



UNIVERSIDAD NACIONAL "SANTIAGO ANTÚNEZ DE MAYOLO"

ESCUELA DE POSTGRADO

DISEÑO DE UN PROTOTIPO SOLAR CAPAZ DE FUNDIR BOTELLAS PLASTICAS EN EL DISTRITO DE INDEPENDENCIA, HUARAZ, ANCASH, 2019-2020

Tesis para optar el grado de Maestro
en Ciencias e Ingeniería
Mención: Gestión Ambiental

SANTIAGO TEODORICO MARTINEZ DOMINGUEZ

Asesor: **Dr. MAXIMILIANO LOARTE RUBINA**

Huaraz - Ancash - Perú

2023

Nº. Registro: **T0918**





UNIVERSIDAD NACIONAL
"SANTIAGO ANTUNEZ DE MAYOLO"
ESCUELA DE POSTGRADO

ACTA DE SUSTENTACION DE TESIS

Los miembros del Jurado de Sustentación de Tesis, que suscriben, reunidos en el Auditorio de la Escuela de Postgrado, de la Universidad Nacional "Santiago Antúnez de Mayolo" para calificar la Tesis presentada por el:

Bachiller : **SANTIAGO TEÓDORICO MARTINEZ DOMINGUEZ**

Título : **"DISEÑO DE UN PROTOTIPO SOLAR CAPAZ DE FUNDIR BOTELLAS PLASTICAS EN EL DISTRITO DE INDEPENDENCIA, HUARAZ, ANCASH, 2019-2020"**

Después de haber escuchado la sustentación, las respuestas a las preguntas y observaciones finales, lo declaramos:

Aprobado, con el calificativo de Dieciséis (16)

De conformidad al Reglamento General a la Escuela de Postgrado y al Reglamento de Normas y Procedimientos para optar los Grados Académicos de Maestro y Doctor, queda en condición de ser aprobado por el Consejo de la Escuela de Postgrado y recibir el Grado Académico de Maestro en **CIENCIAS E INGENIERÍA** con mención en **GESTIÓN AMBIENTAL**, a otorgarse por el Honorable Consejo Universitario de la UNASAM.

Huaraz, 30 de noviembre del 2022

Dr. César Manuel Gregorio Davila Paredes
PRESIDENTE

Mag. Mario Vladimir Leyva Collas
SECRETARIO

Dra. Rosa Deifilia Rodríguez Anaya
VOCAL

Dr. Maximiliano Loarte Rubina
ASESOR

Anexo de la R.C.U N° 126 -2022 -UNASAM
ANEXO 1
INFORME DE SIMILITUD.

El que suscribe (asesor) del trabajo de investigación titulado:

Presentado por: _____

con DNI N°: _____

para optar el Grado de Maestro en:

Informo que el documento del trabajo anteriormente indicado ha sido sometido a revisión, mediante la plataforma de evaluación de similitud, conforme al Artículo 11 ° del presente reglamento y de la evaluación de originalidad se tiene un porcentaje de : de similitud.

Evaluación y acciones del reporte de similitud para trabajos de investigación, tesis posgrado, textos, libros, revistas, artículos científicos, material de enseñanza y otros (Art. 11, inc 2 y 3)

Porcentaje	Evaluación y acciones	Seleccione donde corresponda
Del 1 al 20%	Esta dentro del rango aceptable de similitud y podrá pasar al siguiente paso según sea el caso.	
Del 21 al 30%	Devolver al autor para las correcciones y se presente nuevamente el trabajo en evaluación.	
Mayores al 31%	El responsable de la revisión del documento emite un informe al inmediato jerárquico, quien a su vez eleva el informe a la autoridad académica para que tome las acciones correspondientes; sin perjuicio de las sanciones administrativas que correspondan de acuerdo a Ley.	

Por tanto, en mi condición de **Asesor responsable**, firmo el presente informe en señal de conformidad y adjunto la primera hoja del reporte del software anti-plagio.

Huaraz,



FIRMA

Apellidos y Nombres: _____

DNI N°: _____

Se adjunta:

1. Reporte completo Generado por la plataforma de evaluación de similitud

NOMBRE DEL TRABAJO

Informe de tesis Martinez Final.docx

RECUENTO DE PALABRAS

19714 Words

RECUENTO DE CARACTERES

103003 Characters

RECUENTO DE PÁGINAS

125 Pages

TAMAÑO DEL ARCHIVO

15.5MB

FECHA DE ENTREGA

Aug 15, 2023 4:29 AM GMT-5

FECHA DEL INFORME

Aug 15, 2023 4:31 AM GMT-5**● 16% de similitud general**

El total combinado de todas las coincidencias, incluidas las fuentes superpuestas, para cada base de datos.

- 15% Base de datos de Internet
- Base de datos de Crossref
- 13% Base de datos de trabajos entregados
- 3% Base de datos de publicaciones
- Base de datos de contenido publicado de Crossref

● Excluir del Reporte de Similitud

- Bloques de texto excluidos manualmente

MIEMBROS DEL JURADO

Doctor César Manuel Gregorio Dávila Paredes

Presidente



A handwritten signature in blue ink, appearing to read 'César', written over a horizontal line.

MSc. Mario Vladimir Leyva Collas

Secretario



A handwritten signature in blue ink, appearing to read 'Leyva', written over a horizontal line.

Doctora Rosa Deifilia Rodríguez Anaya

Vocal



A handwritten signature in blue ink, appearing to read 'Rosa R. Anaya', written over a horizontal line.

ASESOR

Doctor Maximiliano Loarte Rubina



AGRADECIMIENTO

- A la Universidad Nacional Santiago Antúnez de Mayolo, por apoyarme en mi perfeccionamiento permanente y superación profesional.
- A mi asesor, por guiarme en el proceso de elaboración del proyecto e informe final de tesis.
- Agradezco profundamente y con mucho cariño a mi esposa y mis hijos que me apoyaron en todo momento desde el primer día de clase.
- A mis amigas, amigos y compañeros de clase por haber compartido muchos momentos de aprendizaje e intercambio de experiencias.
- A mis padres y hermanos por su apoyo incondicional.
- A mi sobrina Almendrita, QEPD, que siempre me estará guiando en el camino de la vida y el aprendizaje.

A Dios,

A mis parientes,

A mis amiguitas(os),

A mis compañeros de estudio.

ÍNDICE

	Página
Resumen	vii
Abstract	viii
INTRODUCCIÓN.....	11
Capítulo I	
PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN.....	12-14
1.1 Planteamiento y formulación del problema	12
1.2 Objetivos	13
1.3 Justificación	14
1.4 Delimitación	14
Capítulo II	
MARCO TEÓRICO.....	15-47
2.1 Antecedentes de investigación	15
2.2 Bases teóricas	20
2.3 Definición de términos	38
2.4 Hipótesis	43
2.5 Variables	44
Capítulo III	
METODOLOGÍA.....	48-52
3.1 Tipo de investigación	46
3.2 Diseño de investigación	46
3.3 Población y muestra	46
3.4 Técnicas e instrumento(s) de recolección de datos	48
3.5 Plan de procesamiento y análisis de datos	50
Capítulo IV	
RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	53-114
4.1 Presentación de resultados	53
4.2 Prueba de hipótesis	94
4.3 Discusión	110
Conclusiones	115
Recomendaciones	117
Referencias	119-121

Anexos

RESUMEN

El propósito fundamental de la presente tesis fue desarrollar un diseño de prototipo solar que sirva específicamente para fundir botellas de plástico tipo PET de la zona urbana del distrito de Independencia, provincia de Huaraz y departamento de Ancash, 2019-2020. El enfoque fue cuantitativo porque los valores como temperatura y tiempo se expresaron numéricamente, incluso la cantidad de material usado. El diseño fue experimental porque se realizó varios tipos de pruebas o prototipos hasta obtener los resultados esperados; es correlacional porque se trabajó con magnitudes que fueron directa o indirectamente proporcionales. Finalmente, fue longitudinal porque se realizó varias pruebas a través del tiempo. Se creó seis prototipos con diferentes tipos de material, con diseño manejable en peso y volumen y capaces de fundir botellas plásticas. Los resultados indican que sí se logró la fundición de la botella con el prototipo 6 conformado por el lente Fresnel de material acrílico de 40x60 cm. Se alcanzó una temperatura cercana a 200°C y un tiempo de fundición de 14 a 15 minutos. Factores como el viento, presencia de nubes y la temperatura ambiente favorecieron el descenso inmediato de la temperatura. También se realizaron encuestas de forma aleatoria a 06 familias que viven en diferentes manzanas de la zona urbana del distrito de Independencia, provincia de Huaraz. Se tomaron datos de cantidad de botellas plástica consumidas de agua y gaseosa, teniendo como resultado 8.8 botellas/familia/mes, equivalente a un volumen de 11.1 litros/familia/mes.

Palabras clave: prototipo solar, fundición, botella plástica, lente Fresnel

ABSTRACT

The fundamental purpose of this thesis was to develop a solar prototype design that specifically serves to melt PET-type plastic bottles in the urban area of the Independencia district, Huaraz province and Ancash department, 2019-2020. The approach was quantitative because values such as temperature and time were expressed numerically, including the amount of material used. The design was experimental because several types of tests or prototypes were carried out until the expected results were obtained; it is correlational because we worked with magnitudes that were directly or indirectly proportional. Finally, it was longitudinal because several tests were carried out over time. Six prototypes were created with different types of material, with a manageable design in terms of weight and volume and capable of melting plastic bottles. The results indicate that the casting of the bottle was achieved with prototype 6 made up of the Fresnel lens of 40x60 cm acrylic material. A temperature close to 200°C and a melting time of 14 to 15 minutes were reached. Factors such as the wind, the presence of clouds and the ambient temperature favored the immediate drop in temperature. Random surveys were also carried out on 06 families living in different blocks in the urban area of the Independencia district, Huaraz province. Data on the number of consumed plastic bottles of water and soft drinks were taken, resulting in 8.8 bottles/family/month, equivalent to a volume of 11.1 liters/family/month.

Keywords: solar prototype, foundry, plastic bottle, Fresnel lens

INTRODUCCIÓN

El mundo en el que vivimos ha cambiado mucho. Desde el principio, el hombre ha buscado modificar el ambiente a su manera, buscando facilitar y hacer más cómoda su vida. Sin embargo, este constante afán ha provocado uno de los mayores problemas que afecta al mundo entero: la contaminación.

La contaminación es un problema que siempre ha existido y que el hombre sigue contribuyendo en su incremento. Este proceso ha desestabilizado el ambiente y afecta a todo ser vivo. Uno de los elementos que más contaminación genera es el plástico, en todas sus presentaciones.

En el presente estudio nos centramos en el estudio de las botellas de plástico que pertenecen al tipo clasificado como Polietileno Tereftalato (PET). Como es sabido, los residuos PET son llevados a un botadero, el cual ni siquiera es un relleno sanitario. Las botellas quedan a la intemperie, contaminando el aire, suelo e incluso el agua de los ríos.

La anterior y actual gestión municipal del distrito de Independencia hacen poco en el tratamiento de residuos sólidos ya que no cuenta con políticas ambientalistas. Por eso, la intención de esta investigación es contribuir con la reutilización de cierto sector de residuos producidos, centrándonos principalmente en las botellas plásticas tipo PET.

Debido al uso elevado de plásticos tipo PET, se necesita un dispositivo que sea capaz de usar energía solar para fundir y obtener plástico derretido fácil de moldear. Por eso nos planteamos la siguiente interrogante: ¿Cómo fabricar un dispositivo solar para fundir botellas plásticas tipo PET en la zona urbana del distrito de Independencia, provincia de Huaraz y departamento de Ancash?

CAPÍTULO I

PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

1.1 Planteamiento y formulación del problema

A nivel mundial, el problema de la acumulación de plástico sigue creciendo de manera exponencial. Por eso, se debe trabajar con rapidez y tomar medidas audaces y decisivas para revertir esta situación. Se debe impulsar, por ejemplo, las investigaciones científicas e innovaciones tecnológicas, así como la emisión de normas efectivas.

Actualmente, beber agua y líquido suficiente forma parte de un estilo de vida saludable y activo. Pero hay un problema, las botellas de plástico están hechas de petróleo. Entonces, no solo la producción supone un peligro para el medio ambiente, sino que la eliminación de residuos es también una carga enorme a nivel global.

En el mundo existe una infinidad de tipos de plásticos. En el presente estudio nos centramos en el estudio de las botellas plásticas que pertenecen al tipo clasificado como PET (Tereftalato de Polietileno, por su nombre en inglés polyethylene terephthalate).

Como es sabido los residuos son llevados a un botadero, el cual ni siquiera es un relleno sanitario. Por eso, los residuos quedan a la intemperie, contaminando el aire, suelo e incluso el agua de los ríos. La anterior y actual gestión municipal del distrito de Independencia hicieron poco en el tratamiento de residuos sólidos, ya que no cuentan con políticas ambientales.

Ante el problema planteado, la intención del estudio es contribuir con la reutilización de cierto sector de residuos producidos, centrándose en un problema muy cotidiano que afecta al distrito: las botellas plásticas tipo PET. Debido al uso elevado de plásticos tipo PET, se necesita un dispositivo que sea capaz de usar energía solar para fundir y obtener plástico derretido fácil de moldear. Por eso nos planteamos las siguientes interrogantes:

Problema general

¿Cómo fabricar un dispositivo solar para fundir botellas de plástico tipo PET en la zona urbana del distrito de Independencia- Huaraz, Ancash, 2019-2020?

Problemas específicos

- ¿Cuál es el “prototipo” apropiado para fundir botellas plásticas tipo PET con el uso y aprovechamiento eficiente de la energía solar?
- ¿Cuál es la temperatura mínima necesaria de la radiación solar para fundir botella de plástico PET?
- ¿Cuál es tiempo que dura la fundición de la botella de plástico tipo PET, teniendo en cuenta la resistencia del plástico?
- ¿Cuál es la cantidad y volumen de botellas plásticas tipo PET en las familias de la zona urbana del distrito de Independencia y provincia de Huaraz?

1.2 Objetivos

1.2.1 Objetivo general

Diseñar y construir un prototipo solar que sirva para fundir botellas de plástico PET de la zona urbana del distrito de Independencia- Huaraz, Ancash, 2019-2020.

1.2.2 Objetivos específicos

- Identificar el “prototipo” apropiado para fundir botellas plásticas tipo PET con el uso y aprovechamiento eficiente de la energía solar.
- Determinar la temperatura mínima necesaria de la radiación solar para fundir botella de plástico PET.
- Medir el tiempo que dura la fundición de la botella de plástico tipo PET, teniendo en cuenta la resistencia del plástico.
- Diagnosticar la generación de cantidad y volumen de botellas plásticas tipo PET en las familias de la zona urbana del distrito de Independencia y provincia de Huaraz.

1.3 Justificación

Esta investigación aporta conocimiento científico (justificación teórica). Asimismo, brinda soluciones fáciles de implementar y que son viables (justificación práctica). También ofrece el diseño y los procedimientos para la elaboración de un dispositivo solar mediante pruebas experimentales (justificación metodológica), ahorro en el consumo de energía eléctrica, gas, costo, utilidad, (justificación económica). Además, busca la concientización de la población (justificación social) para mitigar los efectos contaminantes del plástico PET ya que dichos envases son de bajo nivel biodegradable (justificación ambiental).

1.4 Delimitación

La investigación se realizó en la zona urbana del distrito de Independencia, provincia de Huaraz, departamento de Ancash.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1 Antecedentes de investigación

Cabe mencionar que no se ha encontrado investigaciones de fundición de botellas plásticas con el uso de la energía solar. Existen muchos trabajos sobre el aprovechamiento de energías renovables, entre ellos por ejemplo la energía solar para fines de construcción de invernaderos, cocinas solares, paneles solares, termas solares, entre otros.

Existe mucha información sobre la problemática del manejo inadecuado de los residuos sólidos, especialmente de los residuos plásticos. También existen diversas formas de aprovechamiento de los residuos plásticos y actualmente diversos sectores y países vienen tomando conciencia sobre los riesgos ambientales a futuro. A continuación, se citan algunos conceptos e investigaciones relacionados a la fabricación, composición y consumo de los plásticos, manejo de residuos plásticos y aprovechamiento de la energía solar.

Según Adrianzen (2017), “todos los días las personas o las familias toman diversas decisiones sobre lo que van a comer, usar, producir y desechar, es así que la generación de residuos sólidos es inherente a la actividad humana” (p. 11). Las actividades realizadas por el hombre conllevan a la generación de residuos. De forma inherente se producen residuos sólidos de materia orgánica e inorgánica.

Cabe resaltar que la materia orgánica producida es mucho más amigable con el ambiente, puesto que son mucho más sencillos tanto en su proceso y duración de biodegradación. No obstante, también se sigue una serie de procesos para facilitar

el aprovechamiento de materia orgánica por parte del ambiente. De igual manera se debe trabajar en posibles soluciones para reducir la materia inorgánica.

En los estudios realizados por Aguirre (2013) se menciona que “los plásticos se caracterizan por una relación resistencia/densidad alta, unas propiedades excelentes para el aislamiento térmico y eléctrico, así como una buena resistencia a los ácidos, álcalis y disolventes” (p. 22).

Cristán et al. (2003) afirman que “por sus propiedades y hablando de forma unitaria o mínima, los envases de plástico no representan un riesgo ambiental, pero por su volumen pueden llegar a tener impacto sobre los cuerpos de agua y suelo” (p. 80). Esto hace referencia a la acumulación de plástico ya que nuestro ambiente no puede aprovecharlo, pero no todos los plásticos poseen la misma composición. Tenemos aquellos que están compuestos por mercurio, zinc, cromo, arsénico, plomo o cadmio, generando un desequilibrio en la naturaleza, y por ende la muerte de flora, fauna, ciclos biológicos, etc.

Rivera (2004), en su tesis, manifiesta que:

El desarrollo industrial y tecnológico han traído consigo el mayor uso de recursos naturales y consigo la mayor generación de residuos. Estos residuos al no ser tratados adecuadamente afectan el ambiente; es por ello que se hace necesario la gestión de estos residuos de tal manera que contribuyamos al desarrollo sostenible de nuestro país. (p. 1)

Mansilla-Pérez y Ruiz-Ruiz (2009) afirman que “un kilogramo de PET está compuesto por 64% de petróleo, 23% de derivados líquidos de gas natural y 13% de aire” (p. 125). En cuanto a su composición, la mayor parte de este plástico está conformado por petróleo.

Además, Mansilla-Pérez y Ruiz-Ruiz (2009) afirman que entre los usos más generalizados de este polímero destaca la fabricación de preformas de botellas para la industria de bebidas gaseosas y agua mineral, así como para cosméticos, medicinas, aceites y frascos de todo tipo. También se fabrican cintas de video y audio, bandejas para microondas, geotextiles y fibras para la industria textil. (p. 125)

Este polímero es usado en su mayoría por las empresas de bebidas debido al bajo costo y practicidad de este tipo de plástico. Por eso, la creciente demanda hace que año a año se produzca una mayor cantidad de estos envases plásticos de manera desmedida en diferentes sectores de la industria, incluido el sector farmacéutico y agropecuario.

Mansilla-Pérez y Ruiz-Ruiz (2009) afirman que los últimos años se caracterizaron por una atractiva demanda interna que benefició a la industria de bebidas gaseosas. Este escenario favoreció, como era de esperar, la entrada de nuevas marcas al mercado que generaron un mayor aumento en las importaciones de resinas PET para la fabricación de las preformas de botellas. (p. 127)

Cristán et al. (2003) sostienen que el reciclado de plásticos se encuentra aún en su primera etapa en países como México y América Latina. Afortunadamente, se ha desarrollado en países como Alemania, Japón y Estados Unidos de América, quienes han desarrollado programas de recolección de residuos, teniendo éxito después de varios años. Estos programas se fundamentan en un cambio de cultura,

en la que los pobladores conocen y reconocen la diferencia entre las distintas especies de materiales y los separan al final de su vida útil. (p. 75)

Romero y Ahumada (2014) dicen que hay “viguetas y bloques elaborados con arena y PET proveniente de envases descartables” (p. 20). Es así como se hace palpable la reutilización de plásticos tipo PET en la sociedad actual.

Gómez (2016) afirma que

para la sociedad, los plásticos botellas - PET representan un alivio en su vida diaria, pero se debe informar a los ciudadanos de los daños causados al medio ambiente y los posibles escenarios de no controlar el consumo desmedido de estos plásticos y botellas PET (Teraftalato de polietileno) que parecen inofensivos, pero de no poner un alto, la sociedad se verá envuelta en una crisis mundial por alimento, agua potable y falta de aire puro esencial para la existencia de los seres vivos. (p. 15)

Valderrama et al. (2018) indican que el promedio mundial de reciclaje del PET, al 2015, fue de 41%, y Japón fue el país con la cifra de reciclaje de PET más alta, alcanzando el 78%. En 2013, se recicló el 31% de los 4 millones de toneladas de PET que se generó en ese mismo año en Estados Unidos.

Cristán et al. (2003) afirman que “se han desarrollado algunos plásticos biodegradables, pero ninguno ha demostrado ser válido para las condiciones requeridas en la mayoría de los vertederos de basura. Su eliminación es, por lo tanto, un problema ambiental de dimensiones considerables” (pp. 70-71). Si bien el desarrollo de plásticos biodegradables es una alternativa viable ya que su tiempo en degradarse es mucho más corto que un plástico PET común y corriente, no es una

solución definitiva ya que en la sociedad existen diversos tipos de plástico, en donde su composición varía y por eso mismo el tratamiento a darles es diferente. Por lo tanto, en esta investigación nos centraremos en la fundición del plástico tipo PET con el propósito que sea usado para otros fines desde la elaboración de ladrillos, adornos decorativos, macetas o recipientes, entre otros. El propósito es aprovechar el plástico fundido usándolo como materia prima para estos productos y por consiguiente utilizaremos una especie de cocina.

En la actualidad la actividad energética descansa fundamentalmente en la disponibilidad de petróleo y gas natural; y el hecho de que estas fuentes energéticas tengan unas posibilidades limitadas de seguir soportando nuestra demanda, ha abierto un camino de discusión en el que no hay grupo social que no tenga argumentos que apuestan al uso de las energías alternativas como otra fuente de generación, y que gracias a la situación geográfica de nuestro país la tenemos en abundancia. (Muñoz y Montaña (2008, p.128)

Ruiz et al. (2012) sostiene que

dos de los mayores problemas de la humanidad son la falta de vivienda y la acumulación de los residuos sólidos y basura que al final traen como consecuencia problemas ambientales. Dentro de estos residuos sólidos están los plásticos como las botellas PET (envases de bebidas gaseosas, por ejemplo). Para afrontar ambos problemas, desde el año 2001 la empresa Eco-Tec Soluciones ha sido pionera en la construcción de casas y tanques de almacenamiento de agua con botellas PET llenas de tierra. Los grupos GRIME y Estructuras y Construcción de la Pontificia Universidad

Javeriana, en sociedad con Eco-Tec Soluciones, documentaron el proceso constructivo y realizaron pruebas piloto para evaluar la resistencia mecánica a la compresión de botellas rellenas. Asimismo, hicieron pruebas piloto del comportamiento mecánico de muros de botellas rellenas con tierra ante cargas perpendiculares al plano del muro. (p.3)

2.2 Bases teóricas

Según Lara (2008), “uno de los asuntos y problemas más graves por resolver dentro del campo ecológico-ambiental es el del consumo” (p. 46). Vivimos en una época donde la población no reduce el consumo, más bien los niveles aumentan. Lara (2008) considera que “el consumo, llevado a los niveles actuales, ha dado origen al consumismo, o sea, el consumo exacerbado, apuntalado por enormes campañas masivas de publicidad para asegurar la adquisición de todas las mercancías existentes” (p. 46).

El PET -Polietileno Tereftalato- es una forma de resina termoplástica, resistente pero liviana, de poliéster transparente. Aunque fue originalmente concebido para producir fibras, el PET comenzó a ser usado en la fabricación de películas para embalajes a mediados de la década de 1960 y a principios de la década de 1970 fue desarrollado comercialmente para el soplado de botellas. (Costa y Penido, 2003, p. 10)

Romero y Ahumada (2014) afirman que “los envases de PET son ligeros, transparentes, resistentes, herméticos, no tóxicos, y no alteran las propiedades del contenido a temperaturas ambientales” (p. 20). Según Cobos (2016),

en estos momentos, posee una producción mundial de aproximadamente 12 millones de toneladas métricas y su creciente importancia como material de envase alimentario se debe a que en las últimas décadas ha sustituido al vidrio y al policloruro de vinilo (PVC) debido a su mayor manejabilidad e inocuidad. (p. 180)

Fabricación y estadísticas de los plásticos

Noguez y Espín (s.f.) afirman que:

La palabra plástico se refiere a ciertos tipos de materiales sintéticos obtenidos mediante fenómenos de polimerización o multiplicación artificial de los átomos de carbono en largas cadenas moleculares de compuestos orgánicos. En general, son derivados del petróleo, aunque algunos se pueden obtener a partir de otras sustancias naturales. (p.361)

La fabricación del plástico es sencilla, pero esta composición química hace que la degradación del plástico sea muy lenta. El alto consumo del mismo y la tardía degradación de sus envases provocan la acumulación por año de cientos de toneladas (MINAM, citado por Adrianzen, 2017).

Adrianzen (2017) afirma que en nuestro país:

La generación per cápita de residuos sólidos es de 0,567 kg/hab/día, lo que equivale a 18, 783 t/día y hace un total de 6,855,616 t/año. Lima es la región del país que genera la mayor cantidad de residuos sólidos con un total de 5, 684 t/día. (p. 11)

Diariamente, en el Perú se produce una gran cantidad de residuos sólidos, los cuales no son ni clasificados (no se recicla) ni separados. En gran parte del país este escenario se repite en muchas localidades, así que nuestra provincia no es ajena a dicha situación. Según Adrianzen (2017):

Dichos residuos están compuestos en su mayoría por materia orgánica (50.43%), plástico duro, PET y bolsas (10.52%), papel y cartón (7.44%), residuos sanitarios (6.89%), vidrio (3,05%), metales (2,64%), telas y textiles (1,61%), caucho, cuero y jebe (1,25%), tecnopor y similares (0,78%), material inerte, madera y follaje, pilas, restos de medicinas, entre otros (15,05 %). (p. 11)

García (2018) explica que el “PET (Polietileno tereftalato) es un tipo de plástico muy usado en envases de bebidas y textiles” (p. 4). Por tal motivo, en este proyecto centraremos las bases en la fundición de uno de los tipos de plástico más usados, llamado PET. Para lograr eso, necesitamos algún tipo de combustible o energía, también instrumentos o equipos que faciliten esta labor, comenzado desde los más básico hasta llegar a formas que se logre la temperatura esperada.

Manejo de residuos plásticos

La contaminación es un problema global que trae consecuencias negativas al medio ambiente y que principalmente existe un consumismo de productos envasados en plásticos y/o vidrios que una vez utilizados son considerados como basura (residuo), sin que estos sean debidamente clasificados y aprovechados con una debida reutilización. (Pumagualli, 2016, p. 3)

Segura et al. (2015) sostienen que “la degradación de los plásticos sintéticos es muy lenta. Por ejemplo, la descomposición de productos orgánicos tarda 3 o 4 semanas, la de telas de algodón, 5 meses y la del plástico puede tardar 500 años” (p. 361).

Respecto a la industria de los plásticos, cada familia diariamente consume recursos, bienes o servicios los cuales son de procedencia natural o fabricados por el hombre. Una vez que son usados dichos recursos, generan materia sobrante. Estos también son conocidos como residuos sólidos. A medida que la población siga aumentando, la demanda por consumo seguirá en aumento, haciendo que el hombre busque alternativas rápidas y fáciles para hacer frente a este consumismo, así como un mayor beneficio económico.

Debido al reducido costo de la fabricación de plástico, una alta resistencia al deterioro, larga duración, la impermeabilidad y el hecho de ser tinturados en diferentes tonos de colores, resulta siendo algunos de los motivos que hacen que los plásticos sean usados en colosales cantidades a nivel mundial, lo cual es favorable para los consumidores ya que buscan la practicidad, sencillez y un bajo precio en estos productos. Desde un punto de vista económico, es favorable. Pero, a pesar de los grandes beneficios que nos brinda el plástico, resulta contraproducente para el ambiente.

Esta realidad se hace palpable en nuestra localidad, ya que no se cuenta con un plan ecológico que haga frente a la acumulación de estos residuos. Ante este panorama, se necesita trabajar con presteza en diversas alternativas que incluyan reducir, reciclar y reutilizar los plásticos. Pero en el mundo existe una infinidad de tipos de plásticos, lo cual haría mucho más amplio y tedioso nuestro estudio. Por

ende, nos centraremos en el estudio de las botellas plásticas que pertenecen al tipo clasificado como PET. Para lograr eso se empleó combustible o energía, instrumentos y equipos.

Como es sabido, la basura es llevada a un botadero y queda a la intemperie, contaminando el aire, suelo e incluso pudiendo llegar a contaminar el agua de nuestros ríos. La anterior y actual gestión municipal del distrito de Independencia han hecho muy poco en el tratamiento de residuos sólidos, ya que no cuenta con políticas ambientalistas. Por eso, la intención de realizar esta investigación fue contribuir a la reutilización de cierto sector de residuos producidos, centrándonos en un problema muy cotidiano que afecta al distrito: las botellas plásticas tipo PET. Este tipo de plástico es el más usado por las envasadoras de bebidas debido a su practicidad. Todas las personas consumen bebidas embotelladas y por eso las encontramos en casas, tiendas, instituciones, etc. Debido a la facilidad de fabricación y el alto consumo, es fácil encontrarla en todo el distrito, tales como en patios, calles, jardines, parques, etc. A pesar del gran potencial que presentan en cuanto a reciclaje, son desaprovechados por falta de conciencia ambiental. Ni siquiera se separan los residuos de las botellas y acaban mezcladas con el resto de basura en el botadero. Al observar esta situación, nace la iniciativa de poder reutilizar estos envases de manera práctica, sencilla (en su realización) y amigable con el medio ambiente.

Para reciclar las botellas se usó energías limpias. Por eso, en esta investigación se usó la energía solar, pues se cuenta con ella durante todo el año. Esa es la razón por la que se creó un dispositivo capaz de captar esta energía y ser usada en las botellas de plástico tipo PET sin contaminar el ambiente. Se quiso

lograr que el dispositivo sea capaz de utilizar la conversión térmica de la radiación solar para asegurar que la capacidad calorífica que genera se puede aprovechar para derretir o fundir envases de plástico tipo PET. Para ello, se necesitó maximizar la capacidad calorífica y lograr fundir botellas tipo PET con el propósito de obtener un plástico derretido capaz de ser moldeado y usado para otros fines.

Industria y tipos de plásticos PET

El tereftalato de polietileno, politereftalato de etileno, polietilenotereftalato o polietileno tereftalato (más conocido por sus siglas en inglés PET, polyethylene terephthalate) es un tipo de plástico muy usado en envases de bebidas y textiles. Algunas compañías manufacturan el PET y otros poliésteres bajo diferentes marcas comerciales, tipos y formas que han pasado al uso común. En Estados Unidos y el Reino Unido usan los nombres de Mylar y Melinex.

Químicamente el PET es un polímero que se obtiene mediante una reacción de policondensación entre el ácido tereftálico y el etilenglicol. Pertenece al grupo de materiales sintéticos denominados poliésteres.

Es un polímero termoplástico lineal, con un alto grado de cristalinidad. Como todos los termoplásticos puede ser procesado mediante extrusión, inyección, inyección y soplado, soplado de preforma y termoconformado. Para evitar el crecimiento excesivo de las esferulitas y lamelas de cristales, este material debe ser rápidamente enfriado, con lo que se logra una mayor transparencia y calidad del producto. La razón de su transparencia al enfriarse rápidamente consiste en que los cristales no alcanzan a desarrollarse completamente y su tamaño no interfiere (“scattering” en inglés) con la trayectoria de la longitud de onda de la luz visible, de acuerdo con la teoría cuántica.

Propiedades del PET:

El tereftalato de polietileno, politereftalato de etileno, polietilenotereftalato o polietileno tereftalato es un tipo de plástico muy usado en envases de bebidas y textiles. En general presenta las siguientes propiedades:

- ❖ Fórmula: $(C_{10}H_8O_4)_n$
- ❖ Densidad: 1,38 g/cm³
- ❖ Punto de fusión: 260 °C
- ❖ Índice de refracción: 1,5750
- ❖ Conductividad térmica: 0,24 W/(m·K)
- ❖ Temperatura de transición vítrea: 75 °C
- ❖ Alta transparencia, aunque admite cargas de colorantes.
- ❖ Alta resistencia al desgaste y corrosión.
- ❖ Muy buen coeficiente de deslizamiento.
- ❖ Buena resistencia química y térmica.
- ❖ Muy buena barrera a CO₂, aceptable barrera a O₂ y humedad.
- ❖ Compatible con otros materiales barrera que mejoran en su conjunto la calidad barrera de los envases y por lo tanto permiten su uso en mercados específicos.
- ❖ Reciclable, aunque tiende a disminuir su viscosidad con la historia térmica.
- ❖ Aprobado para su uso en productos que deban estar en contacto con productos alimentarios.

Los ejemplos de plásticos más importantes y su clasificación son:

- **Tipo 1: PET, PETE, PET1** (Tereftalato de polietileno)

Este tipo de plástico es el tereftalato de polietileno, que es transparente y no transpira. Es uno de los más reciclados, ya que se encuentra en envolturas de

plástico, botellas plásticas, envases de alimentos, etcétera. En la superficie de estos productos se encuentra el símbolo de tres flechas formando un triángulo (que indica que es un producto reciclable) con el número 1 en el centro.

Ejemplo: botellas de gaseosa y agua, envases de alimentos y bebidas energizantes.

- **Tipo 2: PE (Polietileno) = HDPE o PET2** (Polietileno de alta densidad)

Ejemplo: Baldes, jarras, tuberías y geomembrana para la industria minera, botellas de yogurt y lácteos y productos de limpieza.

- **Tipo 3: PVC o V** (Cloruro de Polivinilo)

Ejemplo: Tuberías de agua y desagüe de las edificaciones, cables eléctricos, mangueras, cañerías

- **Tipo 4: PE (Polietileno) = LDPE** (Polietileno de baja densidad)

Ejemplo: Bolsas plásticas presentes en los mercados y centros comerciales, y bolsas de basura.

- **Tipo 5: PP** (Polipropileno)

Ejemplo: Juguetes, colores, mantas para sedimentación o siltfence, envases de shampoo, tapas, envases de aderezos.

- **Tipo 6: PS** (Poliestireno)

Ejemplo: Tapers y vasos de tecnopor, vajillas desechables, bandejas de comida.

- **Tipo 7: Otros plásticos y materiales compuestos...**

PLA (Ácido Poliláctico)

Ejemplo: Las bolsas biodegradables. En lugar de usar petróleo, usa como biomasa almidón de maíz, caña de azúcar o yuca.

PC (Policarbonato)

Ejemplo: Techos translúcidos para las casas

PMMA (Polimetilmetacrilato)

Ejemplo: Planchas de **acrílico**, que plásticos más transparentes y se usan en decoraciones.

POM (Poliacetal)

Ejemplo: Engranajes (repuestos). Son plásticos de la más alta resistencia al calor y rigidez.

Nailon (Nylon)

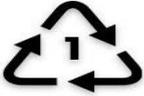
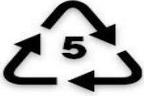
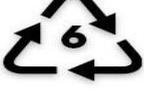
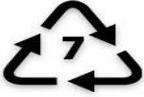
Ejemplo: hilos, textiles, revestimiento de llantas.

Los PLA, plásticos biodegradables o bioplásticos

A veces son confundidos con los anteriores, pero en este caso se trata de los que pueden ser degradados por algunos microorganismos en condiciones ambientales concretas. Al degradarlos, estos microorganismos convierten el plástico en biomasa, gases y agua. Estos se producen con recursos totalmente naturales o biológicos y son renovables. Algunos de ellos son el almidón para PLA (ácido poliláctico), la caña de azúcar para etileno y la caña de azúcar para polietileno.

Figura 1

Tipos de plástico

		PET o PETE Botellas de agua y bebidas, envases de alimentos
		HDPE Bolsas plásticas Bolsas de yogurt Productos de limpieza
		PVC o V Mangueras Cables eléctricos Tubos y cañerías
		LDPE Algunas botellas Bolsas muy diversas Bolsas de basura Manteles
		PP Envases de aderezos Algunos shampoo Tapas, envases snacks
		PS Vajillas desechables Bandejas de comida *No plumavit
		OTROS Comida de perros Envases doy pack

Aprovechamiento de la energía solar

Jiménez y Rativa (2015) dicen que “otra alternativa es la energía solar ya que es una energía segura, limpia, económica y funcional” (p. 197). Por eso, para la fundición de botellas de plástico tipo PET se construyó un dispositivo que funciona con energía solar que es amigable para el medio ambiente y consumo cero de energía no renovable.

El uso de la energía solar, junto con el empleo de toda una serie de fuentes renovables (energía procedente de las mareas, del viento, geotérmica, hidráulica etc.) y conservación de energía, puede aumentar el grado de autosuficiencia en el suministro de energía y hacer que el país sea menos dependiente de fuentes importadas y consecuentemente menos vulnerable a influencias de políticas exteriores. (Nandwani, 2013, p. 4)

La energía solar es una energía limpia. Para Hernández (2010), la razón por la que hay un gran interés en la investigación y el desarrollo de la energía solar es porque el sol es una fuente de energía renovable; de cuya captura y uso para nuestro provecho, no dará lugar a la emisión de contaminantes como lo harían los combustibles fósiles que ahora utilizamos. (p. 13).

Además, Hernández (2010) indica que:

Es fundamental conocer el modo en que nuestra principal fuente de energía, el sol, interactúa con el medio a su alrededor; una vez que se ha comprendido esto, resulta sencillo aplicar los conocimientos para nuestro beneficio propio, en este caso, el horno solar. (p. 13)

Según Esteves et al. (2008):

Los hornos solares son elementos que nos permiten cocinar sin hacer uso de otro combustible, más que el sol durante los días claros (sin nubes) o parcialmente nublados. El origen de los mismos se remonta al siglo pasado, en el cual, por la escasez de combustibles comenzaron a utilizarse. Sin embargo, con el descubrimiento del petróleo, su extensión fue disminuyendo y prácticamente no fue utilizado hasta fines del siglo 20, en que su uso comenzó a extenderse dada sus posibilidades para gente del área rural, permitiendo disminuir los consumos de leña y con ella los problemas que implica utilizarla (largas jornadas de acopio y acarreo que ocasionan dolores, lumbalgias, heridas; cocinar en un ambiente con humo que ocasiona llorisqueo de los ojos y alergias; desertificación del lugar, que genera espacios cada vez más amplios sin cubierta vegetal sometido al deterioro por el clima y así una serie de factores importantes que pueden ser disminuidos utilizando el horno solar. (p. 72)

Según Nandwani (2013), hay diferencias entre horno y cocina:

El horno recibe calor de todos los lados uniformemente y la cocina recibe calor solo de un lado, principalmente del fondo. En las cocinas convencionales de una casa (de electricidad o de gas), los discos de arriba son las cocinas y en cambio la caja de abajo (con dos resistencias largas) es un horno. Un horno sirve principalmente para hornear los alimentos en un ambiente cerrado, aunque también se puede usar para cocinar. En cambio, la cocina o discos de arriba sirven para cocinar y freír los alimentos, pero no fácilmente para hornear directamente. (p. 4)

Debido a la variedad de hornos solares existentes, hay una gran capacidad de adaptación respecto al medio donde serán instalados, las necesidades que han de cubrir, los materiales que les componen para protección contra condiciones climáticas y el número de personas a las cuales darán abasto. (Hernández, 2010), p. 3)

Principios de lentes, convergencia y divergencia

Una lente es un dispositivo óptico transmisor que enfoca o dispersa un haz de luz por medio de la refracción. Sin embargo, otros dispositivos como las lentes de Fresnel, que desvían la luz por medio del fenómeno de difracción, son de gran utilidad y uso por su bajo costo constructivo y el reducido espacio que ocupan. Los dispositivos que enfocan o dispersan de manera similar las ondas y la radiación que no sea la luz visible, también se denominan lentes, como lentes de microondas, lentes de electrones, lentes acústicas o lentes explosivas.

Una lente está constituida por un medio transparente limitado por dos superficies, siendo curva al menos una de ellas. Una lente simple consiste en una sola pieza de material transparente, mientras que una lente compuesta consta de varias lentes simples (elementos), generalmente dispuestas a lo largo de un eje común. Las lentes están hechas de materiales tales como vidrio o plástico, y se muelen y pulen (o moldean) para conseguir la forma deseada. Una lente puede enfocar la luz para formar una imagen, a diferencia de un prisma, que refracta la luz sin enfocar.

Las lentes más comunes están basadas en el distinto grado de refracción que experimentan los rayos de luz al incidir en puntos diferentes de su superficie, incluidas las utilizadas para corregir los problemas de visión en gafas, anteojos o

lentillas. También se usan lentes, o combinaciones de lentes y espejos, en telescopios y microscopios, con la función de servir como objetivos o como oculares. El primer telescopio astronómico fue construido por Galileo Galilei usando una lente convergente (lente positiva) como objetivo y otra divergente (lente negativa) como ocular. Existen también instrumentos capaces de hacer converger o divergir otros tipos de ondas electromagnéticas y a los que se les denomina también lentes. Por ejemplo, en los microscopios electrónicos las lentes son de carácter magnético.

En astrofísica es posible observar fenómenos de lentes gravitatorias, cuando la luz procedente de objetos muy lejanos pasa cerca de objetos masivos, y se curva en su trayectoria.

Según Llovet (2021):

Cuando una onda como la luz pasa por un medio incidiendo en él de forma oblicua se produce un cambio de dirección llamado refracción, que puede ser: convergente, cuando se unen las ondas; divergente, cuando las ondas se separan al incidir en el medio.

Las lentes convergentes tienen mayor espesor en el centro que en los bordes. Una de sus superficies siempre es convexa. Pueden ser biconvexas, plano-convexas o cóncavo-convexas. Los rayos de luz que inciden de forma paralela en una lente convergente se unen en un punto llamado foco (convergen) formando una imagen real del objeto. Acercan el rayo de luz hacia la retina para permitir ver con nitidez en distancias cercanas. También se denominan lentes positivas. Corrigen algunos errores refractivos como: la hipermetropía, la presbicia y algunos tipos de astigmatismo.

Las lentes divergentes son más gruesas en los bordes que en el centro. Una de sus superficies siempre es cóncava. Pueden ser bicóncavas, plano-cóncavas o convexo-cóncavas. Los rayos de luz que inciden de forma paralela en una lente divergente se separan (divergen) formando una imagen virtual del objeto. También se denominan lentes negativas. (p. 55-56)

Figura 2

Trayectoria de lentes divergente y convergente

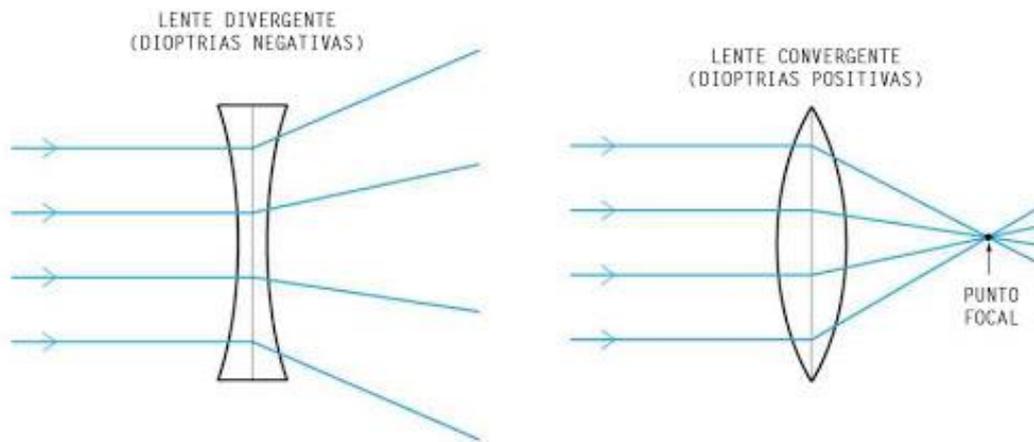


Figura 3

Trayectoria de lentes biconvexa y bicóncava

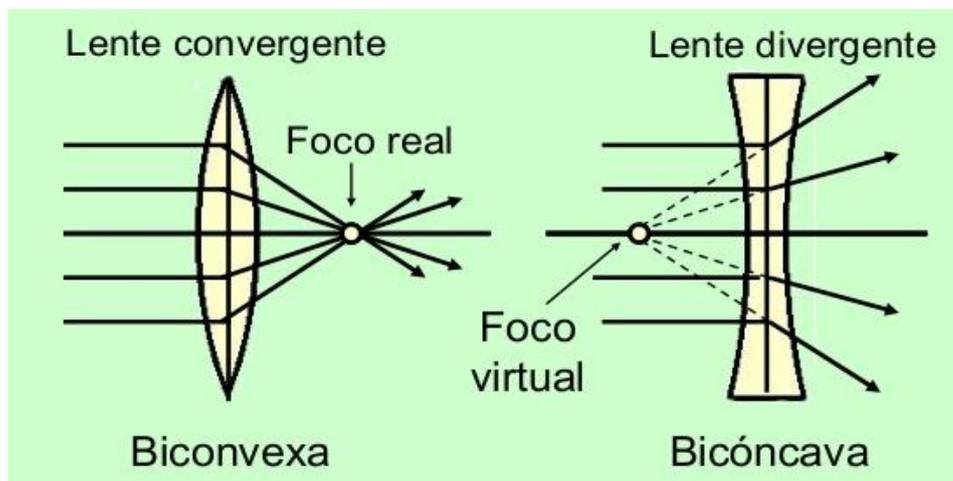
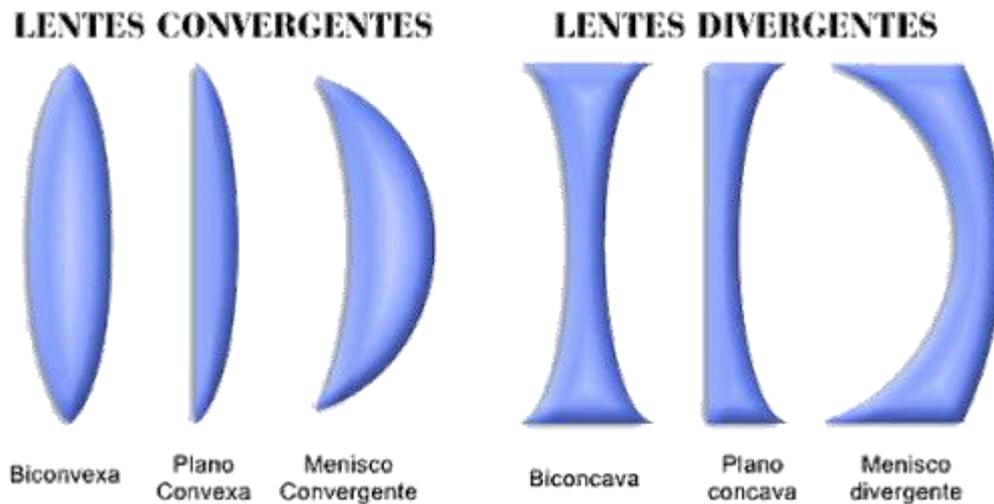


Figura 4

Tipos de lentes convergentes y divergentes



Definición y mecanismos de la radiación solar

Méndez y Cuervo (2010), la radiación solar es el conjunto de radiaciones electromagnéticas emitidas por el sol. El sol es una estrella que se encuentra a una temperatura media de 5778 K (5505°Celsius) en cuyo interior tienen lugar una serie de reacciones de fusión nuclear que producen una pérdida de masa que se transforma en energía. Esta energía liberada del sol se transmite al exterior mediante la radiación solar. El sol se comporta prácticamente como un cuerpo negro, el cual emite energía siguiendo la ley de Planck a la temperatura ya citada. La radiación solar se distribuye desde el infrarrojo hasta el ultravioleta. No toda la radiación alcanza la superficie de la tierra porque las ondas ultravioletas más cortas son absorbidas por los gases de la atmósfera. La magnitud que mide la radiación solar que llega a la Tierra es la irradiancia, que mide la potencia que por unidad de superficie alcanza a la Tierra. Su unidad es el W/m^2 .

El watt es la medida utilizada para representar la potencia eléctrica y establece a qué velocidad puede transformarse la energía eléctrica. Esta unidad, aceptada en el Sistema Internacional de Unidades (SI) en 1889 es representada con el símbolo W y equivale a 1 Joule por segundo (1J/s).

¿Cuánto vale un Joule en física? La respuesta es la unidad de trabajo, energía y cantidad de calor del Sistema Internacional, de símbolo J, que equivale al trabajo producido por la fuerza de 1 newton al desplazar un cuerpo a una distancia de 1 m en la misma dirección y sentido.

Los fotones según su energía o longitud de onda son capaces de fotoionizar la capa externa de electrones de un átomo (requiere una longitud de onda de 0,1), excitar electrones de un átomo a una capa superior (requiere longitudes de onda de entre 0), disociar una molécula (requiere longitudes de onda de entre 0,1), hacer vibrar una molécula (requiere longitudes de onda de entre 1), hacer rotar una molécula (requiere longitudes de onda mayores que 50). Es decir, la energía solar tiene longitudes de onda de entre 0,15, por lo que puede ionizar un átomo, excitar electrones, disociar una molécula o hacerla vibrar. Eso sería el principio de fundición de los cuerpos, en este caso de los plásticos.

La energía térmica de la tierra (radiación infrarroja) es de 3 a 80, por lo que solo puede hacer vibrar o rotar moléculas, es decir, calentar la atmósfera. El estudio de la dirección con la cual incide la irradiación solar sobre los cuerpos situados en la superficie terrestre es de especial importancia cuando se desea conocer su comportamiento al ser reflejada. La dirección en que el rayo salga reflejado dependerá de la incidencia. Con tal fin se establece un modelo que distingue entre

dos componentes de la irradiación incidente sobre un punto: la irradiación solar directa y la irradiación solar difusa.

Irradiación solar directa. Es aquella que llega al cuerpo desde la dirección del sol.

Irradiación solar difusa. Es aquella cuya dirección ha sido modificada por diversas circunstancias (densidad atmosférica, partículas u objetos con los que choca, reemisiones de cuerpos, etc.). Por sus características, esta luz se considera venida de todas direcciones. En un día nublado, por ejemplo, solo tenemos radiación difusa.

La suma de ambas es la irradiación total (o global) incidente. La superficie del planeta está expuesta a la radiación proveniente del sol. La tasa de irradiación depende en cada instante del ángulo que forman con la superficie en el punto considerado y la dirección de incidencia de los rayos solares. Por supuesto, dada la lejanía del sol respecto de nuestro planeta, podemos suponer, con muy buena aproximación, que los rayos del sol inciden esencialmente paralelos sobre el planeta. No obstante, en cada punto del mismo, localmente considerado, la inclinación de la superficie respecto a dichos rayos depende de la latitud y de la hora del día para una cierta localización en longitud. Dicha inclinación puede definirse a través del ángulo que forman el vector normal a la superficie en dicho punto y el vector paralelo a la dirección de incidencia de la radiación solar.

Debemos evitar la exposición prolongada al sol, puesto que esta representa una agresión contra la piel que puede producir el envejecimiento de la misma, la aparición de manchas o arrugas y es la responsable de la aparición de melanomas o cánceres de piel. Una exposición moderada al sol, especialmente los primeros días, una protección del sol con la ropa

adecuada, o el uso de cremas solares son la mejor prevención contra quemaduras producidas por el sol. (Costa y Penido, 2003, p.37)

2.3 Definición de términos

Plástico:

“Dicho de ciertos materiales sintéticos que puede moldearse fácilmente y están compuestos principalmente por polímeros, como la celulosa” (Real Academia Española, RAE, 2018).

Biodegradación:

“Proceso de descomposición de una sustancia mediante la acción de organismos vivos” (Real Academia Española, RAE, 2018).

Degradación:

“Acción y efecto de degradar o degradarse, por sí mismo” (Real Academia Española, RAE, 2018).

Densidad:

“Magnitud que expresa la relación entre la masa y el volumen de un cuerpo, y cuya unidad en el sistema internacional es el kilogramo por metro cúbico (kg/m³)” (Real Academia Española, RAE, 2018).

Vigueta o bloqueta:

“Barra de hierro laminado o estructura sólida, destinada a la edificación” (Real Academia Española, RAE, 2018).

Consumismo:

“Tendencia inmoderada a adquirir, gastar o consumir bienes, no siempre necesarios” (Real Academia Española, RAE, 2018).

PET:

“El PET -Polietileno Tereftalato- es una forma de resina termoplástica, resistente pero liviana, de poliéster transparente” (Costa y Penido 2003).

Resina:

Sustancia orgánica de consistencia pastosa, pegajosa, transparente o translúcida que se solidifica en contacto con el aire; es de origen vegetal o se obtiene artificialmente mediante reacciones de polimerización. "Las resinas se clasifican en naturales, como la del pino, y artificiales, que sirven para la fabricación de plásticos, pegamentos y lacas" (Diccionario Oxford).

Energía solar:

“Energía obtenida a partir de la radiación del Sol y utilizada para usos térmicos mediante colectores o para generar electricidad con paneles fotovoltaicos” (Real Academia Española, RAE, 2018).

Fundir:

Derretir y licuar metales, minerales u otros cuerpos sólidos (Diccionario de la lengua española, RAE, 2018). El proceso de fundición ocurre cuando un cuerpo sólido pasa al estado líquido cuando al incrementarse la temperatura. La temperatura de fundición depende de la naturaleza de cada cuerpo.

Lupa:

“Instrumento óptico para ampliar la imagen de los objetos que consiste en una lente de aumento provista de un mango. Las lupas más comunes son los de tipo biconvexas”. (Diccionario Oxford).

Lente:

Llamamos lentes a unos medios transparentes que están limitados por dos superficies, de las cuales una al menos debe ser curva. Dependiendo de la necesidad que se desea cubrir por medio de la lente, distinguimos dos tipos de lentes: lentes convexas o convergentes y lentes cóncavas o divergentes.

Lente Fresnel:

Las lentes de Fresnel son vidrios tallados o también plásticos fabricados de la misma forma cuya misión es hacer que los rayos de luz se comporten al atravesarlas como cuando atraviesan lentes plano convexa: los rayos de luz que llegan paralelos al eje óptico tienden a concentrarse en un punto o foco (se focalizan).

Si uno mira una lente de Fresnel lo que ve es una serie de hendiduras de forma circular (por lo de la simetría) practicadas sobre un vidrio o material plástico (más baratos). El estudio es complejo y se basa en temas de difracción de la luz al pasar por este material fabricado de esa manera. La idea de una lente de Fresnel nunca está en formar una imagen de calidad sino en conseguir de forma barata y poco pesada un sistema colimador - focalizador de luz.

Para esta investigación se ha comprado un lente Fresnel de material acrílico de 30x40 centímetros, 02 milímetros de espesor y peso liviano. Dicho lente es escaso en el mercado y son importados a través de proveedores locales.

Figura 5

Perfil de corte de un lente Fresnel

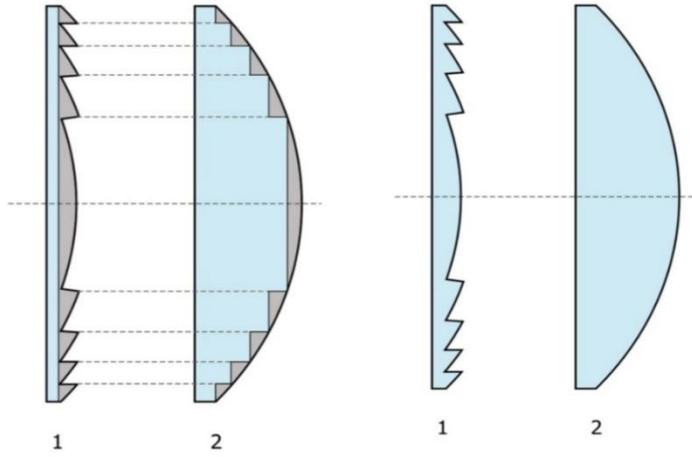


Figura 6

Perfil de ranuras de un lente Fresnel

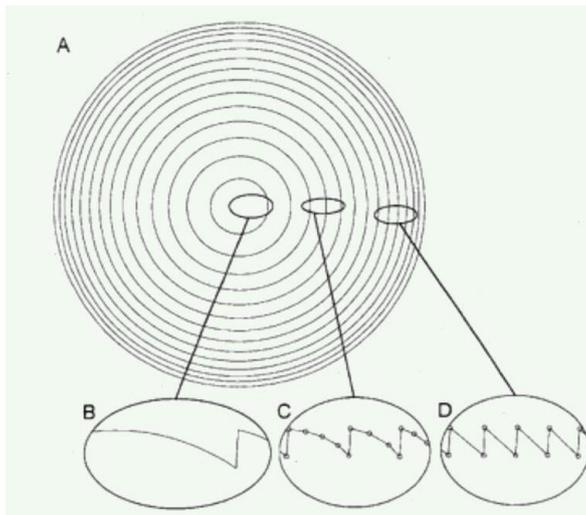
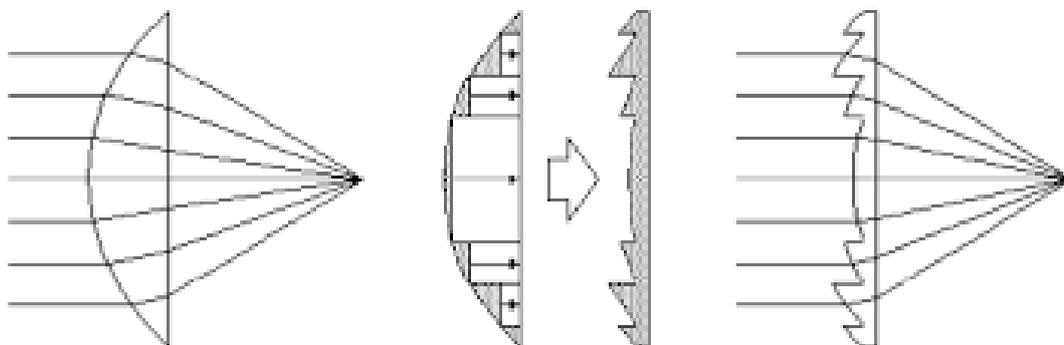


Figura 7

Dirección de la radiación en lente Fresnel



Acrílico

El material acrílico se obtiene por oxidación de un aldehído etilénico; es líquido, incoloro, de olor muy fuerte y soluble en agua y alcohol. "el ácido acrílico se emplea en la preparación de resinas sintéticas, colorantes y detergentes" (resina, fibra textil, material plástico) que se obtiene por polimerización del ácido acrílico o de sus derivados. "Después del celuloide apareció el celofán, un plástico transparente". (Diccionario Oxford).

Radiación solar

La radiación solar es la energía emitida por el sol y que se propaga en todas las direcciones a través del espacio mediante ondas electromagnéticas. Esa energía es el motor que determina la dinámica de los procesos atmosféricos y el clima.

Termómetro

Instrumento que sirve para medir la temperatura; el más habitual tiene una forma alargada y, mediante un proceso termoeléctrico permite la rápida consulta de los datos a través de una pantalla digital. Su uso está prohibido en algunos lugares por ser contaminante.

Consiste en un tubo capilar de vidrio cerrado y terminado en un pequeño depósito que contiene una cierta cantidad de mercurio o alcohol, el cual se dilata al aumentar la temperatura o se contrae al disminuir y cuyas variaciones de volumen se leen en una escala graduada. Este instrumento marca lecturas mínimas y máximas. El Rango de lectura depende del tipo y marca del termómetro. (Diccionario Oxford)

2.4 Hipótesis:

2.4.1 Hipótesis general:

Existe la posibilidad de diseñar y construir un dispositivo o prototipo solar que aproveche la energía solar para fundir botellas plásticas tipo PET.

2.4.2 Hipótesis específicas:

Hipótesis específica 1 = Prototipos = H1 = Hipótesis alternativa

Sí es posible fabricar una forma de “prototipo” que sea capaz fundir botellas de plástico tipo PET usando solo la energía solar, especialmente en las horas de sol o sin la presencia de nubes, obteniendo diferencias significativas entre prototipos.

Hipótesis específica 2 = Temperatura = H1 = Hipótesis alternativa

La temperatura mínima necesaria en la zona de convergencia de la radiación solar para fundir botellas de plástico tipo PET es cercana a 200 grados centígrados (C°) en condiciones de cielo despejado.

Hipótesis específica 3 = Tiempo = Ho = Hipótesis nula

El tiempo promedio necesario para la fundición de una botella de plástico tipo PET es igual a 20 minutos. Esto significa una fundición al 100% de la botella plástica, es decir hasta que la botella haya quedado derretida en su totalidad.

Hipótesis específica 4 = Cantidad o número de botellas = Ho = Hipótesis nula

La producción de botellas plásticas tipo PET, por mes, en las familias de la zona urbana del distrito de Independencia es de al menos 10 botellas por familia. Este valor considera botellas de gaseosa y agua mineral. No se puede predecir el volumen.

2.5 Variables

Prototipo (variable independiente): P1, P2, P3, P4, P5 y P6

La variable independiente “Prototipo” es el tipo de dispositivo solar capaz de fundir la(s) botella(s) plástica(s) tipo PET ya sea de forma completa o parcial. La calidad de material usado y las dimensiones para cada tipo de prototipo “P1, P2, P3, P4, P5 o P6”, dependió de la disponibilidad de recursos presentes en el mercado y también de acuerdo con las condiciones económicas.

Temperatura (variable dependiente): en grados centígrados (°C)

La variable dependiente “Temperatura” es la magnitud física que expresa el grado o nivel de calor de los cuerpos o del ambiente. En el presente proyecto la temperatura se midió en “grados centígrados (°C)” o en la escala de Celsius con la ayuda de un termómetro ambiental. La temperatura obtenida dependió del tipo de prototipo usado y también de las condiciones climáticas.

Tiempo (variable dependiente): en minutos

La variable dependiente “Tiempo” es una magnitud física que permite ordenar la secuencia de los sucesos o medir la duración de cada prueba, estableciendo un pasado, un presente y un futuro. En el presente estudio se midió el tiempo en “minutos”, teniendo como unidad de medida principal para lo cual se usó un cronómetro desde el inicio hasta el final de cada prueba. De igual manera, la variable tiempo dependió del tipo de prototipo usado y de las condiciones

climáticas. Cabe mencionar que “condiciones climáticas” es una variable que no se puede manejar.

Cantidad y volumen de botellas generadas (variable independiente): Variable adicional de estudio, solo como complemento a la tesis

La variable “Cantidad y volumen de botellas generadas” es una magnitud física que expresa la cantidad y volumen de botellas plásticas generadas en una determinada área; se mide en número de botellas y en litros dimensionadas por familia y por mes. Esta variable se obtuvo a través de “encuestas” realizadas a diferentes familias ubicadas en la zona urbana del distrito de independencia.

Es importante mencionar que esta variable es totalmente independiente a las tres primeras variables mencionadas anteriormente. Se considera como una información complementaria al presente estudio (tesis) y que sirve para tener una referencia de la cantidad y tipo de botellas que generan las familias en el distrito de Independencia.

La encuesta sobre la cantidad de botellas generadas ha sido tomada antes de la pandemia Covid 19; es decir cuando las familias no tenían ninguna restricción para salir a las calles.

CAPÍTULO III

METODOLOGÍA

3.1. Tipo de investigación

- Cuantitativo
- Experimental
- Correlacional
- Longitudinal

3.2. Diseño de investigación

Cuantitativo, porque los valores se expresaron numéricamente: temperatura, tiempo e incluso el número de materiales a usar.

Experimental, porque se realizó varias pruebas para evaluar las variables.

Correlacional, porque se trabajó con magnitudes que bien pudieron ser directamente proporcionales o indirectamente proporcionales.

Longitudinal, porque se midió varias veces las variables a lo largo del tiempo versus los tipos de prototipos.

3.3. Población y muestra

3.1.1 Población

La población se determinó mediante la identificación y delimitación de casas familiares que usaban botellas plásticas de polietileno de tereftalato en la zona urbana del distrito de Independencia, provincia de Huaraz, departamento de Ancash. Se realizó de marzo a setiembre del año 2019 y enero del 2020.

La encuesta solo estuvo referida a las botellas descartables de agua y gaseosa (PET1) consumidos por todos los integrantes de las familias incluidos menores de edad y adultos mayores.

3.1.2 Muestra

Se determinó la muestra mediante el método normativo: las botellas plásticas PET usadas en la zona urbana del distrito de Independencia, provincia de Huaraz, región Ancash. La muestra fue tomada de forma aleatoria de 06 familias que viven en cinco tipos de manzanas, cuadras o sectores de la zona urbana del distrito de Independencia.

Figura 8

Vista satelital del distrito de Independencia



3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

Para obtener las muestras se hizo entrevistas personales a los jefes de familia (padre o madre) para solicitar información de la cantidad de botellas generadas en su hogar o grupo familiar.

Respecto a los prototipos, se usó un termómetro para medir la temperatura y un cronómetro para medir el tiempo en las respectivas pruebas experimentales. Para todo lo mencionado se usaron formatos para el registro de datos de campo (data cruda u original).

Al realizar dichas pruebas experimentales se usó botellas de plástico PET, sin contenido (vacías). En la mayoría de los casos, las botellas estuvieron en su volumen y forma original. Estas fueron introducidas dentro del prototipo que se encontró expuesto a los rayos del sol. Luego, se observó el resultado de dichas pruebas experimentales. La meta era obtener resina (plástico derretido) para ser usada como insumo para elaborar macetas, objetos ornamentales, ladrillos u otros. La intención fue aprovechar dicho plástico por segunda vez.

Las unidades de medición de las variables evaluadas durante el proceso de investigación fueron las siguientes:

- Prototipo = P1, P2, P3, P4, P5 y P6 = Prototipo 1, Prototipo 2, Prototipo 3, Prototipo 4, Prototipo 5 y Prototipo 6.
- Temperatura = C° = grados centígrados
- Tiempo = min = minutos
- Cantidad/volumen = cant/vol = N° de botellas usadas y su equivalencia en volumen (L) la cual fue multiplicada relativamente por 0.625, 1.5 y 3.0 litros.

Estas unidades de medición son presentadas en el capítulo de resultados del presente informe.

En la siguiente tabla se observa un resumen de las variables que fueron estudiadas.

Tabla 1

Operacionalización de las variables de investigación

Variables	Tipo de variable	Definición conceptual	Dimensiones	Indicadores	Instrumentos
Prototipo	Cualitativa e independiente	Magnitud física que expresa el tipo de prototipo solar	P1, P2, P3, P4, P5 y P6	Px = Tipo de prototipo	Tipo de materiales varios
Temperatura	Cuantitativa continua y dependiente	Magnitud física que expresa el grado o nivel de calor de los cuerpos, en este caso plástico tipo PET, o del ambiente.	Temperatura ambiental (referencial) Temperatura al interior del dispositivo (en el foco de la radiación)	Temperatura en días soleados Temperatura en días parcialmente nublados Temperatura en días soleados Temperatura en días parcialmente nublados	Termómetro
Tiempo	Cuantitativa continua y dependiente	Magnitud física que permite medir la duración de fundición de cada prototipo	Tiempo de duración de cada prueba experimental	Tiempo de inicio y finalización de cada prueba experimental. Duración la fundición	Un reloj, un cronometro
Cantidad y Volumen	Cuantitativa continua e independiente	Magnitud física que expresa el número de botellas y el volumen total	Botellas de plástico	Número o cantidad de Botellas PET Botellas de tamaño personal (0.635 litros), mediano (1.5 L) o familiar (3.0 L)	Se cuenta el número total de botellas y luego se multiplica por el volumen correspondiente para cada tipo de botella

3.5. Plan de procesamiento y análisis de datos

Se elaboraron formatos para cada variable y se analizaron los resultados de las pruebas experimentales mediante fórmulas estadísticas.

En el formato “Data cruda de evaluación de prototipos–registro de temperatura y tiempo” se registró la primera recolección de datos en campo de las pruebas de cada tipo de prototipo, desde el Prototipo 1 hasta el Prototipo 6. Se trabajó en tres horarios y con tres repeticiones. A continuación se describe los criterios para la toma de datos:

Prototipos:

- Prototipo 1 Caja cartón negro
- Prototipo 2 Caja cartón papel metálico
- Prototipo 3 Caja Cartón con espejo
- Prototipo 4 Lupa acrílico bi-convexa
- Prototipo 5 Lupa acrílico-planoconvexa
- Prototipo 6 Lente fresnel

Horarios:

- Mañana: entre las 9:00 y 10:30 am
- Mediodía: entre las 12:00 y 1:30 pm
- Tarde: entre las 3:00 y 4:30 pm

Todas las pruebas se realizaron con cielo despejado, máximo 10% de nublado. Cuando se incrementó el porcentaje (%) de nublado o presencia de nubes, no se consideró para la toma de datos porque no fueron representativos.

Respecto a las repeticiones, algunas de ellas se realizaron en la fecha y rango de horario establecido, mientras que otras tuvieron que realizarse al día siguiente por motivos de las condiciones climáticas.

Con los datos originales de “temperatura y tiempo” se procedió a calcular los valores de “Eficiencia de Prototipo” (EP) en base a la siguiente fórmula.

$$EP = \text{Temperatura} \times 1/\text{Tiempo}$$

La leyenda de los rangos establecido para la interpretación de la “Efectividad del Prototipo” es la siguiente:

- de 0 a 5: No es efectivo, la botella está casi intacta con ligera deformación.
- de 5 a 10: No es efectivo, la botella solo presenta alta deformación.
- de 10 a 15: Sí es efectivo, la botella se funde lentamente.
- de 15 a 20: Sí es efectivo, la botella se funde casi al instante.

Una vez obtenidos los valores de la “Efectividad del Prototipo” se procedió a realizar un “Análisis de varianza de dos factores con varias muestras por grupo” para determinar la diferencia estadística de las siguientes variaciones:

Muestras prototipos: P1, P2, P3, P4, P5, P6

Columnas: mañana, mediodía, tarde

Interacción: Muestras x columnas

El nivel de confiabilidad del análisis de varianza fue de 0.95 o 95%. En total se procesaron 54 datos, de los cuales resultaron seis prototipos multiplicado por tres horarios y multiplicado por tres repeticiones.

Además, se generaron gráficos de “Distribución F de Fisher” con la finalidad de validar las hipótesis nula o alternativa. Todos los cálculos y gráficos fueron realizados en el programa Excel a través de la aplicación “Análisis de datos”.

Por otro lado, de manera complementaria, se realizaron encuestas a seis familias en el distrito de Independencia y provincia de Huaraz para obtener datos de cantidad y volumen de botellas de plástico consumidas en su hogar. Esto estuvo referido solo a botellas de gaseosa y agua mineral.

Las encuestas se realizaron en tres temporadas de acuerdo a la siguiente distribución.

Repetición 1 de encuesta: Encuestado en el mes de marzo de 2019.

Repetición 2 de encuesta: Encuestado en el mes de setiembre 2019.

Repetición 3 de encuesta: Encuestado en el mes de enero 2020.

Cabe mencionar que los datos obtenidos fueron en condiciones normales; es decir antes del inicio de la “Pandemia Covid-19” y tampoco se consideró fechas o feriados especiales.

Los volúmenes considerados durante las encuestas fueron los más comunes y/o usados por cada familia y también los más vendidos en el mercado.

botella personal 0.625 L

botella mediana 1.5 L

botella familiar 3.0 L

Posteriormente se procesaron los datos obtenidos de las encuestas:

Total de botellas consumidas/mes.

Nº o cantidad de botellas consumidas/familia/mes.

Cantidad per cápita de botellas/mes.

Volumen total de las botellas/mes (L).

Volumen total de las botellas/familia/mes (L).

Volumen per cápita/mes.

CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 Presentación de resultados

Para la solución del problema de investigación se planteó desarrollar un prototipo o producto que funcione a base de energía solar capaz de fundir plástico PET. El propósito fue mitigar la problemática de acumulación de residuos de plástico tipo PET que es el más usado por las industrias embotelladoras.

La investigación que realizamos fue una investigación empírica. Tuvimos que realizar eventos repetidos para alcanzar los objetivos planteados. Se llevó a cabo en el distrito de Independencia, provincia de Huaraz, región o departamento de Ancash.

La ejecución de la investigación tuvo las siguientes fases:

Fase de inicio

Esta fase tuvo como propósito definir el proyecto y los prototipos con las cuales se iba a trabajar. Además, se definió el campo de acción para recolección de datos teniendo como punto de partida los antecedentes y bases teóricas. También se definió el lugar de trabajo.

Fase de elaboración

Una vez definida la teoría, se pasó a la siguiente fase en donde se determinó el problema, objetivos e hipótesis, es decir se armó el trabajo teórico en físico y se determinó de forma teórica el diseño del prototipo con el cual se iniciaría el estudio.

Fase de construcción

Es la fase de concreción física o material del proyecto teórico. Previamente, se diseñó el futuro prototipo con la finalidad de tener en cuenta los materiales a emplear.

Fase de experimentación

En esta fase ya se tuvo construido el prototipo, listo para ser probado y registrar la toma de datos.

Al probar dicho prototipo se tuvo en cuenta que se tenía que alcanzar los objetivos propuestos en el trabajo. Cuando surgieron variables imprevistas o si falló el prototipo, se tuvo que regresar a la fase de elaboración para mejorarlo.

Esta fase fue ejecutada en diferentes épocas del año, realizando las pruebas en forma secuencial de los prototipos fabricados.

En total se han probado seis (06) prototipos solares en los cuales se usaron diversos tipos de materiales. En resumen, las características son las siguientes:

- Prototipo 1: Caja de cartón negro
- Prototipo 2: Caja de cartón papel metálico
- Prototipo 3: Caja de cartón con espejo
- Prototipo 4: Lupa acrílica biconvexa
- Prototipo 5: Lupa acrílica-planoconvexa
- Prototipo 6: Lente Fresnel

Los horarios en los que se realizaron las pruebas y se tomaron los datos fueron los siguientes:

- Mañana: entre las 9:00 y 10:30 am
- Mediodía: entre las 12:00 y 1:30 pm
- Tarde: entre las 3:00 y 4:30 pm

Todas las pruebas se realizaron con cielo despejado, máximo 10% de nublado. Cuando se incrementó el porcentaje (%) de nublado o presencia de nubes, no se consideró la toma de datos por no ser representativos.

Los valores de “temperatura” obtenidos en campo fueron los siguientes: La temperatura mínima fue de 45 grados centígrados y la temperatura máxima fue de 200 grados centígrados.

Los valores de “tiempo” obtenidos en campo fueron los siguientes: El tiempo mínimo fue de 14 minutos y el tiempo máximo fue de 30 minutos.

4.1.1 Identificación del “prototipo” capaz de fundir botellas tipo PET

Pruebas de varios prototipos utilizados en la etapa de experimentación

4.1.1.1 Prototipo 1 (P1):

Caja de cartón de color negro en el exterior, con paredes interiores revestidas con papel de aluminio, con fondo interior de cartulina negra y tapa de vidrio.

Fecha de prueba: 01 al 15 de marzo de 2019

Materiales:

- 2 cajas de cartón
- Papel aluminio
- Cartulina color negro
- Silicona (líquida)
- Una lámina de vidrio
- Papel usado

Parámetros evaluados:

Los parámetros evaluados fueron: tipo de prototipo, temperatura, tiempo y volumen.

Procedimiento de armado del prototipo 1 (P1):

En primer lugar, se colocó la caja más pequeña en el interior de la caja más grande. Luego, se puso silicona en el interior de la caja más pequeña y se cubrió con cartulina negra todo el interior. Después, se rellenó las tapas y la zona sobrante entre ambas cajas con papel usado. Finalmente, la superficie interior de los laterales y las tapas fueron recubiertos con papel aluminio.

Para la prueba experimental del horno solar hecho con dos cajas de cartón, se revisó el interior con cartulina de color negro. El revestimiento de las tapas y laterales de la caja se realizó con la finalidad de captar mejor los rayos solares para poder reflejarlos al interior del horno. Se usó el color negro para poder absorber la radiación solar y asimismo para liberar el calor. La tapa del horno fue de vidrio con medidas de 55 cm x 37.5 cm. Al tapar el horno los rayos solares ingresan, pero no pueden salir, produciéndose un efecto tipo invernadero en miniatura.

La botella de plástico tipo PET de 625 ml fue arrugada y colocada en un recipiente de aluminio. Posteriormente, se colocó en el interior del horno. Luego, se tapó con la estructura de vidrio.

El horno o prototipo estuvo expuesto, en diferentes momentos, a la radiación solar en los tres horarios mencionados anteriormente (mañana: entre las 9:00 y 10:30 a m, mediodía: entre las 12:00 y 1:30 pm y tarde: entre las 3:00 y 4:30 pm). La temperatura en el interior del horno se elevó drásticamente en un periodo de 25

a 30 minutos. Además, se observó descenso inmediato de la temperatura cada vez que el cielo se cubre con nubes. La temperatura máxima alcanzada fue de 50 grados centígrados.

Cumplido el tiempo de 30 minutos, la botella arrugada comenzó a recuperar su forma original y luego presentó cierta deformidad en la parte inferior (ligera deformación).

Conclusiones:

- Tipo de prototipo = P1
- Temperatura máxima = 50 °C
- Tiempo máximo: 30 minutos
- Volumen: 03 botellas PET de 0.625 L cada uno y 01 botella/repetición.
- No se logró la fundición de las botellas PET. Solo se observó ligera deformación.
- Se observó un cambio brusco de la temperatura con la presencia de nubes. Es decir, a medida que se cubre y se despeja el cielo.

Figura 9

Armado de las cajas de cartón



Figura 10

Termómetro marcando rangos entre 34°C y 50°C



Figura 11

Instalación de la prueba en horas de sol



Figura 12

Ligera deformación de la botella PET



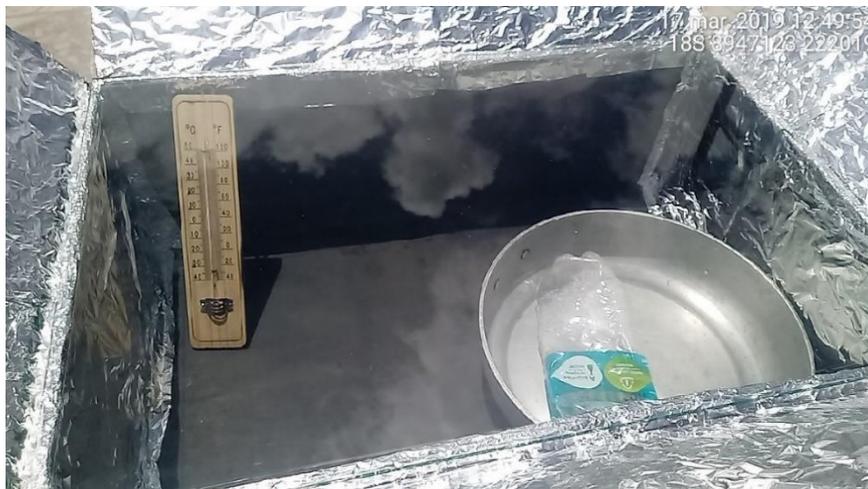
Figura 13

Cambio de cielo despejado o parcialmente nublado



Figura 14

Seguimiento de la temperatura



4.1.1.2 Prototipo 2 (P2):

Caja de cartón, revestido en su interior al 100% con papel de aluminio, y en el exterior pintado de color negro y tapa de vidrio.

Fecha de prueba: Del 16 al 31 de marzo de 2019

Materiales:

- 2 cajas de cartón
- Papel aluminio
- Silicona (líquida)
- Una lámina de vidrio
- Papel usado
- Esmalte de color negro
- Brocha

Parámetros evaluados:

Los parámetros evaluados fueron: tipo de prototipo, temperatura, tiempo y volumen.

Procedimiento de armado del prototipo 2 (P2):

Para la segunda prueba, se recubrió todo el fondo, las tapas y laterales de la caja con papel aluminio. La finalidad fue captar mejor los rayos solares y así poder reflejarlos hacia el centro de la caja para producir un efecto de rebote en su interior, ya que la luna al cubrirlo no deja escapar los rayos solares. Luego, se pintó con brocha el exterior de la caja con esmalte de color negro.

Para la prueba experimental un horno solar hecho con dos cajas de cartón, todo el interior estuvo revestido con papel aluminio. Las tapas laterales de la caja también fueron revestidas con papel aluminio con la finalidad de captar mejor los rayos solares y poder reflejarlos al interior del horno. Se usó el color negro en el exterior de la caja para absorber mejor la radiación solar y así evitar el enfriamiento de la caja por condiciones de viento. La tapa del horno fue de vidrio con medidas de 55 cm x 37.5 cm. Al tapar el horno, los rayos solares ingresaron, pero no pudieron salir, produciéndose un efecto tipo invernadero en miniatura.

La botella de plástico tipo PET de 625 ml se colocó en un recipiente de aluminio. Posteriormente, se tapó en el interior del horno o prototipo. Para la respectiva prueba colocamos el horno en el exterior (en la azotea del cuarto piso) teniendo una temperatura ambiente de 18 grados centígrados con un cielo parcialmente nublado. Luego de los 24 minutos, la temperatura se elevó drásticamente llegando hasta los 60 grados centígrados en el interior del horno. Entonces, la botella fue colocada destapada con la finalidad de que el calor generado por los rayos solares ingrese al interior de la botella. Al cabo de 30 minutos, la botella presentó facilidad de deformarse con la mano y la parte inferior presentó otra coloración y textura con una ligera deformación. Se pudo comprobar la eficacia

del horno cuyo interior está recubierto de papel aluminio. Los resultados son muy similares a los obtenidos en el prototipo 1.

Para realizar esta segunda prueba el clima se encontró muy variable. Mucho viento, sol intermitente y mucha nubosidad no permiten volver más objetiva esta prueba ya que el principal condicionante es el clima.

Conclusiones:

- Tipo de prototipo = P2
- Temperatura máxima = 60 °C
- Tiempo máximo: 60 minutos
- Volumen: 03 botellas PET de 0.625 L cada una. Una botella por cada repetición.
- No se logró la fundición de las botellas PET. Solo se observa ligera deformación.
- Se observa un cambio brusco de la temperatura con la presencia de nubes y viento.

Figura 15

Papel de aluminio



Figura 16

Medición de temperatura en el interior de caja



Figura 17

Observación de la botella plástica PET



Figura 18

Medición de temperatura ambiental



Figura 19

Botella en interior del horno por 90 minutos



Figura 20

Cielo con presencia de vientos



4.1.1.3 Prototipo 3 (P3):

Caja de cartón, revestido en el interior al 100% con espejos y tapa de vidrio.

Fecha de prueba: setiembre 2019

Materiales:

- 02 cajas de cartón de 40 x 60 cm aproximadamente.
- Pegamento silicona.
- Papel usado
- Espejos de vidrio de 02 mm de espesor.
- Tapa de vidrio color transparente de 03 mm de espesor.
- Botella de plástico tipo PET de 625 ml.
- Termómetro ambiental
- Cronómetro

Parámetros evaluados:

Los parámetros evaluados fueron: tipo de prototipo, temperatura, tiempo y volumen.

Procedimiento de armado del prototipo 3 (P3):

El procedimiento de armado consistió en unir las dos cajas de cartón; es decir superpuestas una con otra debido a que hay una ligera diferencia de tamaño de los cajones. Luego, se revistió todo el interior del cajón con espejos de vidrio adheridos con pegamento silicona.

Los espejos de vidrio son de superficie lisa, color transparente y de dos milímetros de espesor. Además, la caja tuvo tapas laterales móviles que también estuvieron revestidos con espejo con la finalidad de incrementar el reflejo de la radiación solar.

Cuando el cielo se encontró total o parcialmente nublado, no fue posible el incremento de la temperatura y el reflejo de los rayos solares.

Una vez armada la caja de cartón revestida con espejos, se procedió a colocar en el interior de la caja una botella de plástico de 0.625 L. Se realizó la prueba en horas de sol. Se observó incremento de la temperatura que varió desde los 70 a 75 °C y un tiempo de prueba de 22 a 25 minutos. Se observó ligera deformación de la botella de plástico.

El tiempo de exposición al sol del prototipo 3 fue máximo de 25 minutos en algunas pruebas, no lográndose el objetivo de la fundición de la botella. La prueba se realizó en los horarios establecidos (mañana, mediodía y tarde).

Para la prueba experimental se utilizó un horno solar hecho por dos cajas de cartón con todo el interior revestido con espejos. Las tapas laterales de la caja

también fueron revestidas por espejos con la finalidad de captar mejor los rayos solares para poder reflejarlos al interior del horno. Se usó el color negro en el exterior de la caja para absorber mejor la radiación solar y así evitar el enfriamiento de la caja por condiciones de viento. La tapa del horno fue de vidrio con medidas de 55 cm x 37.5 cm. Al tapar el horno, los rayos solares ingresaron, pero no pudieron salir, produciéndose un efecto tipo invernadero en miniatura.

Conclusiones:

- Tipo de prototipo = P3
- Temperatura máxima = 75 °C
- Tiempo: de 22 a 25 minutos.
- Volumen: 03 botellas PET de 0.625 L cada uno. Una botella por cada repetición.
- No se logró la fundición de las botellas PET. Solo se observó ligera deformación.
- Se observó un cambio brusco de la temperatura con la presencia de nubes y viento.

Además de un intenso reflejo de la radiación solar en horas de sol intensa.

Figura 21

Pegado de espejos con silicona



Figura 22

Caja revestida con espejos en el interior y color negro en el exterior



Figura 23

Exposición de la caja a la radiación solar



Figura 24

Apertura de las tapas laterales de la caja



Figura 25

Observación del prototipo 3 en horas de sol



Figura 26

Resultado final con ligera deformación de botella plástica



4.1.1.4 Prototipo 4 (P4):

Lupa de material acrílico con superficie biconvexa.

Fecha de prueba: noviembre de 2019

Materiales:

- 02 tapas de 45 cm de diámetro con superficie convexa de material acrílico transparente unidas con pernos y tuercas 3/8 de diámetro.
- Pegamento silicona.
- Jebe tipo empaquetadura para el sellado de las tapas de acrílico.
- Agua de caño
- Termómetro ambiental, cronómetro
- Tapones de jebe
- Botellas de plástico tipo PET

Parámetros evaluados:

Los parámetros evaluados fueron: tipo de prototipo, temperatura, tiempo y volumen.

Procedimiento de armado del prototipo 4 (P4):

En la ciudad de Lima se compró una plancha de material acrílico de superficie lisa, color transparente y 03 milímetros de espesor. Con el mismo proveedor se solicitó la fabricación de dos tapas circulares de forma cóncava convexa de 45 centímetros de diámetro y 06 centímetros de curvatura. Las tapas circulares presentaron agujeros a los lados para facilitar la unión de ambas tapas a través de pernos y tuercas, quedando con la forma de una lupa grande. Para garantizar el sellado hermético de ambas tapas se usó una empaquetadura de jebe y también pegamento silicona.

Para la unión se utilizó pegamento silicona, jebe de empaquetadura, pernos y tuercas. Una vez armada la lupa de superficie biconvexa, se llenó al 100% el interior de la lupa con agua de caño. Se eliminó todas las burbujas de aire. Finalmente, se selló la abertura de ingreso de agua para evitar la pérdida de agua. La prueba consistió en exponer la lupa armada al exterior en horas de sol. Se cogió la lupa entre dos personas por el peso de 15 a 20 kilogramos aproximadamente. Se ubicó una botella de plástico donde la radiación presentó máxima convergencia.

La botella de plástico PET se colocó debajo de la lupa y en el punto de convergencia de la radiación solar. El tiempo de espera fue máximo de 23 minutos. Se observó que la botella de plástico no logró fundirse. Solo se logró una ligera deformación de forma localizada. La temperatura máxima obtenida en la zona de

convergencia fue 90 grados centígrados. Se realizó la prueba con 03 botellas de plástico PET de tamaños personal de 0.625, 1.5 y 3.0 L respectivamente.

Conclusiones:

- Tipo de prototipo = P4
- Temperatura máxima = 90 °C
- Tiempo máximo de prueba: 23 minutos
- Volumen: 03 botellas PET de 0.625, 1.5 y 3.0 L respectivamente, usados de manera aleatoria una por cada horario.
- No se logró la fundición de las botellas PET. En algunas botellas se observó ligera deformación y en otras se observó alta deformación.
- La presencia de vientos no ayudó al calentamiento de la superficie de la botella.
No se logró perfecta convergencia de la radiación solar.

Figura 27

Diseño de lupa que fue fabricado

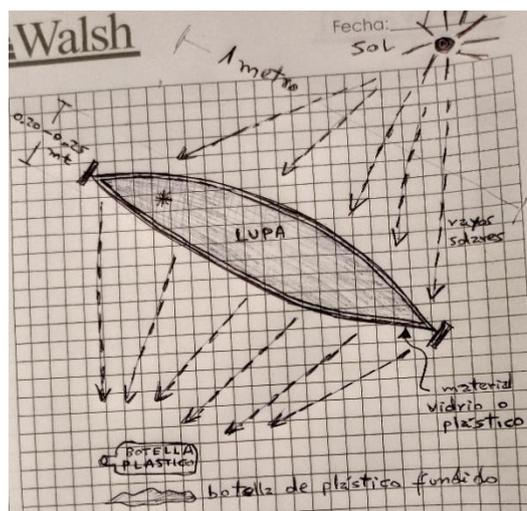


Figura 28

Fabricación de planchas circulares cóncavo convexas



Figura 29

Llenado de agua en la lupa



Figura 30

Verificación de fuga de agua de la lupa



Figura 31

Prueba de fundición de botella con prototipo 4



Figura 32

Punto de convergencia de la radiación solar



4.1.1.5 Prototipo 5 (P5):

Lupa de material acrílico con superficie planoconvexa.

Fecha de prueba: enero de 2020

Materiales:

- 01 tapa de material acrílico de color transparente.
- Agua de caño.
- Botella de plástico PET.
- Termómetro ambiental.
- Cronómetro para control del tiempo.

Parámetros evaluados:

Los parámetros evaluados fueron: tipo de prototipo, temperatura, tiempo y volumen.

Procedimiento de armado del prototipo 5 (P5):

Respecto a la prueba anterior del prototipo 4, se reusó una de las tapas para lo cual se separó la lupa en dos mitades. Solo una de ellas se usó con el llenado de agua. Se logró obtener una lupa de forma planoconvexa posicionada de forma horizontal.

Una vez obtenida una de las tapas de la lupa de material acrílico, se procedió a llenar con agua de caño. En esta etapa se aseguró que no quede burbujas de aire en el interior del cuerpo de agua. Se cogió dicha tapa de tal manera que el lado plano quedó hacia arriba y el lado convexo quedó mirando hacia abajo. Finalmente, se sostuvo la tapa entre dos personas para conservar el equilibrio y evitar el derrame del agua. Sin embargo, la presencia del viento hizo que no se estabilice la superficie plana de la lupa conformada por el agua.

La metodología de la prueba consistió en sostener la tapa de material acrílico en las horas de sol. En la parte baja se colocó una botella plástica para observar los cambios. La duración de la prueba fue de 15 minutos a 20 minutos. Al mismo tiempo se observó la efectividad de la convergencia de la radiación solar, la cual no fue la correcta porque se observó de manera dispersa o des uniforme la convergencia de la radiación solar. Además, se observó un ligero movimiento de la zona de convergencia procedente del agua contenida en la tapa convexa de material acrílico.

El objetivo de este tipo de prueba fue recepcionar la energía solar desde una superficie plana y por consiguiente mejorar la convergencia de la radiación solar a través de un cuerpo de agua de forma planoconvexa.

No se logró la fundición de la botella plástica PET, solo se observó una ligera deformación de la botella de forma localizada y en otras se observó alta deformación, alcanzando una temperatura máxima de 90 grados centígrados. Por lo tanto, este tipo de prueba quedó descartado como prototipo.

Conclusiones:

- Tipo de prototipo = P5
- Temperatura máxima = 90 °C
- Tiempo: De 15 a 20 minutos
- Volumen: 01 botella PET de 0.625 L usado para cada horario y repetición.
- No se logró la fundición de las botellas PET. Solo se observó ligera deformación de forma localizada y en otras botellas alta deformación.
- La presencia de vientos hizo que no sea estable la superficie plana de la lupa. No se logró perfecta convergencia de la radiación solar. También se observó ligero movimiento de la convergencia procedente del cuerpo de agua del prototipo 5.

Figura 36

Reflejo de la imagen de una de las tapas



Figura 37

Tapa de lupa de material acrílico llenado con agua



Figura 38

Lupa con superficie planoconvexa



Figura 39

Prueba de fundición de botella PET



Figura 40

Prueba de quemado de material cartón



Figura 41

Tiempo de espera de 15 minutos con botella PET



4.1.1.6 Prototipo 6 (P6):

Lente Fresnel de material acrílico.

Fecha de prueba: marzo de 2020

Materiales:

- Botella de plástico PET de 0.625, 1.5 y 3.0 litros
- Termómetro ambiental.
- Cronómetro para control del tiempo.
- 01 lente o lupa tipo Fresnel de 30 x 40 centímetros.

Parámetros evaluados:

Los parámetros evaluados fueron: tipo de prototipo, temperatura, tiempo y volumen.

Procedimiento de armado del prototipo 6 (P6):

En la ciudad de Lima se realizó la compra de un lente o lupa tipo Fresnel. El lente tiene un lado plano-liso y el otro lado con las ranuras tipo Fresnel, la misma que se coloca de forma horizontal ubicando el lado convexo tanto en la parte inferior como superior.

La adquisición del lente Fresnel fue por compra directa ya que no fue fácil conseguir proveedores. El lente Fresnel es una mica de material acrílico de color transparente de 30x40 centímetros y 03 milímetros de espesor en promedio. Tiene peso ligero de unos 230 gramos aproximadamente y se usa directamente sin necesidad de realizar preparaciones previas.

La metodología consistió en coger con las manos el lente Fresnel y colocar en posición horizontal. Debajo del lente Fresnel se colocó una botella plástica de cada tamaño y por separado o de manera individual por un tiempo de 14 a 15 minutos; luego se observó que la botella llegó a deformarse, hacerse un agujero e inmediatamente lográndose su fundición. Durante el proceso de fundición se observó ligera generación de emanación de gases (humo) de color negro-azul que podría afectar la calidad del aire.

Es importante mencionar que los mejores resultados se obtuvieron cuando la posición de las ranuras se ubicó en el lado superior (mirando hacia arriba) y la parte plana se ubicó en la parte baja, ya que la fundición de la botella fue en menor tiempo. La posición contraria tomó más tiempo para lograr la fundición de la botella. Para obtener mejores resultados solo bastó incrementar el tamaño del lente Fresnel y con esto también se incrementó el diámetro de la convergencia de la radiación solar.

Las condiciones ambientales fue cielo despejado al 80%. La botella plástica estuvo vacía. Se tuvo todos los cuidados para evitar accidentes de quemaduras en la mano y para ello se usó guantes de seguridad. También en algunos casos se usó lentes oscuros.

La temperatura obtenida en el punto de convergencia de la radiación solar fue de 190 a 200 °C aproximadamente. De igual manera, la efectividad varió de acuerdo con las condiciones climáticas. Se usó los tres tamaños de botellas PET de volúmenes 0.650, 1.5 y 3.0 litros.

Conclusiones:

- Tipo de prototipo = P6
- Temperatura máxima = 200 °C aproximadamente
- Tiempo: de 14 a 15 minutos
- Volumen: botellas PET de 0.625, 1.5 y 3.0 L usados una por cada horario y repetición.
- Sí se logró la deformación y fundición de las botellas, por lo tanto “sí es efectivo, pues la botella se funde lentamente”.
- El punto de convergencia de la radiación solar se observó más pequeño y uniforme. También se observó la generación de una ligera emanación de gases hacia la atmósfera.

Figura 42

Ubicación horizontal del lente Fresnel



Figura 43

Inicio de la prueba con botella personal de 0.625L



Figura 44

Inicio de la prueba con botella familiar de 3.0L



Figura 45

Inicio de la deformación y fundición de la botella



Figura 46

Parte de la botella deformada y fundido



Figura 47

Cielo despejado en 80% durante la prueba



4.1.1.7 Prototipo 6b (P6b): Complemento al prototipo anterior

Lente Fresnel de material acrílico.

Fecha de prueba: mayo a julio de 2022

Materiales:

- Botella de plástico PET de 0.625, 1.5 y 3.0 litros
- Termómetro ambiental.
- Cronómetro para control del tiempo.
- 01 lente o lupa tipo Fresnel de tamaño grande de 61 pulgadas. Es decir, 112 x 86 centímetros.

Parámetros evaluados:

Los parámetros evaluados fueron: tipo de prototipo, temperatura, tiempo y volumen.

Procedimiento de armado del prototipo 6b (P6b):

En la página web de la empresa Green Power Science se realizó la búsqueda del lente Fresnel de tamaño más grande con denominación “61 Spot Fresnel Lens Framed”. Posteriormente se realizó la compra vía internet. Así mismo, se gestionó el traslado del lente Fresnel desde Miami (USA) hasta la ciudad de Lima. El lente tiene un lado plano-liso y el otro lado con las ranuras concéntricas tipo Fresnel. Durante la prueba se colocó de forma horizontal ubicando en el lado convexo o ranurado, tanto en la parte inferior como superior.

El lente Fresnel es una mica de material acrílico de color translúcido de 112x86 centímetros y 04 milímetros de espesor aproximadamente. Tiene peso de

21 libras o su equivalente 9.52 kilogramos y se usa directamente sin necesidad de realizar preparaciones previas.

La metodología consistió en coger con las manos el lente Fresnel (entre 02 personas) y colocar en posición horizontal. Debajo del lente Fresnel se colocó una botella plástica vacía de cada tamaño y por separado o de manera individual por un tiempo de 14 a 15 minutos. Luego se observó que la botella llegó a deformarse, hacerse un agujero y lográndose la fundición de la botella dentro del tiempo de prueba. Durante el proceso de fundición se observó ligera generación de emanación de gases (humo) de color negro-azul que podría afectar la calidad del aire.

Es importante mencionar que los mejores resultados se obtuvieron cuando la posición de las ranuras se ubicó en el lado superior (mirando hacia arriba) y la parte plana se ubicó en la parte baja, pues la fundición de la botella fue en menor tiempo. La posición contraria tomó más tiempo para lograr la fundición de la botella. Las pruebas se realizaron en el distrito de Independencia y en el distrito de Jangas, ambos en la provincia de Huaraz. Las condiciones ambientales fueron de cielo despejado al 85% aproximadamente. En todo momento se tomaron las medidas de seguridad para evitar accidentes como quemaduras y otros.

Conclusiones:

- Tipo de prototipo = P6b
- Temperatura máxima = 190 a 200 °C aproximadamente
- Tiempo: de 14 a 15 minutos
- Volumen: botellas PET de 0.625, 1.5 y 3.0 L usados una por cada horario y repetición.

- Sí se logró la deformación y fundición de las botellas, por lo tanto “sí es efectivo, pues la botella se funde lentamente”.
- El punto de convergencia de la radiación solar se observó más pequeño y uniforme. También se observó la generación de una ligera emanación de gases hacia la atmósfera.

Figura 48

Compra de lente Fresnel grande de 112x86 cm de Estados Unidos (Miami)

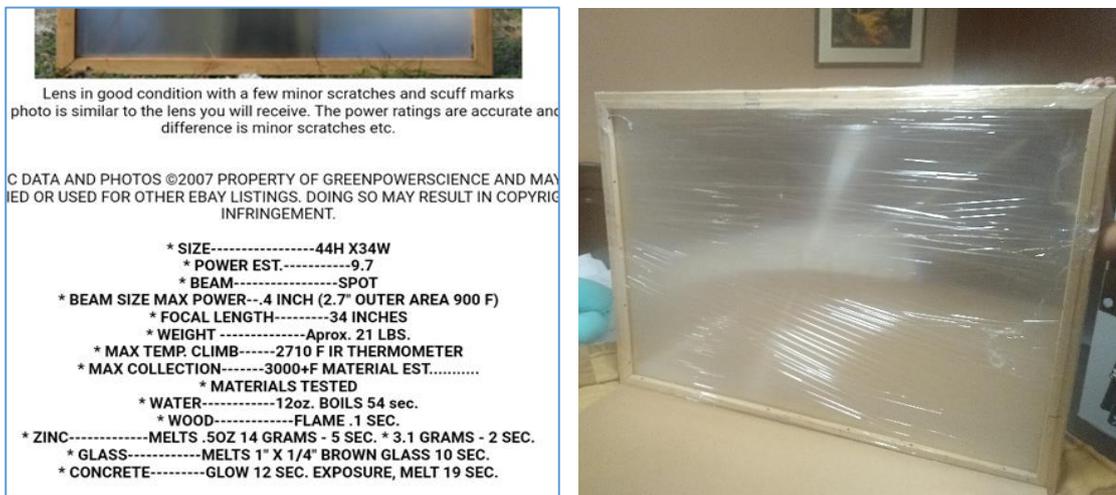


Figura 49

Prueba de lente Fresnel en Independencia (3,100 m.s.n.m. aprox.)



Figura 40

Prueba de lente Fresnel en Jangas (2,850 m.s.n.m. aprox.)



Figura 41

Prueba de fundición de botella plástica de 3 L



Figura 42

Proceso de fundición de la botella



Figura 43

Estado final de la botella plástica



Datos obtenidos de campo de prueba de prototipos

En la siguiente tabla se muestran los datos “temperatura y tiempo” obtenidos de campo en las pruebas de los seis prototipos. Se han considerado tres horarios y tres repeticiones.

Tabla 2

Data cruda de evaluación de prototipos. Registro de temperatura y tiempo

Prototipos	Horario y Repetición	mañana		mediodía		tarde	
		Temperatura (°C)	Tiempo (min)	Temperatura (°C)	Tiempo (min)	Temperatura (°C)	Tiempo (min)
Prototipo 1	repeticón 1	50	30	50	30	50	30
	repeticón 2	48	25	46	27	48	30
	repeticón 3	45	28	50	30	47	28
Prototipo 2	repeticón 1	55	30	53	30	60	30
	repeticón 2	60	25	60	25	60	30
	repeticón 3	60	27	60	24	55	27
Prototipo 3	repeticón 1	70	25	73	25	70	25
	repeticón 2	75	22	75	24	75	22
	repeticón 3	74	25	74	25	75	24
Prototipo 4	repeticón 1	80	20	90	20	85	20
	repeticón 2	84	23	88	16	90	20
	repeticón 3	90	16	90	20	90	18
Prototipo 5	repeticón 1	90	15	90	16	90	15
	repeticón 2	85	20	85	20	85	20
	repeticón 3	87	20	89	20	80	17
Prototipo 6	repeticón 1	200	15	200	14	200	15
	repeticón 2	196	15	199	15	195	15
	repeticón 3	190	14	200	14	200	14

Cálculo de valores de “Eficiencia de prototipos”

En base a los datos de “temperatura y tiempo” que se muestran en la tabla anterior se procedió a calcular los valores de “Eficiencia de prototipo” (EP) con la siguiente fórmula: $EP = \text{Temperatura} \times 1/\text{Tiempo}$.

En la Tabla 3 se muestran los resultados de Eficiencia de prototipo (EP) en base a la siguiente leyenda:

- de 0 a 5: No es efectivo, la botella está casi intacta con ligera deformación.
- de 5 a 10: No es efectivo, la botella solo presenta alta deformación.

- de 10 a 15: Sí es efectivo, la botella se funde lentamente.
- de 15 a 20: Sí es efectivo, la botella se funde casi al instante.

Tabla 3

Cálculo de eficiencia del prototipo (Temperatura x 1/Tiempo) = EP

Protot/repet/horar	Mañana	Mediodía	Tarde	Interpretación	
Prototipo 1	1.67	1.67	1.67	De 0 a 5: No es efectivo, la botella está casi intacta con ligera deformación.	
	1.92	1.70	1.60		
	1.61	1.67	1.68		
Prototipo 2	1.83	1.77	2.00		
	2.40	2.40	2.00		
	2.22	2.50	2.04		
Prototipo 3	2.80	2.92	2.80	De 5 a 10: No es efectivo, la botella solo presenta alta deformación.	
	3.41	3.13	3.41		
	2.96	2.96	3.13		
Prototipo 4	4.00	4.50	4.25		De 10 a 15: Sí es efectivo, la botella se funde lentamente.
	3.65	5.50	4.50		
	5.63	4.50	5.00		
Prototipo 5	6.00	5.63	6.00		
	4.25	4.25	4.25		
	4.35	4.45	4.71		
Prototipo 6	13.33	14.29	13.33		
	13.07	13.27	13.00		
	13.57	14.29	14.29		

Análisis de varianza de prueba de prototipos

Se realizó un análisis de varianza (ANOVA por sus siglas en inglés, Analysis Of Variance) de los tipos o formas de “prototipos” usados en base a sus valores de efectividad. Cabe mencionar que la efectividad se calculó usando datos de temperatura y tiempo. Esto se realizó con el objetivo de determinar el nivel de significancia y diferencia estadística entre las formas de prototipos. Además, de ello

se usaron dos (02) factores correspondientes a tres (03) horarios (mañana, mediodía, tarde) y tres (03) repeticiones.

En la siguiente tabla, se muestra los resultados del análisis de varianza de prototipos.

Tabla 4

Análisis de varianza de dos factores, varias muestras/grupo de prototipos

<i>Origen de las variaciones</i>	<i>Suma de cuadrados</i>	<i>Grados de libertad</i>	<i>Promedio de los cuadrados</i>
Muestra: P1, P2, P3, P4, P5, P6	874.62812	5	174.925624
Columnas: mañ, med, tar	0.208507411	2	0.104253705
Interacción	0.807602934	10	0.080760293
Dentro del grupo (error)	10.52393608	36	0.292331558
Total	886.1681665	53	

<i>Origen de las variaciones</i>	<i>F</i>	<i>Probabilidad</i>	<i>Valor crítico para F</i>
Muestra: P1, P2, P3, P4, P5, P6	598.3809116	1.4074238E-33	2.477168673
Columnas: mañ, med, tar	0.356628296	0.702477859	3.259446306
Interacción	0.276262659	0.982615433	2.10605391
Dentro del grupo (error)			
Total			

Los resultados de la Tabla 4 nos permite realizar las siguientes interpretaciones:

Nivel de significancia de prototipos:

De acuerdo con los valores obtenidos, $598.38 > 2.48$ y $1.40742380419805E-33 < 0.05$ equivale a "***". Por lo tanto, el análisis de "prototipos" sí es altamente significativo y hay diferencia estadística significativa entre los prototipos P1, P2, P3, P4, P5 y P6.

Nivel de significancia de horarios:

De acuerdo con los valores obtenidos, $0.36 < 3.26$ y $0.70 > 0.05$ equivale a "n.s.". Por lo tanto, el análisis de "horarios" no es significativo y no hay diferencia estadística entre los horarios.

Nivel de significancia de prototipo y horario:

De acuerdo con los valores obtenidos, $0.28 < 2.11$ y $0.98 > 0.05$ equivale a "n.s.". Por lo tanto, el análisis de la interacción de "prototipo y horario" no es significativo y no hay diferencia estadística entre la interacción de prototipos y horario.

4.2 Prueba de hipótesis

Figuras de distribución F y prueba de hipótesis de prototipos

De acuerdo con el resultado obtenido de "F calculado" versus "Valor crítico para F" podemos hacer las siguientes comparaciones que fueron representadas en las figuras 1, 2 y 3 llamadas Figuras de Distribución F de Fisher de prototipos.

A continuación, mostraremos los resultados de las "hipótesis de los prototipos" y de manera adicional, las "hipótesis de horarios e interacción "prototipo y horario".

Hipótesis específica 1 = Prototipos = H1 = Hipótesis alternativa

F calculado (Fc)

Valor crítico para F (F α)

598.3809116 > 2.477168673

Hipótesis Nula: Ho: $u_1 = u_2 = u_3 = u_4 = u_5 = u_6$

Hipótesis alternativa: H1: al menos una media es distinta ó

$P_1 \neq P_2 \neq P_3 \neq P_4 \neq P_5 \neq P_6$

De acuerdo con la Figura 1, se observa que el F calculado (F_c) se encuentra en la cola y fuera del área de H_0 (hipótesis nula) de la figura de Fisher. Por lo tanto, se rechaza la hipótesis nula (H_0) y se acepta la hipótesis alternativa (H_1); es decir, existe diferencia significativa entre prototipos y sí concuerda con la hipótesis específica 1.

Adicionalmente: Hipótesis de “horario” e “interacción”

F calculado (F_c)	Valor crítico para F (F_α)
0.356628296	< 3.259446306
0.276262659	< 2.10605391

Se elaboró las figuras de distribución de Fisher de “horarios” y la interacción de “prototipo y horario”. En las figuras 2 y 3, para ambos casos, el F calculado (F_c) se encuentra dentro del área H_0 . Por lo tanto, en análisis de “horario” e “interacción” se acepta la hipótesis nula (H_0); y se rechaza la hipótesis alternativa (H_1). Esto significa que son estadísticamente iguales el horario y la interacción.

Figura 1

Distribución F de prototipos solares

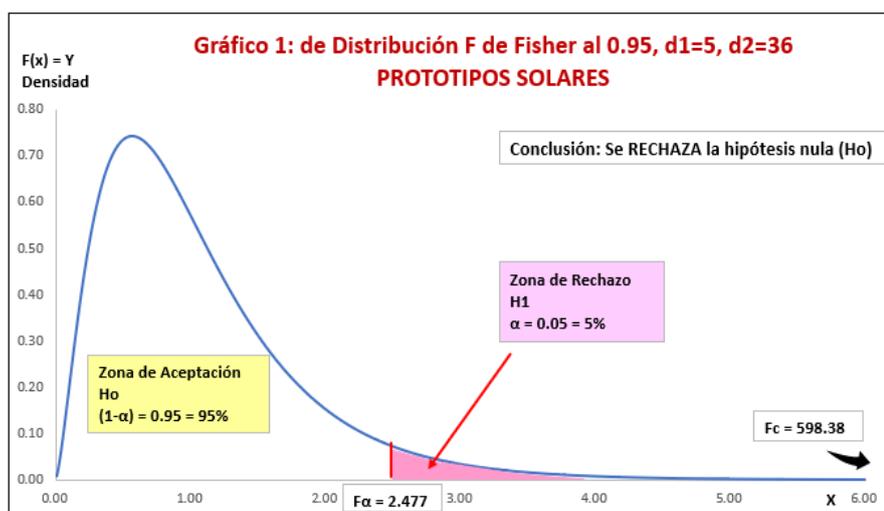


Figura 2

Distribución F de Horarios (mañana, mediodía y tarde)

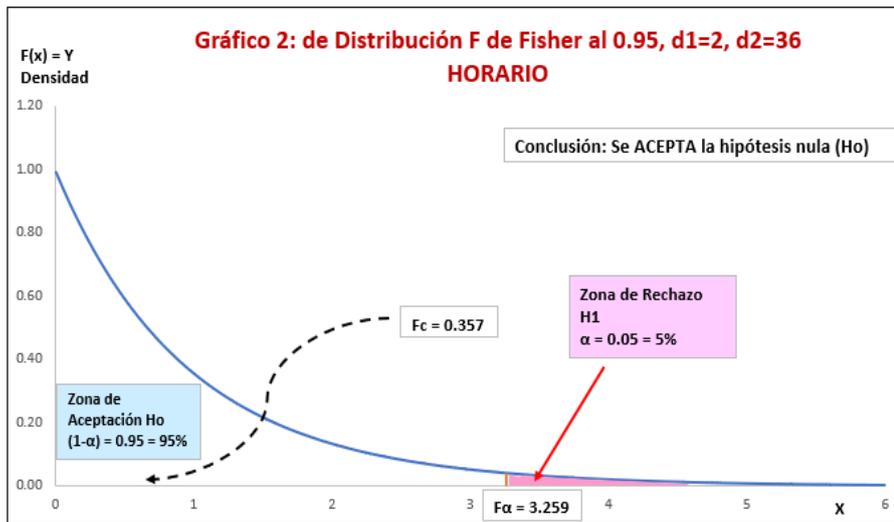
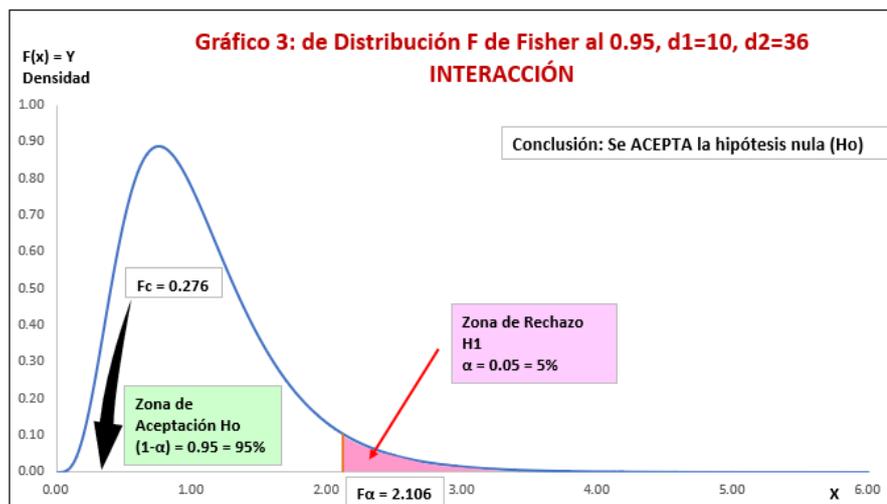


Figura 3

Distribución F de Interacción (prototipo y horario)



Determinación de “temperatura mínima necesaria” para fundir botellas

En la Tabla 5 se muestran los datos de temperatura obtenidos en campo para los seis prototipos y tres repeticiones.

La “temperatura mínima necesaria” es aquella con la cual se logró fundir al 100% una botella plástica tipo PET. De acuerdo con los resultados obtenidos en la tabla 5, fue necesario 200 °C de temperatura, que corresponde al prototipo 6 (lente Fresnel).

Hipótesis específica 2 = Temperatura = H1 = Hipótesis Alternativa

F calculado (Fc)		Valor crítico para F (F α)
0.00583618	<	3.17879929

Hipótesis Nula: Ho: $h_1=h_2=h_3$

Hipótesis Alternativa: H1: al menos una media es distinta ó $t_1 \neq t_2 \neq t_3 \neq t_4 \dots \neq t_{18}$

En la Tabla 6 se observa que el F calculado (Fc) es menor al Valor crítico para F (F α). Por lo tanto, se acepta la hipótesis nula (Ho) y se rechaza la hipótesis alternativa (H1); es decir, no existe una diferencia significativa entre los valores de temperatura y horario. En este caso no concuerda con la hipótesis específica 2.

Tabla 5

Registro de valores de temperatura (°C)

Temperatura (°C)		
mañana	mediodía	tarde
50	50	50
48	46	48
45	50	47
55	53	60
60	60	60
60	60	55
70	73	70
75	75	75
74	74	75
80	90	85
84	88	90
90	90	90
90	90	90
85	85	85
87	89	80
200	200	200
196	199	195
190	200	200
Temperatura (°C) mínimo registrado		45
Temperatura (°C) máximo registrado		200

Tabla 6

Análisis de varianza de un factor temperatura y horario

Análisis de varianza de un factor (temperatura&horario)				
RESUMEN				
<i>Grupos</i>	<i>Cuenta</i>	<i>Suma</i>	<i>Varianza</i>	
mañana	18	1639	2516.526144	
mediodía	18	1672	2649.163399	
tarde	18	1655	2611.46732	
ANÁLISIS DE VARIANZA				
<i>Origen de las variaciones</i>	<i>Suma de cuadrados</i>	<i>Grados de libertad</i>	<i>F</i>	<i>Valor crítico para F</i>
Entre grupos	30.25925926	2	0.00583618	3.178799292
Dentro de los grupos	132211.6667	51		
Total	132241.9259	53		

Medición del tiempo de duración para fundición de botella

En la Tabla 7 se muestran los datos de “tiempo” obtenidos en campo para los seis prototipos y tres repeticiones.

La “medición del tiempo de duración para fundición de botella” es aquella con la cual se logró deformar o fundir al 100% una botella plástica tipo PET. De acuerdo con los resultados obtenidos en la Tabla 7, fue necesario 30 minutos como máximo para la fundición de una botella, que corresponde al prototipo 6 (lente Fresnel). En el tiempo mínimo de 14 minutos, solo se observó una ligera deformación en la botella y manteniéndose constante; es decir, no se observó ningún cambio adicional en la botella durante los 14 minutos.

Tabla 7

Registro de valores de tiempo de fundición (minutos)

Tiempo (minutos)		
mañana	mediodía	tarde
30	30	30
25	27	30
28	30	28
30	30	30
25	25	30
27	24	27
25	25	25
22	24	22
25	25	24
20	20	20
23	16	20
16	20	18
15	16	15
20	20	20
20	20	17
15	14	15
15	15	15
14	14	14
Tiempo (minutos) mínimo registrado		14
Tiempo (minutos) máximo registrado		30

Hipótesis específica 3 = Tiempo = Ho = Hipótesis nula

F calculado (Fc) Valor crítico para F (F α)

0.01480320 < 3.17879929

Hipótesis Nula: Ho: h1=h2=h3

Hipótesis Alternativa: H1: al menos una media es distinta ó
t1≠t2≠t3≠t4...≠t18

De acuerdo con la Tabla 8, se observa que el F calculado (Fc) es menor al Valor crítico para F (F α). Por lo tanto, se acepta la hipótesis nula (Ho) y se rechaza la hipótesis alternativa (H1); es decir, no existe diferencia significativa entre los valores de tiempo versus horario. En este caso sí concuerda con la hipótesis específica 3.

Tabla 8

Análisis de varianza de un factor tiempo y horario

Análisis de varianza de un factor (tiempo&horario)				
RESUMEN				
Grupos	Cuenta	Suma	Varianza	
mañana	18	395	28.52614379	
mediodía	18	395	30.40849673	
tarde	18	400	34.88888889	
ANÁLISIS DE VARIANZA				
Origen de las variaciones	Suma de cuadrados	Grados de libertad	F	Valor crítico para F
Entre grupos	0.925925926	2	0.014803204	3.178799292
Dentro de los grupos	1595	51		
Total	1595.925926	53		

Velocidad de fundición versus eficiencia de prototipo

En la siguiente Tabla 9 se muestran los resultados de las velocidades de fundición versus la eficiencia de prototipo obtenidos para cada tipo de dispositivo o prototipo. Teniendo en cuenta lo mencionado en la hipótesis 3 y las escalas asignadas para determinar la eficiencia, se ha descrito las interpretaciones mencionadas en la misma tabla.

Hipótesis específica 3 = Tiempo = Ho = Hipótesis nula

El tiempo promedio necesario para la fundición de una botella de plástico tipo PET es igual a 20 minutos. Esto significa una fundición al 100% de la botella plástica, es decir hasta que la botella haya quedado derretida en su totalidad. Cabe mencionar que el tiempo máximo de espera de cada tipo de prueba fue de 30 minutos debido a que las condiciones del clima fueron variantes.

La leyenda de los rangos establecido para la interpretación de la efectividad del prototipo” es la siguiente:

- de 0 a 5 No es efectivo, la botella está casi intacta con ligera deformación.
- de 5 a 10 No es efectivo, la botella solo presenta alta deformación.
- de 10 a 15 Sí es efectivo, la botella se funde lentamente.
- de 15 a 20 Sí es efectivo, la botella se funde casi al instante.

Tabla 9*Velocidad de fundición versus eficiencia de prototipo*

Prototipo	Velocidad Fundición (min)	Eficiencia de Prototipo (EP)	Interpretación
Prototipo 1	28.7	1.69	La velocidad de fundición es mayor a 20 minutos de acuerdo a lo mencionado en la hipótesis 3 y la eficiencia es menor a 05. Por lo tanto, se considera que "no es efectivo" los prototipos porque las botellas sólo llegaron a tener una ligera deformación.
Prototipo 2	27.6	2.13	
Prototipo 3	24.1	3.06	
Prototipo 4	19.2	4.61	La velocidad es menor a 20 minutos y la eficiencia menor a 05; ambos pequeña diferencia. Por lo tanto, se considera que "no es efectivo" los prototipos porque las botellas tuvieron una ligera y alta deformación.
Prototipo 5	18.1	4.88	
Prototipo 6	14.6	13.60	"Si es efectivo, la botella se funde casi al instante"

4.3 4.5. Cálculo de cantidad y volumen de botellas PET generados

Las encuestas fueron realizadas en el distrito de Independencia, provincia de Huaraz. Se encuestaron a seis familias ubicadas en diferentes zonas, tal como se describe:

Familia 1: Familia Sergio Martínez Domínguez	Jr. Pomabamba
Familia 2: Familia Luis Alfredo Martínez Domínguez	Jr. 8 de Octubre
Familia 3: Familia Pablo Uribe Domínguez	Jr. Augusto B. Leguía
Familia 4: Familia Martín Baca Castillo	Urbanización El Pinar
Familia 5: Familia Santiago Martínez Domínguez	Jr. Los Capulíes
Familia 6: Familia Yubitza Trujillo	Jr. Los Quenuales

La cantidad promedio de integrantes por familia fue de 6, 4, 4, 5, 4 y 4, respectivamente, dando un valor promedio de 4.5 personas por familia. El promedio incluye personas adultas y menores de edad. En la siguiente figura se muestra la ubicación de las familias encuestadas en la zona urbana del distrito de Independencia, provincia de Huaraz, departamento de Ancash.

Figura 44

Ubicación de domicilios de las familias encuestadas



En la siguiente tabla se muestran los datos obtenidos de campo (de la encuesta) de la cantidad de botellas generadas por familia. Cabe resaltar que los datos obtenidos fueron antes que inicie la pandemia Covid-19 en el Perú en marzo del año 2020. Los meses de la encuesta fueron de marzo a setiembre del año 2019 y en el mes de enero del año 2020.

Tabla 10*Datos cantidad de botellas generadas/familia/mes (encuestas) - Data cruda*

Familias	Tamaño de botella	repetición 1	repetición 2	repetición 3
Familia 1	botella personal	6	8	6
	botella mediana	2	0	0
	botella familiar	1	2	1
Familia 2	botella personal	8	6	8
	botella mediana	0	1	0
	botella familiar	6	5	5
Familia 3	botella personal	4	6	4
	botella mediana	0	2	1
	botella familiar	2	1	1
Familia 4	botella personal	6	6	8
	botella mediana	2	0	1
	botella familiar	1	1	2
Familia 5	botella personal	6	7	4
	botella mediana	0	1	1
	botella familiar	2	1	1
Familia 6	botella personal	6	4	5
	botella mediana	1	2	0
	botella familiar	1	2	2

Valores calculados de cantidad y volumen de botellas

Los volúmenes de botellas considerados para la encuesta son los que se muestran a continuación:

botella personal 0.625 L

botella mediana 1.5 L

botella familiar 3.0 L

En la Tabla 11 se puede observar que el número total de botellas generado por cada familia es en promedio 8.8 botellas/familia/mes, mientras que el volumen promedio es 11.1 litros/familia/mes.

Los valores per cápita son en promedio 2.0 botellas/persona/mes y el volumen per cápita es de 2.5 litros/persona/mes. Cabe resaltar que las botellas solo corresponden al consumo de agua y gaseosas, sin tener en cuenta las marcas.

Tabla 11

Procesamiento de datos de cantidad y volumen de botellas generadas

Familias	Tamaño de botella	Prom. Cant. Bot./ Tamaño Bot.	Cantidad Bot./ Familia	Vol./Tipo Bot. (litros)	Vol./Familia (litros)
Familia 1	botella personal	6.7	8.7	4.2	9.2
	botella mediana	0.7		1.0	
	botella familiar	1.3		4.0	
Familia 2	botella personal	7.3	13.0	4.6	21.1
	botella mediana	0.3		0.5	
	botella familiar	5.3		16.0	
Familia 3	botella personal	4.7	7.0	2.9	8.4
	botella mediana	1.0		1.5	
	botella familiar	1.3		4.0	
Familia 4	botella personal	6.7	9.0	4.2	9.7
	botella mediana	1.0		1.5	
	botella familiar	1.3		4.0	
Familia 5	botella personal	5.7	7.7	3.5	8.5
	botella mediana	0.7		1.0	
	botella familiar	1.3		4.0	
Familia 6	botella personal	5.0	7.7	3.1	9.6
	botella mediana	1.0		1.5	
	botella familiar	1.7		5.0	
		Tot. Botellas/mes	53.0	Vol.Tot./mes (L)	66.5
		N° Bot./fam./mes	8.8	Vol./fam./mes (L)	11.1
		Per cápita/mes	2.0	Per cápita/mes	2.5

Análisis de varianza de cantidad o número de botellas generadas

Hipótesis específica 4 = Cantidad o número de botellas = Ho = Hipótesis Nula

F calculado (Fc)

Valor crítico para F (F α)

$$0.05601757 < 3.17879929$$

Hipótesis nula: Ho: r1=r2=r3

Hipótesis Alternativa: H1: al menos una media es distinta o b1**≠**b2**≠**b3**≠**b4...**≠**b18

De acuerdo con la Tabla 11, el F calculado (Fc) es menor al Valor crítico para F (F α). Por lo tanto, se acepta la hipótesis nula (Ho) y se rechaza la hipótesis

alternativa (H1). Esto significa que no hay una diferencia significativa entre los valores de cantidad o número de botellas. En este caso sí concuerda con nuestra hipótesis específica 4.

Tabla 12

Análisis de varianza de la cantidad de botellas generadas

Análisis de varianza de un factor - Cantidad de botellas				
RESUMEN				
Grupos	Cuenta	Suma	Varianza	
repetición 1	18	54	6.941176471	
repetición 2	18	55	6.761437908	
repetición 3	18	50	7.124183007	
ANÁLISIS DE VARIANZA				
Origen de las variaciones	Suma de cuadrados	Grados de libertad	F	Valor crítico para F
Entre grupos	0.77777778	2	0.056017574	3.178799292
Dentro de los grupos	354.0555556	51		
Total	354.8333333	53		

En las siguientes figuras se muestra la ubicación de los domicilios de cada familia encuestada en el distrito de Independencia, provincia de Huaraz, departamento de Ancash.

Familia 1, Familia Sergio Martínez Domínguez	Jr. Pomabamba
Familia 2, Familia Luis Alfredo Martínez Domínguez	Jr. 8 de Octubre
Familia 3, Familia Pablo Uribe Domínguez	Jr. Augusto B. Leguía
Familia 4, Familia Martín Baca Castillo	Urbanización El Pinar
Familia 5, Familia Santiago Martínez Domínguez	Jr. Los Capulíes
Familia 6, Familia Yubitza Trujillo	Jr. Los Quenuales

Figura 45

Familia 1, Independencia - Jr. Pomabamba



Figura 46

Familia 2, Independencia – Jirón 8 de Octubre



Figura 47

Familia 3, Independencia - Jr. Augusto B. Leguía



Figura 48

Familia 4, Independencia - Urbanización El Pinar



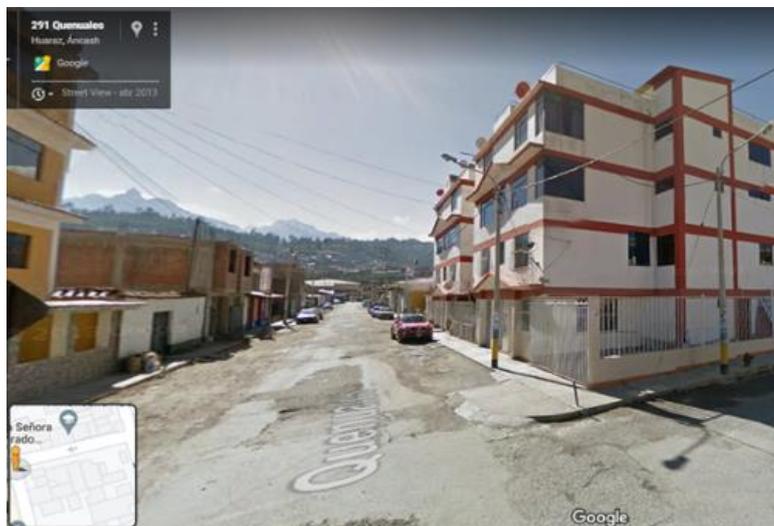
Figura 49

Familia 5, Independencia - Jr. Los Capulíes



Figura 50

Familia 6, Independencia - Jr. Los Quenuales



4.3 Discusión

No se ha encontrado información o investigaciones relacionadas a la fundición de botellas plásticas con el uso de radiación solar. En cambio, sí existen muchos trabajos sobre el aprovechamiento de energías renovables; por ejemplo, energía solar para fines de construcción de invernaderos, cocinas solares, panel solar, termo solares, entre otros.

El reciclado de plásticos se encuentra aún en su primera etapa en México y América Latina. No obstante, sí se ha desarrollado en países como Alemania, Japón y Estados Unidos de América, quienes han llevado a cabo programas de recolección de residuos, teniendo éxito después de varios años. Estos programas se fundamentan en un cambio de cultura, en la que los pobladores conocen y reconocen la diferencia entre las distintas especies de materiales y los separan al final de su vida útil (Cristán et al., 2003).

La finalidad de la presente investigación fue dar un uso a las botellas recicladas y fundidas, al igual que Romero y Ahumada (2014), quienes elaboraron viguetas y bloques con arena y PET proveniente de envases descartables.

Según Rivera (2004):

El desarrollo industrial y tecnológico ha traído consigo el mayor uso de recursos naturales y consigo la mayor generación de residuos. Estos residuos al no ser tratados adecuadamente afectan el ambiente; es por ello por lo que se hace necesario la gestión de estos residuos de tal manera que contribuyamos al desarrollo sostenible de nuestro país. (p. 1)

Por tal motivo, como parte de la investigación se realizó una encuesta para tener información de la cantidad y volumen de botellas que se generan en el distrito de Independencia.

A continuación, se realiza una explicación y discusión de resultados de cada tipo de prototipo solar.

Respecto al prototipo 1 de material de cartón, se asumió que por ser un material absorbente de energía calorífica iba a conservar la temperatura por buen tiempo por el grosor del mismo material, lo cual sí fue correcto. Sin embargo, no tuvo la capacidad de incrementar la temperatura. Además, se sabe que el color negro en la superficie tiene la propiedad de retener el calor, es decir incrementar la temperatura de la materia. Sin embargo, tampoco fue posible incrementar la temperatura interna de la caja. La temperatura lograda fue máxima de 50 grados centígrados ($^{\circ}\text{C}$) con un tiempo de espera de 30 minutos. Pasado el tiempo mencionado, la temperatura se convirtió en una constante. Finalmente, la prueba de prototipo 1 fue descartada por no lograr el objetivo esperado. Se observó que existieron otros factores como el viento y la presencia de nubes que hacían descender la temperatura de manera rápida.

Las pruebas realizadas en el prototipo 2, tampoco tuvieron éxito. La diferencia respecto a la primera prueba es que se adicionó un revestimiento total, de toda la cara interna, con papel metálico. La hipótesis fue que el papel metálico iba a incrementar la temperatura con el reflejo de los rayos solares. Sin embargo, la superficie irregular del papel de aluminio no permitió un reflejo uniforme de los rayos solares. La temperatura máxima obtenida fue de 60 grados centígrados ($^{\circ}\text{C}$) y un tiempo de espera de 30 minutos. Pasado el tiempo de 30 minutos, la

temperatura se convirtió en una constante debido a factores externos como el viento y la presencia de nubes. Respecto a la primera prueba, podemos mencionar que hubo un progreso de 10 grados centígrados ($^{\circ}\text{C}$) adicionales. Aun así, no se logró el objetivo de fundir la botella plástica. Lo que se logró fue solo una pequeña deformación.

En la prueba del prototipo 3, la temperatura máxima obtenida fue de 75 grados centígrados ($^{\circ}\text{C}$), en un tiempo de espera de 25 minutos como máximo. Esta prueba del prototipo 3, a diferencia de las dos primeras pruebas (prototipo 1 y 2), tuvo un revestimiento total de todas las paredes internas con espejo de vidrio simple (2 mm). Con esto se esperó incrementar mucho más la temperatura por tener un reflejo de la radiación solar más uniforme. Si bien se logró incrementar la temperatura, no fue la esperada. El reflejo de la radiación no fue al 100% en todas las superficies debido al ángulo de inclinación con la que llegaron los rayos solares a pesar de que se buscó la mejor posición de la caja o prototipo en prueba y también el mejor horario de prueba (medio día). Todos los prototipos probados hasta esta fase tuvieron una tapa de vidrio transparente para crear un efecto invernadero y de esta manera poder incrementar la temperatura dentro del ambiente cerrado. La temperatura fue medida en el pequeño ambiente cerrado en diferentes puntos. Por ello el resultado final fue una ligera deformación en totalidad de la botella.

El prototipo 4 consistió en la fabricación de una lupa grande biconvexa de material acrílico; es decir la unión de dos tapas con el interior llenado con agua. Una de las primeras dificultades que se tuvo fue la presencia de burbujas en el interior de la lupa. Se esperó un tiempo y después de algunos movimientos se logró eliminar las burbujas de aire. La prueba se realizó entre dos personas por el mismo

peso de la lupa. Pero durante el proceso fue imposible mantener estática la lupa al 100% por lo que la convergencia de la radiación solar no fue uniforme. La temperatura máxima obtenida fue de 90 grados centígrados ($^{\circ}\text{C}$) y un tiempo de espera de 23 minutos. La temperatura fue medida de forma localizada, es decir en el centro del punto de convergencia. Como resultado final se logró una ligera deformación de forma localizada sobre la botella plástica. Los factores que influyeron en el resultado negativo fueron la presencia de viento, la presencia de las nubes, la presencia de pequeñas burbujas de aire dentro del cuerpo de agua y finalmente el peso de la lupa biconvexa, haciendo que la convergencia de la radiación solar no fuera uniforme.

Los resultados del prototipo 5 fueron algo similares a la prueba anterior porque la temperatura máxima obtenida fue de 90 grados centígrados ($^{\circ}\text{C}$) y un tiempo de 20 minutos. En esta prueba la lupa fue de forma planoconvexa. El lado plano estuvo conformado por el agua, lo que hizo incrementar su inestabilidad por la presencia de vientos y la sujeción de las dos personas. De igual manera, no se logró una convergencia uniforme, pero sí una deformación puntual más pronunciada sobre la superficie de la botella plástica. Esta prueba fue descartada por presentar mucha incomodidad para su manipulación. Al igual que las pruebas anteriores incluyeron muchos factores que no permitieron incrementar la temperatura, a pesar de que las pruebas fueron realizadas a nivel de suelo (en la calle) y también en la parte más alta, es decir en la azotea de un edificio de cuatro pisos. Todas las fabricaciones realizadas fueron de manera comprado y artesanal. Cada tipo de prototipo solar fue elaborado con materiales comprados del mercado (diferentes lugares) y la fabricación fue realizada de manera artesanal.

En la prueba del prototipo 6, que fue la prueba final, sí se logró la fundición de la botella plástica, pero de manera lenta. Para esta prueba se usó el lente Fresnel de 30 por 40 centímetros. Por ser una estructura más sólida la convergencia de la radiación solar fue más uniforme y se logró derretir la botella plástica de forma localizada. Durante la prueba fue necesario implementar algunas medidas de seguridad como el uso de lentes oscuros y guante. La temperatura máxima obtenida fue de 200 grados centígrados ($^{\circ}\text{C}$). De acuerdo con la bibliografía, para el proceso de fundición se requiere un mínimo de 260 grados centígrados ($^{\circ}\text{C}$). La temperatura fue medida en el foco de la convergencia de la radiación solar con el uso de un termómetro de laboratorio con rango de lectura hasta 250 grados centígrados ($^{\circ}\text{C}$). La ventaja de esta prueba es que el lente Fresnel tiene estructura liviana y es de fácil manipulación, a excepción de los temas de seguridad y la emanación de gases durante la fundición de la botella. Esta última representa un riesgo de contaminación ambiental si se trabaja a mayor escala.

En todas las pruebas realizadas se trató de usar e invertir en lo mínimo de material necesario. Además, se evitó estructuras muy pesadas para una fácil manipulación. Hoy en día, en la industria existen muchos métodos de fundición de plásticos en general con el uso de combustible o energía eléctrica, las mismas que trabajan a mayor escala; sin embargo, en la presente investigación se ha tratado de buscar una metodología artesanal, casera y viable para las familias del distrito de Independencia; de tal manera que cada consumidor pueda contar con técnica de fácil acceso y así obtener un ingreso/beneficio adicional.

Conclusiones

1. En total se realizaron seis tipos de pruebas para la fundición de botellas plásticas, para lo cual se diseñaron y fabricaron 06 (seis) prototipos capaces de aprovechar la energía solar.
2. De todas las pruebas realizadas, la que mejor resultado obtuvo fue el prototipo 6 conformado por el lente Fresnel, que llegó a fundir la botella plástica de manera lenta y con una temperatura máxima de 200 °C y un tiempo de espera de 15 minutos. El valor obtenido de “efectividad del prototipo 6” estuvo en el rango de 10 a 15, mientras que los demás prototipos obtuvieron valores por debajo de 10. El valor máximo de efectividad fue 20.
3. Adicionalmente, el año 2022 se compró un lente Fresnel de tamaño grande cuyas medidas son 112 x 86 centímetros procedente de Estados Unidos (Miami) denominado como “prototipo 6b”, con el cual se realizaron pruebas de fundición de botellas y los resultados fueron similares al “prototipo 6” mencionado anteriormente.
4. Estadísticamente, existe diferencia significativa elevada en el análisis de varianza entre los prototipos 1, 2, 3, 4, 5 con el prototipo 6 por obtener valores de temperatura distanciados, al igual que el tiempo de espera. Por lo tanto, se rechaza la hipótesis nula como se muestra en la Tabla 4 de Análisis de varianza y en la Figura 1 de Distribución F de Fisher. En los demás análisis, “horarios” e “interacción prototipo y horario” no se rechazó la hipótesis nula.
5. Los tipos de botella para las pruebas realizadas con prototipos solares son las botellas de plástico tipo PET1, generalmente usados en el mercado para agua mineral y gaseosas.

6. El costo promedio de cada prototipo fue de 120 nuevos soles aproximadamente, debido que solo se usó los materiales necesarios. Además, se optimizó en todo momento el tiempo, volumen y peso.
7. En total se encuestó a seis familias del distrito de Independencia, provincia de Huaraz. Los valores obtenidos de consumo fueron 8.8 número de botellas por familia/mes lo cual equivale a 11.1 litros de agua o gaseosa por familia/mes. El consumo per cápita fue de 2.0 botellas por persona/mes y finalmente el volumen per cápita fue de 2.5 litros por persona/mes. Esta información fue antes de la pandemia Covid-19.

Recomendaciones

1. Se recomienda realizar las pruebas de fundición de botellas en cualquier horario del día, especialmente entre 9:00 de la mañana y las 4:30 de la tarde cuando el cielo se encuentra despejado debido a que no existe diferencia estadística en el Análisis de varianza del parámetro “horarios” por influencia de factores externos como la presencia de nubes y vientos.
2. Además, se recomienda continuar con las pruebas de fundición de botellas plásticas tipo PET a mayor escala, especialmente con el modelo del “prototipo 6b” conformado por el lente Fresnel de mayor tamaño debido a que se logró la fundición de la botella plástica de manera lenta. Es decir, se debe buscar el incremento de la velocidad de función con las mejores condiciones climáticas para que sea aceptado a nivel familiar.
3. Teniendo en cuenta que las condiciones ambientales son variantes, se recomienda como primer punto definir el diseño del prototipo con el cual se va a trabajar. Como segundo punto, se debería aislar la zona de trabajo, es decir se podría construir una estructura tipo invernadero, donde las paredes y techos deberían estar cerrados con un material que deje pasar la radiación solar. Con estas condiciones se eliminaría al 100% la presencia de vientos y se podría incrementar la temperatura. También se recomienda que la familia tenga las botellas a la mano para aprovechar al máximo los minutos cuando se tenga las mejores condiciones para la fundición de las botellas.
4. Los diseños de prototipos deben estar enfocados en optimizar el costo, peso y volumen con la finalidad de fomentar la viabilidad de la fundición de botellas a nivel familiar, y al mismo tiempo, creando una concientización ambiental.

5. También se recomienda trabajar con botellas tipo Pet1 (porque es el residuo más común) y totalmente vacías, y luego con otros tipos de plásticos conforme se logre progresar en el proceso de fundición de botellas.
6. Finalmente, se recomienda que a medida que se logre mejorar la velocidad de fundición de botellas, se tenga en cuenta los riesgos y controles de seguridad para evitar accidentes como quemaduras y afectación de la visión de las personas.

Referencias

- Adrianzen, B. E. (2017). *¿El programa pro reciclador genera capacidades en los recicladores de Lima? Análisis desde el enfoque de desarrollo de AMARTYA SEN* [Tesis de maestría, Pontificia universidad Católica del Perú]. Repositorio PUCP. <https://bit.ly/3LS6yzd>
- Aguirre, D. (2013). *El plástico reciclado como elemento constructor de la vivienda* [Tesis, Universidad de Cuenca]. <https://bit.ly/3AGsVki>
- Esteves, A., Buenanueva, F., Orduna D. y Cuitiño, G. (2008). Estudio del comportamiento de hornos solares tipo caja en el tiempo y con la frecuencia de uso. *ASADES. Avances en Energías Renovables y Medio Ambiente*, 12, 71-78. <https://bit.ly/3JNvMMA>
- Cobos R. (2016). El polietilén tereftalato (PET) como envase de aguas minerales. *Bol Soc Esp Hidrol Méd*, 31(2), 179-190. <https://bit.ly/3ZnBeM2>
- Costa, L. y Penido, J. (2003). Reciclaje sostenible de botellas de Pet en Río de Janeiro. Banco Interamericano de Desarrollo. <https://bit.ly/3zbpL7x>
- Cristán, A., Ize, I., Gavilán, A. (2003). La situación de los envases de plástico en México. *Gaceta Ecológica*, (69), 67-82. <https://bit.ly/2I436IL>
- Real Academia Española (2028). *Diccionario de la lengua española*. <https://dle.rae.es/?id=AT2HJjb>
- García, Y. (2018). Automatización del proceso de selección de plásticos reciclados en Colombia, beneficios para la industria que emplea, botellas plásticas posconsumo. Repositorio UMNG. <https://bit.ly/40EUWUn>

- Gómez, J. G. (2016). Diagnóstico del impacto del plástico-botellas sobre el medioambiente: un estado de arte [Trabajo de grado, Universidad Santo Tomás]. Repositorio UST. <https://bit.ly/40LdG4V>
- Hernández, B. (agosto de 2010). *El concentrador solar como medida alternativa de un horno*. [Tesis de licenciatura, Universidad Tecnológica de Tabasco]. <https://bit.ly/3KamJXr>
- Jiménez, S. A., y Rátiva, L. C. (2015). Cocción de alimentos en Bogotá empleando una cocina solar tipo caja. *Ciencia y Poder Aéreo*, 10(1), 195-208. <http://dx.doi.org/10.18667/cienciaypoderaereo.313>
- Lara, J. (2008). Reducir, reutilizar y reciclar. *Elementos: Ciencia y Cultura*. <https://bit.ly/42JAYd5>
- Mansilla-Pérez, L., y Ruiz-Ruiz, M. (2009). Reciclaje de botellas de PET para obtener fibra de poliéster. *Ingeniería Industrial*, 0(027), 123-137. <http://dx.doi.org/10.26439/ing.ind2009.n027.627>
- Muñoz, J. P. (2008). El modelo eléctrico ecuatoriano. Nuevos paradigmas. *Estudios universitarios*, 8, 101-146. <https://bit.ly/44eX5J3>
- Montaño, T. (2008). Cocina solar de reflectores interiores. *Estudios universitarios*, 8, 127-145. <https://bit.ly/3FZkuUp>
- Nandwani, S. (2013). *La cocina/horno solar. Construcción, funcionamiento y usos*. <https://bit.ly/3zrjHrI>
- Pumagualli, H. (2016). *Estudio del reciclaje de botellas plásticas PET para el Cantón Samborondón* [Trabajo especial de maestría, Universidad de Guayaquil]. Repositorio UG. <https://bit.ly/43caIsf>

- Rivera, R. (2004). Propuesta de reciclaje mecánico de plásticos en la ciudad de Piura [Tesis de pregrado en Ingeniería Industrial y de Sistemas, Universidad de Piura]. Repositorio Institucional Pirhua. <https://bit.ly/42WSQ4j>
- Romero, A. y Ahumada N. (2014). *Desarrollo autosostenible de la implementación de la construcción de la escuela “Porvenir” con la utilización de material reciclable* [Proyecto trabajo de grado, Universidad Católica de Colombia]. Repositorio Institucional. <https://bit.ly/3K4LIJdy>
- Ruiz, D., López, C., Cortes, E., Froese, A. (2012). Nueva alternativa de construcción: Botellas PET con relleno de tierra. *Apuntes*, 25(2), 292-303. <http://www.scielo.org.co/pdf/apun/v25n2/v25n2a11.pdf>
- Segura, D., Noguez, R., Espín, G. (2015). *Contaminación ambiental y bacterias productoras de plásticos biodegradable*. <https://bit.ly/411BNMs>
- Valderrama M., Chavarro, L., Osorio, J., Peña, C. (2018). Estudio dinámico del reciclaje de envases PET del valle del Cauca. *Revista Lasallista de Investigación*, 15(1), 67-74. <https://doi.org/10.22507/rli.v15n1a6>
- Llovet, F. (2021). Lentes convergentes y divergentes: qué son y para qué se utilizan. *Blog de Clínica Baviera*. <https://bit.ly/40Nul7m>
- Méndez, J. M. y Cuervo, R. (2010). *Energía solar térmica*. Fundación Confemetal.
- Oxford Languages* (2023). Diccionario Oxford Languages y Google.

ANEXOS

A continuación, se muestra información administrativa y complementaria.

ANEXO 1

Cronograma de trabajo ejecutado

Las siguientes tablas muestran un resumen de todas las actividades realizadas para el desarrollo del estudio de investigación entre los años 2019 y 2020.

Tabla 1-1

Actividades ejecutadas en el año 2019

ACTIVIDADES AÑO 2019	MESES											
	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
Revisión Bibliográfica												
*Búsqueda y adquisición de bibliografía	■											
Elaboración Proyecto de Tesis												
*Elaboración de proyecto de tesis, sustentación y aprobación		■										
Ejecución de Proyecto de Tesis												
*Adquisición de materiales y armado de prototipos 1 y 2		■										
*Prueba de Prototipo 1			■									
*Prueba de Prototipo 2			■									
*Recolección de datos para informe final de tesis				■					■	■		■
Compra de espejos y armado de prototipo 3								■				
*Prueba de Prototipo 3									■			
*Fabricación en la ciudad de Lima de lupa de material acrílico										■		
*Prueba de Prototipo 4											■	

Tabla 1-2

Actividades ejecutadas en el año 2020

ACTIVIDADES AÑO 2020	MESES											
	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
*Prueba de Prototipo 5	■											
*Búsqueda y compra de lente fresnel en la ciudad de Lima		■										
*Prueba de Prototipo 6			■									
*Prueba de Prototipo 7 (por confirmar), fue relativo									■			
*Recolección de datos para informe final de tesis		■	■	■						■		
Redacción de Informe Final de Tesis												
*Procesamiento de los datos					■							
*Análisis e interpretación						■						
*Discusión de los resultados							■					
*Redacción y elaboración de informe final de tesis								■	■	■		
Revisión y Aprobación de Informe Final de Tesis												
*Revisión de informe por asesor y jurados								■				
*Levantamiento de observaciones									■			
*Aprobación de informe final de tesis de investigación										■		
Sustentación y Publicación												
*Sustentación de informe final											■	
*Publicación, difusión, registro en el CONCYTEC (opcional).												

ANEXO 2

Presupuesto de inversión ejecutado

En la siguiente tabla se observa un resumen de los gastos realizados desde el inicio (febrero 2019) hasta el término de la investigación y elaboración del informe final (diciembre 2020). El costo se expresa en moneda Nuevos Soles (S/.); los cuales fueron cubiertos con financiamiento propio.

Tabla 2-1

Presupuesto ejecutado para la ejecución del estudio

Materiales y Servicios	Unidad	Cantidad	Costo Total (S/.)
Madera y plancha de triplay para soporte de prototipo en prueba	varios	1	300
Pintura y tiner negra para pintado de las cajas	frasco	1/8	10
Cartón para el armado de las cajas de los primeros prototipos	varios	1	25
Una lámina de vidrio transparente de espesor doble para la caja	lámina	40x60 cm.	30
Espejo de vidrio de 2 mm para revestimiento de la caja	varios	1	90
Papel para hornear para revestimiento de la caja	varios	1	30
Compra de plancha de superficie liso de material acrílico transparente de 3 mm de espesor	plancha	1	130
Fabricación de 02 superficies cóncavo convexa de material acrílico de 45 cm de diámetro	unidad	2	130
Clavos, pegamento y herramientas afines	varios	1	50
Mano de obra para habilitación de prototipos	jornal	5	250
Compra de material adicional para habilitación de prototipo final	varios	1	100
Compra de termómetro para medir temperatura	unidad	1	50
Recolección de botellas plásticas	varios	1	50
Compra de lente fresnel de 30x40 centímetro	unidad	1	270
Compra de lente fresnel de 60x80 centímetro (proyectado)	unidad	1	700
Armado de estructura para prototipo final de prueba	varios	1	150
Costos administrativos (pasajes, taxi, llamadas, internet, otros)	varios	1	300
Elaboración de informe final de Tesis (horas h., impresión, etc.)	varios	1	600
Compra de lente fresnel traído desde USA (Miami)	unidad	1	2,250
TOTAL			5,515

ANEXO 3

Tabla 3-1
Matriz inicial de consistencia

PROBLEMA	OBJETIVOS	HIPÓTESIS	MÉTODOS
<p>Problema General: ¿Cómo fabricar un dispositivo solar para fundir botellas plásticas tipo PET en la zona urbana del distrito de Independencia- Huaraz, Ancash, 2019-2020?</p>	<p>Objetivo General: Desarrollar o diseñar un dispositivo o prototipo solar que sirva para fundir botellas de plástico PET de la zona urbana del distrito de Independencia-Huaraz, Ancash, 2019-2020.</p> <p>Objetivos Específicos: Objetivo específico 1: Usar la energía solar para fundir botellas plásticas tipo PET. Demostrar su efectividad de manera estadística. Objetivo específico 2: Determinar la temperatura ambiente necesaria para fundir plástico PET. Objetivo específico 3: Conocer el tiempo que dura la fundición de plástico PET. Objetivo específico 4: Diagnóstico de la producción de botellas plásticas tipo PET en las familias del distrito de Independencia.</p>	<p>Hipótesis General: Si es posible la fabricación de un dispositivo que aproveche la energía solar.</p> <p>Hipótesis Específicas: Hipótesis específica 1: Es posible fundir plástico PET usando solamente energía solar. Hipótesis específica 2: La temperatura para fundir plástico PET es cercana 200 °C. Hipótesis específica 3: El tiempo promedio necesario para la fundición de las botellas es menor igual a 20 minutos. Hipótesis específica 4: La producción de botellas plásticas tipo PET es de al menos 10 unidades/familia/mes y su equivalente 10 litros/familia/mes.</p>	<p>Diseño de Investigación y Tipo de Estudio: Cuantitativo, Experimental, Correlacional, Longitudinal.</p> <p>Población de Estudio: Botellas plásticas PET usadas en la zona urbana del distrito de Independencia, de la provincia de Huaraz, de la región Ancash.</p> <p>Muestra Necesaria: 06 familias que viven en diferentes manzanas de la zona urbana del distrito de Independencia, provincia de Huaraz, región Ancash.</p> <p>Plan de Recolección y Elaboración de Datos: Elaboración de formatos. Toma datos de campo y encuestas.</p> <p>Cronograma de Actividades: Trabajos de campo de 12 a 15 meses entre los años 2019 y 2020.</p> <p>Financiamiento y Presupuesto de Gastos: Abastecimiento familiar de las botellas plásticas Recursos propios. Apoyo de personal auxiliar.</p>

ANEXO 4

Formatos de campo

Tabla 4-1

Formato de registro de datos de campo para evaluación de prototipos

Prototipos	Horario y Repetición	mañana		mediodía		tarde	
		Temperatura (°C)	Tiempo (min)	Temperatura (°C)	Tiempo (min)	Temperatura (°C)	Tiempo (min)
Prototipo N°.....	repetición 1						
	Fecha						
	Hora inicio						
	Hora final						
	Observación						
	repetición 2						
	Fecha						
	Hora inicio						
	Hora final						
	Observación						
	repetición 3						
	Fecha						
	Hora inicio						
	Hora final						
	Observación						

Tabla 4-2

Formato para registro de botellas generadas/familia/mes (encuestas)

Familias	Tamaño de botella	repetición 1	repetición 2	repetición 3
Familia N° Dirección:	botella personal 0.625 L			
	Fecha			
	Hora			
	Miembro de familia			
	Nombre de la persona			
	Agua			
	Gaseosa			
	Motivo de consumo			
	Observaciones			
	botella mediana 1.5 L			
	Fecha			
	Hora			
	Miembro de familia			
	Nombre de la persona			
	Agua			
	Gaseosa			
	Motivo de consumo			
	Observaciones			
	botella familiar 3.0 L			
	Fecha			
	Hora			
	Miembro de familia			
	Nombre de la persona			
	Agua			
	Gaseosa			
	Motivo de consumo			
	Observaciones			