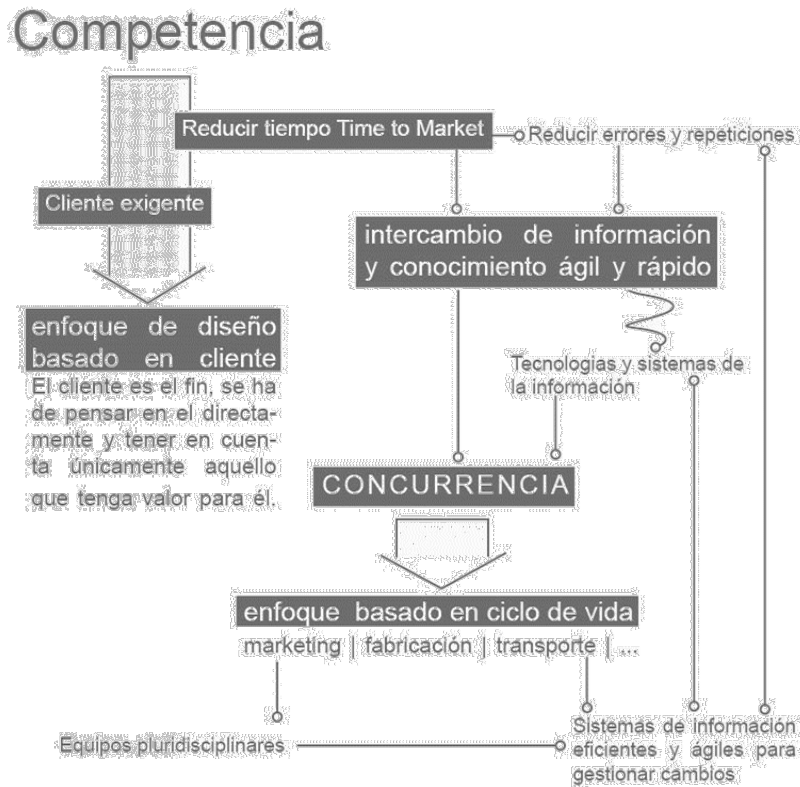
Figura 4 - Principales tecnologías de prototipado rápido



*Fuente:* (Sánchez Jimenez & Fernández de la puente, 2004)

**Diseño concurrente:** es una subparte de la ingeniería concurrente que se centra en fases iniciales del desarrollo de un producto. Se entiende en las actividades de diseño prototipado y validación de forma simultánea. El proceso de prototipado implica la creación de modelos o prototipos funcionales en etapas tempranas del diseño y desarrollo evitando así la espera secuencial del proceso mismo (Luis Alvaro & Jairo Hernán, 2014). Esto se debe a la ventaja competitiva que se espera lograr con la reducción de tiempo de diseño y desarrollo, también denominada “Time to Market” o “Lead Time” (conocido al español; plazo de lanzamiento y tiempo de ciclo). (Romeva, 2002)

Figura 5 - Diagrama resumen y de competencias del Diseño Concurrente

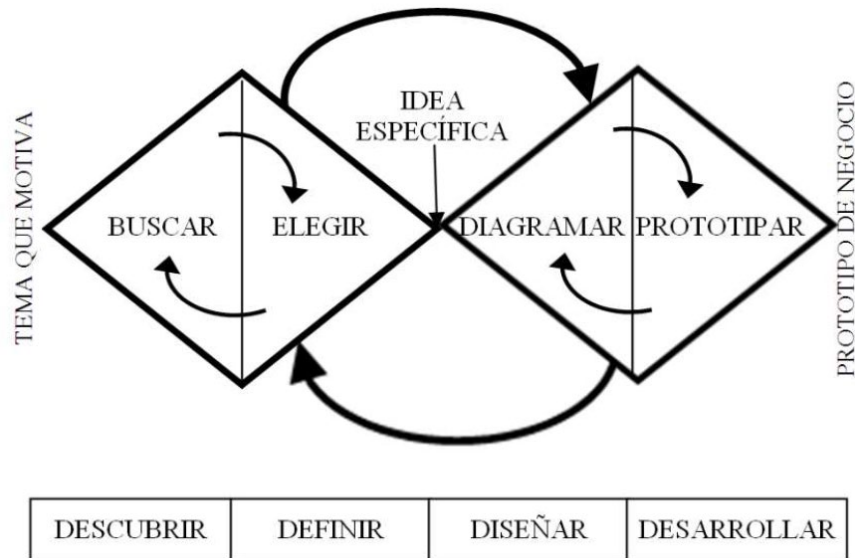


Fuente: (Lara, 2010)

**Design Thinking:** La metodología en sí contempla una fase de prototipo, la cual es de constante ensayo y error. Nos lleva a siempre estar reevaluando cualquier cambio, mejora o innovación que estemos implementando, es decir, llevamos a cabo un proceso de diseño evolutivo e incremental. Para poder llevar a cabo esto, se establecen ciertos puntos clave para tener éxito al prototipar; *empezar construyendo algo*, ya sea de la forma más sencilla de prototipo, ósea un boceto; *No apegarse al prototipo*, descartar la representación preliminar una vez que haya cumplido con su cometido para poder avanzar al objetivo final; *identificar los elementos representados* ósea, saber qué es lo que queremos ver con el prototipo; *no*

*complicarse innecesariamente* pues, al ser una muestra desechable no debe consumir tiempo su elaboración, y finalmente; *no perder de vista al usuario*. Siempre se debe tener en cuenta la persona a la cual le estamos buscando una solución a su problema. (Manuel J, 2020)

Figura 6 - Método del doble diamante



*Fuente:* (Osvaldo Jorge, 2019)

### 2.3 Metodología para diseño de prototipos de hornos

Como tal no existe una metodología para diseño de prototipos que sea exclusivamente para hornos. Es más, las metodologías de diseños son adaptadas al tipo de horno que se quiera diseñar y posteriormente construir, pues si bien, existen los hornos comerciales donde su enfoque va orientado al y los usuarios o clientes, existen también los hornos industriales los cuales su foco está en cumplir requerimientos técnicos específicos.

## 2.4 Metodología para evaluar diseño

Se evaluará por medio de del método QFD (“Quality Function Deployment”), también conocida como despliegue de la función de calidad. Es una herramienta de gestión de calidad, utilizada para recoger las necesidades y expectativas de los clientes definiendo características específicas del producto y logrando llegar a la satisfacción de este. (Enrique & Fernando, 2003)

La aplicación del QFD implica las siguientes etapas:

- 1) Identificación de las necesidades del cliente; mediante la recopilación y análisis de las necesidades de los clientes mediante retroalimentación, encuestas, etc.
- 2) Diseño de “casa de calidad”; entendido como la confección de una matriz que relaciona las necesidades del cliente con las características del producto a diseñar.
- 3) Asignación de prioridades y ponderaciones a las necesidades del cliente, esto para reflejar su importancia y ayuda a poner foco en las características del producto que son más críticas para el cliente.
- 4) Desarrollo de las especificaciones técnicas; para las características del producto, todo para definir la forma de medición y la forma de cómo se cumplirán los objetivos del producto.
- 5) Despliegue de las especificaciones técnicas desde el equipo de diseño hasta el área de producción para asegurar el control y cumplimiento de estas.

Otro método para utilizar es la Matriz de Decisión de Pugh o Análisis de Pugh. Es una herramienta utilizada en el diseño de productos y sirve para la toma de decisiones mediante la comparación y evaluación de múltiples alternativas facilitando la selección de la mejor opción. (Balderix, 2023) (Lozano, Bartolomé, Nadal, Fernández, & Jauregui, 2007)

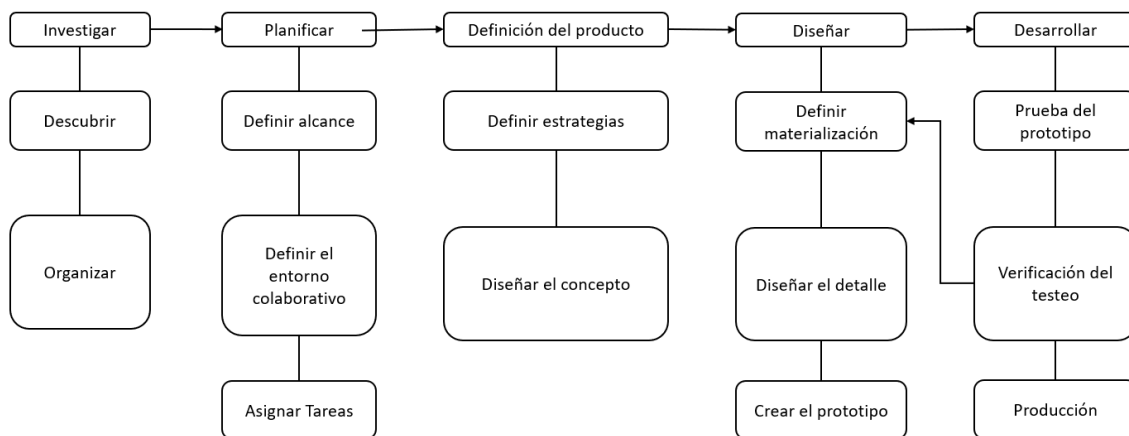
Los pasos para seguir un Análisis de Pugh son los siguientes:

- 1) Establecer todas las alternativas; esclarecer cuáles son las opciones para escoger.
- 2) Definición de criterios, cada criterio será una columna en la matriz.
- 3) Selección de opción de referencia para poder efectuar una comparación.
- 4) Valoración de alternativas según los criterios definidos, según si la opción es mejor, igual o peor se debe calificar +1,0,-1; respectivamente.
- 5) Suma de todos los valores, puede haber resultados negativos.
- 6) Selección de la mejor alternativa, la opción a seleccionar es la que ha obtenido la puntuación más alta a referencia del resto.

## 2.5 Evaluación y/o adecuación de metodologías de diseño

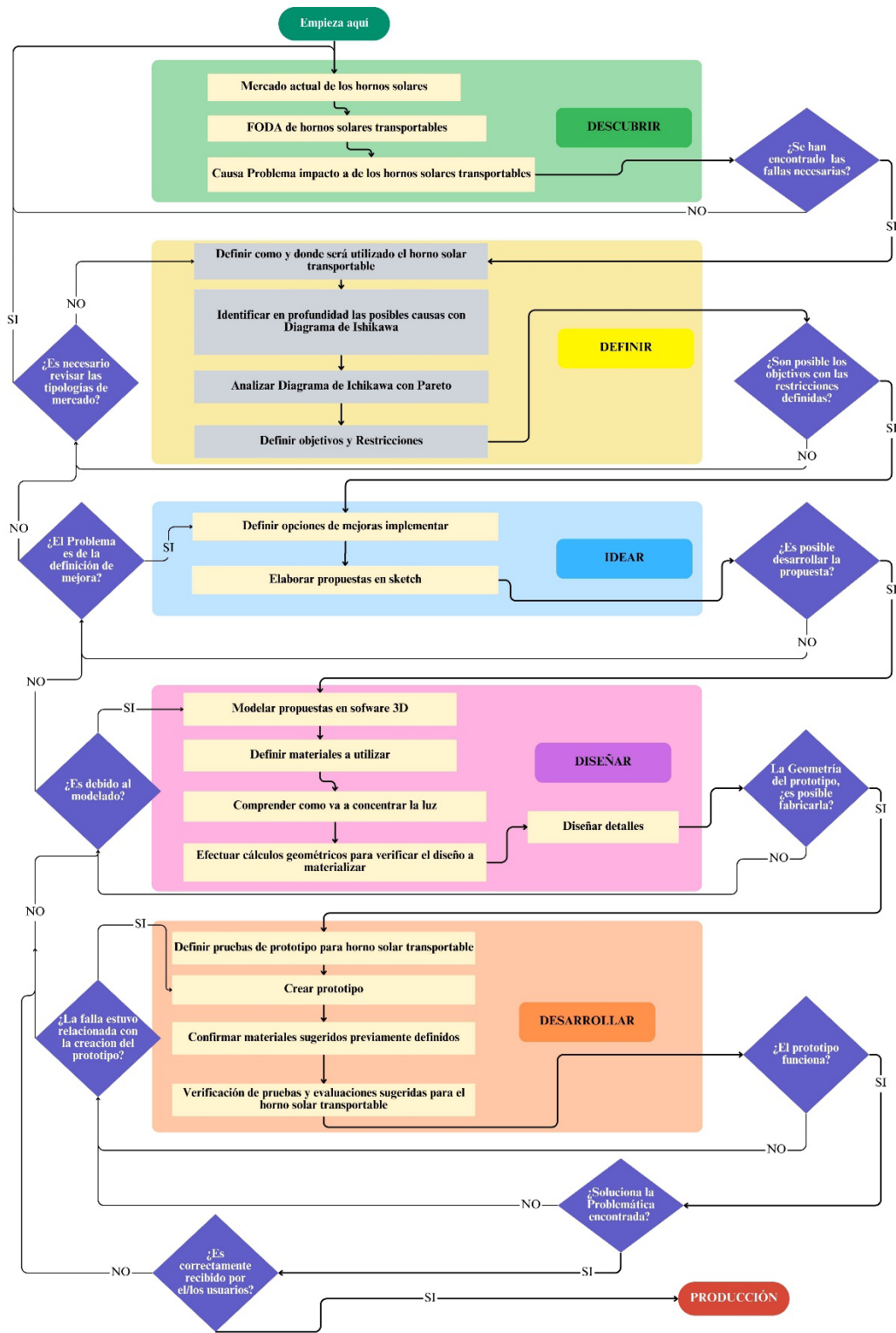
Dada las metodologías presentadas al inicio del capítulo 2, y el enfoque innovativo, además la premiación del tiempo que debe fabricarse, se consideran las opciones I+P+D3 y Design Thinking como las opciones más acordes. Por lo que a consiguiente se expondrán y/o adaptarán ambas metodologías al enfoque de desarrollar y diseñar un horno solar transportable.

Figura 7 - Diagrama I+P+D3



Fuente: (Baez, 2018)

Figura 8 - Diagrama Metodología Design Thinking adaptado a hornos solares



Fuente: Elaboración propia

## **2.6 Selección de una metodología de diseño**

Luego de analizar ambas metodologías adecuadas (cap. 2.5), se decide elegir la metodología Design Thinking, pues es la que más se adapta para el desarrollo del horno solar. Las ventajas que ofrece es la constante retroalimentación tanto al diseñar como en prototipar, y en este punto, la más compatible con la metodología de prototipado rápido.

## **2.7 Propuesta de metodología para el diseño de un prototipo de hornos solares transportables.**

Dado los tiempos que se debe desarrollar el horno solar, se utilizará la metodología de prototipado rápido, la cual ofrece una variedad de tecnologías que son compatibles con el laboratorio donde se fabricará, sobre todo destacamos el corte por láser, fabricación por corte y laminado, al último, deposición de material fundido. Para este caso, el uso de impresoras 3D, lo que colabora con los análisis geométricos que en el diseño es de vital importancia

## **2.8 Definición y caracterización de mejoras e innovaciones.**

Según el diccionario de la real academia española, define innovación como “Creación o modificación de un producto, y su introducción en un mercado.” (Real Academia Española, s.f), con esta definición volvemos a abordar las problemáticas presentadas en el capítulo 1. A partir de la 9na sección podemos comprender las debilidades que presenta este tipo de hornos, dando a entender que los puntos a abordar son 3 Materialidad, Diseño y Máquina, específicamente como se menciona a continuación:

- Seleccionar materiales más acordes, específicamente con cierto grado de resistencia térmica, rigidez, maleabilidad y elasticidad.
- Desarrollo de diseño sencillo, y poco voluminoso principalmente que pueda ser montado/desmontado según requerimiento del usuario.
- Correcciones geométricas para un mejor punto focal al momento de reflejar la radiación solar y que permita ajustar continuamente la trayectoria.
- Diseño que facilite la fabricación, montaje y permita la adaptabilidad del prototipo según necesidades del usuario. Cabe mencionar que, en caso de desperfecto o deterioro, pueda ser reparado o reemplazado.

## **2.9 Mejoras en el diseño de prototipos de hornos solares y hornos solares transportables.**

Teniendo en cuenta los modelos de hornos solares que hay presentes y recapitulando los puntos fuertes a tratar (Diseño, Material y maquinaria), se abordan las siguientes mejoras para hornos solares tomando en consideración el diagrama resumen causa problema impacto (Cap. 1.10):

- Se decide fabricar la estructura principal del horno principal en “capas”, es decir, se cortarán perfiles desde planchas de madera, MDF, o aluminio, dependiendo del volumen del tubo de cocción que se vaya a ensamblar.
- Se reemplaza la parábola rígida de acero inoxidable que suelen usar en su mayoría de modelos comerciales, por una armable para evitar los problemas de volumen al traslado y poder cargar con una de mayor arco.

- Reemplazo del tubo de vidrio por una opción más versátil y resistente para los traslados del horno solar.
- El armado del horno creará solo 3 subconjunto (tubo, arco y base), donde arco y base solo estarán compuesto de 3 piezas para facilitar el montaje/desmontaje del producto.

## **2.10 Innovación en el diseño de prototipos de hornos solares y hornos solares transportables.**

Continuando con los puntos mencionados en diagrama causa problema impacto del capítulo 1.10, además de las consideraciones del capítulo 2.09, de las posibles mejoras a aplicar, se determinan los puntos a innovar en el diseño del prototipo de horno solar:

- Elección del MDF como material para la fabricación estructural base para un horno de tubo individual (700cc), debido a las propiedades de aislación, resistencia y peso.
- Reemplazo de tubo de vidrio por tubo de acero inoxidable (SAE 304) debido a resistencia a los golpes de este, ser biológicamente inerte, resistencia a las manchas y facilidad de limpieza. Además, será de negro para la absorción de radiación térmica buscando minimizar la fuga de calor.
- Rediseño de parábola por una composición armable de dos arcos de MDF y una lámina de metacrilato revestido con papel espejo o papel metálico. El objetivo es lograr la menor cantidad de volumen a trasladar y la mayor capacidad de

concentración de radiación a un punto focal al momento de su uso, eso gracias al metacrilato que permite una flexión que respeta la parábola propuesta en diseño.

- Capacidad de ajustar parábola según requerimientos y necesidad de concentración solar requerida.
- Incorporación de un sensor de temperatura para facilitar el control de la temperatura interior.

### **2.11 Evaluación de una mejora y/o innovaciones para ser incorporadas en el diseño del prototipo de horno solar transportable.**

Para esta evaluación, se crea una tabla donde se enlistan las mejoras anteriormente mencionadas, para luego ser evaluada en cada punto en una escala de 1 a 5, donde 1 es muy insatisfactorio, 2 insatisfactorio, 3 bueno, 4 satisfactorio y 5 excelente.

Los puntos para evaluar se entienden de la siguiente manera:

**Viabilidad técnica:** Se entiende como las propiedades que pueda ofrecer, recursos necesarios y posibles limitaciones.

**Viabilidad operativa:** Se entiende la incorporación de la mejora a procesos o maquinarias existente, entiéndase la maquinaria presente en laboratorio DIMA (Departamento de Diseño y Manufactura de la Universidad Técnica Federico Santa María)

**Impacto de rendimiento:** Entiéndase la forma en que la mejora y/o innovación afecta al sistema en general en términos de eficiencia y eficacia.

**Evaluación de seguridad:** entiéndase cómo la mejora y/o innovación minimiza riesgos para el usuario como para el sistema en sí mismo.

Tabla 7 - Evaluación de mejoras /innovación a implementar.

<b>Mejora/innovación</b>	<b>Viabilidad técnica</b>	<b>Viabilidad operativa</b>	<b>Impacto de rendimiento</b>	<b>Evaluación de seguridad</b>	<b>Total</b>
<b>MDF como material base.</b>	5	5	3	5	18
<b>Utilización de tubo de acero inox. SAE 403.</b>	4	3	4	3	14
<b>División de parábola rígida (desmontable).</b>	5	5	4	4	18
<b>Utilización de metacrilato revestido con lamina espejada.</b>	3	5	4	5	17

<b>Capacidad de reajustar inclinación de parábola.</b>	4	5	5	4	18
<b>Incorporación de sensor de temperatura</b>	3	2	2	5	12

---

Fuente: Elaboración Propia

## **2.12 Selección de una mejora y/o innovaciones para ser incorporadas en el diseño del prototipo de horno solar transportable coherente con las debilidades encontradas en el FODA y al problema, causa y consecuencias encontradas.**

Después de analizar la “tabla de evaluación de mejora y/o innovación a implementar” (Tabla 7), se concluye que la mejora a incorporar para resolver el problema es el diseño de un horno solar transportable a base de MDF y metacrilato revestido con lamina espejo, ya que permite un ensamble sencillo y rápido, además de ajustable y resistente para la variedad de condiciones a las que se va a someter buscando mantener o mejorar la cocción de alimentos.

## 2.13 Propuesta de valor para una mejora y/o innovación para ser incorporada en el diseño de un prototipo de hornos solares transportables en base al problema detectado, causas y consecuencias encontradas.

Figura 9 - Lean Canvas Propuesta De Valor



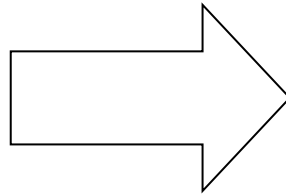
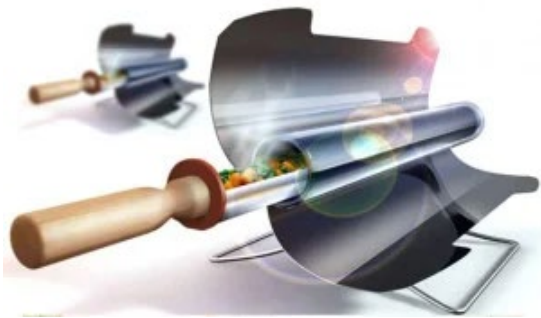
Fuente: Elaboración Propia

**3 Capítulo III:**

**Diseño y fabricación del prototipo de horno solar transportable.**

### 3.1 Esquematización del diseño del prototipo virtual con la mejora y/o innovación incorporada

Diferente con el mercado con el mercado actual es la reducción del volumen al momento de ser trasladado, incorporando una parábola la cual se puede aplanar, evitando así la carga de un equipaje extra en forma de maleta, permitiendo ser guardado en una mochila.

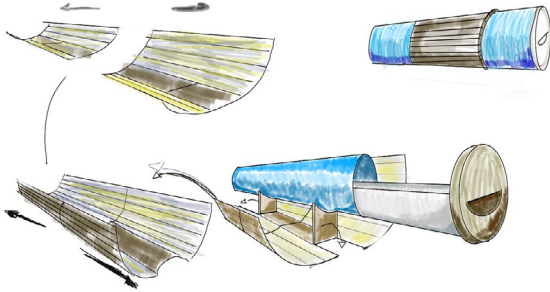


## 3.2 Diseño del prototipo virtual

### 3.2.1 Sketches

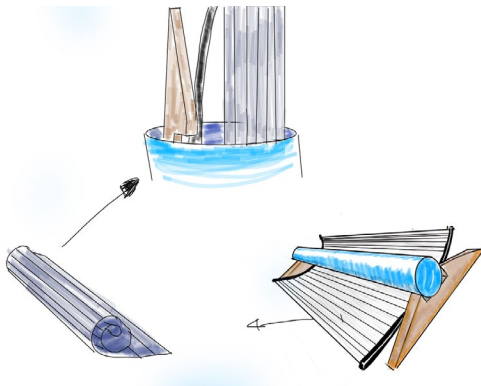
Se efectúan propuestas que sean de fácil ensamble y que cumplan con los materiales anteriormente mencionados (Cap. 2.12).

Figura 10- Propuesta 1



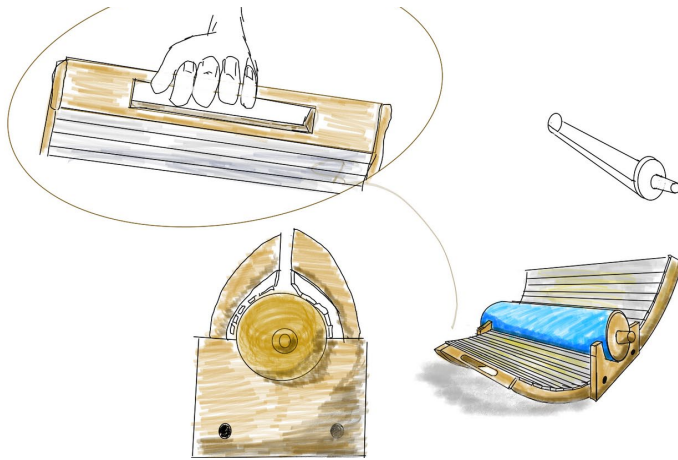
Fuente: elaboración propia.

Figura 11- Propuesta 2



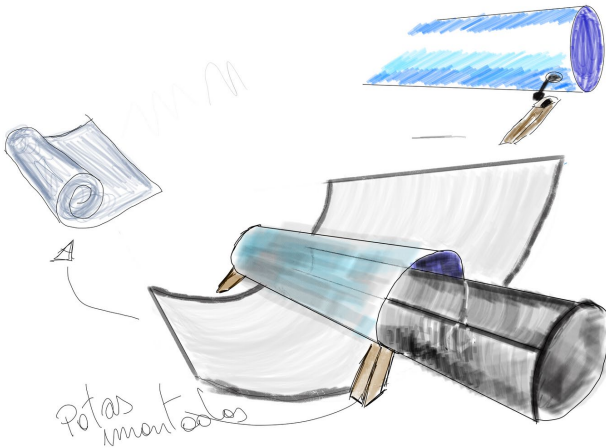
Fuente: elaboración propia

Figura 12- Propuesta 3



Fuente: Elaboración propia

Figura 13- Propuesta 4



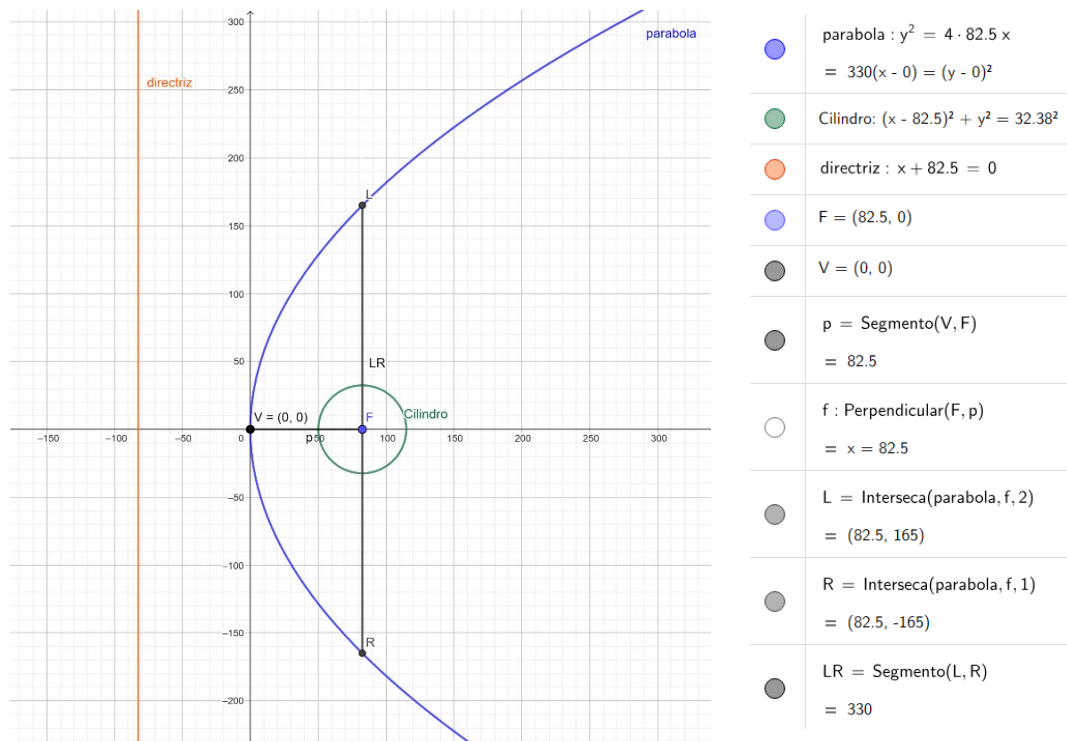
Fuente: Elaboración propia

Luego de analizar las propuestas, se determina considerar las propuestas 3 y 4 para el desarrollo del prototipo final.

### 3.2.2 Geometría

Para corroborar el correcto funcionamiento del concentrador solar, se efectúa cálculos de geometría básica, para determinar las dimensiones de la parábola y encontrar el punto focal de la misma.

Figura 14 - Plano cartesiano de parábola y punto focal



Fuente: Elaborado con GeoGebra

### 3.2.3 Render

Figura 15 - Vistas isométricas propuesta final horno solar transportable



Fuente: Elaborado con software Fusion 360

Figura 16 - Vista Detalle Clip Seguridad



Fuente: Elaborado con software Fusion 360

Figura 17 - Vista Detalle Guía Perno y Mariposa



Fuente: Elaborado con software Fusion 360

### **3.3 Diseño del prototipo físico**

#### **3.3.1 Materiales**

Los elementos utilizados para la fabricación del prototipo son los siguientes:

- Plancha de MDF 4 x 1520 x2440mm
- Termo de acero inoxidable negro 750 ml
- Tornillo de madera ½” punta fina
- Pernos M4 x 1 ½”
- Tuerca M4
- PLA Blanco 1.75mm
- Lámina metacrilato 2mm
- Rollo vinilo espejado

#### **3.3.2 Maquinaria y herramientas**

- Cortadora laser
- Programa Fusión 360
- Programa LaserPro
- Programa Ultimaker Cura
- Impresora 3D
- Destornillador Phillips
- Marco sierra
- Lija madera grano 150

### 3.3.3 Procesos

Para el proceso de diseño, se elabora el modelado del prototipo en programa de Fusion360 de AutoDesk, para luego derivar todas las piezas a dos programas posteriores; LaserPro y Ultimaker Cura. En Cura, se preparan en específico las piezas “Clip”, “Mariposa” y “Guía pernos” que luego serán impresas en 3D.

En LaserPro, se preparan el resto de las piezas a excepción del “tubo”, para aprovechar al máximo la plancha de MDF al momento de cortar en láser.

Por último, se corta la lámina de metacrilato en la cortadora laser. Se configura la máquina a una menor potencia de corte, pues tiende a deformar los bordes por el calor del láser, obteniendo aristas erróneas.

Una vez cortadas las piezas, se efectúa el montaje, donde se apartan las piezas para cada conjunto. Por un lado, el conjunto “Estructura base” y por el otro, conjunto “estructura parábola”. Una vez ensamblado ambos conjuntos, se procede a armar el prototipo completo, y finalmente se incorpora el termo negro, que previamente fue “pinchado” en su base para eliminar la cámara en vacío.

### 3.3.4 Precios

Tabla 8 – Precio de Materiales usados en prototipo final de horno solar transportable

<b>Producto</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Precio</b>	<b>Total</b>
<b>Plancha de MDF 4 x 1520 x 2440mm</b>	1	\$12.990	\$12.990
<b>Termo de acero inoxidable negro 750 ml</b>	1	\$19.990	\$19.990
<b>Tornillo de madera ½” punta fina caja 6 unidades</b>	2	\$1.390	\$2.780
<b>Pernos M4 x 1 ½” 4 unid</b>	2	\$590	\$1.180
<b>Tuerca M4 hexagonal 4 unid</b>	2	\$490	\$980
<b>PLA Blanco 1.75mm</b>	1	\$12.290	\$12.290
<b>Lamina metacrilato 2mm</b>	1	\$4.522	\$4.522
<b>Rollo vinilo espejado</b>	1	\$2.590	\$2.590
		<b>Total</b>	<b>\$57.322</b>

Fuente: Elaboración Propia

### **3.4 Planos de fabricación y montaje**

A continuación, se presentan los planos detallados para el general y despiece de cada conjunto, esto con el fin de comprender el prototipo en su esplendor, además de visualizar cada componente del producto, tanto en dimensiones, ángulos, posicionamiento correcto de piezas y la secuencia de ensamble. Además, para facilitar cualquier posible mantenimiento y/o reparación necesaria a futuro.

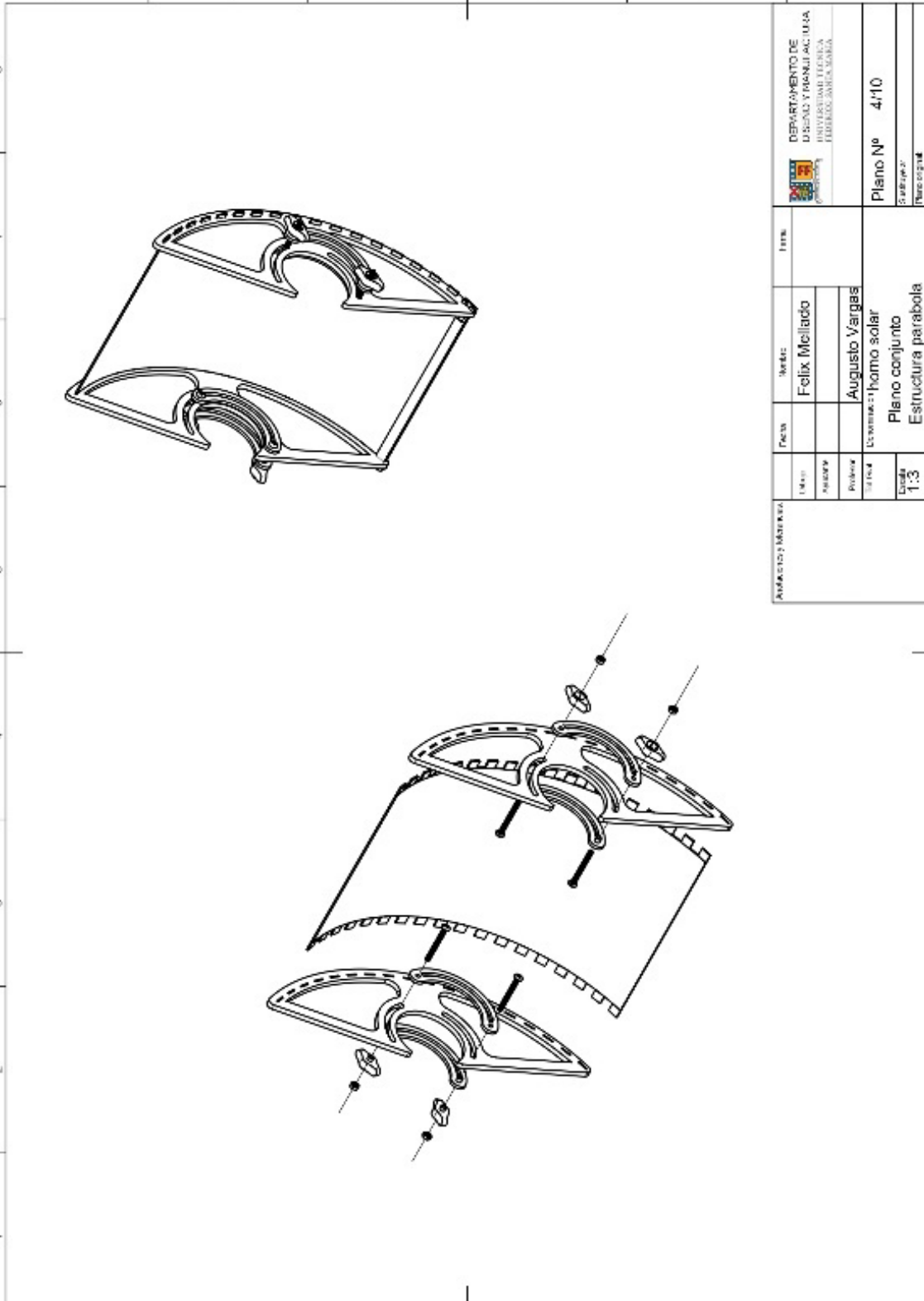


3.4.2 Plano despiece

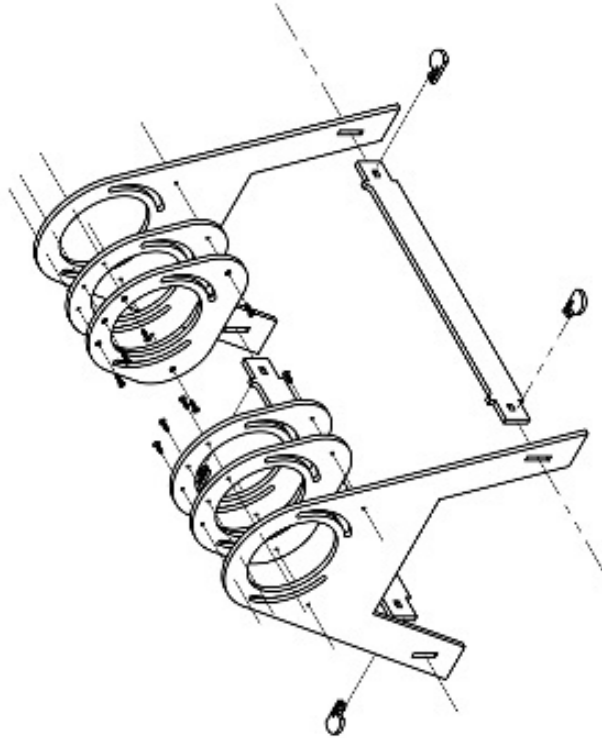
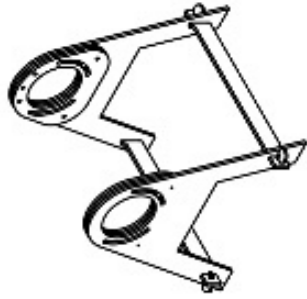
Lista de piezas	
elemento	nombre de pieza
1	Tubo horno
3	ARCO PARABOLA
6	PATA 1 (1)
7	PATA 1
8	SOPORTE HORIZONTAL REFLECTORA
9	PARABOLA
10	SEGUROS
11	GUIA PERNO (3)
12	MARIPOSA
13	GUIA PERNO (2)
14	MARIPOSA (1)
15	PERNO M4
16	TUERCA M4
17	GUIA PERNO
18	GUIA PERNO (1)
19	PERNOS MADERA

Autores y colaboradores		Fecha	Estado	Firma
Diseño	Felix Mellado			
Asistente				
Profesor	Augusto Vargas			
Tema		Formación: horno solar		
Escala		Plano general Prototipo n°3		
Escala		1:3		
Plano nº		2/10		
Escala		Plano original		

3.4.3 Plano conjunto



Autor(s) y Matrícula: _____ _____	Fecha: _____	Nombre: Felix Mellado	Tema: _____
	Lugar: Pinar del Rio	Profesor: Augusto Vargas	Título: Plano nº 4/10
	Escala: 1:3	Tema: Estructura parabólica	Materia: Tecnología
	Descripción: Estructura parabólica	Tema: Estructura parabólica	Materia: Tecnología



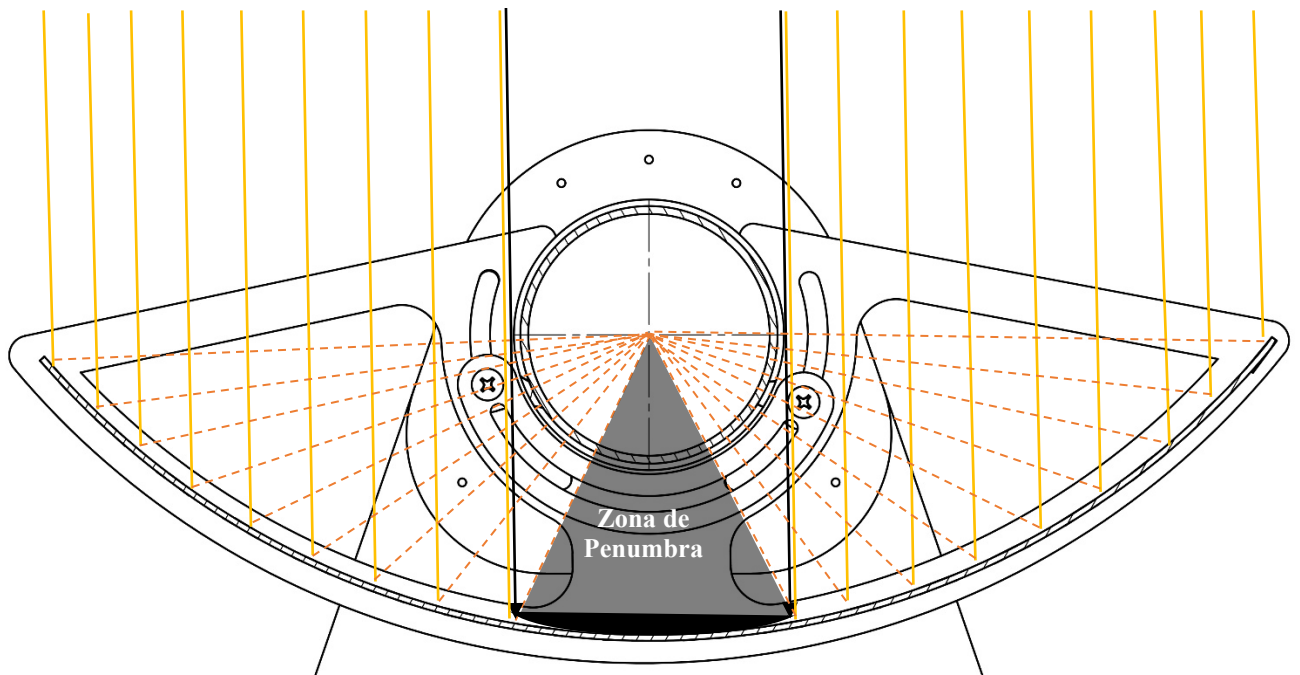
ASOCIACIÓN AMERICA		Fecha:		Firma:	
CEO	Felipe Mellado				
PROYECTO	Augusto Vargas				
DESCRIPCIÓN	Decrechador horno solar				
Plano conjunto		Plano N° 3/10			
Escala		Escala			
1:3		Firma: August			


 DEPARTAMENTO DE  
 INDUSTRIA Y MANUFACTURA  
 UNIVERSIDAD DE ANTIQUIA

### 3.5 Fotografías del funcionamiento del prototipo virtual

#### 3.5.1 Incidencia

Figura 18 - Incidencia de luz en parábola



(Elaboracion Propia, 2024)

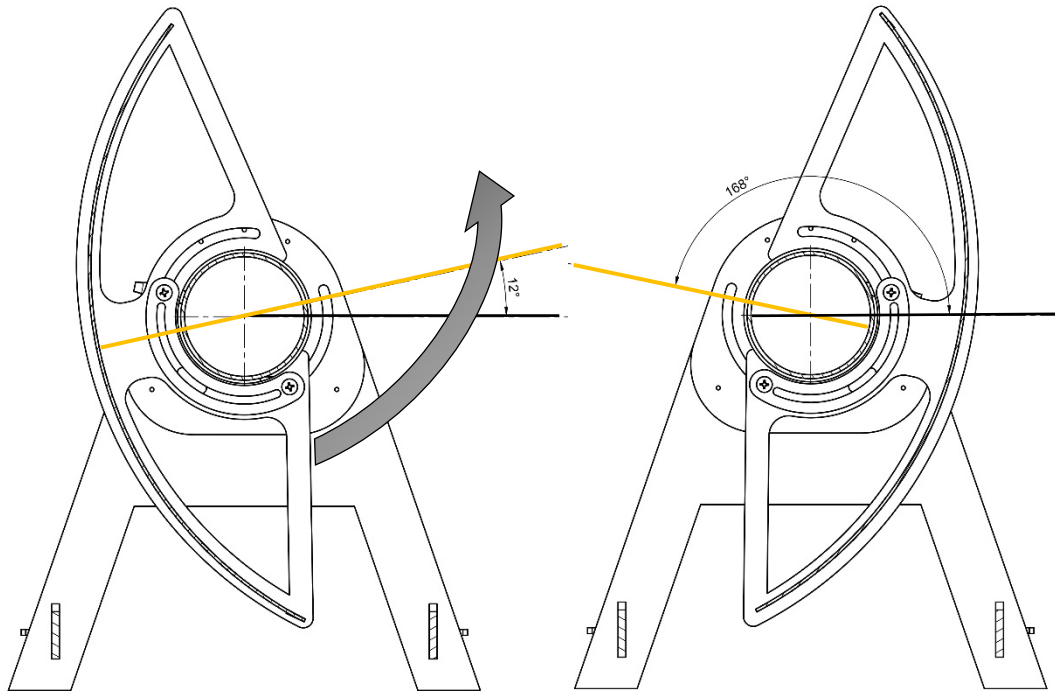
----- Zona de Luz reflejada

— Zona de luz incidente

— Zona de sombra

### 3.5.2 Posiciones

Figura 19 - Rango de movimiento de la parábola

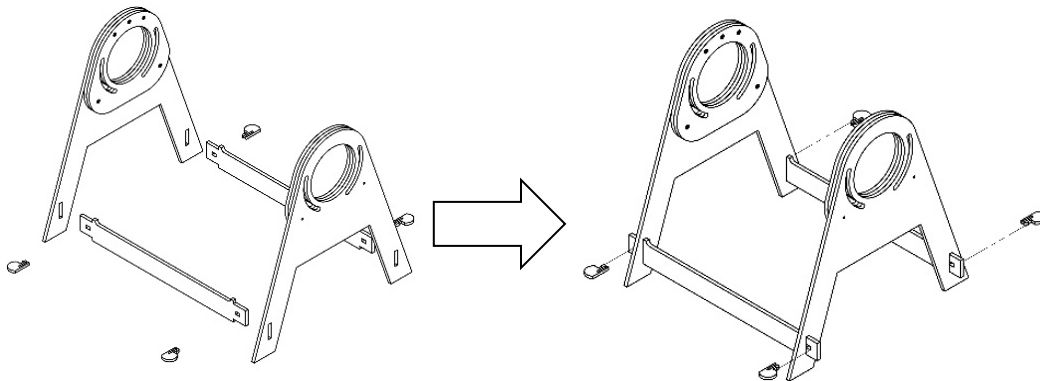


Fuente: Elaboración propia con Fusion 360.

### 3.5.3 Montaje y desarme

El primer paso para ensamblar el horno es montar la base. Para ello se colocan los soportes horizontales en las patas, para luego ser asegurada en la posición con los clips, tal como se muestra en la figura 20:

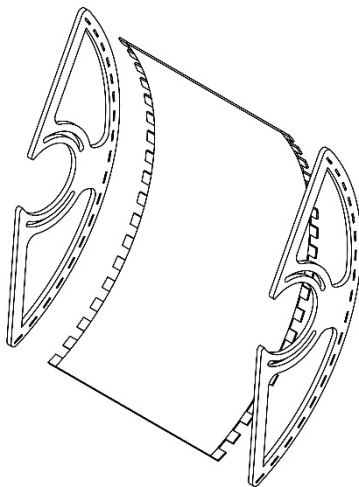
Figura 20- Montaje Base Horno



(Elaboracion Propia, 2024)

El Segundo paso es armar la parábola, la cual será la encargada de concentrar la radiación, para ello solo se debe montar la lámina en los arcos, tal como muestra la figura 21:

Figura 21 - Montaje parábola



(Elaboracion Propia, 2024)

En el tercer paso, se unen la parábola con la base. Para ello se debe alinear los orificios de las guías y se sujetan con los pernos M4 (figura 23).

Finalmente se posiciona una guía a cada lado, y se aseguran con las mariposas, Las tuercas deben haberse colocado previamente en los espacios designados (Figura 22).

Figura 23 - Montaje Guía y Pernos

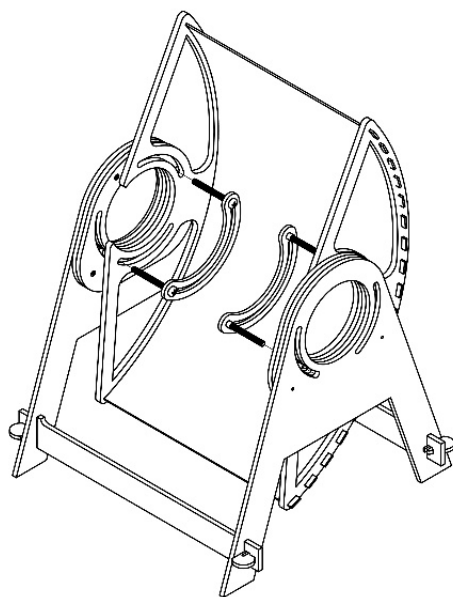
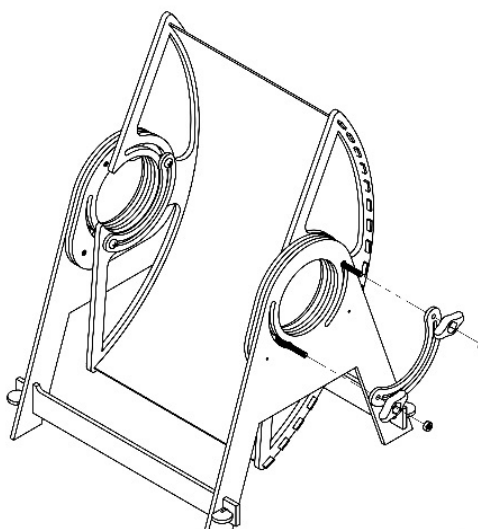


Figura 22 - Montaje Mariposa y Tuercas



### 3.6 Fotografías del funcionamiento del prototipo físico

#### 3.6.1 Incidencia

En la primera fotografía se puede apreciar el horno una vez posicionado y orientado al sol. La forma correcta de posicionarlo es fijarse en la sombra que proyectan las patas. Las patas más cercanas al sol deben alinearse con las patas más alejadas, tal como se muestra en la figura 24.

Figura 24 - Fotografía alineación horizontal



Posteriormente se orienta la parábola en dirección al sol. La forma para que la tarea sea sencilla es prestar atención en el espacio que queda en el arco, que nos da a entender que es el punto central de la parábola, tal como se aprecia en Figura 25.

Figura 25 - Fotografía alineación vertical



### 3.6.2 Posiciones

Vista del horno en funcionamiento y luz reflejada hacia el tubo de cocción de alimentos

Figura 26 - Fotografía montaje para el control de temperatura con multímetro



Figura 27 - Fotografía frontal derecha montaje de control de temperatura con multímetro



### 3.6.3 Montaje y desarme

### 3.7 Video del funcionamiento del diseño virtual

Figura 28 - QR Prototipo Virtual

Enlace: <https://youtu.be/pIn1tYAQqTI>



### 3.8 Video del funcionamiento del prototipo físico

Figura 29 - QR Prototipo Físico

Enlace: <https://youtu.be/UuOe019Nnak>



**4 Capítulo IV:**

**Evaluación del prototipo de horno solar transportable.**

#### 4.1 Antecedentes y tipos de pruebas de evaluación de prototipos

La evaluación de prototipo parte desde lo cotidiano en cada ser humano, hasta los inicios del diseño de productos y sistemas. La fabricación de un prototipo viene de la simple idea de probar una “ruta” distinta que llegue de forma más eficaz y adecuada al resultado. (Emprende USS, 2021)

Para ello hay algunas pruebas que se consideran aptas a utilizar:

- Pruebas de usabilidad: La prueba de usabilidad consiste en probar la experiencia de los usuarios interactuando con el prototipo además de la funcionalidad. Sirve para testear diferentes opciones de diseño. (Design Thinking en Español, 2024)
- Pruebas A/B: Consiste en crear solo dos alternativas del prototipo donde la versión A es presentada a una mitad de usuarios de prueba y la alternativa B a la otra mitad, cabe destacar que las alternativas no se intercambian entre usuarios y se evalúa cuál alternativa genera mejor reacción de los usuarios. (Mailchimp, s.f.)
- Prueba de entornos: La mejor forma de verificar que el producto tiene posibilidades de éxito en un entorno y otro, es ponerlo a prueba en los distintos ambientes para los que se pensó su uso, pues los usuarios tendrán distintas necesidades referentes al producto. (Redacción CepymeNews, 2024)

#### **4.2 Antecedentes y tipos de pruebas de evaluación para prototipos de hornos solares**

Existen pruebas de para evaluar prototipos de hornos solares, pero solo evalúa el comportamiento térmico del sistema, además de que sólo está focalizado a un horno tipo caja, por lo que se utilizará uno de los tipos de pruebas mencionadas en el punto anterior (cap. 4.1)

#### **4.3 Selección o construcción de pruebas de evaluación para prototipos de hornos solares**

Para evaluar el prototipo final de horno solar transportable, se aplicará una prueba de usabilidad, se analizará la interacción con el usuario, quien calificará distintos puntos críticos de 1 a 5, donde 1 es muy insatisfactorio, 2 insatisfactorio, 3 bueno, 4 satisfactorio y 5 excelente, tal como se muestra en la tabla 10:

Tabla 9 - Evaluación tipo para usuarios

---

<b>Usuario</b>
<b>1 ¿Cómo calificas la facilidad de uso del horno solar?</b>
<b>2 ¿Qué tan intuitivo te resulto el proceso de ajuste y control de la temperatura?</b>
<b>3 ¿Consideras que el tamaño del horno solar es adecuado para tus necesidades?</b>
<b>4 ¿Qué tan probable es que recomiendes este horno solar a otras personas?</b>

---

Fuente: Elaboración Propia

La prueba de usabilidad también contempla lo que es la funcionalidad del prototipo, por lo que se evaluará precisamente si es capaz de cocinar alimentos de origen vegetal y/o animal, en este caso, se utilizará pimentón y huevo. Para ello se realiza una bitácora la cual controla cada hora los picos de temperatura obtenidos por el prototipo y se llevará a comparación con el ciclo diario de radiación. La bitácora contempla tomar el tiempo cada 10 minutos, hasta que alcance su temperatura máxima.

#### 4.4 Aplicación de pruebas de evaluación para prototipos de hornos solares

##### 4.4.1 Aplicación pruebas y resultados focalizado en usuarios

Se recopilan los datos de usabilidad, con una muestra de 5 usuarios quienes interactuaron con el horno solar, donde respondieron de la siguiente manera:

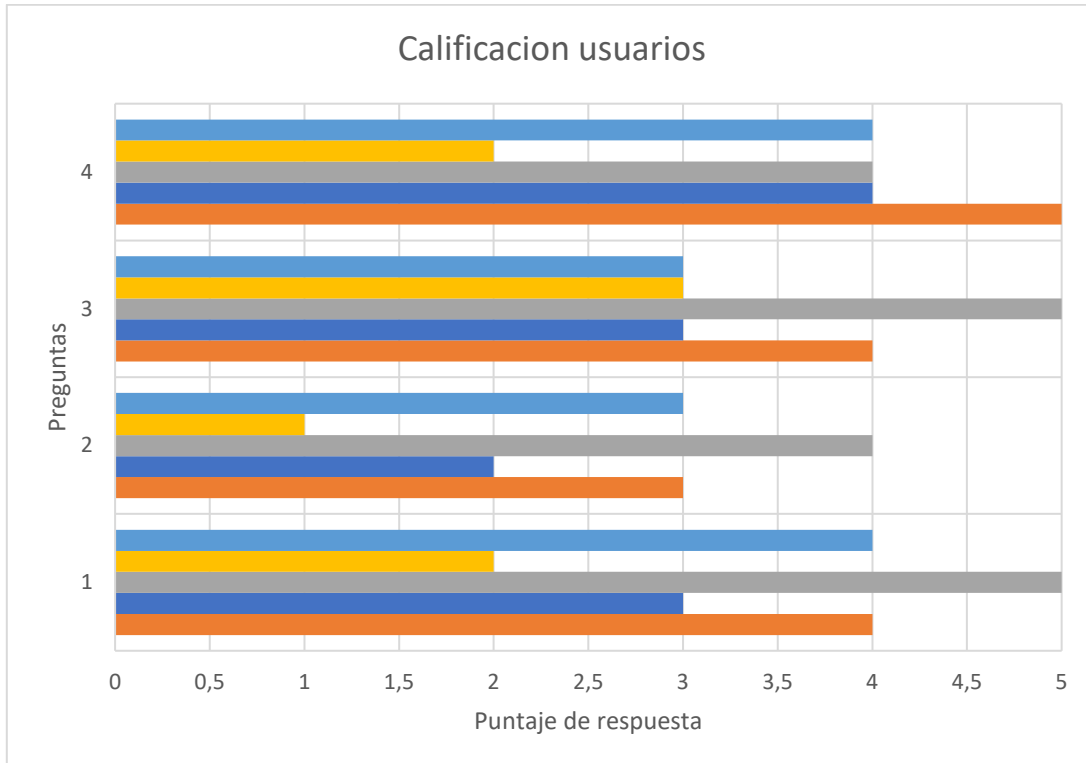
Tabla 10 - Calificaciones de usuarios

<b>(Elaboracion Propia, 2024)</b>	<b>Usuario</b>	<b>Usuario</b>	<b>Usuario</b>	<b>Usuario</b>	<b>Usuario</b>
	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>
<b>1 ¿Cómo calificas la facilidad de uso del horno solar?</b>	4	3	5	2	4
<b>2 ¿Qué tan intuitivo te resulto el proceso de ajuste y control de la temperatura?</b>	3	2	4	1	3
<b>3 ¿Consideras que el tamaño del horno solar es adecuado para tus necesidades?</b>	4	3	5	3	3
<b>4 ¿Qué tan probable es que recomiendes este horno solar a otras personas?</b>	5	4	4	2	4

Fuente: (Elaboracion Propia, 2024)

Resumiendo, los datos recopilados, obtenemos el siguiente gráfico, el cual nos muestra una tendencia previa de las debilidades y fortalezas del prototipo.

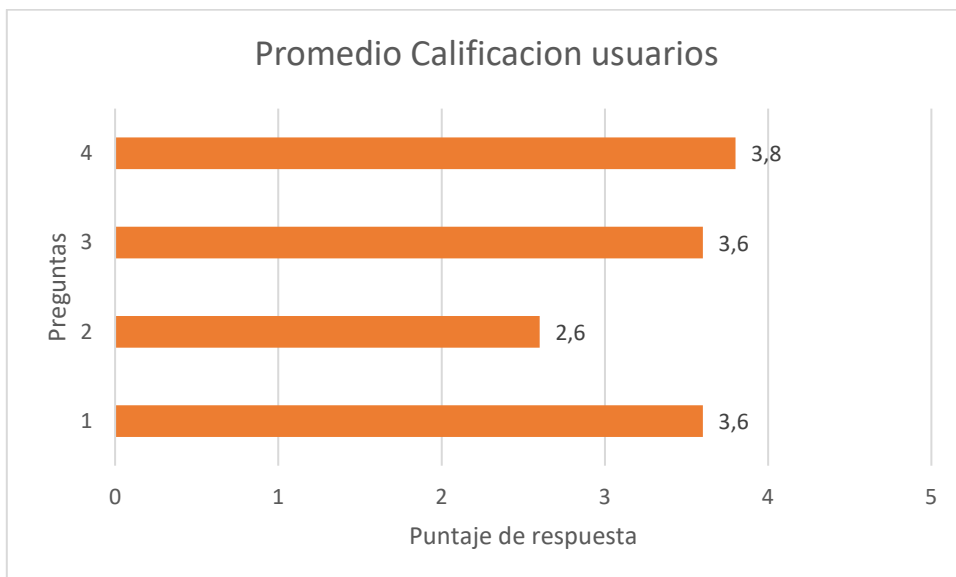
Figura 30 - Resumen calificación usuarios.



(Elaboracion Propia, 2024)

Simplificando la información recopilada, se promedian las calificaciones en cada pregunta para posterior conclusión.

Figura 31 - Promedio calificación usuarios.



Fuente: (Elaboracion Propia, 2024)

Finalmente podemos destacar el alto interés de los usuarios por recomendar este tipo de productos, pues la pregunta 4, fue la que mayor puntaje obtuvo, siempre y cuando sea sencillo de utilizar, pues a pesar de tener dificultades en un inicio con la familiaridad de uso del prototipo, lo encontraron sencillo y adecuado a sus necesidades relacionadas principalmente con la aventura outdoor.

#### 4.4.2 Aplicación pruebas y resultados focalizado en funcionalidad

Para la primera prueba se toma el tiempo desde que se empieza a cocinar. Hay que considerar que la hora de inicio aproximada 15:00 hrs, con fecha 30/01/2024. Para esta prueba utilizamos un cronometro genérico, particularmente de Teléfono celular y un multímetro marca UNIT UT33c+ el cual trae sensor de temperatura, el cual permite medir en °F y °C. Preferentemente para la recogida de datos utilizamos °C. Con ello obtenemos los datos presentados en la Tabla 12 de Tiempo V/S Temperatura:

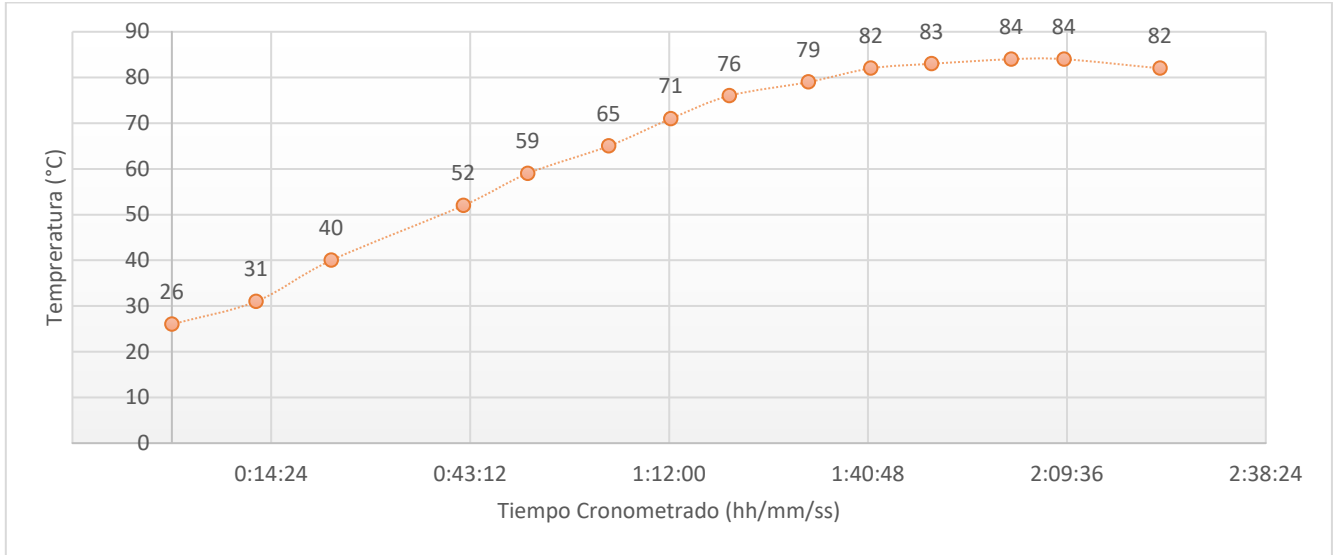
Tabla 11 - Tabla de Tiempo V/S Temperatura.

<b>Tiempo (hh/mm/ss)</b>	<b>Temperatura (°C)</b>
<b>0:00:00</b>	26
<b>0:12:11</b>	31
<b>0:23:05</b>	40
<b>0:42:13</b>	52
<b>0:51:32</b>	59
<b>1:03:15</b>	65
<b>1:12:16</b>	71
<b>1:20:44</b>	76
<b>1:32:11</b>	79
<b>1:41:14</b>	82
<b>1:50:02</b>	83
<b>2:01:33</b>	84
<b>2:09:12</b>	84
<b>2:23:06</b>	82

(Elaboracion Propia, 2024)

Llevando los datos a gráfico, obtenemos el siguiente comportamiento de la temperatura en el horno solar, tal como se aprecia en la Figura 30 Tiempo V/S Temperatura:

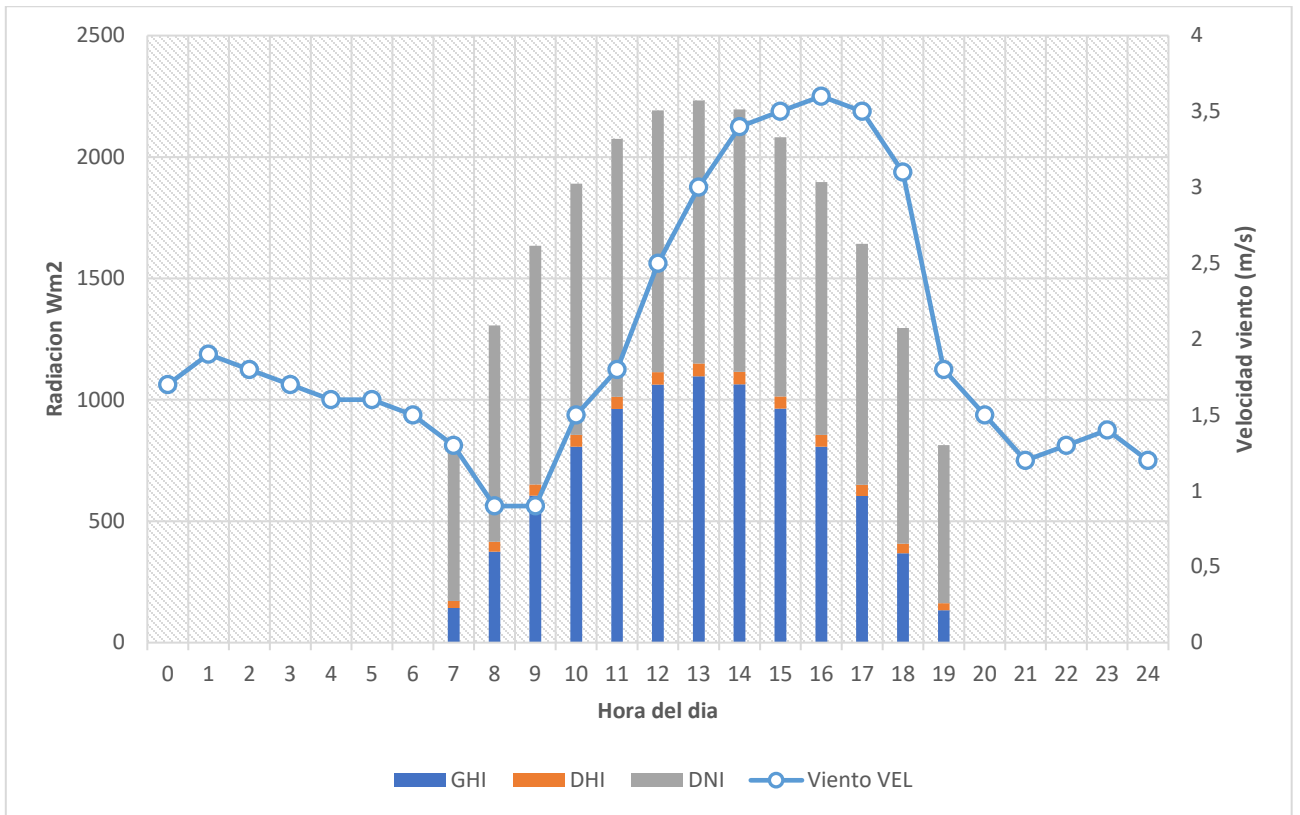
Figura 32 - Grafico Tiempo V/S Temperatura



(Elaboracion Propia, 2024)

Considerando la fecha que se efectúa el análisis se revisa mapa de radiación en las coordenadas -33,0348, -714838, comuna de Quilpué, Chile. Se extraen datos de explorador solar del Ministerio de Energía, los cuales son los siguientes para la fecha de prueba.

Figura 33 - Grafico Ciclo Diario de Radiación y Velocidad del Viento

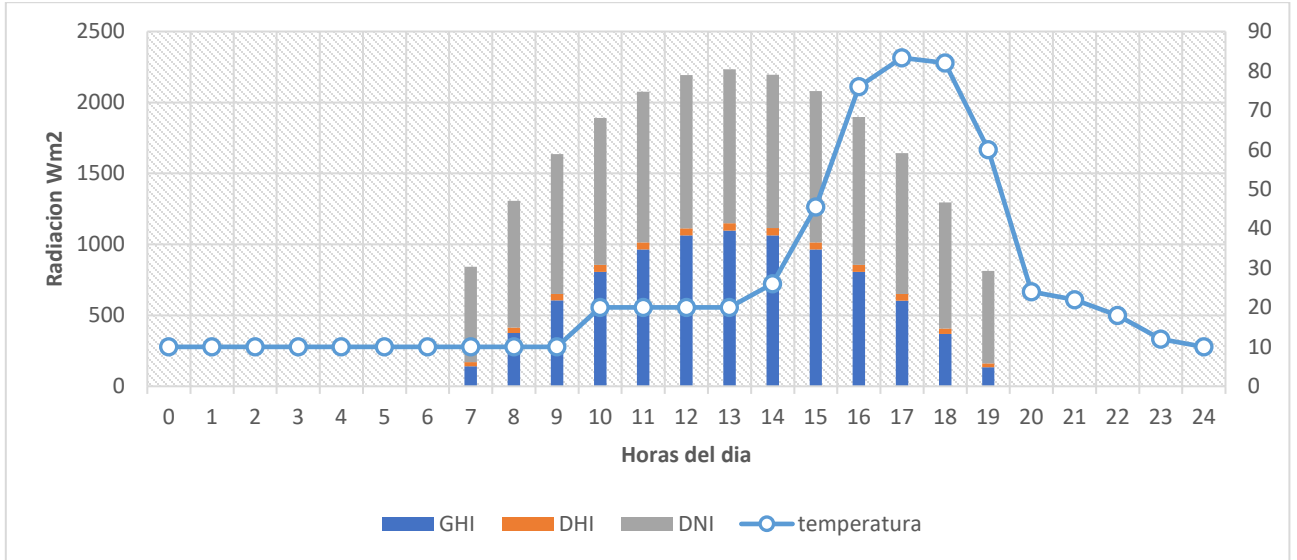


<sup>1</sup>Fuente: (Ministerio de Energía, s.f.)

Con los datos obtenidos de los controles de temperatura, la fecha y hora que se empezó la prueba, y los datos obtenidos por el Ministerio de Energía de Chile. Efectuamos el cruce de información con lo cual nos da el siguiente gráfico de temperatura.

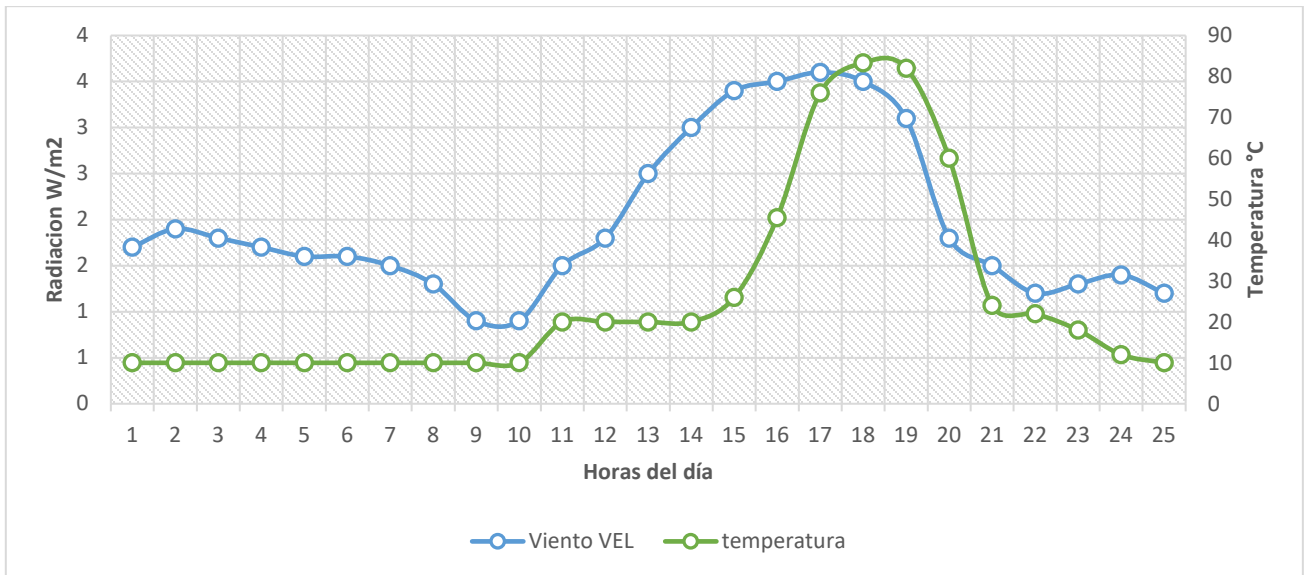
<sup>1</sup> DNI: Directa de plano inclinado  
DHI: Directa horizontal difuso.  
GHI: Directa Horizontal.

Figura 34 - Grafico Temperatura/Radiación Vs tiempo



(Elaboracion Propia, 2024)

Figura 35 - Velocidad Viento/ Temperaturas Horno vs Tiempo



(Elaboracion Propia, 2024)

#### **4.5 Evaluación y análisis de las pruebas de evaluación aplicadas al prototipo coherente con las debilidades encontradas en el FODA y al problema, causa y consecuencias encontradas.**

Analizando de principio los resultados obtenidos con la muestra de usuarios podemos destacar el interés por este tipo de dispositivos, implicando que es un mercado en crecimiento y con potencial de seguir desarrollando, siempre y cuando se pueda estabilizar a un precio razonable y tentativo para el usuario.

En el aspecto técnico, las pruebas realizadas muestran que el desempeño del prototipo depende de la hora en que se utilice. Las pruebas se llevaron a cabo en horario vespertino, cuando los niveles de radiación solar están en descenso. Es importante destacar que las condiciones climáticas al momento de las pruebas también afectaron el desempeño, ya que la velocidad del viento aumentó considerablemente durante ese periodo, coincidiendo con el momento de uso del prototipo. La evaluación se realizó en el balcón de un departamento en un quinto piso, lo cual también pudo influir en los resultados.

A pesar de estas condiciones adversas, el prototipo fue capaz de cocinar tanto el pimentón como el huevo, manteniendo la temperatura sin desplomes bruscos. Cabe mencionar que, cuando el prototipo se utiliza en un momento adecuado de radiación, es decir, cuando ésta está en aumento, se logra reducir el tiempo de precalentamiento y, por ende, el tiempo total de cocción.

#### **4.6 Conclusiones, coherente con los objetivos planteados, debilidades encontradas en el FODA y al problema, causas y consecuencias encontradas.**

Actualmente según el diagnóstico de mercado y diseño de hornos solares en Chile, el uso de la energía solar es un tema de interés de la población cada vez más gente se interesa en este tipo de energía, pues aparece como una alternativa más económica y asequible, más aún Chile, como capital solar del mundo, por los niveles de radiación que ofrece para el óptimo uso de estos tipos de aparatos.

Con respecto al objetivo del diagnóstico de mercado y diseño de hornos solares en Chile y el mundo, se puede apreciar que a nivel nacional hay poca fabricación y desarrollo, pues la mayoría de los productos que efectivamente sean transportable son importados, y los que son fabricados en Chile son de tamaños que dificultan su traslado.

Al concluir con el segundo punto de los objetivos específicos, se logró evaluar dos metodologías de diseño. Se determinó y se comprobó que la opción óptima es el Design Thinking. Aplicando el método del doble diamante y adaptándolo al desarrollo de hornos solares transportables, se pudo identificar los pasos a seguir mediante la interacción del prototipo con el usuario. Este enfoque permitió realizar ajustes basados en las necesidades del usuario, facilitando así la iteración del prototipo virtual antes de proceder a la fabricación del nuevo prototipo físico (prototipado rápido).

Abordando los objetivos específicos 3ro y 4to, como se pudo constatar, es factible la fabricación de un horno solar transportable que ofrezca prestaciones óptimas para distintos

terrenos, que sea de uso sencillo, no tenga tanto volumen y que tampoco sea pesado, delicado o estorboso para los usuarios. Además de que con un diseño simple y que se tenga que armar, no presenta mayor dificultad para el entendimiento del uso.

Como resultado de las pruebas confeccionadas y efectuadas sobre el prototipo de horno solar transportable, se puede determinar que la elección de materiales para el desarrollo del prototipo fueron un punto clave para el éxito de la evaluación del horno solar además de ser de bajo costo, permitieron la rápida fabricación de cada prototipo abriendo el camino a que se pueda abrir una industria rentable en Chile, mucho más allá de lo que ofrecen las fundaciones que actualmente lo desarrollan.

El resultado de las pruebas efectuadas pudo concluir que los hornos tipo tubo al vacío tienen un potencial de desarrollo mayor a otros tipos de hornos solares, pero con el poco desarrollo en general, no termina de salir de un horno con forma de maleta, que podría considerarse un horno tipo caja más elaborado.

## 5 BIBLIOGRAFÍA

(s.f.).

Baez, I. (2018). *Metodología de Diseño de productos bajo la estructura de innovacion y creatividad. Estudio de revision*. REVISTA ESPACIOS.

Balderix, A. (2023). *probabilidad y estadistica.net*. Obtenido de <https://www.probabilidadyestadistica.net/matriz-de-pugh/>

Design Thinking en Español. (14 de marzo de 2024). *pruebas de usabilidad o user testing*. Obtenido de [designthinking.es: https://designthinking.es/pruebas-de-usabilidad-o-user-testing/](https://designthinking.es/pruebas-de-usabilidad-o-user-testing/)

Elaboracion Propia. (2024).

Emprende USS. (noviembre de 2021). *Emprende USS*. Obtenido de Evaluación de Prototipo: <https://emprende.uss.cl/biblioteca/evaluacion-de-prototipo/>

Enrique, Y., & Fernando, M. (2003). QFD: Conceptos, aplicaciones y nuevos desarrollos. Universidad del Centro de Estudios Macroeconómicos de Argentina (UCEMA), Buenos Aires.

Eyzaguirre, A. G. (Diciembre de 2021). *Cochilco*. Obtenido de <https://www.cochilco.cl/Mercado%20de%20Metales/Producción%20y%20consumo%20de%20litio%20hacia%20el%202030%20edición%202021%20versión%20def.pdf>

INNOVATION, F. T. (27 de 08 de 2014). Lean Product and Process Development.

*Herramientas para un diseño ajustado de productos y procesos.* España.

Katherine Arias, M. S. (1 de 12 de 2017). *Estudio de las actividades relevantes en el diseño de productos. Modelo VDI 2221 frente al modelo metodológico I+P+D3.* REVISTA ESPACIOS.

Lara, F. (03 de 2010). *Lean Product Design.* Obtenido de Diseño Concurrente(III): la importancia del tiempo: <https://lean-designer.blogspot.com/2010/03/diseño-concurrente-iii-la-importancia.html>

Lozano, D. J., Bartolomé, E. P., Nadal, R. V., Fernández, A. G., & Jauregui, E. V. (26-28 de 09 de 2007). ESTUDIO DE MÉTODOS DE SELECCIÓN DE CONCEPTOS. 26. Lugo, España: XI CONGRESO INTERNACIONAL DE INGENIERIA DE PROYECTOS.

Luis Alvaro, F. M., & Jairo Hernán, O. G. (01 de 07 de 2014). *Traducción del diseño concurrente al proyecto de arquitectura.* Obtenido de [revistadearquitectura.ucatolica.edu.co/article/view/60](http://revistadearquitectura.ucatolica.edu.co/article/view/60):  
<http://dx.doi.org/10.14718/RevArq.2014.16.9>

Mailchimp. (s.f.). *¿que es una prueba A/B?* Obtenido de Mailchimp.com:  
<https://mailchimp.com/es/marketing-glossary/ab-tests/>

Mailchimp. (s.f.). *¿Qué es una prueba A/B?* Obtenido de mailchimp.com:  
<https://mailchimp.com/es/marketing-glossary/ab-tests/>

Manuel J, F. I. (2020). Prototipado rapido en Design thinking. Departamento de Ingeniería Telemática. Universidade de Vigo.

Ministerio de Energía. (s.f.). *Explorador solar*. Obtenido de solar.minenergia.cl:  
<https://solar.minenergia.cl/exploracion>

Ortega, M. S. (2016). *Design thinking*. Esic editorial.

Oswaldo Jorge, C. (2019). Design thinking y el metodo del doble diamante para el desarrollo de prototipos de emprendimientos o startups. *Perspectivas: Revista científica de la universidad de Belgrano*, V2, N° 2, 84-91.

Real Academia Española. (2023). *Innovacion*. En Diccionario de la lengua Española (edicion de tricentenario). Obtenido de <https://dle.rae.es/innovaci%C3%B3n>

Real Academia Española. (s.f). *Innovación*. En Diccionario de la Lengua Española (edición de tricentenario). Recuperado el 01 de 2024, de <https://dle.rae.es/innovaci%C3%B3n>

Redacción CepymeNews. (9 de Enero de 2024). *Cómo realizar pruebas de prototipos efectivas: consejos y mejores prácticas para lograr el máximo impacto*. Obtenido de CepymeNews: <https://cepymenews.es/como-realizar-pruebas-prototipos-efectivas-consejos-mejores-practicas-lograr-maximo-impacto>

Rodriguez, J. A. (2005). *Sistema de prototipado rapido*. Obtenido de Dialnet.unirioja.es:  
[https://d1wqtxts1xzle7.cloudfront.net/31905914/protorapid-libre.pdf?1391461709=&response-content-disposition=inline%3B+filename%3DSISTEMAS\\_DE\\_PROTOTIPADO\\_RAPIDO](https://d1wqtxts1xzle7.cloudfront.net/31905914/protorapid-libre.pdf?1391461709=&response-content-disposition=inline%3B+filename%3DSISTEMAS_DE_PROTOTIPADO_RAPIDO)

\_SLA\_SGC\_S.pdf&Expires=1697432112&Signature=Re9UD85JUEzrdyJGHcA5e~09I9ReuWE53pA639TDFuC730HWUDx

Romeva, C. R. (2002). *Diseño concurrente*. cataluña: politext.

Sánchez Jimenez, F. J., & Fernández de la puente, A. (2004). Tecnicas de prototipado rapido. *XVI CONGRESO INTERNACIONAL DE INGENIERIA GRAFICA*, (pág. 8). Sevilla.

Velasco, M. (2012). Metodologia de Diseño y Desarrollo de Productos basada en la Ingeniería Concurrente: Aplicación al diseño de utillajes progresivos. *6th international conference on industrial engineering and industrial management*.

Carretero Gómez, M. B. (2010). El sol, la cocina solar y la solidaridad: una receta muy sabrosa. *Revista Eureka Sobre Enseñanza y Divulgación de Las Ciencias*, 7(2), 544–557.

[https://doi.org/10.25267/rev\\_eureka\\_ensen\\_divulg\\_cienc.2010.v7.i2.06](https://doi.org/10.25267/rev_eureka_ensen_divulg_cienc.2010.v7.i2.06)

Mirdha, U. S., & Dhariwal, S. R. (2008). Design optimization of solar cooker. *Renewable Energy*, 33(3), 530–544. <https://doi.org/10.1016/j.renene.2007.04.009>

Solar, C. (n.d.). *PERSPECTIVA AMBIENTAL*. Ingenieroambiental.com. Retrieved July 4, 2023, from <http://www.ingenieroambiental.com/4014/pa25e.pdf>.

Yettou, F., Azoui, B., Malek, A., Gama, A., & Panwar, N. L. (2014). Solar cooker realizations in actual use: An overview. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 37, 288–306.

<https://doi.org/10.1016/j.rser.2014.05.018>

Jaime, Y. G., López, D. R. U., & Núñez, I. I. (2013). Modelación del flujo de radiación solar global incidente sobre la superficie terrestre, para condiciones de cielo despejado. *Revista Cubana de Meteorología*, 19(1), 44–56.

<http://rcm.insmet.cu/index.php/rcm/article/view/143>

de la Cruz, Y. S. (2017). IMPORTANCIA DEL USO Y APROVECHAMIENTO DE LA ENERGÍA SOLAR TÉRMICA COMO ALTERNATIVA Y SOLUCIÓN DE SUMINISTRO ENERGÉTICO. *INNOCAE*, 1, 46–53.

<http://revistas.sena.edu.co/index.php/innocae/article/view/3171>

Jaime, Y. G., López, D. R. U., & Núñez, I. I. (2013). Modelación del flujo de radiación solar global incidente sobre la superficie terrestre, para condiciones de cielo despejado. *Revista Cubana de Meteorología*, 19(1), 44–56.

<http://rcm.insmet.cu/index.php/rcm/article/view/143>

López, F., Martínez, G., & Segovia, F. (s/f). *Determinación de la capacidad de retención de agua (CRA)*. Upv.es. Recuperado el 23 de agosto de 2023, de

[https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/29835/Determinaci%C3%B3n%20CRA\\_m%C3%A9todo%20prensado.pdf?sequence=3#:~:text=La%20capacidad%20de%20retenci%C3%B3n%20de%20agua%20\(CRA\)%20es%20un%20t%C3%A9rmino,directamente%20relacionado%20con%20la%20jugosidad.](https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/29835/Determinaci%C3%B3n%20CRA_m%C3%A9todo%20prensado.pdf?sequence=3#:~:text=La%20capacidad%20de%20retenci%C3%B3n%20de%20agua%20(CRA)%20es%20un%20t%C3%A9rmino,directamente%20relacionado%20con%20la%20jugosidad.)

Osorio Giraldo, S. (2018). *Implementación de un sistema de radiación ultravioleta como germicida en instrumentos de cocina, para la inactivación de las bacterias E-coli y Staphylococcus Aureus*. <https://repositorio.utp.edu.co/handle/11059/9407>

