



Maestría en Ingeniería Ambiental y Desarrollos Sustentable

Universidad Popular Autónoma del Estado de Puebla

Centro Interdisciplinario de Posgrado

Investigación y Consultoría

Decanato Ciencias Biológicas

Maestría en Ingeniería Ambiental y Desarrollo Sustentable

PROTOTIPO DE CALENTADOR SOLAR PARA AGUA ELABORADO CON CAUCHO DEL NEUMÁTICO RECICLADO EN LA ZONA CONURBADA DE PUEBLA

Tesis para obtener el Grado de Maestro en Ingeniería Ambiental y Desarrollo
Sustentable

Dr. Francisco Javier Sanchez Ruiz

Director

Dr. Carlos Arturo Vega Lebrún

Asesor

Puebla, México

Silvia Madai Aguilar Pérez

Dra. Genoveva Rosano Ortega

Codirector(a)

Dra. Esmeralda Aguilar Pérez

2022



UPAEP – Secretaría General

Dirección General de Apoyos Académicos

Dirección del Centro de Recursos para el Aprendizaje y la Investigación.

Biblioteca Central - **Karol Wojtyła**

Tesis Digitales Restricciones de uso:

DERECHOS RESERVADOS ©

PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis está protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de textos, imágenes, gráficas, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente de donde la obtuvo mencionando el autor o autores involucrados en el documento.

Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

Puebla de Zaragoza, Pue., a 18 de octubre de 2022

Dra. Genoveva Rosano Ortega

Directora del Programa de Ingeniería Ambiental y Desarrollo Sustentable

Asunto: Revisión de plagio para proyecto de grado

Estimada Doctora Genoveva Rosano Ortega

Antes que nada, reciba un cordial saludo y nuestro apoyo y compromiso de colaboración con los requerimientos del Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología para las actividades de aseguramiento de la calidad de consolidación del posgrado.

Derivado del proceso de revisión de la herramienta de anti-plagio **SafeAssign** se detectaron los siguientes hallazgos:

Coincidencia Promedio: 4%

Coincidencia Máxima: 4%

Por lo anterior se vislumbra un riesgo **BAJO** en el análisis del documento para la obtención del grado de la **alumna Silvia Madai Aguilar Pérez**, en donde se ha revisado el detalle y las citas al interior del documento. Las coincidencias se deben principalmente a la referenciación de normas.

Se anexa reporte del informe de la herramienta.

ATENTAMENTE



Dr. Francisco Javier Sanchez Ruiz
Director de Tesis

Resumen del informe

Riesgo bajo

Estos documentos contienen una gran cantidad de material citado o parafraseado, y pueden constituir un plagio. Es recomendable realizar una revisión para determinar si el contenido que coincide se ha atribuido correctamente.

Similitud de texto general

4 %

Coincidencia promedio

4 %

Coincidencia máxima

Tesis Maestria Madai.docx

Originality Reports



Universidad Popular Autónoma del Estado de Puebla

Centro Interdisciplinario de Posgrados
Investigación y Consultoría

Maestría en Ingeniería Ambiental y Desarrollo Sustentable

PROTOTIPO DE CALENTADOR SOLAR PARA AGUA ELABORADO CON CAUCHO DEL NEUMÁTICO RECICLADO EN LA ZONA CONURBADA DE PUEBLA

Tesis para obtener el grado de
Maestra en Ingeniería Ambiental y Desarrollo Sustentable

Presenta:

Silvia Madai Aguilar Pérez

Directores

Dr. Francisco Javier Sánchez Ruiz

Dra. Genoveva Rosano Ortega

Dr. Carlos Arturo Vega Lebrun

Dra. Esmeralda Aguilar Pérez

Puebla, México

Octubre, 2022



H. Puebla de Zaragoza, 04 de mayo 2021


ASUNTO: **Constancia de colaboración
Tesis de Investigación**

A quien corresponda:

A través de la presente hago constar que **Silvia Madai Aguilar Pérez**, estudiante de la **Maestría en Ingeniería Ambiental y Desarrollo Sustentable de UPAEP** bajo la dirección de **Dr. Francisco Javier Sánchez Ruiz, Profesor-Investigador**, ha sido seleccionado para realizar su **trabajo de tesis** realizando **Prototipo de calentador solar para agua elaborado con neumático reciclado en la zona conurbada del estado de Puebla**. Los trabajos desarrollados por Silvia Madai Aguilar Pérez se irán alternando entre estancias en la planta de Neumáticos de México S.A de C.V (Michelin planta León Guanajuato) y los laboratorios de investigación de la UPAEP bajo la dirección de la Dr. Francisco Javier Sánchez Ruiz y Codirección de Dra. Genoveva Rosano Ortega, y serán acordes a las necesidades derivadas del programa establecido entre ambas partes por un periodo de 12- 14 meses.

De antemano les agradezco la atención a la presente y quedo a sus órdenes para cualquier aclaración.

ATENTAMENTE


M.I. Pedro Sánchez Ruiz
Gerente de Planta
Planta León, Guanajuato

C.c.p. Dra. en C. Genoveva Rosano Ortega, Coordinadora Académica de la Maestría en Ingeniería Ambiental y Desarrollo Sustentable. Catedrática-Investigadora, UPAEP.
Archivo



DEDICATORIAS

Para Dios

AGRADECIMIENTOS

A mis asesores

Dr. Francisco Javier Sánchez Ruiz

Dra. Genoveva Rosano Ortega

Dr. Carlos Arturo Vega Lebrun

Dra. Esmeralda Aguilar Pérez

Por su paciencia, apoyo incondicional y atinada conducción del programa

A mis profesores

Por compartir sus conocimientos.

Al CONACYT

por el financiamiento para la realización de los estudios de maestría.

A las instituciones UPAEP, Michelin, Ecotryp por confiar en mí y darme la oportunidad de poner en practica soluciones para nuestro país.

A todos mis familiares

Papá Jose Manuel Aguilar Raymundo por su apoyo en el inicio y conclusión de mis estudios, Mamá Silvia Maria Pérez Rodriguez, por su amor, apoyo incondicional y por las cenas después de clases, Hermana Esmeralda Aguilar Pérez, por estar conmigo en cada proyecto sin dejarme sola, Hermana Bacilisa Aguilar Pérez, por su honestidad en cada etapa de mi vida, Hermana Nohemi Aguilar Pérez, por sus ocurrencias de día con día, Hermana Ruth Belen Aguilar Pérez, por su bondad que me enseña, Hermana Onice Rubi Aguilar Pérez, por su valentía que me compartió para hacer las cosas.

A mis Sobrinos

Joy Emmanuel Zaca Aguilar, Jeshua Hashem Romero Aguilar, Andres Rodriguez Aguilar, Mia Esmeralda Romero Aguilar, Nahomi Belen Pérez Aguilar, Mateo David Flores Aguilar, Tayli Adela Rodriguez Aguilar, Jorge Axel Pérez Aguilar, Alisson Bacy Flores Aguilar, Jose Manuel Rodriguez Aguilar, Onice Valentina Contreras Aguilar, Ezequiel Isai Pérez Aguilar, por estar acompañándome en escribir esta tesis, sus ruidos, chistes y ocurrencias sin ellas no existe la inspiración.

A mis amigos

Cindy Amairani Jimenez Sierra y Jaime Antonio Bustamante Navarro por los ánimos a continuar con el proyecto.

A mi Amor

Luis Enrique Mafra Carreto, por su apoyo y permanencia en mi vida, mi amigo incondicional de investigaciones y proyectos.

Resumen

El presente trabajo muestra una propuesta de prototipo de calentador solar, a través de una metodología de experimentación del material caucho, diseño y elaboración de un prototipo involucrando el material caucho derivado del reciclado de neumático, sometido a una simulación de funcionalidad, en conjunto con un modelo matemático para comprobar el potencial térmico que posee el caucho derivado del reciclado del neumático y realizando un estudio de factibilidad del proyecto a desarrollar y el impacto significativo que este conlleva. Como resultados de esta investigación se realizó el método de caracterización del material caucho encontrando 0.190 mg por cada gramo de caucho reciclado de Cu y Zn materiales ideales para la transferencia de calor; también se realizó el diseño del prototipo de calentador utilizando el software SolidWorks® el cual proporciona datos y resultados del comportamiento térmico y capacidad de transferencia de calor, el diseño fue sometido a simulaciones térmicas y de presión obteniendo un rendimiento del material caucho, comportándose como aislante térmico en cada pieza que compone el calentador solar, a su vez se construyó un prototipo a escala de calentador solar con materiales derivados del reciclado de neumático para la comprobación de temperaturas obteniendo temperaturas mayores a los 30°C, por último se realizó un análisis de viabilidad del proyecto obteniendo una aceptación de la población por el proyecto de calentador solar de neumático y un análisis económico financiero para la propuesta de futuro de la apertura de una startup. Lo que demuestra que el caucho derivado del reciclado del neumático proporciona la capacidad de transferencia de calor para ser aplicado en la elaboración de un calentador solar de agua, el cual disminuirá costos de producción del mismo y beneficiaran a la sociedad evitando problemas de salud pública promoviendo el uso energía solar, y el reciclado del neumático para la mejora en la calidad de los hogares de las familias.

Palabras clave: Caucho, simulación, calentador solar.

Abstract

El presente trabajo muestra una propuesta de prototipo de calentador solar, a través de una metodología de experimentación del material caucho, diseño y elaboración de un prototipo involucrando el material caucho derivado del reciclado de neumático, sometido a una simulación de funcionalidad, en conjunto con un modelo matemático para comprobar el potencial térmico que posee el caucho derivado del reciclado del neumático y realizando un estudio de factibilidad del proyecto a desarrollar y el impacto significativo que este conlleva. Como resultados de esta investigación se realizó el método de caracterización del material caucho encontrando 0.190 mg por cada gramo de caucho reciclado de Cu y Zn materiales ideales para la transferencia de calor; también se realizó el diseño del prototipo de calentador utilizando el software SolidWorks® el cual proporciona datos y resultados del comportamiento térmico y capacidad de transferencia de calor, el diseño fue sometido a simulaciones térmicas y de presión obteniendo un rendimiento del material caucho, comportándose como aislante térmico en cada pieza que compone el calentador solar, a su vez se construyó un prototipo a escala de calentador solar con materiales derivados del reciclado de neumático para la comprobación de temperaturas obteniendo temperaturas mayores a los 30°C, por último se realizó un análisis de viabilidad del proyecto obteniendo una aceptación de la población por el proyecto de calentador solar de neumático y un análisis económico financiero para la propuesta de futuro de la apertura de una startup. Lo que demuestra que el caucho derivado del reciclado del neumático proporciona la capacidad de transferencia de calor para ser aplicado en la elaboración de un calentador solar de agua, el cual disminuirá costos de producción del mismo y beneficiaran a la sociedad evitando problemas de salud pública promoviendo el uso energía solar, y el reciclado del neumático para la mejora en la calidad de los hogares de las familias.

Keywords: Rubber, simulation, solar heater.

Índice

CAPÍTULO 1. PROPÓSITO Y ORGANIZACIÓN	11
1.1 Antecedentes de la investigación	12
1.2 Planteamiento del problema	13
1.3 Justificación de la investigación.....	14
1.4 Objetivos de investigación	15
1.4.1 Objetivo general	15
1.4.2 Objetivos específicos.....	15
1.5 Hipótesis.....	15
1.6 Preguntas de investigación	15
1.7 Alcances y limitaciones del proyecto.....	16
1.7.1 Alcances	16
1.7.2 Limitaciones	16
CAPÍTULO 2. MARCO TEÓRICO	17
2.1 Caucho.....	18
2.1.1 Caucho sintético	18
2.1.2 Vulcanización.....	19
2.2 Neumático	20
2.2.1 Estructura y composición del neumático.....	20
2.2.2 Producción del neumático	22
2.2.3 Tratamiento o reciclado del neumático	22
2.2.4 Propiedades de los materiales derivados del reciclado de neumático	26
2.3 Mecanismo de transferencia de calor	26
2.4 Energía solar.....	28
2.4.1 Radiación solar	28
2.4.2 Energía solar en México.....	29
2.4.3 Energía solar en Puebla	30
2.5 Calentadores solares.....	31
2.5.1 Generalidades	31
2.5.2 Tipos de calentadores solares	31
2.5.3 Normalización en calentadores solares para agua	34
2.6 Evaluación de factibilidad de un proyecto	34
2.6.1 Estudio de mercado	34
2.6.2 Análisis técnico	36

2.6.3	Estudio económico financiero	36
CAPÍTULO 3. METODOLOGÍA.....		37
3.1	Diagrama de proceso de actividades	38
3.2	Cronograma de actividades	39
3.3	Desarrollo de las hipótesis.....	39
3.3.1	Variable independiente.....	40
3.3.2	Variables dependientes.....	40
3.4	Caracterización.....	41
3.5	Diseño en SolidWorks.....	45
3.6	Modelo matemático.....	51
3.7	Construcción	57
3.8	Evaluación de proyecto	60
CAPÍTULO 4. RESULTADOS		76
4.1	Caracterización.....	77
4.2	Diseño	82
4.2.1	Simulación.....	83
4.3	Evaluación.....	86
4.3.1	Modelo matemático.....	86
4.3.2	Reporte de temperaturas.....	87
4.4	Análisis de Factibilidad.....	89
4.4.1	Instrumento de validación	89
4.4.2	Resultados de la encuesta.....	90
4.4.3	Evaluación del proyecto	99
4.5	Comprobación de las hipótesis.....	101
CAPÍTULO 6. CONCLUSIONES.....		104
Referencias Bibliográficas		108
Anexo A. Formato de la encuesta		114
Anexo B. Base de datos de la encuesta		117
Anexo C: Artículos publicados derivados de la tesis.....		127

Índice de figuras

Figura 1.	Estructura química del caucho natural.....	18
Figura 2.	Estructura química de polímeros de hidrocarburo	19

Figura 3. Red molecular del caucho antes y después del proceso de vulcanización con azufre realizada por Coran.....	20
Figura 4. Diseño y composición del neumático	21
Figura 5. Diseño de planta de pirolisis para neumáticos fuera de uso	23
Figura 6. Diseño de proceso de quema de neumáticos en cementera	24
Figura 7. Diseño del proceso de triturado del neumático fuera de uso	25
Figura 8. Reciclado artesanal del neumático fuera de uso	25
Figura 9. Comportamiento de radiación solar	29
Figura 10. Irradiancia solar en la República Mexicana.....	30
Figura 11. Irradiancia solar en el estado de Puebla.....	31
Figura 12. Diseño de tubo evacuado en un calentador solar.....	32
Figura 13. Diseño de la placa de calentador solar plano.....	33
Figura 14. Concentrador parabólico.....	33
Figura 15. Diagrama de proceso de la investigación.....	39
Figura 16. Cronograma de actividades en el proyecto de investigación	39
Figura 17. Caucho triturado de neumático en polvo	42
Figura 18. Caucho triturado de neumático de 2mm de grosor	42
Figura 19. Caucho triturado de neumático de 4 mm de grosor	42
Figura 20. Caucho triturado de neumático de 6 mm de grosor	42
Figura 21. Pesado de muestra HNO ₃	43
Figura 22. Añadir HNO ₃ y HCL.....	43
Figura 23. Filtrado de la reacción con el caucho.....	43
Figura 24. Muestras de caucho preparadas para el análisis de metales.....	43
Figura 25. Equipo de absorción atómica AA Perkin Elmer AAnalyst 300.....	44
Figura 26. Estándares de calibración por metal a medir	44
Figura 27. Tres opciones de modulo para trabajar en SolidWorks 2018.	45
Figura 28. Pantalla principal de Solid Works 2018, partes que la componen.....	46
Figura 29. Administrador de comandos especiales de SolidWorks 2018	46
Figura 30. Gestor de diseño en Solid Works 2018.....	47
Figura 31. Zona de gráficos en Solid Works 2018.....	48
Figura 32. Ventana emergente de la opción materiales en SolidWorks 2018.....	49
Figura 33. Comandos para simulación que ofrece Solid Works 2018	50
Figura 34. Indicadores de medición para simulación.....	50
Figura 35. Mallado para simulación de ensamble en SolidWorks 2018	51
Figura 36. Flujo de energía en un cuerpo.....	52
Figura 37. Ilustración del comportamiento térmico por convección en los tubos, parte del calentador solar.....	53
Figura 38. Ilustración del comportamiento de convección en la caja del calentador solar	54
Figura 39. Ilustración del comportamiento térmico por convección en el tanque de almacenamiento, parte del calentador solar.....	55
Figura 40. Construcción de caja de madera	57
Figura 41. Resina de caucho y catalizador.....	57
Figura 42. Mezcla para colocar la fibra de caucho.....	57
Figura 43. Fibra de caucho adherida en las paredes de la caja de madera	58
Figura 44. Terminación de fibra de caucho en la caja de madera	58
Figura 45. Capa de pintura sobre la superficie de la caja.....	58

Figura 46. Codos de cobre para unión de tubería.....	58
Figura 47. Lijado de codos para ensamble y soldado de las piezas	58
Figura 48. Soldado de piezas de tubería.....	58
Figura 49. Unión de tubería.....	59
Figura 50. Lamina de aluminio para cortar	59
Figura 51. Formado de la lámina en cilindro	59
Figura 52. Cilindro listo para tanque de almacenamiento.....	59
Figura 53. Modelo de como estará conformado el calentador	59
Figura 54. Soldado de tanque de almacenamiento de agua.....	59
Figura 55. Tanque terminado para calentador solar	59
Figura 56. Ensamble del prototipo de calentador solar	59
Figura 58. Empresas de fabricación de productos metálicos y fabricación de maquinaria y equipo	60
Figura 59. Unidades económicas de manufactura de fabricación de maquinaria y equipos	61
Figura 60. Tabla de matriz de Ansoff	67
Figura 68. Formato de dibujo de las piezas del prototipo de calentador solar	82
Figura 69. Análisis de flujo de calor en tubos de calentador solar con caucho y metal	83
Figura 70. Análisis de flujo de calor en caja de caucho	84
Figura 71. Análisis de flujo de calor polígono con aberturas (tanque) de caucho y metal.....	85
Figura 72. Tubo de conexión al agua de caucho	86
Figura 73. Representación gráfica de resultados para ítem 1	91
Figura 74. Representación gráfica de resultados para ítem 2.....	91
Figura 75. Representación gráfica de resultados para ítem 3.....	92
Figura 76. Representación gráfica de resultados para ítem 4.....	93
Figura 77. Representación gráfica de resultados para ítem 5.....	94
Figura 78. Representación gráfica de resultados para ítem 6.....	94
Figura 79. Representación gráfica de resultados para ítem 7.....	95
Figura 80. Representación gráfica de resultados para ítem 8.....	96
Figura 81. Representación gráfica de resultados para ítem 9.....	97
Figura 82. Representación gráfica de resultados para ítem 10.....	97
Figura 83. Representación gráfica de resultados para ítem 11	98
Figura 84. Representación gráfica de resultados para ítem 12.....	99
Figura 85. Diagrama de correlación entre variables de hipótesis.....	102

Índice de tablas

Tabla 1. Composición de materiales porcentual de un neumático	22
Tabla 2. Definición conceptual de la variable material del calentador	40
Tabla 3. Definición conceptual de la variable eficiencia del calentador.....	40
Tabla 4. Definición conceptual de la variable tamaño del calentador.....	41
Tabla 5. Definición conceptual de la variable temperatura del calentador solar.....	41
Tabla 6. Materiales y herramientas para la elaboración de un calentador solar de neumático.....	57
Tabla 7: Tabla de precios promedio de calentadores solares en México por capacidad	61
Tabla 8. Municipios que contienen zonas conurbadas en el estado de Puebla.....	62
Tabla 9. Municipios con zonas de marginación en el estado de Puebla.....	63
Tabla 10. Valores de población en Puebla	63
Tabla 11. Modelo de estimación de muestra.....	64

Tabla 12. Determinación de indicadores por variable para la encuesta	65
Tabla 13. Valores de la fórmula para comprobación de Hipótesis.....	66
Tabla 14. Recursos necesarios para la parte de producción	68
Tabla 15. Recurso Humano necesario para la apertura de la empresa de elaboración de calentador solar de neumático	69
Tabla 16. Recursos de datos e información para la apertura de la empresa de elaboración de calentador solar de neumático.....	69
Tabla 17. Actividad tributaria obligatoria para dar de alta la empresa	70
Tabla 18. Tabla de proveedores para la producción de calentadores solares de neumáticos	72
Tabla 19. Costos de materia prima, para la elaboración de un calentador solar de neumáticos	72
Tabla 20. Gastos indirectos promedio de 3 colaboradores en producción	73
Tabla 21. Equipos para producción para la elaboración de calentador solar	73
Tabla 22. Gastos indirectos	73
Tabla 23. Desglose del pronóstico de tiempo de producción.....	74
Tabla 24. Dimensiones del prototipo	83
Tabla 25. Variación de grosor de aislante térmico con respecto a la variación de temperatura que sea sometido el calentador solar	86
Tabla 26 Variación de grosor de aislante térmico con respecto a la variación de temperatura que sea sometido el calentador solar	87
Tabla 27. Registro de temperaturas por la mañana (septiembre)	87
Tabla 28. Registro de temperaturas por la tarde- noche (septiembre).....	88
Tabla 29. Registro de temperaturas por la mañana (octubre).....	88
Tabla 30. Registro de temperaturas por la tarde- noche (octubre)	88
Tabla 31. Alpha de Cronbach de variables.....	89
Tabla 32. Número de municipios encuestados en el estado de Puebla.	90
Tabla 33. Tabla de distribución de género	90
Tabla 34. Tabla de distribución de ocupación.....	90
Tabla 35. Resultados de encuestas ítem 1	91
Tabla 36. Resultado de encuestas ítem 2.....	91
Tabla 37. Resultado de encuestas ítem 3.....	92
Tabla 38. Resultado de encuestas ítem 4.....	93
Tabla 39. Resultado de encuestas ítem 5.....	93
Tabla 40. Resultado de encuestas ítem 6.....	94
Tabla 41. Resultado de encuestas ítem 7.....	95
Tabla 42. Resultado de encuestas ítem 8.....	96
Tabla 43. Resultado de encuestas ítem 9.....	96
Tabla 44. Resultado de encuestas ítem 10.....	97
Tabla 45. Resultado de encuestas ítem 11.....	98
Tabla 46. Resultado de encuestas ítem 12.....	99
Tabla 47. Costeo por unidad de un calentador solar de neumático	100
Tabla 48. Cálculo de inversión inicial.....	100
Tabla 49. Flujo de efectivo en el periodo de 5 años para la apertura de una empresa de calentadores solares de neumáticos.....	101
Tabla 50. Tabla de análisis de factibilidad del proyecto de inversión.....	101
Tabla 51. Media y desviación estándar de los ítems de encuesta en cada variable analizada.....	103

Introducción

A lo largo de la historia el ser humano a buscado satisfacer las necesidades en una constante actitud de supervivencia lo que ha permitido la creación de nuevos productos con un importante avance en el estilo de vida, sin embargo el acelerado desarrollo social y el consumismo ocasiona una gran generación de residuos en el mundo, lo que desencadena principales factores de contaminación y afectaciones en los recursos naturales, así como en los seres vivos (Ospina, 2019). Si bien los productos hechos a partir de nuevos materiales que proporciona la naturaleza, la mezcla de ellos con nuevos químicos, da como resultado materiales más resistentes y duraderos en su tiempo de vida, lo que, con el paso de los años, se vuelve cada vez más imposible la destrucción, desintegración de un producto. Un ejemplo de ello, son la cadena de polímeros que a partir de diferentes especies exóticas como el árbol de hule, o resina capaces resistir condiciones extremas, sin verse modificadas del todo en su estructura, estos materiales se han visto modificados por la incorporación de aditivos, los cuales permiten un polímero más duradero, resistente y difícil de destruir, un subproducto de polímero, es el caucho, material principal para una gran variedad de productos resistentes, un ejemplo de ello son el neumático, el cual fue diseñado para resistir condiciones mecánicas y meteorológicas dentro del sector de transporte automovilístico (González et al., 2019), este producto desde los años 80's ha ido actualizando su resistencia y durabilidad para la movilidad y transporte, el neumático cuenta con un promedio de 5 años en vida útil primaria (varía de acuerdo al mantenimiento del vehículo y estado del camino o rutas que se tomen) y se estima más de 500 años en biodegradarse por completo (Española, 2020). En materia de producción a nivel internacional se producen 3 billones de llantas al año (Forbes, 2015); y en México 14.6 millones de llantas al año, con una estimación de 25 millones de llantas desechadas anualmente, dentro de las afectaciones que esto conlleva Ardilla y Arriola (2017) resaltan, que las llantas usadas se convierten en el hábitat ideal para vectores como ratas y mosquitos, los cuales transmiten enfermedades como dengue, fiebre amarilla y encefalitis esquinosa lo que impacta a la sociedad y economía actual de forma significativa. También, se considera el impacto ambiental que la contaminación de neumáticos ocasiona donde se presentan componentes como azufre y los bifenilos policlorados en micropartículas sólidas que se dispersan en el medio por el tiempo que tarda en biodegradarse un neumático, a lado de una fuente hídrica (Avellana, 2019).

Dentro de las medidas consideradas en la sociedad, en promedio solo el 10% de neumáticos son reciclados correctamente (INEGI, 2016a), con el interés de aprovecharlo en nuevos productos y/o artículos, el reciclaje en este producto, es viable por sus propiedades en resistencia, durabilidad y capacidad térmica, ya que el caucho es un compuesto fuertemente demandado, el cual es considerado en la elaboración de nuevos productos (Din, 2018). Dando oportunidad a nuevas líneas de investigación en el comportamiento y uso del caucho.

Por otro lado, en materia de transición energética, el uso de energía renovables como reemplazo de energías fósiles, permite alternativas viables para la investigación y elaboración de proyectos sustentables (Energía, 2015). Tal es el caso de los calentadores solares, los cuales surgen a partir de sustituir el gas, carbón, leña, etc. aprovechando la energía solar que por sus características proporciona mayor rendimiento en el calentamiento de materia. Si bien los calentadores solares fueron un invento potencial en los años 90's al incorporar borosilicato y nitrato de aluminio en sus tubos de vacío, los

cuales son materiales aptos para la absorción del calor solar, en la actualidad se presenta una deficiencia en el diseño de los mismos, ya que al ser considerados frágiles y de manejo especial, los residuos que estos generan son perjudiciales para el medio ambiente (Coxca, 2018). Tanto las deficiencias que se presenta en este tipo de calentadores solares y la gran demanda que va en incremento por adquirir un calentador solar, la calidad de estos productos carece de funcionamiento y durabilidad, dejando de lado a la población que más lo requiere, zonas con desigualdad y carencia son el principal foco de atención para sustituir el uso de leña, carbón, o gas en el calentamiento de agua por un calentador solar, sin embargo, ofreciendo un tipo de calentador solar más sustentable.

Derivado de lo anterior el presente trabajo tiene como objetivo desarrollar un prototipo de calentador solar a través del reciclado de los materiales provenientes del neumático para el calentamiento de agua en la zona conurbada del estado de Puebla, para medir la viabilidad de esta propuesta y dando apertura a nuevas líneas de investigación del uso y comportamiento de los materiales derivados del reciclado de neumáticos.

CAPÍTULO 1. PROPÓSITO Y ORGANIZACIÓN

1.1 Antecedentes de la investigación

El neumático es un producto de alta tecnología que con el paso del tiempo ha ido revolucionando en su composición y ergonomía; desde que el ingeniero escocés Robert William Thomson patentó los primeros neumáticos vulcanizados para máquinas de vapor en 1867 (Ruiz-Vanoye, 2015) el campo de innovación y comercio en llantas se expandió conforme los materiales lo permitían dando paso a nuevos modelos de llantas en la industria y mercado.

En 1888 el veterinario escocés John Boy Dunlop reinventó el neumático con cámara de hule natural para el triciclo de su hijo de nueve años, con el propósito de facilitar el largo camino lleno de baches hacia la escuela (Instituto de Transportación, 2018). La idea de la fabricación de llantas fue impulsando la apertura de nuevas industrias en neumáticos, surgiendo así, nuevas marcas en el mercado, tal es el caso de los hermanos André y Édouard Michelin, en 1945 mostraron al mercado el neumático radial que hoy en día es utilizado (Hernández, 2019).

Un material importante en la composición del neumático es el caucho sintético, el cual es considerado útil para la fabricación de artículos impermeables, aislantes y por supuesto el neumático, ya que cuenta con propiedades de elasticidad y resistencia ante los ácidos y las sustancias alcalinas, también es considerado como aislante de temperatura y de la electricidad (Junceda, 2015).

Este producto es considerado como uno de los residuos de manejo especial con alto potencial de aprovechamiento de sus materiales (SEMARNAT, 2017b), dando apertura a diversos programas que consisten en la reutilización de los neumáticos, pasando a segunda vida útil (Andrade Morocho y Agualsaca Janeta, 2018).

En la actualidad se presentan trabajos de aprovechamiento de materiales del reciclado de neumáticos, para combustible o artículos sostenibles (Rodríguez, 2018) tal es el caso de impermeabilizante (Cruz, 2018), pisos (Ospina, 2019), muros (Rommel et al., 2018), pavimento (Rodríguez, 2016), tabiques (Sanchez Gamboa, 2019), etc.

Por su innovación, en los últimos años se realizan estudios de los materiales del neumático como captadores de energía, autores como Norambuena-Contreras et al. (2017) establecieron que “el polietileno, polipropileno y caucho sintético son los polímeros de bajo costo más adecuados para absorber la energía solar”.

Otro importante hallazgo en el análisis del material Pannucharoenwong et al., (2016) exploró el uso del caucho natural como material absorbente de la radiación solar ya que es capaz de registrar de 50 a 60 °C en un tanque de almacenamiento de agua y entre la máxima productividad alcanzable para un sistema solar con absorbente de calor de caucho negro fue de solo 1.17 litros por día.

También, en la investigación realizada por Alvares Junceda (2015) donde caracterizó los materiales compuestos por matriz polimérica termoestable, tipo epoxi, rellena con partículas de caucho provenientes de neumáticos fuera de uso, elaboró un estudio morfológico con el objetivo de analizar la dispersión de

las partículas de caucho en el interior del polímero termoestable, entre los resultados obtenidos se establecieron las condiciones más adecuadas, el tiempo y temperatura, para el curado y post-curado de los materiales trabajados.

Hoy en día, el campo de investigación sobre el reciclado de los materiales del neumático se expande, en busca de nuevas innovaciones (Muñoz Rubio, 2017). Existen proyectos de investigación e innovación en distintas etapas, en el uso de los materiales derivados del neumático, sin embargo, ninguno enfocado en un calentador solar para agua construido con estos materiales.

1.2 Planteamiento del problema

De acuerdo con Gonzalez et al., (2019) “los neumáticos se han diseñado para resistir condiciones mecánicas y meteorológicas fuertes” sin embargo, en promedio pueden durar 5 años en vida útil primaria; esto varía de acuerdo al mantenimiento del vehículo y estado del camino o rutas que se tomen por lo que se estima, que tarda más de 500 años en biodegradarse por completo (Española, 2020). Por su composición, el neumático se comprende por: 27% caucho sintético, 28% negro de humo, 16% fibra textil, 14% caucho natural, 14% acero y 1% otros (Española, 2020).

Este importante producto ha desencadenado una fuerte demanda en la industria de los neumáticos; en un estudio realizado por el Consejo Empresarial Mundial para el Desarrollo Sostenible (por sus siglas en inglés WBCSD) “a nivel mundial se generan 1,000 millones de neumáticos al año y existen 4,000 millones en vertederos” (Rodríguez, 2018); de acuerdo con la disposición final del neumático, la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales [SEMARNAT] (2017b), estima que en México se desechan poco más de 25 millones de llantas; es decir al minuto se desechan cerca de 50 llantas en el país, esta cifra va en crecimiento exponencial y se estima que a finales del año 2021 la cifra se acerque a 90 millones de neumáticos (Levet, 2017).

Ardilla y Arriola (2017) resaltan, que las llantas usadas se convierten en el hábitat ideal para vectores como ratas y mosquitos, estos transmiten enfermedades como dengue, fiebre amarilla y encefalitis equina lo que impacta a la sociedad y economía actual.

Con respecto a el impacto ambiental que generan los neumáticos en el agua, Avellana (2019) menciona que se presentan componentes como azufre y los bifenilos policlorados en micropartículas sólidas que se dispersan en el medio por el tiempo que tarda en biodegradarse un neumático, a lado de una fuente hídrica, es relevante mencionar el estudio realizado por científicos en el parque ecológico de Piedras Blancas Colombia dónde se encontró la calidad del agua por la quema y tiradero de neumáticos en la zona, presenta un cambio notorio en el oxígeno disuelto (OD) en el agua, el cual corresponde a un valor de 7.5 y 4.6 mg/l (Ardilla y Arriola, 2017)

Los incendios provocados de neumáticos, tanto de manera incontrolada, por accidente o por su disposición para uso de energía calorífica, en procesos como fuente de energía para la industria cementera, donde se utilizan los neumáticos para crear un sustituto de diésel en calderas de flama abierta

(Rodríguez, 2018), ocasionan un impacto significativo en la atmósfera, liberando gases tóxicos al ambiente como monóxido de carbono (CO), dióxido de azufre (SO₂), dióxido de nitrógeno (NO₂) y compuestos orgánicos volátiles (COV's) (Nejero, 2019).

Como se mencionó, con anterioridad en la actualidad se busca implementar nuevas innovaciones con el reciclaje de los materiales derivados del neumático, lo que da apertura a incorporarlo en un diseño de calentador solar en busca de ser un prototipo funcional para su futura implementación en los hogares (Rommel et al., 2018).

Para fines de la presente tesis se basará la propuesta en el estado de Puebla, ya que de acuerdo con Camacho (2020) los vertederos de neumáticos están al colapso de estos materiales y no solo en rellenos sanitarios, sino también en fuentes naturales como arroyos, ríos, calles, etc. ocasionando graves daños en los municipios del estado de Puebla. Resaltando que existen 22 municipios con zonas conurbadas integradas en el estado, las cuales son agrupaciones de localidades geoestadísticas que no cuentan con un sistema de calefacción de agua en sus hogares (Coxca, 2018) por lo que se propone un prototipo de calentador solar con el reciclado del caucho proveniente de los neumáticos fuera de uso, aprovechando la energía solar para el calentamiento del agua a bajo costo en los hogares.

1.3 Justificación de la investigación

El consumo de energías limpias ha impulsado la implementación de diferentes tecnologías para el aprovechamiento de las mismas, tal es el caso de los calentadores solares que hasta la fecha son la tecnología más común en el aprovechamiento de la energía calorífica del sol, la cual permite calentar sustancias como el agua, en los hogares, hoteles, albercas, empresas, etc. (Galaz et al., 2021).

Por otro lado, en temas de contaminación, la aplicación del método de reciclaje para los residuos sólidos urbanos, manejo especial, etc. es un proceso importante hoy en día, debido a que se da apertura a nuevas innovaciones en proyectos sustentables (Nas Daily, 2021).

La eficiencia para captar la energía solar es muy elevada en los calentadores solares y esta depende de la tecnología y materiales que sean implementados (Andrade Jiménez, 2015); trabajos de investigación realizados por Pannuchaoenwong et al., (2019) o Norambuena-Contreras et al., (2015) dan apertura a la indagación e investigación en los materiales derivados de los neumáticos fuera de uso, considerados desechos, los cuales se caracterizan por su capacidad de aprovechamiento y captación de la energía solar, es por ello que en el presente proyecto se trabaja con el material caucho derivado de los neumáticos, para construir un prototipo de calentador solar, aprovechando las características fisicoquímicas del mismo material (caucho) y evaluando la eficiencia calorífica obtenida.

De esta manera se beneficiará con agua caliente a los hogares de las familias poblanas e incorporando en el área de investigación del reciclaje del neumático, una alternativa más para aprovechar este material en zonas conurbadas del estado de Puebla, sin tener que incurrir en gastos de combustibles con su contaminación asociada.

Es importante resaltar que hoy en día no se tiene registro de algún calentador solar que utilice los materiales del neumático fuera de uso para su aprovechamiento, por lo que se innovará en sus componentes obteniendo temperaturas mayores a los 30°C y proponiendo un prototipo con características sustentables, desde la perspectiva del reciclado de los materiales del neumático.

1.4 Objetivos de investigación

1.4.1 Objetivo general

Desarrollar un prototipo de calentador solar a través del reciclado de los materiales provenientes del neumático para el calentamiento de agua en la zona conurbada del estado de Puebla

1.4.2 Objetivos específicos

- Diseñar un prototipo de calentador solar a través del uso del caucho para determinar la superficie, configuración del prototipo.
- Construir un prototipo para 4 personas de calentador solar mediante el uso de resina de caucho y derivados del reciclado de caucho de neumático para determinar variables de su comportamiento.
- Evaluar el prototipo mediante simulación y experimentación para estudiar la eficiencia del uso de los materiales del reciclado del neumático a través del gradiente de temperatura en función al tiempo de residencia.
- Realizar una evaluación financiera del proyecto de calentador solar de neumático a través un análisis de viabilidad y determinar la factibilidad para su puesta en marcha.

1.5 Hipótesis

H1. La implementación de los materiales reciclados provenientes del caucho de neumáticos es ideal para el diseño y prototipado de calentadores solares de agua que pueden alcanzar temperaturas hasta los 35°C siendo una opción viable para los hogares de bajos recursos de la zona conurbada del estado de Puebla.

H0. La implementación de los materiales reciclados provenientes del caucho de neumáticos no es ideal para el diseño y prototipado de calentadores solares de agua que pueden alcanzar temperaturas hasta los 35°C siendo una opción viable para los hogares de bajos recursos de la zona conurbada del estado de Puebla.

1.6 Preguntas de investigación

¿Cuáles son las propiedades físicas del material obtenido del caucho que proporcionará mejores resultados para el diseño de un calentador solar?

¿Cómo influye la relación de composición de los materiales que provienen del neumático en función al tamaño y estructura?

¿Cuáles son las variables determinantes que más influyen en la eficiencia y diseño de un calentador solar usando materiales obtenidos del neumático?

1.7 Alcances y limitaciones del proyecto

1.7.1 Alcances

El proyecto tiene como alcance la construcción de un calentador solar para agua, parte de este sistema será elaborado a partir de los materiales procedentes del neumático, y será sometido a pruebas experimentales de eficiencia calorífica.

Incentivar la investigación del reciclaje, moldeado y uso del caucho del neumático reciclado para la transferencia de calor.

Propuesta del uso de materiales reciclados del neumático como captador solar.

Divulgación científica por medio de la publicación de un artículo.

Participación en congresos y concursos en la divulgación del proyecto

1.7.2 Limitaciones

Información escasa de estudios e investigaciones realizadas sobre los materiales derivados del neumático, en particular el caucho.

La no aceptación de la propuesta del prototipo en las regiones conurbadas del estado de Puebla.

CAPÍTULO 2. MARCO TEÓRICO

2.1 Caucho

El caucho natural es un polímero considerado dentro de los hidrocarburos elásticos, que por su estructura química que se muestra en la figura 1, permite una mayor resistencia considerada “elastómeros” los cuales en su mayoría proviene del árbol del caucho *Hevea Brasiliensis* y *ficus euphorkingdom heartsbias* (Foitzik et al., 2018), el cual exudan una sustancia blanca y lechosa llamada “látex”, cuando se hace una incisión profunda en su corteza (Barlow, 1993).

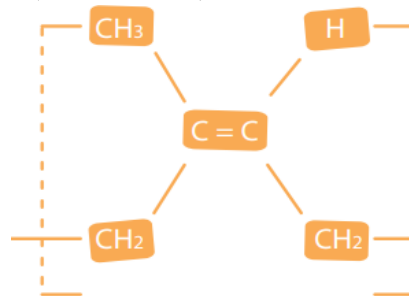


Figura 1. Estructura química del caucho natural
Fuente: (Urrego-Yepes et al., 2017)

De acuerdo a Dejchanchaiwong et al. (2016) el latex extraído por el árbol *Hevea* tiene un pH de 6.5 a 7.1 y una densidad de 0.98 g/cm³.

Por su distribución y comercio, en la actualidad los países asiáticos son los mayores productores de caucho natural en el mundo, con el 94% de producción anual estando en la sobre explotación de este recurso (Dejchanchaiwong et al. 2016). En México con el 90 % de la demanda de caucho, el cual, es abastecida por producto importado esto, por su demanda en la última década ante el creciente mercado automotriz, para el uso en su transformación de insumo industrial versátil, el cual es sometido a diferentes procesos industriales, siendo la fabricación de llantas su principal uso.

2.1.1 Caucho sintético

En la industria de los polímeros, se buscaba el remplazo del caucho con sustancias sintéticas semejantes al mismo (Bekkedahl, 1946). Pero fue después del año 1930 en Estado Unidos de América en colaboración con Rusia y Alemania cuando se fabricó un caucho sintético que lo llamarían "Neoprene" y "Buna-N", los cuales contienen cloro y nitrógeno respectivamente con buena resistencia al petróleo, considerados superiores al caucho natural, tal como se muestra en la figura 2. En la actualidad las diversas clases de cauchos sintéticos se basan en la polimerización del butadieno, el isopreno y el cloropreno (figura 2):

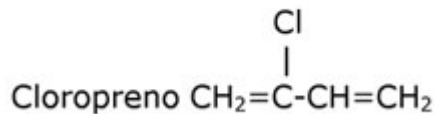
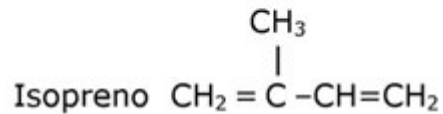


Figura 2. Estructura química de polímeros de hidrocarburo
Fuente: Bolufer (2019)

La obtención de los polímeros de hidrocarburo como es el butadieno industrial viene a partir de la destilación fraccionada del petróleo el cual es sometido a tratamiento especial con el butano obtenido del petróleo, sometiéndolo a una mezcla de alcohol caliente de óxidos de aluminio y zinc, de esta forma se deja reposar para ser fermentado por hidratos de carbono, dando como resultado termedio glicol butilénico, el cual se somete a la polimerización (a través de catalizadores) obteniendo un caucho sintético por coagulación con un ácido en forma semejante al caucho natural, el cual ya es apto para su uso en la industria cauchera (Troncoso, 1951). De acuerdo a Bekkedahl (1946) el caucho sintético tiene la propiedad de absorber mejor la energía vibratoria que el caucho natural, al ser utilizado como la principal materia prima para la industria de la goma.

2.1.2 Vulcanización

Desde su descubrimiento por Charles Goodyear a principios del año 1839, el término vulcanización o reticulación del caucho, se refería al proceso de calentar caucho, azufre y plomo blanco (Barlow, 1993). Hoy en día la reticulación basada en la reacción de los cauchos (vulcanización), es realizada con sustancias distintas al azufre, sometiéndolo a un proceso llamada "curado con azufre" o "reticulación por azufre" (Barlow, 1993). El azufre puede agregarse en estado libre o bajo la forma de sulfuros o polisulfuros metálicos u orgánicos, en la industria de goma, se utiliza el tipo de azufre llamado azufre rómbico, es cual por sus propiedades tiene una pureza de 99.9%, la temperatura a utilizar debe ser superior a los 120°C (punto de fusión del azufre 119°C) hasta 180°C produciendo una despolimerización apropiada en el caucho, como se muestra en la figura 3. La cantidad de azufre a utilizar varía de acuerdo a las mezclas de cada marca de neumáticos, sin embargo se tiene un promedio de 47% de azufre del contenido de caucho:

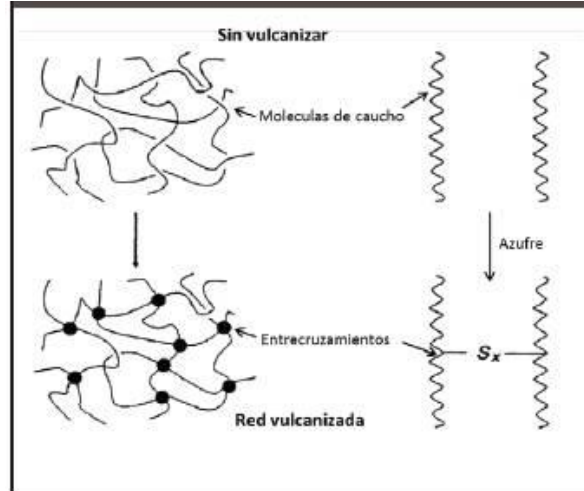


Figura 3. Red molecular del caucho antes y después del proceso de vulcanización con azufre realizada por Coran
Fuente: Akiba y Hashim (1997)

En la industria del caucho la vulcanización dependerá de la elección de los componentes de la mezcla y las proporciones en que se usarán (Akiba & Hashim, 1997). El vulcanizado se define con base en las características del caucho con el que se va a trabajar (González, 2005). Anteriormente se llegaban a utilizar compuestos orgánicos como, como selenio y telurio, estos como auxiliares de la vulcanización, utilizados en polvos muy finos y contribuyen a dar una especial resistencia al calor, acelerando la vulcanización (Urrego Yepes et al., 2018). Hoy en día se utilizan óxidos y sales metálicas para acortar el tiempo de vulcanización y disminuir el uso de azufre, los productos básicos utilizados fueron el plomo, cal, magnesia y óxido de zinc, siendo este último el más habitual en el proceso de vulcanización; entre los tipos de vulcanización que en la actualidad se utilizan para el curado con azufre son:

- a) Vulcanización en prensas
- b) Vulcanización por vapor directo en autoclave
- c) Vulcanización con calor seco en autoclave
- d) Vulcanización en frío o auto vulcanización

Este tipo de procesos son indispensables para la hechura del neumático en la industria automotriz, sin embargo una vez realizado el proceso de vulcanización del caucho, este no se derrite, por lo que es indispensable trabajar con caucho sintético o caucho natural sin antes estar sometido a este tipo de procedimiento, lo que dificulta su reciclaje del caucho de neumáticos en llantas nuevas (Eco Green, 2021).

2.2 Neumático

2.2.1 Estructura y composición del neumático

De acuerdo a la Real Academia Española (RAE, 2021) el neumático es una pieza de caucho con cámara de aire o sin ella, que se monta sobre la llanta de una rueda, también Continental (2021), se refiere al neumático como una mezcla compleja de diferentes gomas naturales y sintéticas con una variedad de

compuestos químicos para su construcción. La estructura del neumático es definida también por su diseño, durabilidad y resistencia como se muestra en la figura 4:

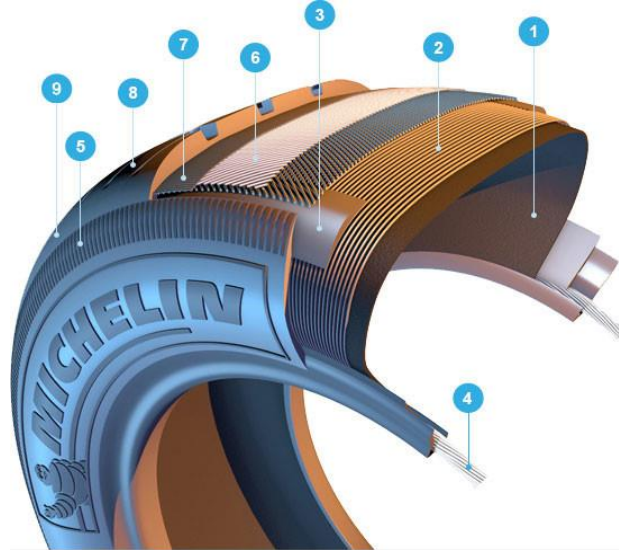


Figura 4. Diseño y composición del neumático
Fuente: *Circula seguro por Martinez (2016)*

Por su diseño, el neumático está estructurado bajo los siguientes componentes (Martinez, 2016):

1. Forro interno o goma interior
2. Capa de la carcasa
3. Área de talón inferior
4. Talones
5. Flanco
6. Capa de la cubierta
7. Capa de tapa (o lona de cima de «cero grados»)
8. Pliegues de corona (o lonas de cima)
9. Banda de rodadura o rodamiento

Por su composición, el neumático está conformado por los siguientes materiales:

1. Rellenos reforzantes: formado de partículas muy pequeñas de carbono (negro de humo)
2. Fibras reforzantes: tanto textiles como de acero (hilos) que aportan resistencia a los neumáticos (algodón, nylon y poliéster).
3. Plastificantes: reducen la fricción interna durante el procesado y mejoran la flexibilidad a bajas temperaturas (aceites minerales, nafténicos y parafínicos).
4. Agentes vulcanizantes: para entrecruzar las cadenas de polímero en el caucho natural y sintético (azufre)
5. Acelerantes: compuestos orgánicos (sulfurados, óxido de zinc y ácido esteárico)
6. Retardantes: N-nitroso difenil amina.

7. Otros componentes: antioxidantes, adhesivos

La cantidad de cada materia prima que se utiliza para la conformación del neumático varía según el fabricante, a continuación se detalla en la tabla 1, un promedio general de los materiales que se utilizan para la elaboración de los neumáticos:

Tabla 1. Composición de materiales porcentual de un neumático

Material	Porcentaje
Caucho sintético	27%
Caucho natural	14%
Negro de humo	25%
Metal	20%
Fibra textil	4%
Aditivos	8%
Óxidos de Zinc	1%
Azufre	1%

Fuente: Elaboración propia en base a Circula Seguro de Martínez (2016)

Cada materia prima y materiales que son utilizados para la elaboración del neumático, varía de acuerdo a cada industria y marca de neumáticos, es en proporciones indicadas para su manejo y soporte del mismo, tanto la mezcla de materiales como la vulcanización del caucho, proporciona un material con alta resistencia mecánica, según su aplicabilidad y fluencia, el cual se busca nuevos métodos para su tratamiento de reciclado y aprovechamiento en una economía circular (Vence y López, 2022).

2.2.2 Producción del neumático

En los últimos años la industria de neumáticos ha decrecido significativamente el volumen de producción, para abastecer a las compañías ensambladoras de automóviles reduciendo en un 8%, esto debido a la menor producción mundial de vehículos, al menos en el 2019 se registró en promedio por fabricante de neumáticos, más de 155.3 millones de unidades 2% menos que en 2018 (Hernández, 2020). En México la Industria hulera está conformada por 1,141 empresas a nivel nacional, las cuales representaron 0.2% de las unidades económicas del sector manufacturero; en la Fabricación de llantas y cámaras existen 3.2% de las unidades económicas y dentro del aporte económico la Industria hulera se en promedio 0.53% al PIB manufacturero durante el periodo 1993-2015. En materia de producción de acuerdo a Bardahl (2018) al cierre del 2018, se produjeron alrededor de 30 millones de neumáticos en el país y se estima cerca de 1000 millones de neumáticos llegan al final de su vida útil en todo el mundo.

2.2.3 Tratamiento o reciclado del neumático

En la actualidad, en México, la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT) en conjunto con la Procuraduría Federal de Protección al Ambiente (PROFEPA) se mantiene publica la

NOM-161-SEMARNAT-2011, en donde se establecen los criterios de clasificación de los residuos de manejo especial (RME), especificando en el anexo de la misma norma, la lista de productos que al transcurrir su vida útil se desechan, entre los cuales se encuentran los neumáticos considerados residuos de manejo especial (Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, 2013). Hoy en día tan solo el 10% de los neumáticos considerados fuera de uso, tienen un tratamiento de reciclaje adecuado para este producto (Firestone, 2021); estos procesos buscan implementar diversos métodos para disminuir el impacto ambiental, social y económico ocasionado por el neumático fuera de uso, buscando el aprovechamiento de este producto, en materia prima para subproductos o fuentes de energía para procesos (Levet, 2017), en la actualidad se tienen contemplados tres tipos de procesos de tratamiento de reciclaje para los neumáticos:

a) Pirolisis

Es la técnica que consiste en quemar los neumáticos sin oxígeno, a través de tres etapas de descomposición térmica entre 450°C y 600°C favorecen la formación de productos líquidos como aceites, lo que corresponde a una pirolisis con altas temperaturas (Buitrago, 2020) y tratamiento térmico como la pirolisis a bajas temperaturas entre -300°C a - 450 °C, ambos tipos de proceso corresponde a una volatilización de plastificantes, degradando el caucho natural y sintético, obteniendo una recuperación de los siguientes porcentajes del neumático:

- Gas combustible 10%
- Aceite de combustibles 40%
- Negro de carbón 33%
- Alambre de acero 10%,

Los cuales son subproductos reutilizados para procesos industriales o en la fabricación de nuevos neumáticos (Mancheno et al., 2017). En la figura 5 se muestra la representación gráfica de una fábrica de pirolisis:



Figura 5. Diseño de planta de pirolisis para neumáticos fuera de uso
Fuente: Beston (2022)

Este proceso de recuperación y reciclaje de los neumáticos usados es ideal para cantidades mayores a 100 toneladas de neumáticos, ya que es un tratamiento costoso, presentando problemas ambientales asociados con este proceso, debido a las altas concentraciones de contaminantes orgánicos (hidrocarburos aromáticos policíclicos) que se encuentran en los gases resultantes (Silkymia, sf).

b) Uso como combustible

Es la técnica utilizada por el aprovechamiento energético térmico que contiene cada neumático al ser quemado, los neumáticos pueden ser mezclados con carbón u otros combustibles (madera o desechos químicos), en enormes hornos en plantas cementeras o fábricas de papel, las cuales necesitan una gran cantidad de capacidad calorífica, ahorrando coque de petróleo, carbón y fueloil pesado, este procedimiento debe ser realizado bajo condiciones estrictas y controladas (Martinez, 2018), como se detalla a continuación en la figura 6.

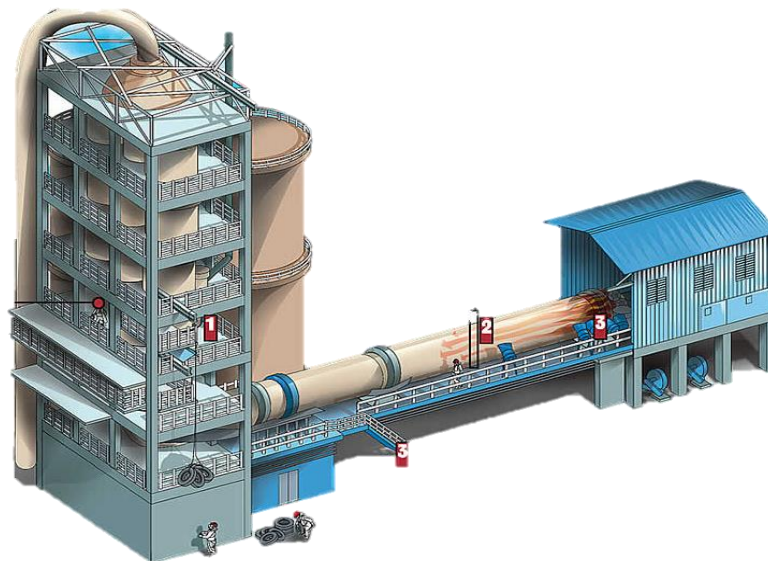


Figura 6. Diseño de proceso de quema de neumáticos en cementera
Fuente: Cosmotheoros (2016)

En promedio al día, se utilizan un máximo de 20 toneladas de neumáticos usados, en este tipo de industria. Este procedimiento es una técnica utilizada de manera internacional en su mayoría, por diferentes cementeras, sin embargo, de acuerdo a Pilar (2018) esta técnica entra en debate, ya que no se está de acuerdo con las emisiones de zinc y las emisiones potencialmente contaminantes de los combustibles derivados de neumáticos los cuales son comunes en combustibles fósiles convencionales, como el uso del automóvil, actividades industriales, etc.

c) Trituración

Este procedimiento se basa en moler mecánicamente los neumáticos hasta obtener diferentes tamaños de partículas los cuales son utilizados como materia prima para diferentes productos nuevos. Este proceso se realiza a temperatura ambiente, con diferentes cuchillas de los molinos, electroimán y cernedores, con

el fin de clasificar las partículas obtenidas de la trituración del neumático, el diseño de una cadena de triturado de neumáticos se detalla a en la figura 7; obteniendo los siguientes subproductos:

- Alambre 20%
- Fibra de caucho 12%
- Granulado de caucho 65%



Figura 7. Diseño del proceso de triturado del neumático fuera de uso
Fuente: Bestoneco (2022)

Este proceso es considerado entre los mas eficientes, rápidos e ideales para el reciclaje de neumáticos inferior a 100 toneladas al año, obteniendo material útil para la generación de subproducto en aplicaciones de ingeniería civil (Hoyos et al., 2021).

d) Reciclado artesanal

Dentro de las técnicas del reciclaje de neumáticos se encuentra reconocido el reciclaje artesanal, el cual involucra la modificación parcial en su diseño original del neumático, para un uso ornamental o útil sin ser sometido a proceso químico. En la actualidad es utilizado ya sea en terrazas de formación sucesiva para manejo forestal, barreras o muros, maceteros, sillones, camas, etc. (Pérez, Aparicio Roberto y Saiz, 2018), un ejemplo de este tipo de reciclado se detalla en la figura 8:

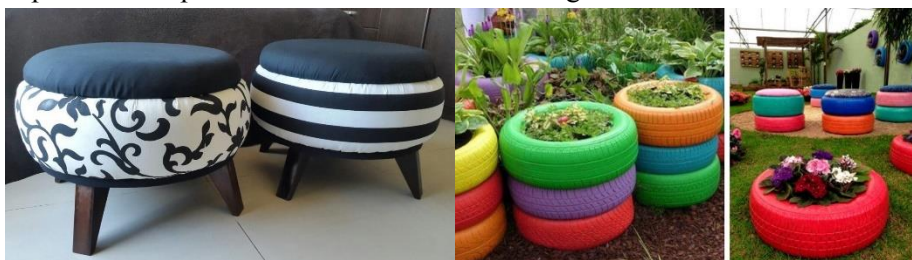


Figura 8. Reciclado artesanal del neumático fuera de uso
Fuente: Shimi (2016)

El reciclaje y tratamiento para los neumáticos ha incrementado potencialmente en los últimos años, un informe por la USTMA (Asociación de Fabricantes de Neumáticos de Estados Unidos) reportó en el año 2017 de manera internacional, un 81% de reciclaje de neumáticos, siendo el método pirolisis y quema de neumáticos para combustible en cementeras, los que encabezan la lista de los tratamientos más

convencionales en el reciclaje de neumáticos (Root, 2019) y en México solo 10% de los neumáticos está siendo reciclado; cada método o procedimiento de reciclaje del neumático fuera de uso es considerado adecuado para el aprovechamiento de los subproductos y materia del mismo producto, ya que son mucho más que residuos, son una fuente de recursos materiales y energéticos, por su potencial térmico.

2.2.4 Propiedades de los materiales derivados del reciclado de neumático

Se han llevado a cabo estudios en el uso de productos derivados del triturado de neumático en sus diferentes presentaciones (granulado de caucho, fibra de caucho y alambre) el reciclaje del neumático se encuentra en constante estudio y análisis por sus propiedades para ser utilizados en mezclas compuestas en la elaboración de un producto nuevo (Nazer et al., 2019).

En la actualidad existen investigaciones donde se analiza el comportamiento y aprovechamiento de la goma de caucho reciclado del neumático para ser combinado en materiales de piezas de construcción, presentando propiedades como: material más ligero (Kazmierczak et al., 2020), resistencia a la compresión (Tallini & Cedola, 2018) para 0 – 50% en volumen de contenido, utilizado en ladrillos y bloques huecos largos recubiertos de caucho, pisos decorativos y rendimiento térmico (Dejchanchaiwong et al., 2016) (Yang et al., 2019) en capacidad de aislamiento térmico prolongado resultando un material de bajo costo, lo que puede ofrecer importantes ahorros y beneficios en la elaboración de nuevos productos, aprovechando los materiales derivados del reciclado del neumático.

También se realizan investigaciones sobre las propiedades acústicas de la fibra de caucho reciclado del neumático, reduciendo el coeficiente de ruido, Rwawiire et al., (2017) menciona diferentes mezclas de fibra de caucho, realizando investigaciones acústicas con fibras textil del caucho y yute no tejido, resultando una buena absorción del sonido a frecuencia más altas como 3000 – 5000 Hz.

También Norambuena-Contreras et al. (2017), demuestran el coeficiente de conductividad térmica con el que cuenta el caucho reciclado para uso, resaltando el polipropileno y caucho sintético los cuales son polímeros de bajo costo más adecuados para absorber la energía solar.

2.3 Mecanismo de transferencia de calor

El flujo de calor o transferencia de calor por unidad de área q_x^n (W/m^2), se interpreta como la velocidad con que se transfiere el calor en la dirección x por área unitaria perpendicular a la dirección de transferencia, esta, es proporcional al gradiente de temperatura dT/dx en esta dirección (Frank & Incropera, 1999). Dentro del comportamiento térmico los mecanismos de transferencia de calor son los siguientes:

1. Conducción:

Este tipo de transferencia de calor se realiza por contacto directo entre dos cuerpos, estos deben encontrarse a temperaturas diferentes para que se produzca esta transmisión de calor, la cantidad de calor que atraviesa una superficie será directamente proporcional a esta superficie y a la diferencia de temperaturas, e inversamente proporcional a su espesores (Toapanta et al., 2019). La conductividad

térmica es una variable indispensable en los sistemas de transferencia de calor. Dentro del comportamiento térmico de transferencia de calor una propiedad intrínseca de un material, en transferir o conducir calor es la constante de proporcionalidad k conocida como conductividad térmica ($\frac{W}{m} * K$) y es una característica de cada material que existe (Frank & Incropera, 1999). En las condiciones de estado estable, la distribución de temperatura es lineal y la expresión del flujo de calor se expresa de la siguiente manera:

$$q_x^n = -k \frac{T_2 - T_1}{L} \quad (1)$$

en donde el coeficiente de conductividad $-k$ con signo menos expresando el calor que se trasfiere en la dirección de la temperatura decreciente y el gradiente de temperatura $\frac{T_2 - T_1}{L}$ por la distribución de temperatura lineal; esta expresión atribuida a la ley de Fourier en donde se tiene una distribución de temperaturas es el principio básico para el cálculo en eficiencia térmica (Frank & Incropera, 1999).

2. Convección:

Este tipo de transferencia de calor se presenta que ocurre entre una superficie y un fluido en movimiento, este último de forma movimiento molecular o movimiento global, los cuales se encargan de transmitir el calor, en múltiples direcciones, este movimiento dependiente de un gradiente de temperatura. El fenómeno de convección se acostumbra a estar determinado como el transporte acumulado hacia el medio. Para presentar la ecuación o modelo apropiado del fenómeno de convección se explica lo siguiente:

$$q^n = h(T_s - T_\infty) \quad (2)$$

En donde q^n es la proporcionalidad de las diferencias de temperatura entre la temperatura superficie y temperatura del fluido (Frank & Incropera, 1999). Esta expresión se le conoce como la ley de enfriamiento de Newton y la constante de proporcionalidad h ($W/m^2 * K$) se denomina el coeficiente de transferencia de calor por convección, este tipo de proceso depende de las condiciones en la capa límite en que influye la geometría de superficie, movimiento del fluido y propiedades como fenómeno de transporte del fluido (Frank & Incropera, 1999). Dentro del comportamiento térmico en materiales y fluidos se demuestra la importancia de contemplar los comportamientos tanto del medio como de los materiales con los que se pretende trabajar.

3. Radiación:

Dentro de la dinámica de radiación solar se denomina lo siguiente irradiancia al potencial solar recibido por unidad de superficie (W/m^2) e irradiación a la energía recibida por unidad de superficie (Wh/m^2), es decir la suma de las irradiancias en un tiempo determinado (Baselga, 2019)

$$\dot{Q} = \xi \sigma A T_s^4 \quad (3)$$

Donde ξ es la emisividad de la superficie, que se encuentra entre 0 y 1, se interpreta como la medida de que tan cerca se aproxima una superficie a un cuerpo negro donde el valor es = 1.

σ es la constante de Stefan-Boltzman = $5.6704 \times 10^{-8} \text{ W/m}^2\text{K}^4$. A es el área (Pareja, 2020)

2.4 Energía solar

2.4.1 Radiación solar

El sol, estrella formada por gas incandescente de hidrogeno y helio, la cual genera energía proveniente del centro o núcleo en donde se realiza la transformación de energía, con temperatura mayores de 16 millones de grados centígrados el sol realiza energía resultante de reacciones termonucleares en forma de luz, las cuales viajan desde el centro del sol hasta el espacio circundante, tomando un 5% de la radiación por la tierra, la cual llega a la superficie; esta radiación genera procesos importantes en la biosfera y genera efectos beneficiosos (Doddoli, 2021). De acuerdo al Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (IDEAM, 2021) la radiación solar sobre la atmósfera se recibe de $1,367 \text{ W/m}^2$ y a nivel del suelo se encuentra en el intervalo 0 y 1000 W/m^2 .

Los diversos tipos de radiaciones que emite el sol como son: rayos X, radiaciones ionizantes, radiación ultravioleta (RUV), radiaciones infrarrojas, luz visible, etc. muestran un comportamiento por su intensidad y dirección variable, los cuales son los siguientes:

a) Directa

Esta radiación solar, llega a la superficie de la tierra sin sufrir difusión ni reflexión, la cantidad de esta deberá ser confiable y certera, de acuerdo a cada región, con el propósito de modelar y diseñar equipos que aprovechen la energía solar (Ramírez, 2019).

b) Difusa

Este tipo de radiación solar esta dispersa sobre un medio, ya que los rayos solares que la constituirían sufren una dispersión (De las Heras, 2018).

c) Reflejada

La radiación solar que tiene la capacidad de reflexión o fracción por la superficie de la tierra o cualquier otra superficie se denomina Albedo, en la figura 9 se detalla a continuación el proceso de cómo se realiza el transporte de radiación solar. Esta energía se considera perdida y no interviene en el calentamiento de la atmósfera (IDEAM, 2021b).

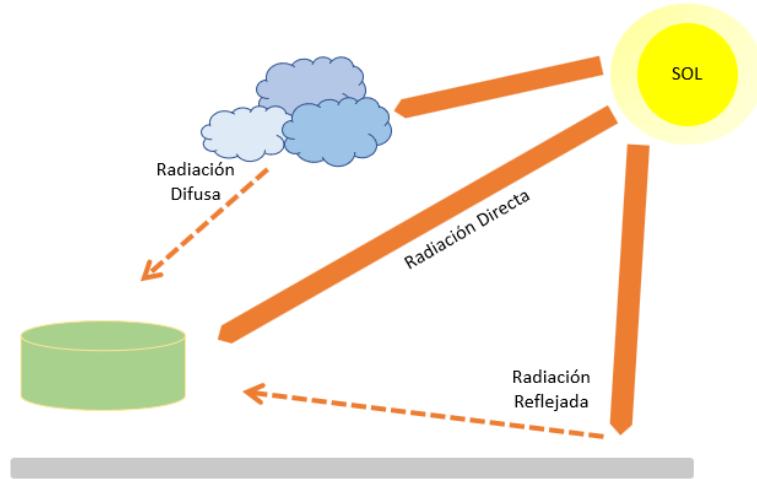


Figura 9. Comportamiento de radiación solar
 Fuente: *Elaboración propia en base a Atlas Solar Mensual (2022)*

La incidencia de radiación solar, radica en la localización de la zona de estudio, esta radiación cerca del 60% se dan entre las 10 de la mañana y las 2 de la tarde cuando el sol se encuentra en su máxima elevación; y cuando el ángulo del sol se aproxima al horizonte, los niveles de radiación solar son menores en la superficie de la tierra por que atraviesa una distancia más larga en la atmosfera y encuentra más moléculas de ozono, dando lugar a mayor absorción (Energía, 2015)

2.4.2 Energía solar en México

México es considerado el segundo mercado solar térmico más grande de América Latina, esto al medir el potencial de energía solar con la radiación solar, que tiene el territorio Mexicano, de acuerdo con la International Renewable Energy [IRENA] (2017), México se encuentra entre 15° y 35° de latitud, región considerada como la franja solar más favorecida en recursos, donde se recibe diariamente, en promedio 5.5 KWh/m² DNI (Irradiación Directa Normal) al día, a continuación se detalla la cobertura solar con la que cuenta el país de México en la figura 10:

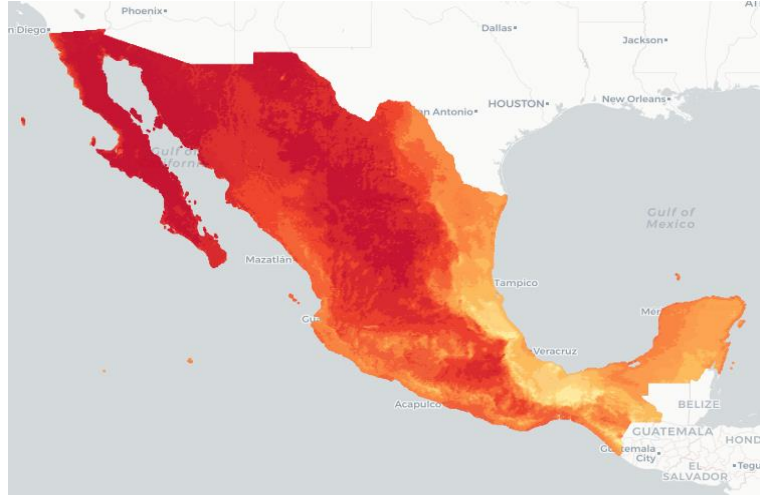


Figura 10. Irradiancia solar en la República Mexicana
Fuente: IRENA (2017)

Actualmente el potencial de irradiancia solar en México es considerado para tecnología fotovoltaica, para abastecer de electricidad en diferentes localidades por método de radiación solar en el país, por otro lado hoy en día, México no cuenta con tecnología termo solar de alta concentración instalada, si bien existen sobre la mesa proyectos de operación en los estados con mayor irradiancia registrada para el desarrollo de centrales con canales parabólicos, esto, con el fin de impulsar el potencial termo solar que se tiene en el país, solo se consideran las tecnologías que utilizan el concepto termo solar son los calentadores solares convencionales para agua (Energía, 2015).

2.4.3 Energía solar en Puebla

En el estado de Puebla, de acuerdo a Instituto Nacional de Estadística y Geografía [INEGI] más del 50% del territorio poblano cuenta con un DNI superior a 6.0 kWh/m²/día y en algunas regiones de la zona sur del estado se acercan a los 7.0 kWh/m²/día, en la figura 11 se muestra el potencial térmico con el que cuenta el estado de Puebla.

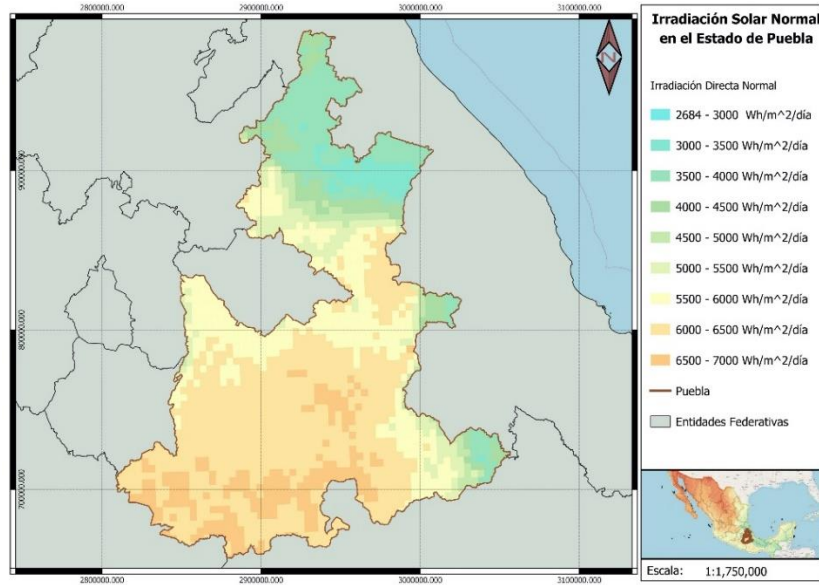


Figura 11. Irradiancia solar en el estado de Puebla
Fuente: Energía (2015)

2.5 Calentadores solares

2.5.1 Generalidades

Un calentador solar de agua es un sistema foto térmico capaz de utilizar la energía térmica del sol para el calentamiento de agua sin usar ningún tipo de combustible (Hernández & Quiñonez, 2018). Los primeros calentadores solares se registran en el año 1868, cuando Benjamin Waddy Maughan patentó el primer calentador de agua instantáneo para uso doméstico que no usaba combustible sólido, más tarde a mediados de 1909 W.J. Bayler diseño un colector solar plano con una caja de madera y un contenedor a parte para conservar la temperatura del agua, con el paso del tiempo los modelos y tipos de calentadores solares se han ido modificando para la mejora en su funcionamiento (Hogarsense, 2019)

2.5.2 Tipos de calentadores solares

Dentro del mercado de calentadores y estado de arte se encuentran dos tipos de calentadores solares, de acuerdo a la Procuraduría Federal del Consumidor PROFECO (2016) se clasifican en calentadores solares de tubo de vacío, calentadores solares planos y colectores con concentradores tipo parabólico

Calentadores solares de tubos evacuados

Este tipo está constituido por varios tubos de vidrio al vacío que contienen, a su vez, tubos de metal conectados en paralelo al tanque o depósito térmico por donde circula el agua, pueden ser evacuados al vacío o evacuados con material aislante térmico (PROFECO, 2016), el diseño general que se muestra en la figura 12 de los tubos de vacío es de acuerdo a el fabricante:

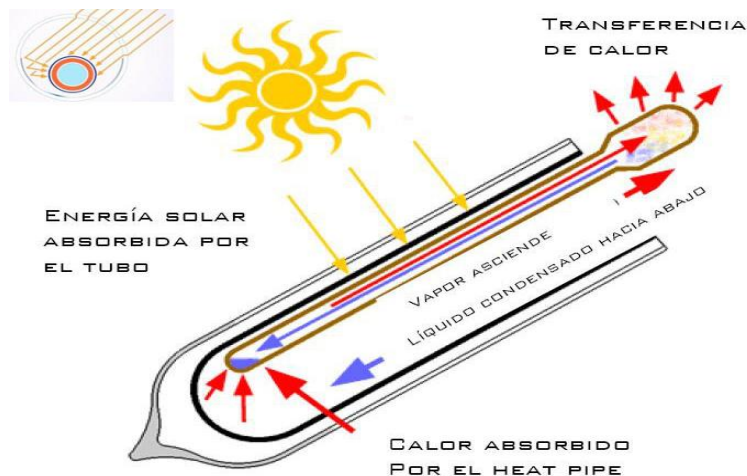


Figura 12. Diseño de tubo evacuado en un calentador solar
Fuente: Mosquera (2021)

También se constituye por el soporte superior del tubo, el cual cumple con sujetar los mismos a la caja del distribuidor o tanque de almacenamiento; se considera a mayor cantidad de tubos, mayor capacidad en litros y eficiencia térmica (Sol, 2021).

Este tipo de calentadores registra temperaturas mayores a 70°C de agua caliente y resistencia térmica en diferentes épocas del año.

Calentadores solares planos

El funcionamiento del calentador solar se inicia cuando la captación de la energía solar se transfiere a través de placas conectadas térmicamente a un enrejado de tubos por donde circula el agua, el colector se encuentra dentro de una caja aislada para que mantenga el calor en los tubos; en el lado expuesto al sol tienen una cubierta de vidrio, la energía absorbida se transforma en calor y calienta el agua que se encuentra en los pequeños canales de placa, esto disminuye la densidad del agua que se mueve en la dirección del depósito de ser el punto de partida de un proceso natural de circulación de agua, llamado de termo-sifón por lo tanto, el depósito de agua debe ser mayor que el de los colectores, este proceso es continuo mientras tenga una buena irradiación solar (PROFECO, 2016), a continuación en la figura 13, se describe la composición de la placa de un calentador solar:

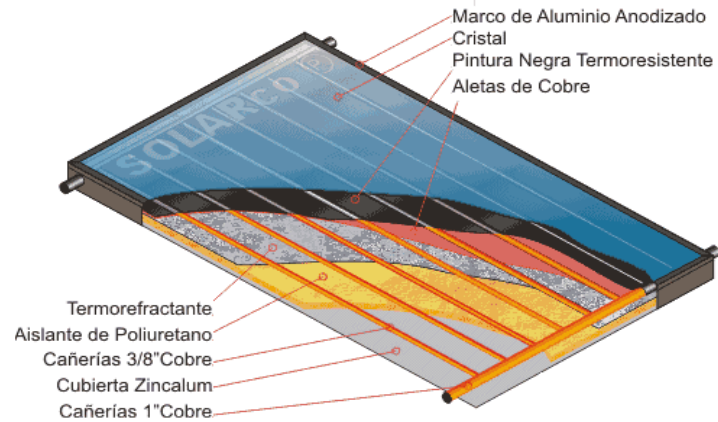


Figura 13. Diseño de la placa de calentador solar plano
Fuente: Gómez (2021)

Este tipo de calentador solar alcanza temperaturas mayores a los 80°C en agua caliente y resistencia térmica media en las diferentes temporadas del año.

Colectores con concentradores tipo parabólico compuesto

Los colectores cilíndrico parabólicos son otro tipo de captador solar térmico, es utilizado en panel solar se utiliza en instalaciones de energía solar térmica. Utilizan cilindros parabólicos para concentrar toda la radiación solar en un punto, este tipo de colectores parabólicos alcanzan temperaturas mayores a los 100°C estos son usados en las industrias, los cuales son eficientes, sólo con luz solar directa, como se muestra en la figura 14:

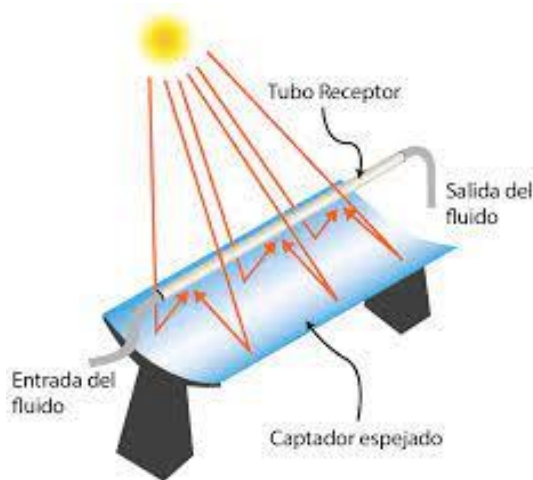


Figura 14. Concentrador parabólico
Fuente: Gómez (2021)

2.5.3 Normalización en calentadores solares para agua

En México la Comisión Nacional para el uso Eficiente de la Energía en conjunto con Comité Consultivo Nacional de Normalización para la Preservación y Uso Racional de los Recursos Energéticos a través de la Secretaría de Gobernación emitió en el Diario Oficial de la Federación 28/08/2018 la Norma Oficial Mexicana *NOM-027-ENER/SCFI-2018* Rendimiento térmico, ahorro de gas y requisitos de seguridad de los calentadores de agua solares y de los calentadores de agua solares con respaldo de un calentador de agua que utiliza como combustible gas L.P. o gas natural. Especificaciones, métodos de prueba y etiquetado (ENER, 2018). Dentro de las especificaciones que marca la norma, se solicita que, de acuerdo a la dimensión, capacidad y tipo de calentador solar, se deberá someter a los lineamientos de la presente, los cuales son de:

- Rendimiento térmico y ahorro de gas,
- Seguridad y
- Componentes mínimos obligatorios

En materia de procedimiento de medición, estándares de calidad, seguimiento y cumplimiento que debe tener el calentador solar, se deberá considerar los siguientes puntos:

- Métodos de prueba de seguridad
- Criterios de aceptación
- Etiquetado
- Procedimiento para la Evaluación de la Conformidad
- Sanciones
- Concordancia con normas internacionales

En materia de normatividad internacional, cuenta con escasa información en los parámetros de medición y calidad en los calentadores solares para agua (ENER, 2018).

También, un calentador solar para agua domestico o industrial, deberá estar certificado en el cumplimiento con la NOM-003-ENER-2011 y NOM-011-SESH-2012 vigentes, cuyo objetivo es cumplir con los parámetros para cuantificar el ahorro de gas (ENER, 2018).

2.6 Evaluación de factibilidad de un proyecto

La evaluación de proyectos para su factibilidad es un proceso de valoración en el cual se analizan todos los elementos que intervienen en el proyecto con el fin de determinar su viabilidad y eficacia, calcular los posibles riesgos y determinar las respuestas. Se trata de una fase fundamental, con independencia de sus características y tamaño del proyecto en cuestión y su importancia radica en que supone implementar un seguimiento y control que permita establecer una comparación para poder determinar y medir la evolución del proyecto, detectar desviaciones y necesidades y establecer las medidas de mejora necesarias a lo largo del proceso (Baca Urbina, 2020).

2.6.1 Estudio de mercado

De acuerdo con Baca (2020) se denomina estudio de mercado a la primera parte de la investigación formal del estudio y evaluación de un proyecto, consta de la determinación y cuantificación de la demanda y la oferta, el análisis de los precios y el estudio de la comercialización, aunque la cuantificación de la oferta y la demanda pueda obtenerse fácilmente de fuentes de información secundarias en algunos productos, siempre es recomendable la investigación de las fuentes primarias, ya que proporcionan información directa, actualizada y mucho más confiable que cualquier otra fuente de datos.

2.6.1.1 Análisis de oferta

Dentro de este campo se deberá detectar cuál es la oferta de producto en un sector determinado, el cual debe basarse en informaciones sobre volúmenes de producciones actuales y proyectadas, capacidades instaladas y utilizadas, planes de ampliación y costos actuales y futuros (Rodríguez, 2018). Dentro del tipo de oferta dependerá del nivel de estudio que se requiera, ya sea interna o externa y clasificada en:

- Oferta competitiva: el análisis se concentrará precisamente en el grado de capacidad de competencia del proyecto que se está presentando, por lo que, los datos a utilizar, corresponden a los costos de producción y a la calidad de los bienes o servicios actualmente ofertados (Rodríguez, 2018).
- Oferta oligopólica: el análisis requerirá de información precisa sobre la utilización de la capacidad instalada actual en la empresa, sus planes de expansión su política comercial en términos de competencia y la estructura general de la oferta (Rodríguez, 2018).

2.6.1.2 Análisis de demanda

La demanda está en función de la necesidad real que se tiene de un bien o servicio y como se distribuye por su precio, el nivel de ingreso de una población e indicadores econométricos. Para determinar la demanda se emplean herramientas de investigación de mercado, a la que se hace referencia y distinción de que tipo de demanda se tiene (Baca, 2020).

En relación a los tipos de demanda se encuentran:

- Demanda de oportunidad: la cual esta englobada en insatisfecha y satisfecha esto ya que no cubre o cubre los requerimientos del mercado (Baca, 2020).
- Demanda por necesidad: la cual está distribuida por demanda de bien sola (los requiere la sociedad para su desarrollo y crecimiento) y demanda de bien necesario (es conocida como consumo santuario para satisfacer un gusto y no una necesidad) (Baca, 2020).
- Demanda por temporalidad: se le conoce como demanda continua (permanece durante periodos largos y va en aumento con la población) y demanda estacional (por periodo del año, climatológica, política, etc.) (Baca, 2020).
- Demanda destino: clasificada en demanda de bienes finales (adquiridos directamente por el consumidor ara su uso o aprovechamiento) y demanda de bienes intermedios o industriales (requieren algún procesamiento para ser bienes de consumo final) (Baca, 2020).

2.6.2 Análisis técnico

Dentro de un estudio técnico, se deberá determinar los indicadores de seguimiento es considerada la segunda etapa de los proyectos de inversión, en el se contemplan los aspectos técnicos operativos necesarios para el uso eficiente de los recursos disponibles en la producción de un bien o servicio que está siendo evaluado (UNAM, 2021). Los indicadores a considerar son:

- Tamaño óptimo del lugar de producción,
- Localización,
- Instalaciones y
- Organización requeridos.

De esta forma, se busca tener una apreciación exacta o aproximada de los recursos necesarios para el proyecto, este estudio está relacionado con el económico-financiero, en conjunto con los indicadores que debe contener un estudio técnico demostrará la viabilidad técnica del proyecto justificando la alternativa técnica que mejor se adapte a los criterios de optimización (UNAM, 2021).

2.6.3 Estudio económico financiero

El estudio de la evaluación económica es la parte final de toda la secuencia de análisis de factibilidad de un proyecto, si no han existido contratiempos, hasta este punto se sabrá que existe un mercado potencial atractivo, el lugar optimo, el tamaño del proyecto, etc. Se utiliza para el registro de las operaciones que afectan económicamente a una entidad y que produce sistemática y estructuradamente información financiera de un proyecto, en resultado a la investigación y el análisis anterior se utiliza en una evaluación de la rentabilidad económica del proyecto (UNAM, 2021)..

Dentro del estudio se deberá estimar el monto de los recursos económicos necesarios que implica la realización del proyecto previo a su puesta en marcha, por otro lado la determinación del costo total requerido en su periodo de operación, estimando el retorno de inversión inicial y un balance financiero dentro del proyecto (UNAM, 2021).

CAPÍTULO 3. METODOLOGÍA

3.1 Diagrama de proceso de actividades

El presente proyecto tendrá un tipo de investigación experimental donde se identifica el problema y campo temático de estudio, enfocándose en las características del material caucho derivado del reciclado del neumático. El principio de la técnica usada deriva de la investigación realizada por Pannucharoenwong et al., (2016) y Norambuena-Contreras et al., (2017) donde se expone una línea de investigación en materiales derivados de los neumáticos, los cuales se caracterizan por su capacidad de aprovechamiento y captación de la energía solar, los pasos a seguir en esta investigación se encuentran dentro de cada objetivo específico, como se muestra en la figura 15:

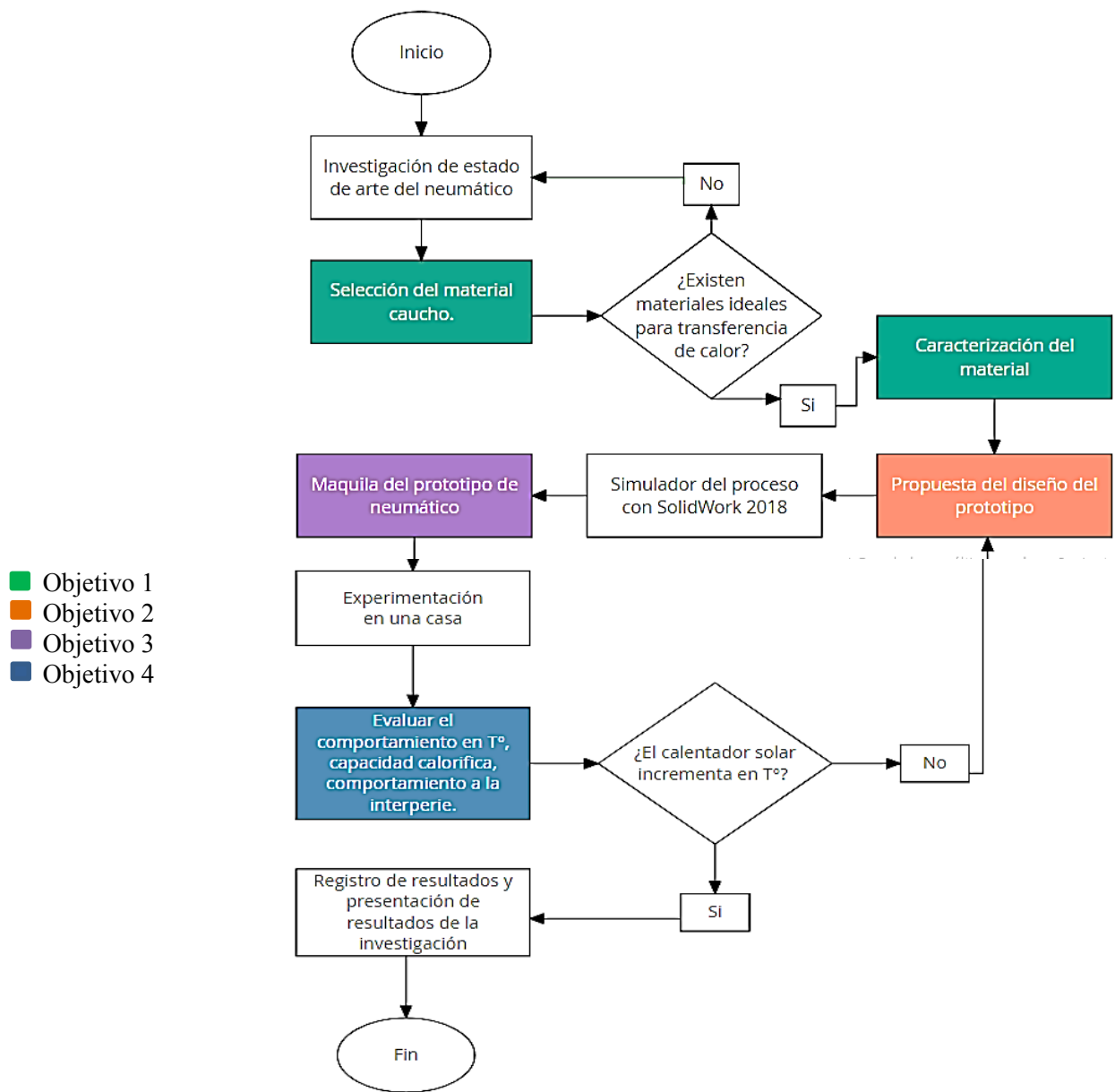


Figura 15. Diagrama de proceso de la investigación

Fuente: Elaboración propia

3.2 Cronograma de actividades

Dentro del cumplimiento de objetivos, se realizan actividades encaminadas para el cumplimiento de la presente investigación a continuación en la figura 16, se detalla el cronograma de actividades:

No. de Objetivos	ACTIVIDAD / ENTREGABLE	2020-2021										2021-2022														
		Octubre	Noviembre	Diciembre	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre
1	Propuesta de proyecto de investigación, comienzo de la investigación.																									
	Inscripción y estadía en el programa de transición energética del estado de Puebla.																									
	Investigación del area de estudio, características y comportamiento de los materiales del neumático.																									
	Convenio de colaboración con el sector vinculante Michelin México																									
	Formación del comité sinodal y asesores del proyecto.																									
2	Investigación de las características y comportamiento de los materiales derivados del neumático, ante altas temperaturas y condiciones meteorológicas.																									
	Capacitación para el uso de espectrofotometro																									
	Caracterización del material derivado del neumático a través de espectroscopia por absorción atómica.																									
	Presentación ante comité sinodal en el congreso de investigación de UPAEP																									
	Elaboración del diseño del calentador solar por el software SolidWorks 2018																									
3	Simulación del diseño en SolidWorks 2018																									
	Modelo matematico: analisis termico																									
	Construcción del calentador: termoformado del caucho																									
	Construcción del tanque de almacenamiento de agua																									
4	Experimentación del prototipo como toma de temperatura, flujo y tiempos de incidencia.																									
	Experimentación en una casa muestra para evaluación del comportamiento de la temperatura del agua y mecánica de fluido.																									
	Avances del informe final de resultados (Tesis)																									
	Presentación de resultados ante comité sinodal.																									
	Elaboración de articulo de investigación para su publicación en Journal.																									

Figura 16. Cronograma de actividades en el proyecto de investigación

Fuente: Elaboración propia

3.3 Desarrollo de las hipótesis

La revisión de literatura desarrollada en el Capítulo 2 proporciona los elementos teóricos que permiten la identificación y construcción de relaciones entre las diferentes preguntas analizadas. A partir de las diferentes relaciones representadas en el análisis conceptual propuesto, se construyó la hipótesis de investigación, la cual se justifica y presenta a continuación:

H1. La implementación de los materiales reciclados provenientes del caucho de neumáticos es ideal para el diseño y prototipado de calentadores solares de agua que pueden alcanzar temperaturas hasta los 60°C siendo una opción viable para los hogares de bajos recursos de la zona conurbada del estado de Puebla.

H0. La implementación de los materiales reciclados provenientes del caucho de neumáticos no es ideal para el diseño y prototipado de calentadores solares de agua que pueden alcanzar temperaturas hasta los 60°C siendo una opción viable para los hogares de bajos recursos de la zona conurbada del estado de Puebla.

3.3.1 Variable independiente

Material del calentador

3.3.2 Variables dependientes

Eficiencia del calentador

Tamaño del calentador

Temperatura del calentador

Tabla 2. Definición conceptual de la variable material del calentador

Autor	Definición conceptual
Chalé et al. (2018)	Comenta que, para la fabricación de cualquier calentador solar, se requieren materiales que tengan durabilidad y capacidad para la transmisión de calor.
Barrientos (2017)	Menciona como primer punto las ideas, materiales, pruebas y la información que se pueda encontrar y analizar para un proyecto de calentador solar. También la clasificación de los materiales más idóneos y de fácil obtención involucrará el análisis de eficiencia.
Urrego-Yepes et al. (2017)	Las cualidades de absorción de la radiación que se aprovechan de los materiales seleccionados, de preferencia de fácil obtención en el mercado garantizaran una continuidad de producción del producto o investigación.
Moreno (2016)	Los materiales que estén considerados en la hora de construcción de un calentador solar, se requiere tengan características absorbentes los cuales son materiales conductores, especialmente metales y los recubrimientos deberán ser con superficies metálicas los cuales se clasifica según su selectividad de fabricación.

Fuente: Elaboración propia en base a los datos recabados

Tabla 3. Definición conceptual de la variable eficiencia del calentador

Autor	Definición conceptual
Chalé et al. (2018)	La eficiencia de un calentador solar se define como la relación entre la energía absorbida por el fluido portador de la energía calorífica.
Baselga (2019)	El análisis de eficiencia térmica o en costos varía para los calentadores solares, los cuales buscan ser un referente económico

en la economía de una familia, y ser beneficiosos en materia de aprovechamiento en la energía solar.

Fuente: Elaboración propia en base a los datos recabados

Tabla 4. Definición conceptual de la variable tamaño del calentador

Autor	Definición conceptual
Vertiz (2016)	La absorción en un rango particular de longitud de onda que se podría obtener en una específica dimensión de un calentador solar, permite entre mayor superficie de exposición mayor cantidad de captación de calor.
Mosquera (2021)	En el mercado se encuentra una variedad de calentadores solares que por su tamaño se define la cantidad de personas a la cual abastecerá en el hogar.

Fuente: Elaboración propia en base a los datos recabados

Tabla 5. Definición conceptual de la variable temperatura del calentador solar

Autor	Definición conceptual
Gómez (2021)	Mencionan los calentadores solares convencionales, los cuales se encuentran en el mercado, por su composición en materiales costosos y frágiles permiten obtener temperaturas mayores a los 60°C en días nublados y mas de 80° en días soleados.
UNAM (2021)	La temperatura registrada en el agua de un calentador solar dependerá del tiempo de exposición, el tipo de calentador y la zona donde se encuentre ubicado, esto por las regiones.

Fuente: Elaboración propia en base a los datos recabados

La variable dependiente de la hipótesis de investigación (material) dependerá la aceptación de este trabajo, el cual el material estuvo sometido a análisis de espectroscopia por absorción atómica para determinar la cantidad de metales existentes en una muestra del material caucho reciclado, el cual se busca la relación de las variables independientes como su eficiencia térmica, el tamaño el cual tendrá el prototipo de calentador solar y las temperaturas que son obtenidas en primera instancia por experimentación, a continuación se detalla el proceso por el cual cumple con el análisis de las variables antes mencionadas, de la investigación.

3.4 Caracterización

El método de caracterización es considerado un procedimiento mediante el cual se estudian las propiedades morfológicas y funcionales de una sustancia (Infinitia, 2020) dentro de los tipos de métodos de caracterización se encuentra:

- a) **Espectroscopia:** Es la interacción entre la radiación electromagnética y la materia para definir la estructura y concentración de los componentes químicos de una muestra. Para ello se mide la

absorción, la emisión o la dispersión de energía en determinados rangos del espectro electromagnético. Entre sus variantes se incluyen la espectrometría infrarroja, ultravioleta, de láser, de absorción atómica, de rayos X y de resonancia magnética nuclear.

- b) Difracción de rayos X: la estructura de los materiales se determina mediante la técnica de difracción de rayos x, con longitudes de onda que oscilan 0.05 y 0.25 nm
- c) Microscopía: se obtiene registros gráficos de las estructuras más pequeñas de los materiales mediante microscopios tecnológicamente avanzados.
- d) Cromatografía: consiste en la separación física de los componentes de una mezcla; entre los tipos existen cromatografía de gases y la cromatografía de líquidos de alta resolución.
- e) Análisis térmicos: se incluyen los procedimientos que miden la evolución de los materiales cuando se someten a cambios de temperatura.

Las muestras de caucho triturado para el proceso de análisis de metales por espectroscopia de absorción atómica, fueron donadas por la empresa EcoTryp®, recicladora Poblana, la cual lleva a cabo un proceso de triturado mecánico de los neumáticos fuera de uso, dentro del triturado de los neumáticos se encuentran llantas comerciales de rin 14: Michelin, Bridgestone, Continental, Pirelli, Cooper, Falken, Hanlook, etc. De parte de la empresa EcoTryp se donaron muestras de caucho molido en su presentación polvo como se muestra en la figura 17, caucho molido en su presentación de 2 mm de grosor como se muestra en la figura 18, caucho molido en su presentación 4mm de grosor como se muestra en la figura 19 y caucho molido de 6mm de grosor como se muestra en la figura 20:



Figura 17. Caucho triturado de neumático en polvo

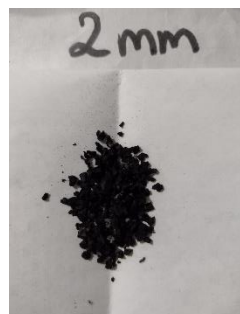


Figura 18. Caucho triturado de neumático de 2mm de grosor

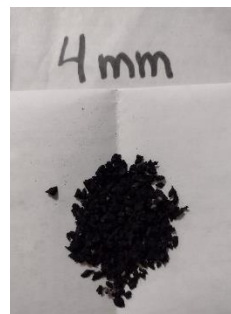


Figura 19. Caucho triturado de neumático de 4 mm de grosor

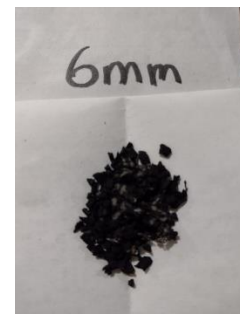


Figura 20. Caucho triturado de neumático de 6 mm de grosor

Las muestras representan una mezcla conjunta de diferentes neumáticos antes mencionados que reciclan dentro de la recicladora EcoTryp, si bien cada marca representa una cantidad variada de materiales y proporciones, los porcentajes y materiales en promedio son los mismos.

Digestión de la muestra por vía húmeda

Para la preparación de muestra, se realizó por método de digestión vía húmeda las muestras antes mencionada, de acuerdo a la metodología de la norma mexicana NOM-117-SSA1-1994 (Secretaría de Salud, 1995).

Como se muestra en la figura 21 se realizó el pesado de 1 gramo de muestra de caucho en cada una de sus presentaciones (polvo, 2 mm, 4mm y 6mm) con un total de 20 muestras de caucho, a cada muestra se le añadió ácido nítrico HNO_3 y ácido clorhídrico HCl esto, por la buena resistencia a los ácidos diluidos que tiene el material caucho, calentando ligeramente a 20°C cada muestra y controlando temperatura y movimiento, con el fin de mantener una cobertura uniforme en cada muestra, como se muestra en la figura 22, para obtener la muestra líquida y posterior someterla a un filtrado con el fin de eliminar sólidos de caucho, como se muestra en la figura 23 y 24. De esta forma las muestras están preparadas para someterlas al equipo de espectroscopia de absorción atómica; los metales que se midieron son Zinc, Cobre, Cromo, Plomo, Cadmio, Hierro y Níquel.



Figura 21. Pesado de muestra HNO_3



Figura 22. Añadir HNO_3 y HCl



Figura 23. Filtrado de la reacción con el caucho



Figura 24. Muestras de caucho preparadas para el análisis de metales

Para efectos del presente trabajo se realizó la caracterización por método de espectroscopia, con el apoyo del espectrofotómetro de absorción atómica, el cual se muestra en la figura 25, y con apoyo a la Universidad Popular Autónoma del Estado de Puebla, se realizó en el laboratorio de Bioingeniería la medición de metales por espectroscopia de absorción atómica, la cual permite la cuantificación de los iones metálicos a evaluar se realizó mediante el equipo de absorción atómica AA Perkin Elmer AAnalyst

300 en las instalaciones de la Universidad Popular Autónoma del Estado de Puebla. El método de espectrofotometría de absorción atómica permite cuantificar la cantidad de metales que se presenta en el caucho reciclado del neumático. Para ello se utilizan una muestra altamente caracterizada y de alto nivel de pureza en comparación con la muestra problema para la determinación de concentraciones e identidad, a esta muestra o muestras se les conoce estándares, los cuales serán determinantes de acuerdo al intervalo de la curva de calibración con la que se cuente para trabajar con la medición, estos estándares deberán realizarse con una capacidad mínima de 50ml que van de 0.1 μ l a 10 μ l, como se muestra en la figura 26.

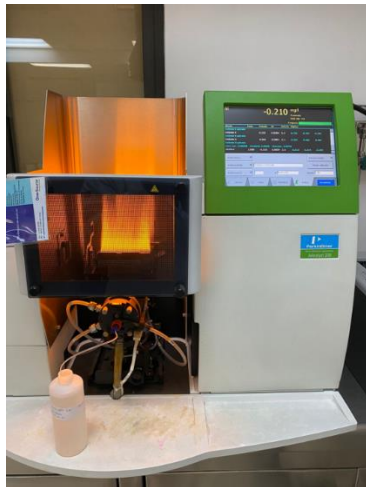


Figura 25. Equipo de absorción atómica AA Perkin Elmer AAnalyst 300

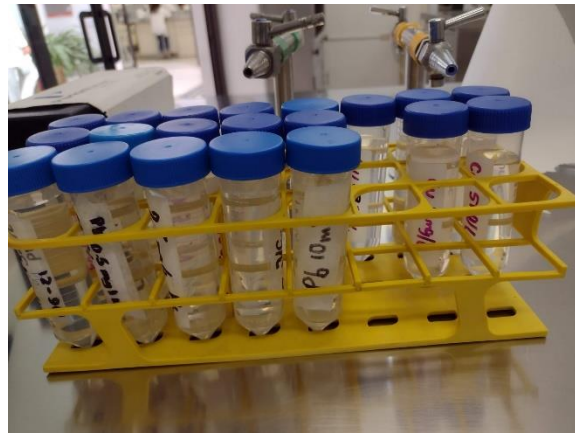


Figura 26. Estándares de calibración por metal a medir

Se recomienda 5 estándares de concentraciones apropiadas de manera tal que la concentración esperada del metal, en las muestras se ubique al centro de estos. Para ello se requiere preparar 50 ml de cada estándar, a partir de la solución patrón que se encuentra a 1000 ppm; los estándares son de 125 ppm, 250 ppm, 500 ppm y 750 ppm a 1000 ppm.

Los estándares de referencia, en esta investigación son de la marca Perkin Elmer®, los cuales cuentan con certificación ISO 9001. Para la medición de cada metal se requiere lámparas de cátodo hueco, la cual es una lámpara de descarga diseñada para su uso como fuente de línea espectral en el espectrofotómetro de absorción atómica, cada lámpara por especificaciones de fábrica requiere calentar con un tiempo estimado de 30 minutos.

Para el procedimiento de espectroscopia de absorción atómica, se requiere acetileno, óxido nítrico y aire la presión de los gases que entran al equipo debe ser regulada para su correcto funcionamiento; si la presión es menor a la que se requiere el equipo no podrá funcionar de forma correcta viéndose afectada la llama, el nebulizador.

Para el cálculo de metales que se encuentran dentro de cada muestra se realizó la siguiente conversión:

$$m_{g\text{caucho}}/g = \frac{\text{valor de la concentración} \times \text{Volumen de muestra}}{\text{Peso de la muestra}} \quad (4)$$

De acuerdo a la conversión de unidades resultantes en el análisis, se deberá estimar la cantidad de metal existente por cada gramo de muestra de caucho.

Para el análisis de los datos obtenidos de las muestras realizadas se realizará un análisis estadístico para establecer un promedio de cantidad de metales que se obtiene en cada tipo de muestra analizada. El programa de análisis de datos que se utilizó para esta investigación fue el SPSS.

3.5 Diseño en SolidWorks

El software Solid Works en su versión 2018, comprende un conjunto de soluciones de análisis estructural, que tienen como objetivo predecir el comportamiento físico real de un producto, dentro de sus funciones de simulación se encuentra:

- Estático: diseños sólidos con análisis de desplazamiento de tensión elástico lineal
- Buscador de tendencias: análisis de varias iteraciones de un diseño en un único estudio
- Fatiga: diseño duradero para conocer la vida útil total de su diseño
- Movimiento basado en el tiempo: estudio de la cinemática rígida de ensamblajes en movimiento
- Movimiento y estatismo: ejecución de análisis de tensión de las piezas durante el análisis de movimiento

Para la presente investigación, se realiza diseño y simulación de la propuesta del prototipo de calentador solar, sometiendo

Generalidades

Solid Works contiene una interfaz sencilla y comandos intuitivos, los cuales permiten diseñar modelos y estructuras a partir de diseños planos. El programa se divide en tres módulos: piezas, ensamblaje, dibujo como se muestra en la figura 27:

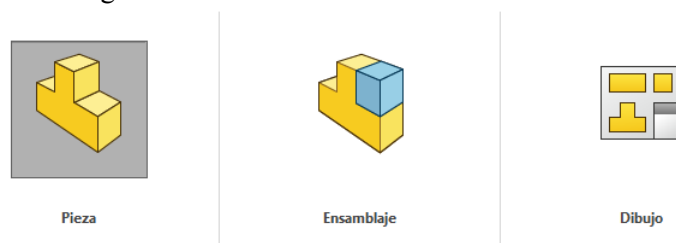






Figura 27. Tres opciones de modulo para trabajar en SolidWorks 2018.

Los cuales permiten al usuario plasmas un plano y guiándolo a un producto y modelado visual, para realizar operaciones pertinentes para un análisis.

Explicación general de pantalla de SolidWorks 2018

En la pantalla principal del programa SolidWorks 2018, se encuentra dividido por cuatro partes principales, como se muestra en la figura 28

-  Administrador de comandos
-  Gestor de diseño
-  Zona de grafico
-  Administrador de comandos

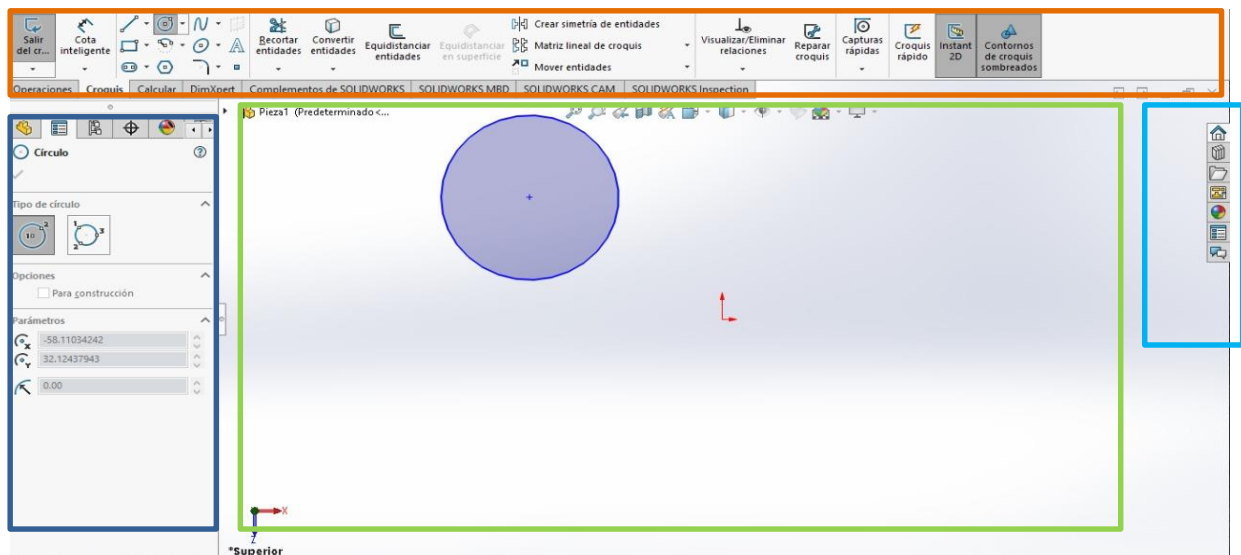


Figura 28. Pantalla principal de Solid Works 2018, partes que la componen

- **Administrador de comandos:** se encuentran todas las operaciones que se pueden realizar sobre el modelo y el inicio al resto de módulos, el panel de control se muestra como en la figura 29:

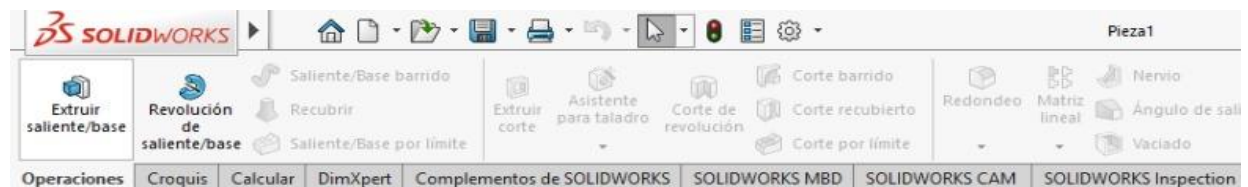


Figura 29. Administrador de comandos especiales de SolidWorks 2018

Este apartado está dividido en:

Operaciones: acciones para modificar sólidos, adición de materias, etc.

Croquis: plano por el cual se desea trabajar para empezar a dibujar.

Calcular: se utilizan los comandos de medición, piezas ensamblajes, cálculo de elemento finito, etc.

Complementos de Solid: tanto DimXpert, SolidWorks cam, MBD e inspection, son comandos especiales para activar complementos en el diseño.

- **Gestor de diseño:** se visualiza los cambios y acciones sobre el modelo el panel de gestor de diseño se muestra en la figura 30:

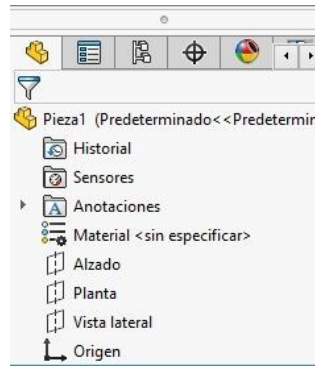


Figura 30. Gestor de diseño en Solid Works 2018

Dentro de los comandos de gestor de diseño se encuentra:

Feature Manager: es un comando fundamental para ver donde se procede el origen del diseño, los materiales a ocupar, sensores y anotaciones.

Property Manager: es la ventana dentro del gestor de diseño que permite ver el menú de cada operación

Configuration Manager: es la ventana del gestor donde se pueden crear y ver las configuraciones de las piezas o de los ensamblajes creados.

Display Manager: en esta ventana se puede observar las texturas que aplicadas a cada una de las piezas.

- **Zona de gráficos:** En esta área se representa el modelo que se está creando, se puede acceder al submenú de la pieza deseada al hacer “click” sobre la pieza con el botón derecho del ratón, este submenú permite acceder a multitud de comandos como el de ocultar la pieza, cambiar su transparencia, remplazarla por otra, tal y como se muestra en la figura 31:

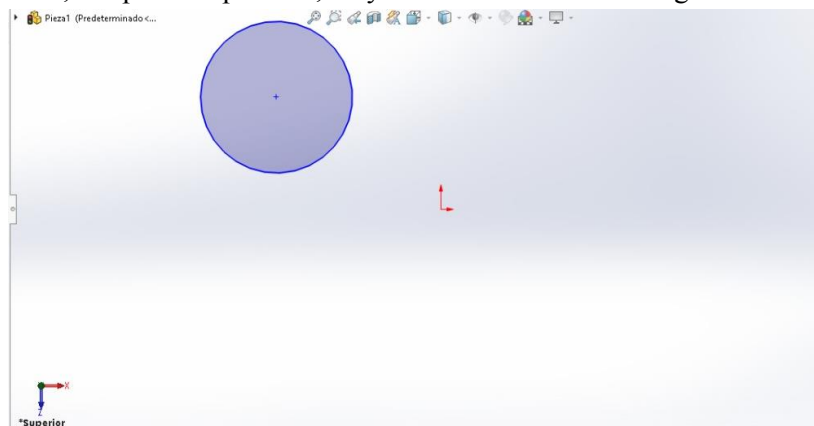


Figura 31. Zona de gráficos en Solid Works 2018

- **Administrador de comandos:** Es el espacio donde se encuentran, todas las operaciones para aplicarlas sobre el modelo y está constituido por las siguientes opciones:

Operaciones: son las acciones para generar y modificar sólidos, como adicción de materias, positivas, y de eliminación de material, negativas.

Croquis: son herramientas para generar contornos que son empleados por las distintas operaciones.


Calcular: se encuentran los comandos de medición, ya sea de distancias, ángulos o medición de propiedades físicas como pesos, volúmenes, etc.


Productos: Es el espacio para activar módulos que no se encuentren, como son: módulo de simulación o Toolbox, etc.

Piezas

Para la creación de una pieza se deberá colocar en la opción de croquis y elegir un plano o cara sobre el que el que se va a trabajar, se recomienda trabajar en croquis 2D.

Existen diferentes formas para empezar el trazo de piezas, encontrada en la pestaña de croquis, las cuales

se definirán por tamaño en la opción “cota inteligente” , una vez establecido la distancia de la pieza se tienen varias opciones como son “extruir”: la extrusión puede ser controlada de varias formas “hasta profundidad específica”, “por todo”, “hasta el vértice”, “hasta la superficie”, “equidistante de la superficie”, “hasta el sólido”, “plano medio”. Existen comandos específicos para cada acción y diseño

que se esta buscando en el diseño de la pieza, los más comunes son: Extruir saliente ,

extruir corte , revolución saliente , recubrir , redondeo , chaflan , etc.

Una vez realizada la pieza deseada por el usuario se prosigue a establecer el material de cada pieza o área del diseño, esta acción se realiza en el comando “FeatureManager” de la pieza, en el apartado de material se abre el submenú seleccionando “editar material”, se deberá buscar el material deseado por el usuario o bien crear uno nuevo y/o modificar uno existente, tal y como se muestra en la figura 32:

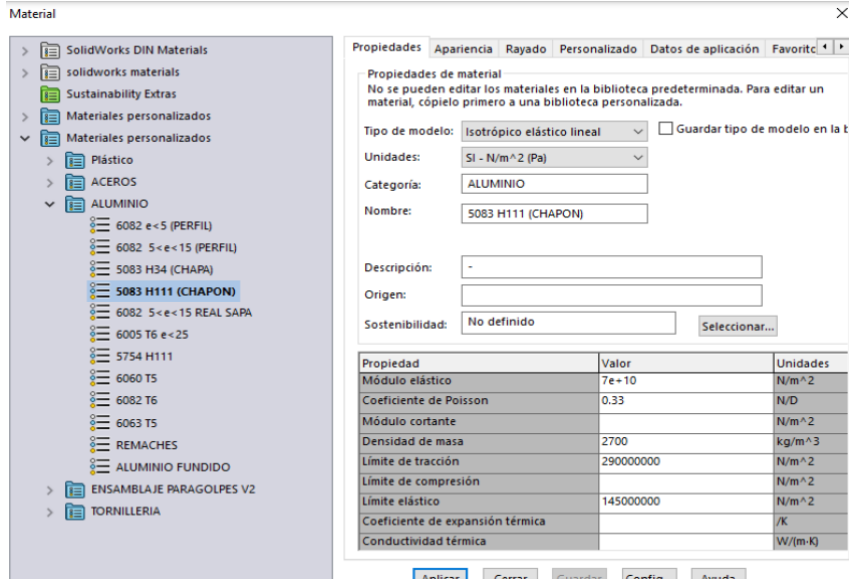





Figura 32. Ventana emergente de la opción materiales en SolidWorks 2018


Ensamblaje


Para comenzar el ensamble se deberá introducir la primera pieza, en base fija o la que menos cambios sufre ya que es la que se fijara con los tres planos principales, alzado, planta y vista lateral, para introducir la pieza es necesario activar el comando “insertar componente” la forma de unir las piezas que conforman un ensamblaje, existen diferentes tipos de unión:


Coincidente:  sitúa los elementos seleccionados en contacto, estos elementos pueden ser la combinación de caras, planos, aristas, puntos, etc. Como mínimo deberán ser dos elementos.


Paralelo:  los elementos seleccionados los coloca a una distancia constante entre ellos, esta opción no se puede aplicar a todos los elementos.

Perpendicular:  el comando crea un ángulo de 90° entre las superficies seleccionadas.

Tangente:  una superficie circular estará en contacto con una superficie plana, aplica en piezas de cara cónica, esférica o cilíndrica.


Concéntrica:  los ejes de dos elementos circulares coincidan.

Bloqueado:  se recomienda utilizarlo solo cuando no es posible relacionar dos piezas con el resto de relaciones de posición.

Distancia:  se utiliza para establecer una distancia entre los elementos seleccionados.

Simulación

Para la parte de simulación se deberán considerar las condiciones para trabajar y a los resultados con los que se esperan tener, en el caso de verificar el comportamiento térmico, se selecciona el comando nuevo

estudio  donde se abrirán comandos para manipular el análisis y establecer las condiciones en el diseño, como se muestra en la siguiente figura 33:

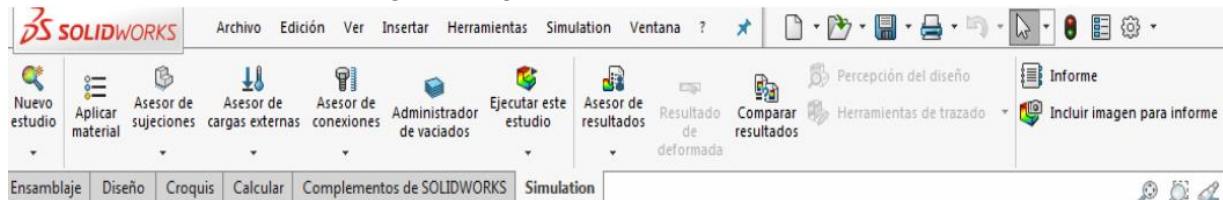


Figura 33. Comandos para simulación que ofrece Solid Works 2018

Para tema de este proyecto, se establecieron comandos de medición térmica de la siguiente manera (Figura 34)

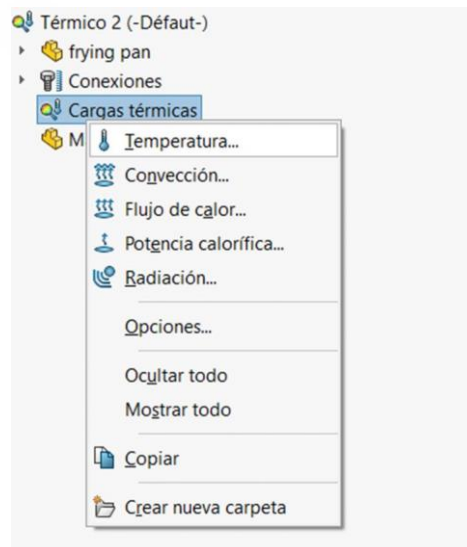


Figura 34. Indicadores de medición para simulación

También dentro de las simulaciones más utilizadas, se encuentra el análisis de fuerza, el cual detalla las deformaciones y los desplazamientos del modelo, este comando se activa desde el administrador de comandos, donde se selecciona la unidad, el valor de la fuerza a aplicar y la dirección de la fuerza.

Para cada estudio que se requiera aplicar al diseño, se deberá de colocar un mallado debido ya que, en él interfieren las uniones entre las piezas que conforman el diseño, cuanto más pequeño sea el tamaño de

las formas geométricas, más fino será el mallado, y más aproximado a la realidad será el resultado ya que existe un mayor número de resultados en la misma área de cálculo (Figura 35).

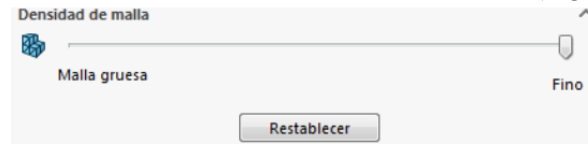


Figura 35. Mallado para simulación de ensamble en SolidWorks 2018

Para la elaboración de la propuesta de calentador solar de neumático se realizó un diseño con dimensiones de: 160 cm de largo y 70 cm ancho. Los materiales que se colocaron en el diseño son:

- Tubo
Tubo de cobre calibre $\frac{3}{4}$ '' para agua, recubierto con caucho reciclado de neumático con conexión tipo serpentín, con salida a el tanque de almacenamiento
- Tanque de almacenamiento
Polígono de material aluminio recubierto con fibra de caucho reciclado de neumático, con dimensiones de 60 cm de largo por 35 cm de diámetro.
- Base
Caja de madera tipo triplay recubierta con fibra de caucho reciclado con dimensiones de 110 cm x 59 cm de ancho.

3.6 Modelo matemático

Dentro del análisis térmico, se encuentran los modelos matemáticos, los cuales proporcionan una de las herramientas para describir los procesos físicos y predecir el comportamiento de los mismos, en diferentes condiciones (López-Mata et al., 2016). El proceso térmico de las piezas del calentador solar, ocurre con el principio de convección, donde la radiación incidente sobre el sistema se dirige al fluido; a su vez el intercambio de radiación neta desde la superficie hacia los alrededores crea un potencial térmico para calentar el agua dentro del sistema de calentador solar (Pareja, 2020).

Basado en el principio de la ley de Fourier (una formulación de la Segunda Ley de la Termodinámica) la fuerza termodinámica asociada al gradiente o a la diferencia de una variable intensiva. Descrito como la energía que entra en el elemento de volumen en la unidad de tiempo es J y la que sale es J_S , cambia en la unidad de tiempo en una cantidad igual a la diferencia entre el flujo entrante y el flujo saliente.

Entonces la *ley de Fourier* (Priego, 2016), escrita en una dimensión toma la forma:

$$J_q = -k \frac{dt}{dx} \quad (6)$$

Donde, $-k$ es la conductividad térmica del material, el signo menos indica que el flujo de calor J_q tiene lugar siempre de las zonas de alta temperatura a las zonas de baja temperatura, como Clausius lo estableció en su formulación de la segunda Ley en 1854 (Priego, 2016).

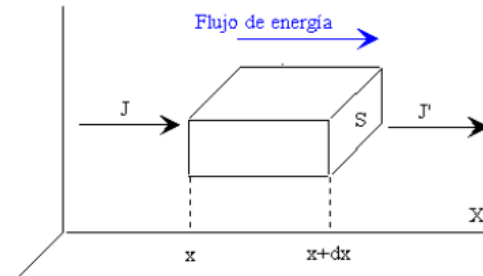


Figura 36. Flujo de energía en un cuerpo

Por otro lado, en base a la *ley de Stefan-Boltzmann* el cual describe el comportamiento de un cuerpo negro el cual absorbe como el poder emisorio total o la energía radiada el cual es proporcional a la cuarta potencia de su temperatura absoluta

$$E = \varepsilon \sigma T^4 \quad (7)$$

Donde ε es el poder de emisividad (w/m^2) considerando $\varepsilon = 1$ para cuerpo negro, σ la constante de Stefan-Boltzmann $\sigma = 5.67 \times 10^{-8} \frac{w}{m^2k^4}$ y T la temperatura (Priego, 2016).

Considerando lo anterior basado en el principio de la conservación de la energía, como parte del diseño del prototipo se busca conocer el espesor de recubrimiento del material de caucho en cada pieza.

- **Espesor del recubrimiento de caucho para los tubos**

La conexión de tubos de cobre, se colocará en tipo serpentín para el transporte de agua, en el calentador solar, para ello se calcula el grosor de caucho como recubrimiento al tubo de cobre; por lo que se estima lo siguiente:

$$q_{cond_{cobre}} = -K A \frac{\Delta T}{\Delta x_{caucho}} \quad (8)$$

q_{cond} = la densidad de corriente de energía (energía por unidad de área y por unidad de tiempo)

k = es la conductividad térmica

A = es el área transversal.

ΔT = es la diferencia de temperatura externa menos la temperatura interna del sistema

Δx = diferencial de espesor del caucho

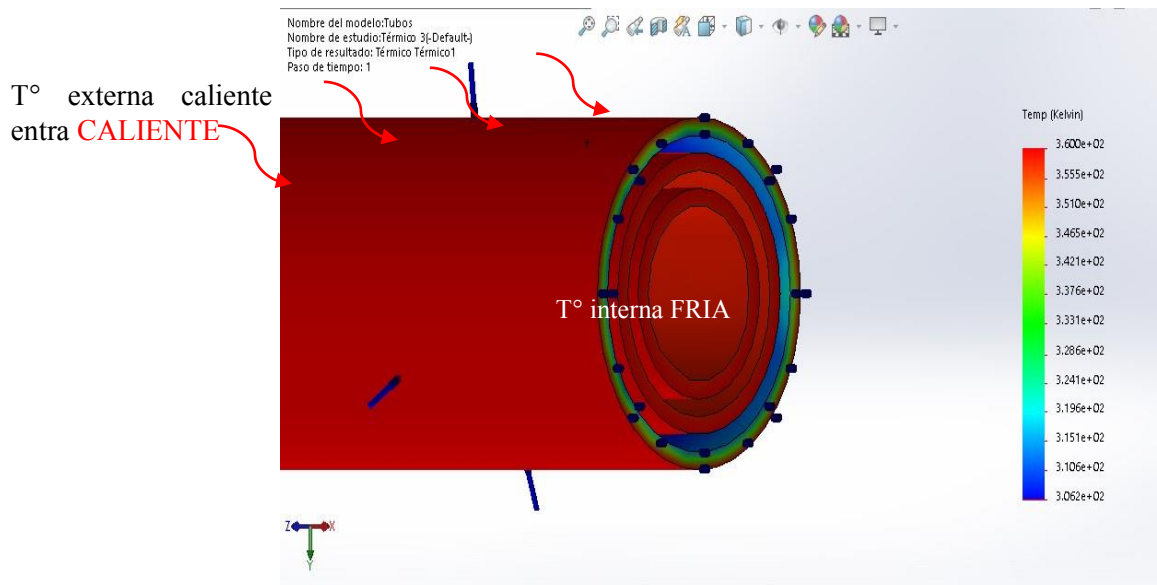


Figura 37. Ilustración del comportamiento térmico por convección en los tubos, parte del calentador solar

Por lo que al despejar:

$$\Delta x_{caucho} = \frac{-K A (T_{ext} - T_{int})}{q_{cond_{cobre}}} \quad (9)$$

$$\Delta x_{caucho} = \frac{-K A (T_{ext} - T_{int})}{q_{cond_{cobre}}} \quad (10)$$

En donde se calcula lo siguiente

$$q_{cond_{cobre}} = -K A \frac{\Delta T}{\Delta x} \quad (11)$$

$$A = 2\pi r^2 \quad (12)$$

$$A = 2\pi (0.05 \text{ m})^2 \quad (13)$$

$$A = 0.015 \text{ m} \quad (14)$$

$$q_{cond_{cobre}} = -390 \frac{\text{W}}{\text{mk}} (0.015 \text{ m}) \frac{(75^\circ\text{C} - 86.85^\circ\text{C})}{0.0051 \text{ m}} \quad (15)$$

$$q_{cond_{cobre}} = 13,592.65 \frac{\text{W}}{\text{mk}} \quad (16)$$

$$\Delta x_{caucho} = \frac{-390 \frac{\text{W}}{\text{mk}} (0.015 \text{ m}) (75^\circ\text{C} - 86.85^\circ\text{C})}{13,592.65 \frac{\text{W}}{\text{mk}}} \quad (17)$$

$$\Delta x_{caucho} = 0.0051 \text{ m} \rightarrow \Delta x = \mathbf{0.51 \text{ cm}}$$

Por lo que se estima 0.51 cm de grosor del material caucho el cual estará recubriendo el tubo de cobre, el diseño de la conexión de los tubos de cobre está formada por un serpentín aprovechando mayor captación de radiación y fenómeno de transporte del agua.

- **Espesor del recubrimiento de caucho para la caja**

La tasa de transferencia de calor por conducción puede expresarse utilizando la ley de Fourier:

$$q_{cond} = -K A \frac{\Delta T}{\Delta x} \quad (18)$$

q_{cond} = la densidad de corriente de energía (energía por unidad de área y por unidad de tiempo)

k = es la conductividad térmica

A = es el área transversal.

ΔT = es la diferencia de temperatura externa menos la temperatura interna del sistema

Δx = es el espesor del

Por lo que al calcular el tamaño del espesor (grosor) del objeto, en este caso de la caja del calentador solar (figura 34):

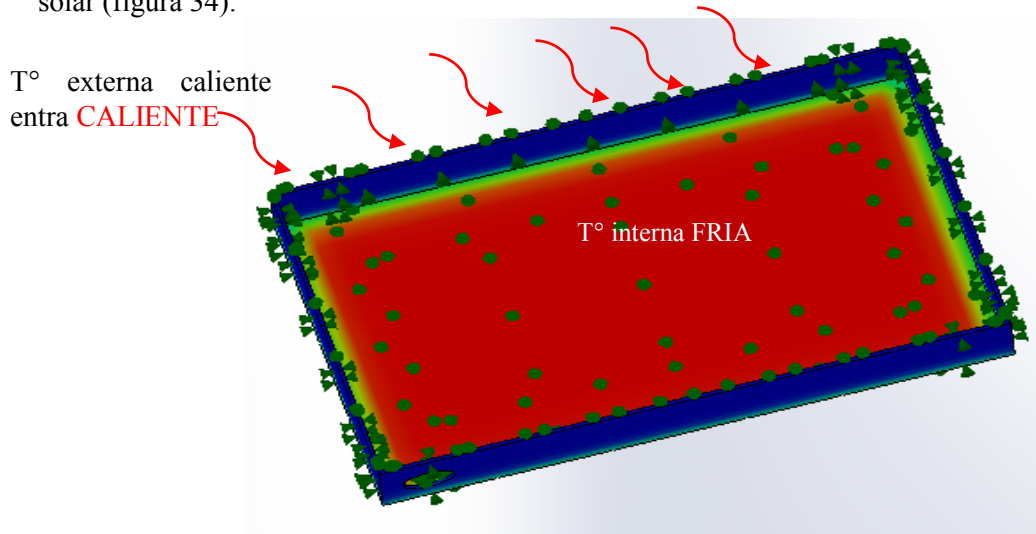


Figura 38. Ilustración del comportamiento de convección en la caja del calentador solar

Por lo que al despejar Δx

$$(x_2 - x_1) q_{cond} = -K A \Delta T \quad (19)$$

$$\Delta x q_{cond} = -K A (T_{ext} - T_{int}) \quad (20)$$

$$\Delta x = \frac{-K A (T_{ext} - T_{int})}{q_{cond}} \quad (21)$$

$$\Delta x = \frac{-K A (T_{ext} - T_{int})}{q_{cond}} \quad (22)$$

En donde se realiza una Transferencia de calor por radiación:

$$q_{cond} = q_{rad} = \sigma \varepsilon A T^4 \quad (23)$$

En donde:

σ = constante de Stefan Boltzmann y es $5.67 \times 10^{-8} \frac{w}{m^2 k^4}$

ε = es la emisividad de la superficie 0 y 1

A = área

T^4 = temperatura elevada a la cuarta potencia

$$\Delta x = \frac{-K A (T_{ext} - T_{int})}{\sigma \varepsilon A T^4} \quad (24)$$

$$\Delta x = \frac{-12 \frac{W}{mk} (20^\circ C - 32^\circ C)}{\left(5.67 \times 10^{-8} \frac{W}{m^2 k^4}\right) * (1) * (293^\circ K^4)} \quad (25)$$

$$\Delta x = 0.03 \text{ m} \rightarrow \Delta x = \mathbf{3.40 \text{ cm}}$$

Para la caja, se tiene un espesor de 3.40 cm en los costados, lo que permitirá un recubrimiento interno en la caja de madera del material fibra de caucho, derivado por el reciclado de neumático.

- **Espesor del recubrimiento de fibra de caucho para el tanque de almacenamiento**

También se calcula el grosor de caucho para el recubrimiento del tanque de almacenamiento por lo que se estima lo siguiente:

$$q_{cond_{aluminio}} = -K A \frac{\Delta T}{\Delta x_{caucho}} \quad (26)$$

q_{cond} = la densidad de corriente de energía (energía por unidad de área y por unidad de tiempo)

k = es la conductividad térmica

A = es el área transversal.

ΔT = es la diferencia de temperatura externa menos la temperatura interna del sistema

Δx = diferencial de espesor del caucho

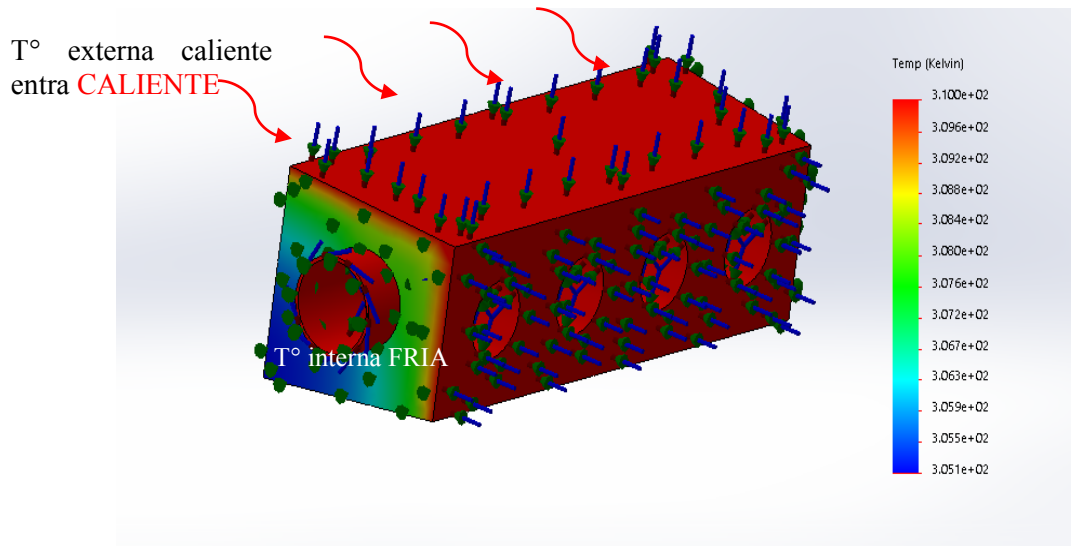


Figura 39. Ilustración del comportamiento térmico por convección en el tanque de almacenamiento, parte del calentador solar

Por lo que al despejar:

$$\Delta x_{caucho} = \frac{-K A (T_{ext} - T_{int})}{q_{cond_{aluminio}}} \quad (27)$$

En donde se calcula lo siguiente

$$q_{cond_{aluminio}} = -K A \frac{\Delta T}{\Delta x} \quad (28)$$

$$A = 2\pi r^2 \quad (29)$$

$$A = 2\pi (0.20 \text{ m})^2$$

$$A = 0.2513 \text{ m}$$

$$q_{cond_{aluminio}} = -205 \frac{W}{mk} (0.2513 \text{ m}) \frac{(35.85^\circ C - 36.85^\circ C)}{0.0051 \text{ m}} \quad (30)$$

$$q_{cond_{aluminio}} = 2,062.05 \frac{W}{mk}$$

$$\Delta x_{caucho} = \frac{-205 \frac{W}{mk} (0.2513 \text{ m}) (35.85^\circ C - 36.85^\circ C)}{2,062.05 \frac{W}{mk}} \quad (31)$$

$$\Delta x_{caucho} = 0.0249 \text{ m} \rightarrow \Delta x = \mathbf{2.49 \text{ cm}}$$

Obteniendo 2.49 cm de grosor del material de fibra de caucho el cual tendrá su función de recubrimiento de caucho que se utiliza como aislante térmico.

Ley de Enfriamiento de Fourier

$$Q = uA\Delta T_{m_L} \quad (32)$$

$$\Delta T_{m_L} = \frac{\ln\left(\frac{T_2}{T_1}\right)}{T_2 - \ln\left(\frac{T_2}{T_1}\right)} \left(\frac{T_2}{T_1}\right) \quad (33)$$

$$Q = -kA \frac{dT}{dx} \quad (34)$$

$$-k A \frac{dT}{dx} = U A \Delta T_{m_L} \quad (35)$$

$$\Delta T_{m_L} = \frac{\ln\left(\frac{T_2}{T_1}\right)}{T_2 \ln\left(\frac{T_2}{T_1}\right)} \quad (36)$$

$$-\frac{k}{u} = \frac{\Delta T_{m_L} * dx}{dT} \quad (37)$$

$$\frac{k}{u} = \frac{\frac{\ln\left(\frac{T_2}{T_1}\right)}{T_2 - \ln\left(\frac{T_2}{T_1}\right)} * dx}{T_2 - T_1} \quad (38)$$

3.7 Construcción

Para la puesta en marcha de la construcción de un prototipo a escala del calentador solar de caucho reciclado de neumático se enlista los materiales, equipos y herramientas necesarias las cuales se utilizan para la elaboración del mismo (Figura 40-56).

Tabla 6. Materiales y herramientas para la elaboración de un calentador solar de neumático

Materiales	Equipos y herramientas
<ul style="list-style-type: none"> • Caja de madera • Lamina de acero • Caucho de silicón • Caucho triturado reciclado • Fibra de caucho reciclado • Tornillos negros de 1 pulgada • Catalizador TP • Pintura negra acabado mate • Codos de cobre • Tubo de cobre de ¾ pulgadas • Micro alambre 0.35 mm 	<ul style="list-style-type: none"> • Cortadora de madera o cegueta • Cortador de tubo de cobre • Pasta para soldar Siler • Soplete Linmex Gas G-3 1 134 • Cortadora de lamina • Freno de prensa de cizalla y rodillo deslizante • Soldadora de arco de corriente directa Infra • Cortadora

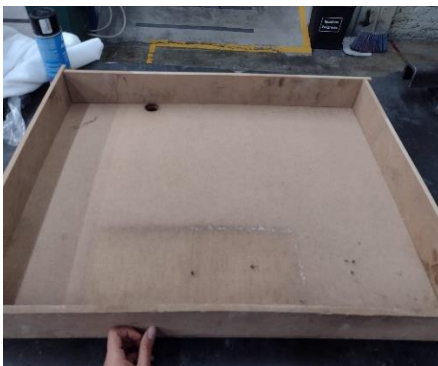


Figura 40. Construcción de caja de madera



Figura 41. Resina de caucho y catalizador



Figura 42. Mezcla para colocar la fibra de caucho



Figura 43. Fibra de caucho adherida en las paredes de la caja de madera



Figura 44. Terminación de fibra de caucho en la caja de madera



Figura 45. Capa de pintura sobre la superficie de la caja



Figura 46. Codos de cobre para unión de tubería



Figura 47. Lijado de codos para ensamble y soldado de las piezas



Figura 48. Soldado de piezas de tubería



Figura 49. Unión de tubería



Figura 50. Lamina de aluminio para cortar



Figura 51. Formado de la lámina en cilindro



Figura 52. Cilindro listo para tanque de almacenamiento



Figura 53. Modelo de como estará conformado el calentador



Figura 54. Soldado de tanque de almacenamiento de agua



Figura 55. Tanque terminado para calentador solar



Figura 56. Ensamble del prototipo de calentador solar

El prototipo de calentador solar permitirá visualizar el dimensionamiento a escala de los materiales y recursos necesarios para realizar más adelante un análisis de factibilidad del prototipo.

3.8 Evaluación de proyecto

Análisis de oferta

De acuerdo al catálogo de Clasificación para Actividades Económicas del Directorio Estadístico Nacional de Unidades Económicas (DENUE) del INEGI (2022) en México se tienen contabilizados dentro de las actividades económicas la rama “manufactura industrias manufactureras” las empresas de “fabricación de productos metálicos” y “fabricación de maquinaria y equipo” donde se considera los fabricantes de calentadores solares de agua, con un total de 3,903 empresas en todo el país, estas empresas están distribuidas dentro del territorio nacional, como se muestra en la figura 58. De acuerdo a Bimcon (2021) el 55% de los calentadores solares que son distribuidos en el mercado mexicano son nacionales y el resto son importados.

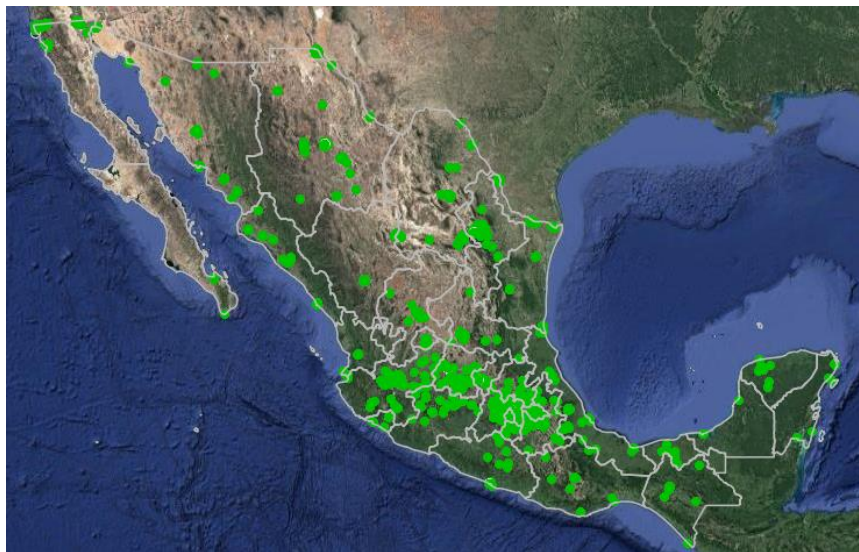


Figura 57. Empresas de fabricación de productos metálicos y fabricación de maquinaria y equipo

Y en el estado de Puebla, se cuentan con 174 unidades económicas del sector representando un 4% respecto al total nacional, como se puede observar en la figura 59 (INEGI, 2022).



Figura 58. Unidades económicas de manufactura de fabricación de maquinaria y equipos

En materia de calentadores solares de acuerdo con el Catálogo Nacional de Calentadores Solares la tasa de crecimiento anual de calentadores solares es en promedio de 14% (SEMARNAT, 2017). En la actualidad en el mercado nacional se oferta el calentadores solares con un promedio de vida estimado de 20 años y con una reducción de costos de entre 60-80% en el consumo de combustibles (gas, leña, carbón, etc.) (SEMARNAT, 2017).

Los precios de los calentadores solares dependerá de la marca, capacidad y material con los que están elaborados, en México de acuerdo a la Dirección General de Estudios sobre Consumo (DGEC) de la Procuraduría Federal del Consumidor [PROFECO] (2016), dentro del mercado se ofertan calentadores en su mayoría de tubos de vacío los cuales tienen un promedio de los siguientes costos, desglosados en la tabla 7:

Tabla 7: Tabla de precios promedio de calentadores solares en México por capacidad

Capacidad total (litros)	Tubos	Usuarios/Personas	Precio del calentador 00/100 MN
110	8	2-4	\$5,354.00
130	10	4 a 6	\$5,900.00
150	12	6 a 9	\$8,310.00
210	15	9 a 12	\$9,126.00

Fuente: Elaboración propia en base a PROFECO (2016b)

De acuerdo con lo anterior el análisis de oferta, es viable la producción del calentador solar de neumáticos reciclados en el estado y país.

Análisis de demanda

De Acuerdo con el Instituto Nacional de Estadística y Geografía [INEGI] (2016), en México se estima que el 4.9 % de casas habitación, cuentan con un calentador solar de agua instalado, lo que representan 3,374 casas y el 95% aun no cuentan con un calentador solar, lo que representa 65,795 casas.

En el estado de Puebla, en el 2020 se registró el 7.92 % de hogares que cuentan con calentador solar de agua y el 92.8% que no cuentan con calentador solar de agua. A su vez, en las zonas conurbadas del Estado de Puebla, de acuerdo al censo realizado por el equipo de Iniciativa Climática de México a través del programa de Transición Energética del estado de Puebla (OBTRENMEX, 2022) se registró que 88% de las viviendas utilizan leña para calentar el agua a la hora de bañarse, lo que representa una oportunidad de demanda insatisfecha de bien social.

Dentro del análisis de demanda, existen diferentes técnicas de recaudación de datos estadísticos para definir el porcentaje de demanda de un producto o servicio, de esta forma se mide la aceptación del mismo. Para la presente investigación, se realizó la recaudación de datos estadísticos para definir el porcentaje de demanda y aceptación del mismo, en este caso se realizaron encuestas con preguntas que proporcionan datos cuantitativos y cualitativos, bajo los siguientes pasos:

1. *Determinación de la muestra:*

En el estado de Puebla se tiene un registro de población de 6,583,278 habitantes y 1,713,381 viviendas, esto de acuerdo al Censo de Población y Vivienda realizado por el Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI, 2020)

Para la presente investigación se consideraron municipios con zonas conurbadas y marginadas acuerdo con el Sistema Urbano Nacional (2018), en el estado de Puebla, se tienen registrados 22 municipios con zonas conurbadas, estos municipios son considerados así por una conformación urbana resultando de la continuidad física entre dos o más localidades geoestadísticas o centros urbanos, constituyendo una sola unidad urbana de por lo menos 15 mil habitantes pueden ser intermunicipales e interestatales como se muestra en la tabla 8:

Tabla 8. Municipios que contienen zonas conurbadas en el estado de Puebla

#	Nombre	#	Nombre
1	Acatzingo	12	Palmar de Bravo
2	Ajalpan	13	Quecholac
3	Altepexi	14	Rafael Lara Grajales
4	Atempan	15	Tecamachalco
5	Chietla	16	Tepeaca
6	Chignahuapan	17	Teteles de Ávila Castillo
7	Cuapiaxtla de Madero	18	Tlaola
8	Huachinango	19	Xiutetelco
9	Juan Galindo	20	Yaonáhuac
10	Los Reyes de Juárez	21	Zacapoaxtla
11	Nopalucan	22	Zacatlán

Fuente: Elaboración propia con datos de Secretaría General del Consejo Nacional de Población (2018)

Y 16 municipios que se encuentran dentro de la zona metropolitana Puebla-Tlaxcala con alto índice de marginación, los cuales por su forma de calentar el agua para bañarse, son de los principales municipios interesados para la puesta en marcha de este proyecto, como se mencionó con anterioridad el 88% de las viviendas utilizan leña para calentar el agua a la hora de bañarse (Secretaría de Medio Ambiente y Desarrollo Sustentable y Ordenamiento Territorial, 2022), dentro del listado de municipios que cuentan con al menos una zona de marginación en el estado de Puebla como se muestra en la tabla 9:

Tabla 9. Municipios con zonas de marginación en el estado de Puebla

#	Nombre	#	Nombre
1	Acajete	9	Ocoyucan
2	Amozoc	10	Puebla
3	Coronango	11	San Andrés Cholula
4	Cuautlancingo	12	San Felipe Teotlalcingo
5	Chiautzingo	13	San Gregorio Atzompa
6	Domingo Arenas	14	San Martín Texmelucan
7	Huejotzingo	15	San Miguel Xoxtla
8	Juan C. Bonilla	16	San Pedro Cholula

Fuente: Elaboración propia con datos de Secretaría General del Consejo Nacional de Población (2018)

Para tema de la presente investigación se realizó una selección de municipios en las principales zonas aledañas a la capital del estado, por temas de movilidad, por lo que se consideraron los municipios de:

- San Martín Texmelucan
- San Felipe Teotlalcingo
- San Nicolas de los Ranchos
- Chignahuapan

Considerando la siguiente cantidad poblacional se consideran las siguientes cantidades (Tabla 10):

Tabla 10. Valores de población en Puebla

Concepto	Cantidad	Unidad
Total de población en el estado de Puebla	6,583,278	personas
Total de viviendas en Puebla	1,713,381	hogares
Porcentaje con calentador solar	7.92	%
Porcentaje sin calentador solar	92.8	%

Fuente: Elaboración propia con datos de (INEGI, 2020)

Concepto	Cantidad	Unidad
Total de viviendas en Sn. Martín Texmelucan	32,961	hogares
Total de viviendas en Sn. Felipe Teotlalcingo	2,630	hogares
Total de viviendas en Sn. Nicolas de los Ranchos	1,421	hogares
Total de viviendas en Chignahuapan	13,995	hogares
Total de viviendas	51,007	hogares

2. *Cálculo del número de encuestas a realizar:*

Para determinar el número de encuestas a realizar, se utiliza el modelo estadístico adecuado para determinar el tamaño de la muestra, para poblaciones finitas, cuando se estiman proporciones. En este caso se tomarán los estimadores de error estándar de 0.15 y un grado de confiabilidad de 95% como se detalla a continuación en la fórmula 39 con los subíndices mostrados en la tabla 11:

Tabla 11. Modelo de estimación de muestra

Fórmulas	Donde
n	tamaño de muestra
E	margen de error
N	Tamaño de la población

Desarrollo de las fórmulas:

$$n = \frac{N}{E^2 (N-1)+1} \quad (39)$$

$$n = \frac{51007}{0.05^2 (51007-1)+1} \quad (40)$$

$$n = \frac{51007}{128.515}$$

$$n = 396$$

Como instrumento de recolección de información se utilizó un cuestionario de 396 encuestas a aplicar, con una escala de actitud tipo Likert autoadministrado, en las zonas conurbadas antes mencionada por temas de movilidad de la investigación.

El tipo de encuesta a aplicar será de tipo descriptiva, ya que se pregunta por el hecho de tener o no un calentador solar con el objetivo de definir sus ventajas y desventajas competitivas que tendría el uso de un calentador solar elaborado de neumático reciclado, las variables a utilizar son cerradas para el método

cuantitativo y abiertas para el método cualitativo de tipo explicativa, resultando así con los siguientes ítems (Tabla 12)

Tabla 12. Determinación de indicadores por variable para la encuesta

Ítem		Descripción	Variable
1	¿Cómo calienta el agua para bañarse?	Cuando se habla del rendimiento de un calentador solar, se hace referencia a la cantidad de energía que se extrajo y que circula a través de él, la medición cualitativa de su eficiencia de estos sistemas dependerá de la T° del agua, el tiempo de calentamiento y condiciones extremas (Gómez, 2021).	Eficiencia
2	¿Cuántos integrantes de la familia utilizan el agua que calienta para bañarse?		
3	¿Cuánto estima en gasto mensual al utilizar el método seleccionado anteriormente para calentar el agua?		
4	¿Qué tan satisfecho está con la funcionalidad de su sistema de calentador de agua?		
5	¿Cuál sería la razón del cambio de la forma de calentar el agua?	La absorción en un rango particular de longitud de onda que se podría obtener en una específica dimensión de un calentador solar, permite entre mayor superficie de exposición mayor cantidad de captación de calor. En el mercado se encuentra una variedad de calentadores solares que por su tamaño se define la cantidad de personas a la cual abastecerá en el hogar (Sol, 2021).	Tamaño
6	¿Conoce o ha escuchado de los calentadores solares?		
7	¿Cuál es tu percepción sobre los calentadores solares?		
8	¿Le gustaría adquirir un calentador solar?		
9	¿Qué es lo que valora o valoraría a la hora de adquirir un calentador de agua?	Mencionan los calentadores solares convencionales, los cuales se encuentran en el mercado, por su composición en materiales costosos y frágiles permiten obtener temperaturas mayores a los 60°C en días nublados y mas de 80° en días soleados. La temperatura registrada en el agua de un calentador solar dependerá del tiempo de exposición, el tipo de calentador y la zona donde se encuentre ubicado, esto por las regiones (OBTRENMEX, 2022).	Temperatura
10	Si le dieran la opción de construir su propio calentador solar, ¿Le interesaría hacerlo o solo adquirirlo?		
11	¿Cuánto estarías dispuesto a pagar por adquirir un calentador solar?		
12	¿Te gustaría recibir información de preventa de un calentador solar con recubrimiento de neumático reciclado?		

Fuente: Elaboración propia

Como seguimiento de la comprobación de hipótesis se considera la siguiente fórmula 42 la cual identifica la aceptación o refutación de la hipótesis antes planteada en la presente investigación, detallando los valores en la tabla 13:

$$Z_{prueba} = \frac{z_{tabla}\bar{x}-N}{\frac{\sigma}{\sqrt{n}}\sqrt{N-1}} \quad (42)$$

Tabla 13. Valores de la fórmula para comprobación de Hipótesis

Símbolo	Valor	Donde
N	396	muestra
N	1	
X	2.718644781	Promedio de la media
σ	1.460547473	Promedio de la desviación estándar
μ	2	hipótesis
$H_0:\mu=2$		
$H_1:\mu\neq 2$		
A	0.05	nivel de significancia
$\alpha/2$	0.025	
$n/N(100\%)>5\%$	0.002525253	
Z tabla	1.959963985	
	1.959963985	
Z prueba	0.492037948	

Para el análisis de comprobación de hipótesis de investigación se realiza un ejercicio de variables que se buscan medir son eficiencia, tamaño y temperatura, mismas que se procedió a definir las conceptual y operacionalmente, tomando en consideración los estudios Como instrumento de recolección de información se utilizó un cuestionario de 12 preguntas con una escala de actitud tipo Likert auto administrado a través de encuestas aplicadas de forma física.

Análisis técnico

Para la presente investigación se realizó un prototipo del calentador solar de material reciclado de neumático, para verificar su funcionalidad y proceder a la fabricación continua de este producto, realizando estimaciones de producción en un futuro, esto con el fin de medir la factibilidad del proyecto, para ello se realizan los siguientes pasos:

1. *Descripción del producto:* a continuación, se describe el proceso de elaboración de un calentador solar de reciclado de neumático esto de acuerdo a las medidas de seguridad y cumplimiento de la NOM-027-ENER/SCFI-2018.

- a) Se realiza el cortado de la caja de madera donde estará el soporte de los tubos de cobre, con los ajustes necesarios y asegurando cada parte con tornillos de 1 pulgada, esto para garantizar el soporte de la caja.
 - b) Esta caja es cubierta con un espesor previamente calculado de borra de neumático (fibra de neumático) el cual se pegará con resina de caucho y catalizador, cubriendo por completo la caja de madera.
 - c) Una vez seca la capa de fibra de caucho se pinta la caja con pintura negra, esto con el fin de aplicar la ley de Stefan Boltzman (cuerpo negro) de un objeto.
 - d) Por otro lado, con ayuda de una cortadora, se realiza el corte de tubos de cobre de acuerdo al largo del calentador.
 - e) Para poder realizar el soldado de las piezas, tanto del tubo de cobre como de los codos de unión se deberá lijar cada pieza.
 - f) Una vez soldadas las piezas, se procede a cubrir los tubos con caucho molido reciclado de neumáticos con la resina de caucho y catalizador.
 - g) Por otro lado, se procede al corte de lámina, el cual servirá como tanque de almacenamiento de agua, este es una lámina dependiendo de la capacidad del tanque; este, será soldado de igual forma que los tubos, para la seguridad del producto.
 - h) Este tanque es forrado de igual forma por fibra de neumático reciclado en su exterior, para preservar su temperatura interna que tiene el tanque con agua.
 - i) Al colocar cada pieza del calentador se procede a realizar la instalación del neumático.
2. *Sistema de distribución y comercialización:* Para definir la forma en que se comercializará el producto de calentador solar de neumáticos, se partirá de la matriz de Ansoff también conocida como matriz producto-mercado, la cual muestra cuatro opciones de crecimiento para las empresas formadas al confrontar los productos/servicios existentes y los nuevos con los mercados existentes y nuevos (Miranda, 2016).

La metodología utilizada en la matriz de Ansoff permite organizar en cuatro categorías de negocio el análisis, las cuales son: la penetración en el mercado, el desarrollo de mercado, el desarrollo de nuevos productos o servicios, y la diversificación (Figura 60):

		PRODUCTOS	
		Actuales	Nuevos
MERCADO	Actuales	Penetración Desarrollo	Lanzamientos de nuevo producto
	Nuevos	Desarrollo del mercado	Diversificación

Figura 590. Tabla de matriz de Ansoff

Fuente: Elaboración propia en base a Ionos by 1 & 1 (2019).

Para el presente proyecto de investigación al ser una nueva empresa que ofrecerá un producto nuevo en materiales y en el mercado de calentadores solares, el tipo de estrategia a seguir será “*penetración de mercados*”, bajo los siguientes aspectos:

- *Mercado definido:* viviendas que se considera dentro de la zona conurbada del estado de Puebla que no cuentan con un calentador solar
- *Producto que se ofrece:* calentador solar elaborado a partir de neumáticos fuera de uso, producto el cual es único y actual en el mercado.

Esta estrategia consiste en ver la posibilidad de obtener una mayor cuota de mercado trabajando con nuevos productos necesarios actuales, aumentando la venta de productos existentes a segmentos de mercado existentes; para ello, se deben realizar acciones para aumentar el consumo de los clientes, atraer clientes. El sistema que se utilizara para distribuir y comercializar el producto es mediante puntos de venta propios, el punto de venta deberá cumplir con los requerimientos técnicos específicos bajo la norma Mexicana NOM-027-ENER/SCFI-2018 con el fin de brindar un alto nivel de servicio y satisfacción del cliente.

3. *Recursos:* Para la puesta en marcha de la apertura de la empresa de calentadores solares de neumáticos se requerirán los siguientes recursos:

En materia de los recursos necesarios para la puesta en marcha en producción del calentador solar de neumático se requieren lo siguientes recursos descritos en la tabla 14.

Tabla 14. Recursos necesarios para la parte de producción

Materia prima y equipos
<p>Materia prima</p> <ul style="list-style-type: none"> • Caja de madera • Lamina de acero • Caucho de silicón • Caucho triturado reciclado • Fibra de caucho reciclado • Tornillos negros de 1 pulgada • Catalizador TP • Pintura negra acabado mate • Codos de cobre • Tubo de cobre de ¾ pulgadas • Micro alambre 0.35 mm <p>Equipos</p>

- Cortadora de madera o cegueta
- Cortador de tubo de cobre
- Pasta para soldar Siler
- Soplete Linmex Gas G-3 1 134
- Cortadora de lamina
- Freno de prensa de cizalla y rodillo deslizante
- Soldadora de arco de corriente directa Infra

Para la parte de gestión del proyecto tanto mano de obra como la supervisión y seguimiento del proceso se requiere capital humano desglosa en la siguiente tabla 15:

Tabla 15. Recurso Humano necesario para la apertura de la empresa de elaboración de calentador solar de neumático

Recursos Humanos
Se requiere al menos 5 personas: <ul style="list-style-type: none"> • 1 ingeniero ambiental • 1 contador Público • 2 Ing. Electromecánica • 1 Ing. Industrial

Para la descripción de recursos necesarios en monetario, se realiza el análisis financiero involucrando los costos para su estudio dimensional de la empresa, con el fin de medir la factibilidad de la apertura de la empresa.

Estudio Jurídico Legal

La constitución y formalización de este proyecto se debe seguir los siguientes pasos: En México las gestiones comerciales y tributarias, se realizan en diferentes instituciones gubernamentales las cuales están encargadas de guiar una apertura de empresa factible en el país (Gobierno de México, 2019), dentro de los recursos necesarios detallados en la tabla 16 y 17:

Tabla 16. Recursos de datos e información para la apertura de la empresa de elaboración de calentador solar de neumático

Datos e Información	Especificaciones el trámite
----------------------------	------------------------------------

<ul style="list-style-type: none"> • Solicitar la denominación de la empresa Servicio de Administración Tributaria • Inscripción en el registro público de comercio • Registro Federal de Contribuyentes • Obtener e.firma de la sociedad • Registro patronal del IMSS 	<p>Solicitar la denominación de la empresa Servicio de Administración Tributaria</p> <p>Servicio de Administración Tributaria (SAT) https://rpc.economia.gob.mx</p> <p>Se puede realizar en línea por inscripción por CURP, seleccionando "RFC" y después en la opción "Con CURP" Realiza tu preinscripción, seleccionando "RFC" y después en la opción "Personas físicas".</p> <p>Si se desea hacer una cita por internet https://citas.sat.gob.mx/</p> <p>Se puede solicitar en línea a través del portal del IMSS en: https://altapatronalpresencial.imss.gob.mx/sapi/plantillaPatrones.do?method=initCaptur29aFisica</p>
---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

Fuente: Elaboración propia en base a Gobierno de México (2019)

Tabla 17. Actividad tributaria obligatoria para dar de alta la empresa

Trámite	Descripción del trámite
<ul style="list-style-type: none"> • Licencia de uso de suelo 	<p>\$22.63 MXN por m³ = 1584 MXN por m³</p> <ul style="list-style-type: none"> • Acta constitutiva • Identificación oficial vigente con fotografía (IFE, INE) • Pasaporte Vigente) • Título profesional (en caso de contar con uno) • Comprobante de domicilio • Croquis de ubicación • Escrituras del predio • Plano topográfico • Boleta predial vigente • Escrito libre de solicitud • Oficio de solicitud

<ul style="list-style-type: none"> • Licencia de funcionamiento • Bomberos Mediano riesgo • Registro ante el Sistema de Información Empresarial Mexicana • Inscripción a la cámara de comercio • Expedición de Dictamen en Materia de Protección Civil 	<ul style="list-style-type: none"> • Plano georeferenciado con coordenadas universal transversal (UTM) <p>\$ 3,211 MXN y para solicitarlo necesitarás original y copia de los siguientes documentos:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Acta Constitutiva • Identificación oficial (IFE, INE, Pasaporte vigente) • Registro Federal de Contribuyentes (RFC) • Comprobante de domicilio • Croquis de ubicación • Comprobante de pago <p>\$775.00 MXN anual Constancia de medidas preventivas contra incendios</p> <p>\$670.00 MXN anual</p> <ul style="list-style-type: none"> • Llenar el cuestionario de registro proporcionado por la • Cámara. • Entrega del cuestionario de registro en la Cámara. • Realizar el pago correspondiente. <p>Gratuito</p> <p>\$1,104.67 MXN anual</p>
-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

Fuente: Elaboración propia en base a Gobierno de México (2019)



Precios

De acuerdo con los tipos de precios que existen en el mercado con respecto a los calentadores solares y su capacidad está vinculado tanto a los proveedores nacionales, inflación de los productos, etc. a continuación se realiza un desglose de los indicadores de análisis de precios

a) Proveedores:

Los proveedores con los que se considera llevar a cabo las compras mensuales o semestrales de acuerdo al uso de materia prima son los siguientes, detallados en la tabla 18:

Tabla 18. Tabla de proveedores para la producción de calentadores solares de neumáticos

Nombre	Logo	Producto
Ecotryp		Caucho reciclado: caucho molido y fibra de caucho
Tubos y conexiones MG		Tubos de cobre y codos de cobre, conexión de tubería para agua.

b) Costos:

El análisis de costos que se destina para la elaboración de un calentador solar y el precio de venta se desarrolla bajo lo siguiente:

Los materiales destinados para la elaboración de un calentador solar se definen bajo los siguientes materiales, partiendo de la unidad para realizar el ejercicio de estimación de costos, a continuación, se detalla los materiales requeridos para la elaboración del producto, como se muestra en la tabla 19:

Tabla 19. Costos de materia prima, para la elaboración de un calentador solar de neumáticos

Descripción	Materia prima x 1 Calentador solar de neumáticos			
	Cantidad	Unidad de medida	Costo unitario	Total
Caucho molido	3	kg	\$8.75	\$ 26.25
Fibra de caucho reciclado	2	kg	\$5.50	\$11.00
Caja de madera	1	m	\$120.00	\$120.00
Lamina de acero	1	kg	\$180.00	\$180.00
Tornillos negros de 1 pulgada	20	pzs	\$1.00	\$20.00
Resina de caucho y Catalizador TP	1	pz	\$150.00	\$150.00
Pintura negra acabado mate	2	bote	\$90.00	\$180.00
Codos de cobre	6	pzs	\$ 70.00	\$420.00

Tubo de cobre de ¾ pulgadas	5	m	\$ 190.00	\$950.00
Total			\$ 815.25	\$ 2,057.25

Tanto la adquisición de materia prima como la mano de obra de los trabajadores se destina como gastos directos, los cuales están vinculados directamente con la producción del producto que se ofrece (Tabla 20).

Tabla 20. Gastos indirectos promedio de 3 colaboradores en producción

GASTOS DIRECTOS					
Colaboradores	Descripción	Año	Mes	Semana	Día
3	Mano de obra	\$207,360.00	\$17,280.00	\$ 4,320.00	\$ 664.62
Total			\$ 17,280.00		

Para estimar los equipos necesarios para a elaboración de calentadores solares de neumatico, se estima que se utilizaran los siguientes insumos, de tal forma que de acuerdo al porcentaje de depreciación se estima entre el 10% a 20% anual, realizando un prorrateo para someterlo en los gastos indirectos (Tabla 21).

Tabla 21. Equipos para producción para la elaboración de calentador solar

EQUIPOS PARA PRODUCCIÓN				
Descripción	% depreciación	Precio	Total	
Cortadora de madera o cegueta	10%	\$ 795.00	\$79.50	
Cortador de tubo de cobre	10%	\$ 160.00	\$16.00	
Pasta para soldar Siler	25%	\$ 145.00	\$36.25	
Soplete Linmex Gas G-3 1 134	20%	\$ 519.00	\$103.80	
Cortadora de lamina	10%	\$ 561.00	\$56.10	
Freno de prensa de cizalla y rodillo deslizante	10%	\$ 25,500.00	\$2,550.00	
Total		\$ 27,680.00	\$2,841.65	

EQUIPOS DE PROTECCIÓN PERSONAL				
Cant.	Descripción	Cant. en piezas	P. Unitario	Total anual
3	Guantes de trabajo (carnaza)	6	\$ 510.00	\$ 3,060.00
	Lentes de seguridad	3	\$ 50.00	\$ 150.00
	Botas de trabajo	3	\$ 390.00	\$ 1,170.00
	Uniforme	3	\$ 250.00	\$ 750.00
	Casco de soldadura	2	\$ 210.00	\$ 420.00
Total			\$	5,550.00

Por otro lado, los gastos indirectos son los cuales deben ser considerados para estimar el costo global neto de la producción, los cuales están definidos a continuación (Tabla 22):

Tabla 22. Gastos indirectos

GASTOS INDIRECTOS

Descripción	Año	Mes	Semana	Día
Renta	\$108,000.00	\$9,000.00	\$2,250.00	\$346.15
Equipos	\$3,396.65	\$ 283.05	\$70.76	\$10.89
Luz general	\$2,400.00	\$200.00	\$50.00	\$6.67
IMSS	\$12,156.00	\$1,013.00	\$253.25	\$38.96
Agua	\$2,160.00	\$180.00	\$45.00	\$6.92
TOTAL	\$28,112.65	\$10,676.05	\$ 2,669.01	\$409.59

GASTOS ADMINISTRATIVOS				
Descripción	Año	Mes	Semana	Día
Teléfono	\$2,400.00	\$200.00	\$50.00	\$6.67
Internet	\$ 4,200.00	\$ 350.00	\$ 87.50	\$ 13.46
Extintores	\$39,115.20	\$3,259.60	\$ 814.90	\$125.37
Basura	\$18,000.00	\$ 1,500.00	\$375.00	\$57.69
Marketing	\$6,000.00	\$500.00	\$1,500.00	\$9.23
Actividad tributaria	\$5,783.30	\$8,800.00	\$2,200.00	\$338.46
TOTAL	\$75,498.50	\$14,609.60	\$5,027.40	\$560.88

La producción esperada de acuerdo a los tiempos y personal destinado para la elaboración de calentadores solares de neumático, a continuación, se describe el tiempo de producción, mostrados en la tabla 23:

Tabla 23. Desglose del pronóstico de tiempo de producción

TIEMPO DE PRODUCCIÓN x 1 calentador			Colaboradores de ensamble
Formado de caja de madera	20	MIN	
Cubrimiento de caucho a las paredes de la caja	60	MIN	
Soldado de tubos y codos	30	MIN	
Cubrimiento de caucho a los tubos de cobre	60	MIN	
Cortado de lámina de acero	30	MIN	
Soldado de tanque de almacenamiento	30	MIN	
Ensamble del calentador	35	MIN	
Total	265	minutos	
	4.42	hrs	
Día	2	Calentadores	
Semana	10	Calentadores	
Mes	41	Calentadores	
Año	494	Calentadores	
TIEMPO DE PRODUCCIÓN TOTAL			Colaboradores de ensamble
Día	5	Calentadores	

Semana	32	Calentadores
Mes	137	Calentadores
Año	1648	Calentadores

CAPÍTULO 4. RESULTADOS

4.1 Caracterización

De acuerdo con los objetivos de investigación, la caracterización del caucho reciclado de neumático por método de espectroscopia de absorción atómica, se obtuvo la calibración del equipo con base a los estándares mencionados en el apartado de metodología, obteniendo las siguientes curvas de calibración con el coeficiente de calibración (Figura 61-67):

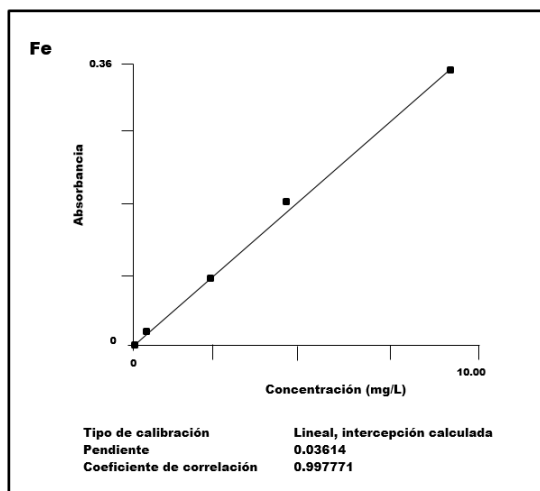


Figura 61. Curva de calibración Fe

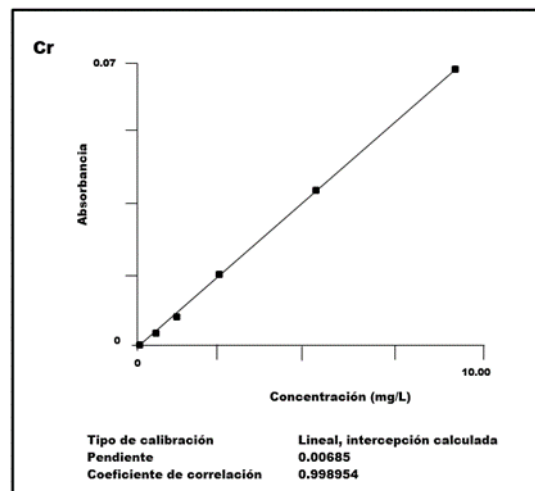


Figura 62. Curva de calibración Cr

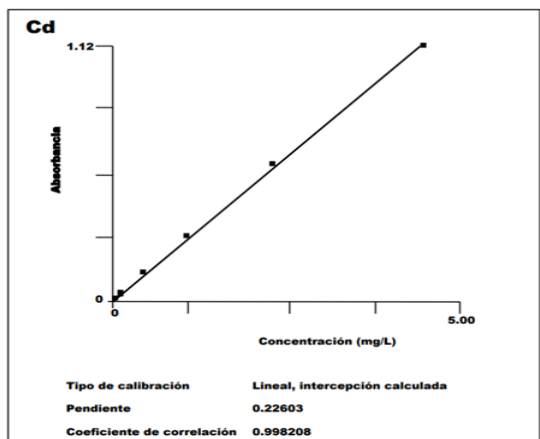


Figura 63. Curva de calibración Cd

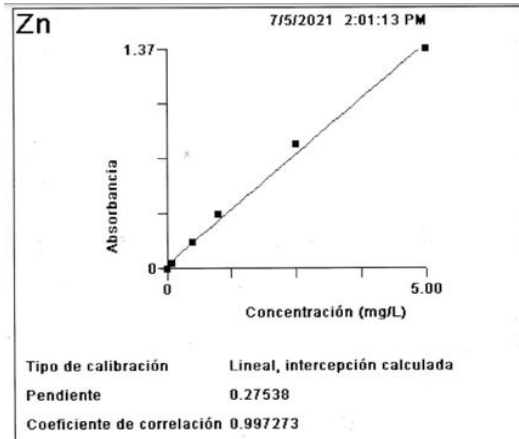


Figura 64. Curva de calibración Zn

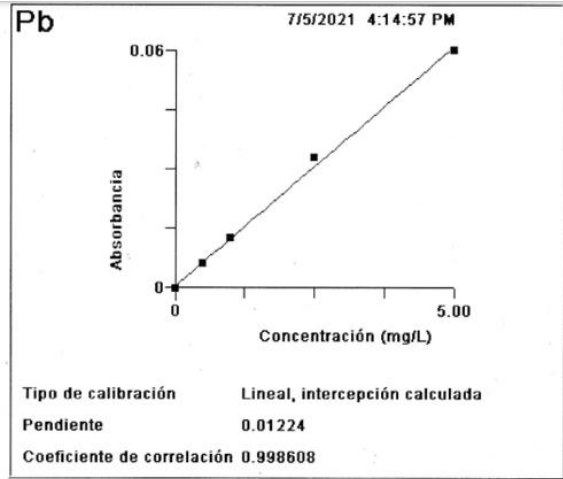


Figura 65. Curva de calibración Pb

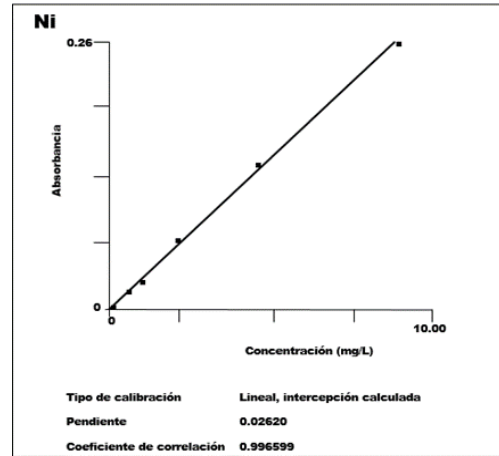


Figura 66. Curva de calibración Ni

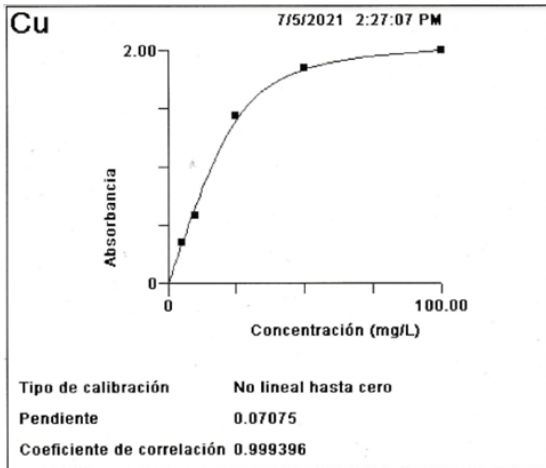


Figura 67. Curva de calibración Cu

Derivado de lo anterior se obtuvieron los siguientes resultados de presencia de metales en las muestras de caucho reciclado:

Caucho polvo 1			
Volumen		0.1	L
Tamaño de la muestra		1.002	g
Metal	Resultado (mg/L)	Desv. Estandar	Resultado (mg/g Caucho)
Zn	9.685	0.2021	0.967
Cu	0.0252	0.0182	0.003
Cr	0.155	0.0035	0.015
Pb	2.874	0.2286	0.287
Cd	0.126	0.0017	0.013
Fe	5.828	3.666	0.582
Ni	0.266	0.0071	0.027

Polvo			
Volumen		0.1	L
Tamaño de la muestra		1,002	g
Metal	Resultado (mg/L)	Desv. Estandar	Resultado (mg/g Caucho)
Zn	9,685	0,2021	0,967
Cu	0,0252	0,0182	0,003
Cr	0,155	0,0035	0,015
Pb	2,874	0,2286	0,287
Cd	0,126	0,0017	0,013
Fe	5,828	3,666	0,582
Ni	0,266	0,0071	0,027

Polvo 2			
Volumen		0.1	L
Tamaño de la muestra		1.001	g
Metal	Resultado (mg/L)	Desv. Estandar	Resultado (mg/g Caucho)
Zn	10.652	0.1201	1.064
Cu	0.0253	0.0044	0.003
Cr	0.278	0.0093	0.028
Pb	1.454	0.0042	0.145
Cd	0.096	0.0014	0.010
Fe	0.03	0.0465	0.003
Ni	0.366	0.0533	0.037

Polvo 3			
Volumen		0.1	L
Tamaño de la muestra		1.006	g
Metal	Resultado (mg/L)	Desv. Estandar	Resultado (mg/g Caucho)
Zn	9.78	0.1415	0.972
Cu	0.012	0.0085	0.001
Cr	0.26	0.0082	0.026
Pb	2.502	1.171	0.249
Cd	0.12	0.0057	0.012
Fe	5.828	0.22	0.579
Ni	0.566	0.0033	0.056

Polvo 4			
Volumen		0.1	L
Tamaño de la muestra		1.006	g
Metal	Resultado (mg/L)	Desv. Estandar	Resultado (mg/g Caucho)
Zn	9.78	0.1415	0.972
Cu	0.012	0.0085	0.001
Cr	0.26	0.0082	0.026
Pb	2.502	1.171	0.249
Cd	0.12	0.0057	0.012
Fe	5.828	0.22	0.579
Ni	0.566	0.0033	0.056

Polvo 5			
Volumen		0.1	L
Tamaño de la muestra		1.002	g
Metal	Resultado (mg/L)	Desv. Estandar	Resultado (mg/g Caucho)
Zn	9.685	0.2021	0.967
Cu	0.0252	0.0182	0.003
Cr	0.155	0.0035	0.015
Pb	2.874	0.2286	0.287
Cd	0.126	0.0017	0.013
Fe	5.828	3.666	0.582
Ni	0.266	0.0071	0.027

2mm 1			
Volumen		0.1	L
Tamaño de la muestra		1.02	g
Metal	Resultado (mg/L)	Desv. Estandar	Resultado (mg/g Caucho)

2mm 2			
Volumen		0.1	L
Tamaño de la muestra		1.102	g
Metal	Resultado (mg/L)	Desv. Estandar	Resultado (mg/g Caucho)

Zn	10.636	1.582	1.043
Cu	0.035	0.013	0.003
Cr	0.331	0.0093	0.032
Pb	2.515	0.0068	0.247
Cd	0.073	0.0039	0.007
Fe	2.543	0.0238	0.249
Ni	0.373	0.2126	0.037

Zn	10.626	0.0548	0.964
Cu	1.459	0.013	0.132
Cr	0.335	0.0045	0.030
Pb	1.646	0.0104	0.149
Cd	0.087	0.0111	0.008
Fe	2.543	0.0225	0.231
Ni	0.373	0.0226	0.034

2mm_3			
Volumen		0.1	L
Tamaño de la muestra		1.002	g
Metal	Resultado (mg/L)	Desv. Estandar	Resultado (mg/g Caucho)
Zn	22.155	1.582	2.211
Cu	0.035	0.0006	0.003
Cr	0.336	0.0242	0.034
Pb	2.003	0.0069	0.200
Cd	0.051	0.004	0.005
Fe	0.03	0.0165	0.003
Ni	0.073	0.0129	0.007

2mm_4			
Volumen		0.1	L
Tamaño de la muestra		1.002	g
Metal	Resultado (mg/L)	Desv. Estandar	Resultado (mg/g Caucho)
Zn	20.12	1.5812	2.211
Cu	0.035	0.0006	0.003
Cr	0.336	0.0242	0.034
Pb	1.003	0.0269	0.200
Cd	0.051	0.0014	0.005
Fe	0.203	0.0165	0.003
Ni	0.073	0.0129	0.007

2mm_4			
Volumen		0.1	L
Tamaño de la muestra		0.105	L
Metal	Resultado (mg/L)	Desv. Estandar	Resultado (mg/g Caucho)
Zn	22.155	1.582	21.100
Cu	0.035	0.013	0.033
Cr	0.727	0.0612	0.692
Pb	0.032	0.0104	0.030
Cd	0.051	0.004	0.049
Fe	7.192	0.0165	6.850
Ni	0.273	0.0126	0.260

2mm_5			
Volumen		0.1	L
Tamaño de la muestra		1.102	g
Metal	Resultado (mg/L)	Desv. Estandar	Resultado (mg/g Caucho)
Zn	11.260	0.0048	0.964
Cu	1.459	0.013	0.122
Cr	0.335	0.0045	0.030
Pb	1.746	0.0194	0.109
Cd	0.087	0.0011	0.008
Fe	2.843	0.0225	0.231
Ni	0.373	0.0226	0.034

4 mm-1			
Volumen		0.1	L
Tamaño de la muestra		1.003	g
Metal	Resultado (mg/L)	Desv. Estandar	Resultado (mg/g Caucho)
Zn	10.666	0.2021	1.063
Cu	0.013	0.0044	0.001
Cr	0.336	0.0088	0.033
Pb	2.286	0.0081	0.228
Cd	0.075	0.0071	0.007
Fe	3.011	1.185	0.300
Ni	0.206	0.0333	0.021

4 mm-2			
Volumen		0.1	L
Tamaño de la muestra		1	g
Metal	Resultado (mg/L)	Desv. Estandar	Resultado (mg/g Caucho)
Zn	10.75	0.1022	1.075
Cu	1.954	0.0044	0.195
Cr	0.402	0.0054	0.040
Pb	2.033	0.0042	0.203
Cd	0.083	0.0083	0.008
Fe	3.138	0.2001	0.314
Ni	0.269	0.0263	0.027

4 mm-3			
Volumen		0.1	L
Tamaño de la muestra		1.02	g
Metal	Resultado (mg/L)	Desv. Estandar	Resultado (mg/g Caucho)
Zn	11.003	0.2021	1.079
Cu	0.065	0.182	0.006
Cr	0.412	0.0551	0.040
Pb	2.542	0.0018	0.249
Cd	0.083	0.0057	0.008
Fe	1.366	0.1279	0.134
Ni	0.156	0.0039	0.015

4 mm-4			
Volumen		0.1	L
Tamaño de la muestra		1.12	g
Metal	Resultado (mg/L)	Desv. Estandar	Resultado (mg/g Caucho)
Zn	09.003	0.021	0.883
Cu	0.082	0.102	0.008
Cr	0.514	0.052	0.050
Pb	3.142	0.008	0.308
Cd	0.083	0.007	0.008
Fe	2.166	0.129	0.212
Ni	0.156	0.0039	0.015

4 mm-5			
Volumen		0.1	L
Tamaño de la muestra		1.12	g
Metal	Resultado (mg/L)	Desv. Estandar	Resultado (mg/g Caucho)
Zn	14.003	0.2021	1.373
Cu	0.085	0.182	0.008
Cr	0.352	0.0551	0.035
Pb	3.442	0.0018	0.337
Cd	0.083	0.0057	0.008
Fe	2.136	0.1279	0.209
Ni	0.156	0.0039	0.015

6 mm			
Volumen		0.1	L
Tamaño de la muestra		1.053	g
Metal	Resultado (mg/L)	Desv. Estandar	Resultado (mg/gCaucho)
Zn	10.38	1.582	0.986
Cu	0.074	0.013	0.007
Cr	0.375	0.0612	0.036
Pb	1.32	0.0339	0.125
Cd	0.048	0.004	0.005
Fe	0.111	0.0833	0.011
Ni	0.283	0.0326	0.027

6 mm_1			
Volumen		0.1	L
Tamaño de la muestra		1.102	g
Metal	Resultado (mg/L)	Desv. Estandar	Resultado (mg/gCaucho)
Zn	10.591	0.1167	0.961
Cu	1.02	0.013	0.093
Cr	0.378	0.0039	0.034
Pb	1.806	0.0104	0.164
Cd	0.045	0.0085	0.004
Fe	2.046	0.0229	0.186
Ni	0.473	0.0126	0.043

6 mm_2			
Volumen		0.1	L
Tamaño de la muestra		1.005	g
Metal	Resultado (mg/L)	Desv. Estandar	Resultado (mg/gCaucho)
Zn	11.003	1.582	1.095
Cu	0.079	0.00031	0.008
Cr	0.386	0.0265	0.038
Pb	2.55	0.0278	0.254
Cd	0.031	0.004	0.003
Fe	2.046	0.2003	0.204
Ni	0.223	0.0156	0.022

6 mm_3			
Volumen		0.1	L
Tamaño de la muestra		1.005	g
Metal	Resultado (mg/L)	Desv. Estandar	Resultado (mg/gCaucho)

6 mm-4			
Volumen		0.1	L
Tamaño de la muestra		1.005	g
Metal	Resultado (mg/L)	Desv. Estandar	Resultado (mg/gCaucho)

Zn	11.003	1.582	1.095
Cu	0.079	0.00031	0.008
Cr	0.386	0.0265	0.038
Pb	2.55	0.0278	0.254
Cd	0.031	0.004	0.003
Fe	2.046	0.2003	0.204
Ni	0.223	0.0156	0.022

Zn	10.003	1.582	0.995
Cu	0.079	0.0024	0.008
Cr	0.456	0.0355	0.045
Pb	4.55	0.0288	0.453
Cd	0.031	0.024	0.003
Fe	2.146	0.2403	0.214
Ni	0.233	0.0166	0.023

De acuerdo con la metodología de espectroscopia de absorción atómica se encontró en mayor cantidad el Zin (Zn), Plomo (Pb) y Hierro (Fe) en cantidades significativas, justificando la presencia de metales considerados conductores y aislantes térmicos en el procedimiento de energía calorífica, lo que concluye que el caucho reciclado de neumático es un material apto para la elaboración de un calentador solar.

4.2 Diseño

Como resultado del diseño elaborado con el software SolidWorks 2018 se obtuvo el siguiente diseño (Figura 68)

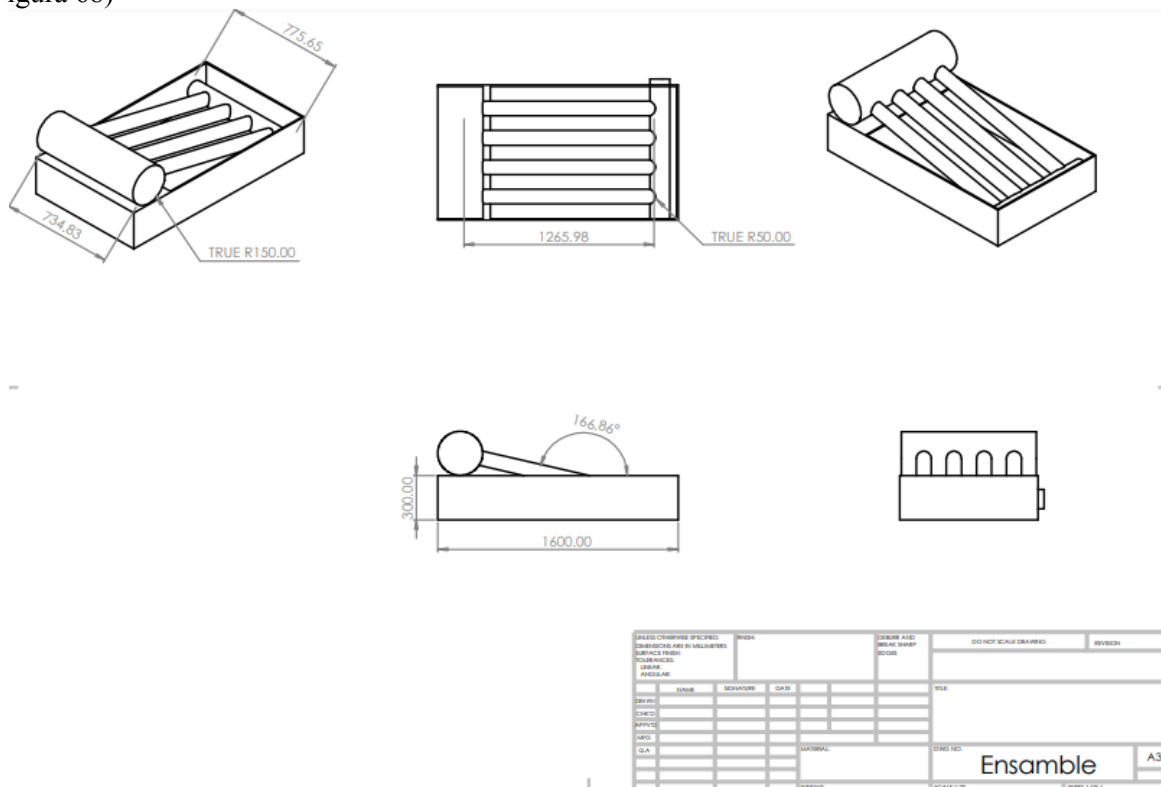


Figura 60. Formato de dibujo de las piezas del prototipo de calentador solar

Para continuidad de la investigación en este proyecto se realizó un prototipo a escala, del calentador solar, en las instalaciones de la Universidad Popular Autónoma del Estado de Puebla, el cual tiene las siguientes especificaciones, detalladas en la tabla 24:

Tabla 24. Dimensiones del prototipo

Pieza	Material	Medidas
Tubos	Cobre	$\frac{3}{4}$ pulgada de grosor x 1 metro de largo (en total se utilizaron 2.5 metros de tubo).
Tanque	Acero	60 cm de largo por 35 cm de diámetro
Caja	Madera	100 cm de largo x 59 cm de ancho

4.2.1 Simulación

Térmico caucho y metal aleado: La pieza “tubos” constituida por tres tubos con 10 mm de grosor cada uno, en esta ocasión, se acoto el tubo externo con “caucho” y los dos tubos internos con “metal no aleado” bajo las siguientes condiciones:

- Temperatura: 360° K (86.85°C)
- Convección: 250 W/m²K
- Temperatura de ambiente: 300°K (26.85°C)
- Flujo de calor: 3500 W/m²

De acuerdo con la figura 69 existen altas tonalidades de rojo en la parte externa de los tubos, con color rojo en la cara externa del tubo de caucho (tubo exterior) representando temperaturas mayores a 360°K (86.85°C) y color azul en la parte inferior del tubo de caucho (tubo externo) dando referencia al aislante que representa este material; por otro lado los dos tubos internos de metal no aleado representan con color rojo valor mayor a los 355°K (81.85°C) representando las altas temperaturas de con la combinación de estos materiales.

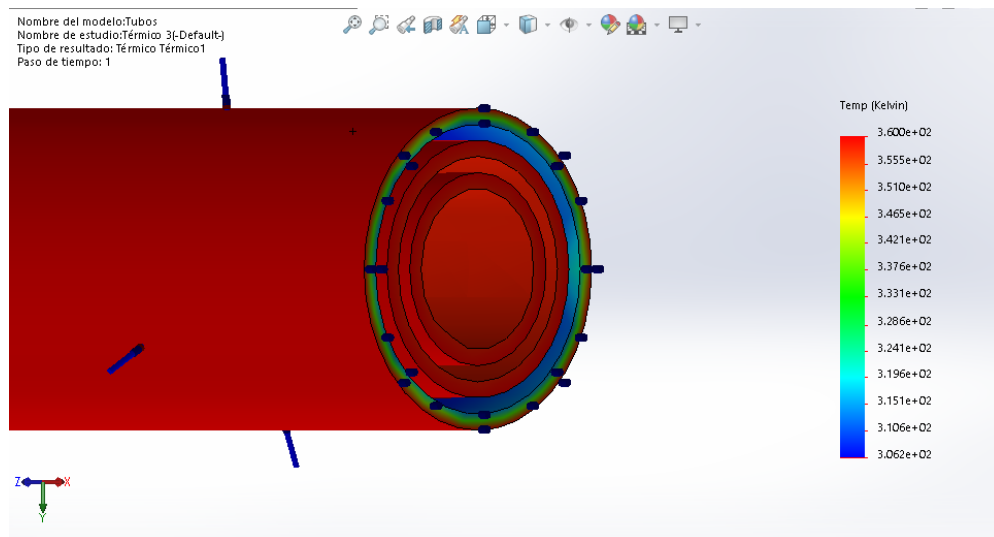


Figura 61. Análisis de flujo de calor en tubos de calentador solar con caucho y metal

Térmico caucho: La pieza “caja” en esta ocasión se acotó con el material “caucho” en su totalidad, visualizando el comportamiento del material en materia de temperatura incorporando las siguientes condiciones:

- Temperatura: 360° K (86.85°C)
- Convección: 250 W/m²K
- Temperatura de ambiente: 300°K (26.85°C)
- Flujo de calor: 3500 W/m²

De acuerdo con la figura 70 el comportamiento del material “caucho” en la caja se representa como un aislante en su totalidad, mostrando con color azul temperaturas de 36°K a 40°K de esta forma demostrando el comportamiento del material caucho como principal aislante en este prototipo.

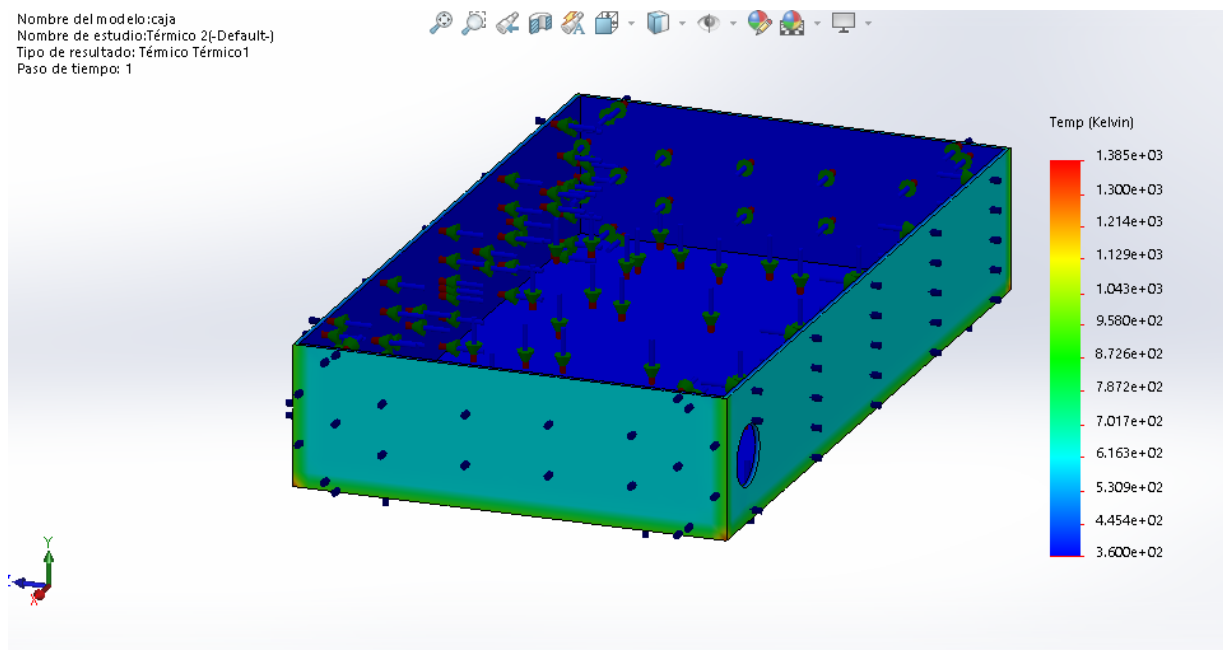


Figura 62. Análisis de flujo de calor en caja de caucho

Térmico caucho y metal: La pieza “polígono con aberturas” (primer tanque de almacenamiento del calentador solar), en esta ocasión se acotó con el material “caucho” en el tubo interno que contiene este tanque, y en la parte externa con el material “metal no aleado” para el resto del sólido, visualizando el comportamiento del material en materia de temperatura incorporando las siguientes condiciones:

- Temperatura: 360° K (86.85°C)
- Convección: 250 W/m²K
- Temperatura de ambiente: 300°K (26.85°C)
- Flujo de calor: 3500 W/m²

De acuerdo con la figura 71 el comportamiento del material “caucho” se comporta como aislante principal, el comportamiento en el tubo por la parte externa, con color rojo temperaturas mayores 360°K (86.85°C) y en la parte interna del tubo con color azul llegando a temperaturas desde 320°K (46.85°C); por otro lado el polígono (tanque) se ve su comportamiento por el material “metal que se incorporó, sobrepasando temperaturas arriba de 360°K (86.85°C) con mayor área en cantidad de calor.

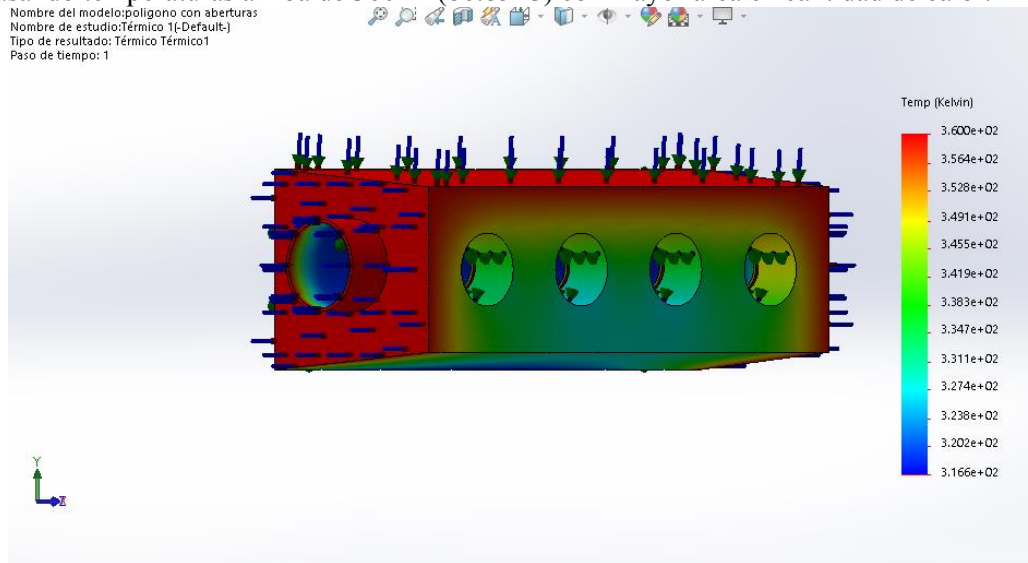


Figura 63. Análisis de flujo de calor polígono con aberturas (tanque) de caucho y metal.

Térmico caucho: La pieza “tubo de conexión” (primer tubo de conexión al sistema), en esta ocasión se acotó con el material “caucho” en su totalidad bajo las siguientes condiciones:

- Temperatura: 360°K (86.85°C)
- Convección: $250\text{ W/m}^2\text{K}$
- Temperatura de ambiente: 300°K (26.85°C)
- Flujo de calor: 3500 W/m^2

De acuerdo con la Figura 72 el comportamiento del material “caucho” se comporta como aislante principal, viendo el comportamiento en el tubo por la parte externa, con color azul temperaturas mayores 360°K (86.85°C) y en la parte interna del tubo con color azul llegando a temperaturas desde 320°K (46.85°C)

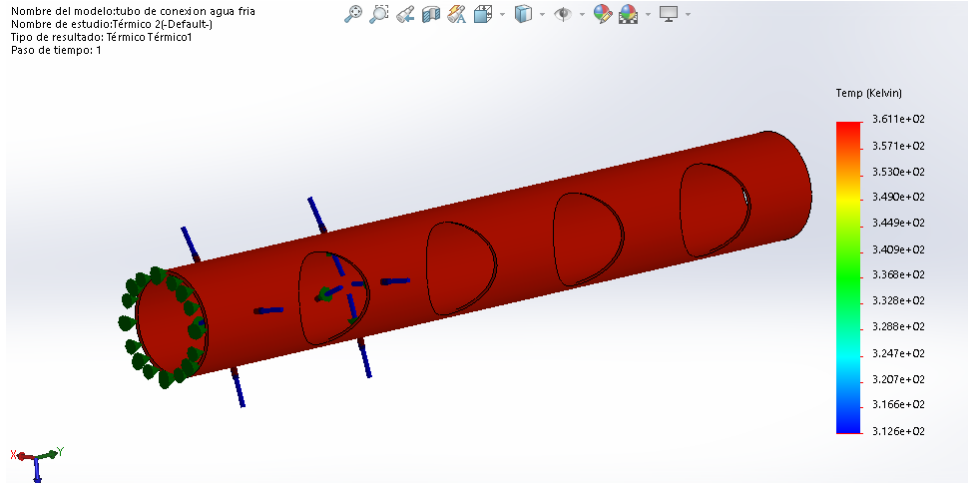


Figura 64. Tubo de conexión al agua de caucho

4.3 Evaluación

4.3.1 Modelo matemático

Por lo que se requiere 3.40 cm de grosor en recubrimiento de caucho para las paredes y base de la caja de madera

En caso de que la temperatura varíe se realizó el estimado de que tanto cambia el grosor de aislante térmico de caucho para identificar lo siguiente (Tabla 25):

Tabla 25. Variación de grosor de aislante térmico con respecto a la variación de temperatura que sea sometido el calentador solar

Mes	Temperaturas			Espesor (m)	Espesor (cm)
	Temperatura ambiente °C	Temperatura ambiente °K	Temperatura interna de la caja °C		
Enero	20	293	32	0.03	3.40
Febrero	22	296.15	30	0.02	2.20
Marzo	24	297.15	20	0.01	1.09
Abril	25	298.15	32	0.02	1.83
Mayo	25	298.15	30	0.01	1.34
Junio	24	297.15	20	0.01	1.09
Julio	23	296.15	32	0.02	2.43
Agosto	23	296.15	30	0.02	1.93
Septiembre	23	296.15	20	0.01	0.83
Octubre	22	296.15	32	0.03	2.71
Noviembre	21	294.15	30	0.03	2.54
Diciembre	21	294.15	20	0.00	0.28

También se ve el comportamiento térmico en la variación de temperatura ambiente como en la temperatura interna de la caja, es decir, en condiciones de extremo frío la temperatura interna disminuirá a 20°C, por lo que el espesor de la caja tendrá (Tabla 26):

Tabla 26 Variación de grosor de aislante térmico con respecto a la variación de temperatura que sea sometido el calentador solar

Temperaturas				
Temperatura externa °C	Temperatura interna °C	q conductividad (cobre)	Espesor (m)	Espesor (cm)
75	86.85	13,592.65	0.0051	0.51
74	85	12,617.65	0.0051	0.51
73	84	12,617.65	0.0051	0.51
72	83	12,617.65	0.0051	0.51
71	82	12,617.65	0.0051	0.51
60	70	11,470.59	0.0051	0.51
50	60	11,470.59	0.0051	0.51
40	50	11,470.59	0.0051	0.51
30	40	11,470.59	0.0051	0.51
20	30	11,470.59	0.0051	0.51

Como se puede ver tanto la diferencia de temperatura ambiente como la temperatura interna no varía el espesor que recubre los tubos del calentador teniendo un requerimiento máximo de 0.51 cm de grosor.

4.3.2 Reporte de temperaturas

El prototipo de calentador solar de neumático el cual fue elaborado a escala, fue sometido a experimentación de comportamiento térmico para estudiar la eficiencia del uso de los materiales del reciclado del neumático a través del gradiente de temperatura en función al tiempo de residencia del agua, mostrando los siguientes resultados (Tabla 27- 30):

Tabla 27. Registro de temperaturas por la mañana (septiembre)

Hora	Temperatura ambiente	Temperatura inicial	Tiempo transcurrido	Temperatura final	Variación T°
08:00	15	14	5 min.	17	3
08:10	15	15	5 min.	17	2
08:20	15	16	5 min.	18	2
09:45	18.5	18	1 hora	25	7
11:00	20.5	18	1:15 horas	33	15
11:30	21	18.5	5 min.	22	3.5
11:47	21	18.5	15 min.	24	5.5
11:53	21	18.5	5 min.	29	10.5
12:02	22	19	5 min.	36	17
12:08	22	20	5 min.	34	14

Tabla 28. Registro de temperaturas por la tarde- noche (septiembre)

Hora	Temperatura ambiente	Temperatura inicial agua	Tiempo transcurrido	Temperatura final agua	Variación T°
12:15	22	20	30 min.	34	14
12:45	22	20	15 min.	34	14
13:00	23	20	30 min.	35	15
13:30	23	20	30 hora	36	16
14:00	23	20	30 horas	36	16
14:30	23.5	21	30 min.	37	16
15:00	23.5	21	1 hora	39	18
15:45	23.5	21	45 min.	39	18
17:02	22	19	1:20 horas	39	20
19:08	18	18	2 horas	38	20
20:00	17	18	1 hora	37	19

Tabla 29. Registro de temperaturas por la mañana (octubre)

Hora	Temperatura ambiente	Temperatura inicial	Tiempo transcurrido	Temperatura final	Variación de T°
08:00	12	10	10 min.	14	4
08:15	12	10	31 min.	14	4
08:45	12	11	1 hora	16	5
09:45	12	11	1:15 horas	17	6
11:00	14	11	30 min	18	7
11:30	14	12	5 min.	18	7
11:35	15	12	10 min.	18	7
11:50	15	12	5 min.	18	7
12:00	17	13	5 min.	20	8
12:10	17	13	5 min.	20	8

Tabla 30. Registro de temperaturas por la tarde- noche (octubre)

Hora	Temperatura ambiente	Temperatura inicial agua	Tiempo transcurrido	Temperatura final agua	Variación T°
12:15	17	13	30 min.	20	8
12:45	21	15	15 min.	25	11
13:00	21	18	30 min.	26	9
13:30	21	18	30 hora	26	9
14:00	22	18	30 horas	30	13
14:30	24	20	30 min.	30	11
15:00	24	20	1:15 hora	32	12
15:45	23	20	45 min.	33	13
17:02	18	19	1:13 hora	34	16
19:08	16	18	2 hora	35	18
20:00	15	18	1 hora	30	13

Por temas de tiempo, el prototipo fue sometido a experimentación en un lapso de dos meses para su variación de temperaturas, siendo septiembre y parte de octubre, meses pertenecientes a parte de la estación verano y parte de la estación de otoño del año 2022.

De acuerdo a los resultados obtenidos se puede concluir que el uso de materiales derivados del reciclado de neumático permite conocer un incremento de temperatura en el agua, al ser utilizado como conductor y aislante térmico en el diseño de un calentador solar de neumático.

4.4 Análisis de Factibilidad

Dentro del objetivo de verificar la viabilidad del proyecto se realizó un ejercicio de análisis de aceptación del proyecto con un instrumento (encuesta) para la factibilidad del proyecto; también para el estudio económico financiero, se realizó un ejercicio de pronósticos de la productividad y el retorno de inversión en un panorama de apertura de una empresa de elaboración de calentadores solares de neumáticos.

4.4.1 Instrumento de validación

Hay diversos procedimientos para el cálculo de la fiabilidad o confiabilidad, donde se utilizan fórmulas que generan coeficientes de fiabilidad, los cuales en su mayoría fluctúan entre 0 y 1, donde 0 = es el mayor error o nula confiabilidad y 1= representa un máximo de fiabilidad total. Uno de los procedimientos más utilizados para obtener la confiabilidad mediante un coeficiente es el de medida de consistencia interna, llamada coeficiente alfa de Cronbach, el cual relaciona las variables y muestra qué tan confiables son éstas. De acuerdo a Baca Urbina (2020), el índice de Alpha de Cronbach debe ser como mínimo 0.750, lo que significa que es aceptable y si es mayor a 0.90, entonces se dice que es muy confiable.

El análisis de los datos obtenidos en la medición de la prueba piloto fue a través de la estadística descriptiva. El alpha de Cronbach del total de los ítems involucrados fue: 0.938 por lo que se considera altamente confiable el instrumento de medición. El Alpha de Cronbach de todas las variables involucradas en el análisis de datos de resultados de las muestras se muestra en la Tabla 29, todas son mayores de 0.750 y más cercanas a 0.900.

Tabla 31. Alpha de Cronbach de variables

No.	Variabes	Alpha de Cronbach
1	Eficiencia	0.894
2	Tamaño	0.885
3	Temperatura	0.873

El cual permite afirmar que el instrumento de medición de metales es altamente confiable en todos los casos con veracidad lo anterior se concluye que se puede proceder a aplicar el instrumento (encuesta) para un análisis de aceptación y factibilidad del proyecto.

4.4.2 Resultados de la encuesta

Como se mencionó con anterioridad se realizaron un total de 396 encuestas a hogares de los diferentes municipios seleccionados los cuales se prorrataron en base al porcentaje de hogares por municipio, como se muestra en la siguiente Tabla 32:

Tabla 32. Número de municipios encuestados en el estado de Puebla.

Municipio	Número de hogares encuestadas por municipio
San Martín Texmelucan	256
San Felipe Teotlalcingo	20
San Nicolas de los Ranchos	11
Chignahuapan	109
Totales	396

Las encuestas se realizaron personalmente y con apoyo de familiares y amigos para la recolección de datos, el participante debía responder las preguntas que se mencionaban y responder con veracidad, al final de esto dar a conocer la investigación realizada en la Universidad Popular Autónoma del Estado de Puebla del calentador solar de neumático, agradeciendo la participación de la persona.

- **Perfil de los participantes**

Como se mencionó con anterioridad, se realizaron encuestas a hogares donde se solicitaba a un familiar contestar las preguntas. Se puede observar con ayuda de la tabla 33 que la mayoría son del género femenino con un 60%, mientras que en el rubro de ocupación en la tabla 34 un 37% es agricultor/ganadero, un 34% se dedica al comercio, un 22% es obrero o trabajador, ya sea en una empresa de la cabecera o foránea y un 7% labores del hogar.

Tabla 33. Tabla de distribución de género

Género		
Genero	Número de personas	%
Hombre	160	40%
Mujer	236	60%
Total	396	100%

Tabla 34. Tabla de distribución de ocupación

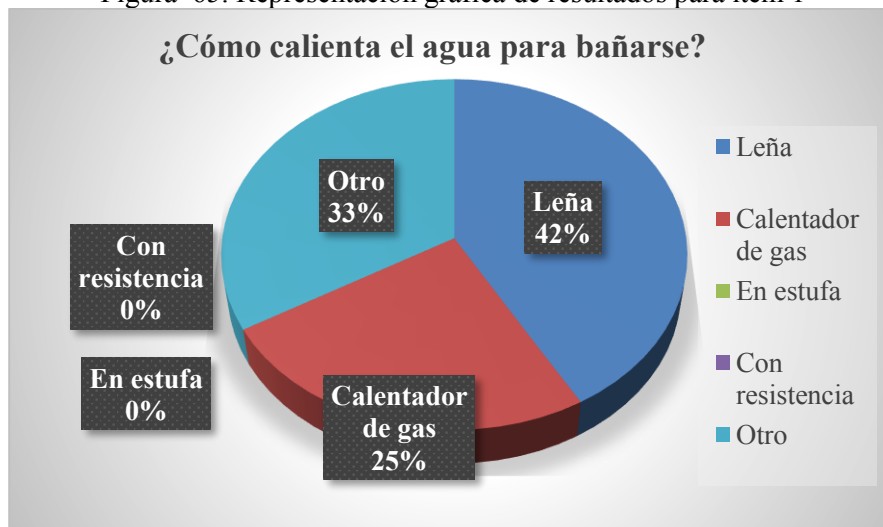
Ocupación		
Característica	Número de personas	%
Labores del hogar	27	7%
Obrero	89	22%
Agricultor/ganadero	145	37%
Comerciante	135	34%
Total	396	100%

Derivado de lo anterior los resultados de las preguntas fueron los siguientes (Tabla 35- 46)

Tabla 35. Resultados de encuestas ítem 1

1. ¿Cómo calienta el agua para bañarse?		
Opción	Hogares	Porcentaje
Leña	165	42%
Calentador de gas	99	25%
En estufa	0	0%
Con resistencia	0	0%
Otro	132	33%

Figura 65. Representación gráfica de resultados para ítem 1

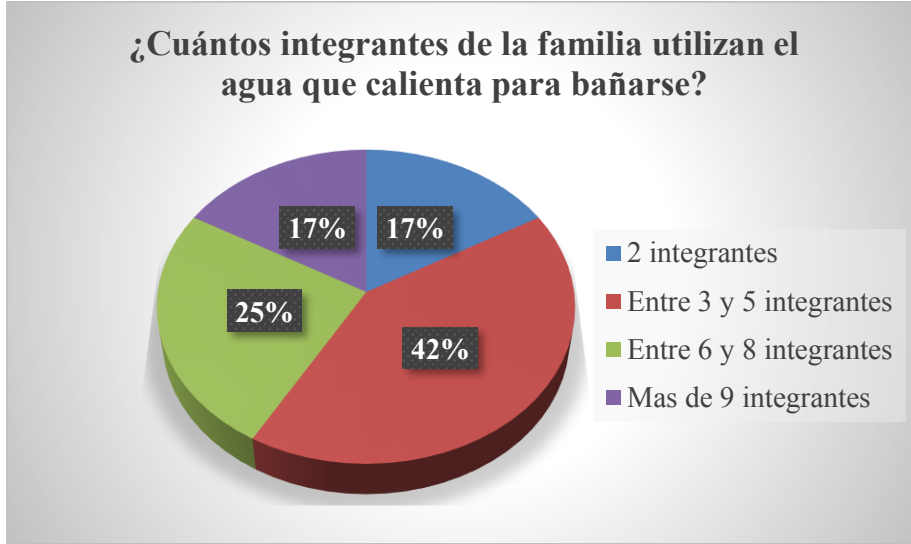


De acuerdo a los resultados obtenidos en la tabla 35 e ítem 1 (figura 67), se da justificación a la investigación de la carencia que tiene la población de las zonas conurbadas del estado de Puebla, en especial énfasis las de escasos recursos, los cuales demuestran como su principal recurso la leña como forma para calentar el agua.

Tabla 36. Resultado de encuestas ítem 2

1. ¿Cuántos integrantes de la familia utilizan el agua que calienta para bañarse?		
Opción	Hogares	Porcentaje
2 integrantes	66	17%
Entre 3 y 5 integrantes	165	42%
Entre 6 y 8 integrantes	99	25%
Más de 9 integrantes	66	17%
2 integrantes	66	17%

Figura 66. Representación gráfica de resultados para ítem 2

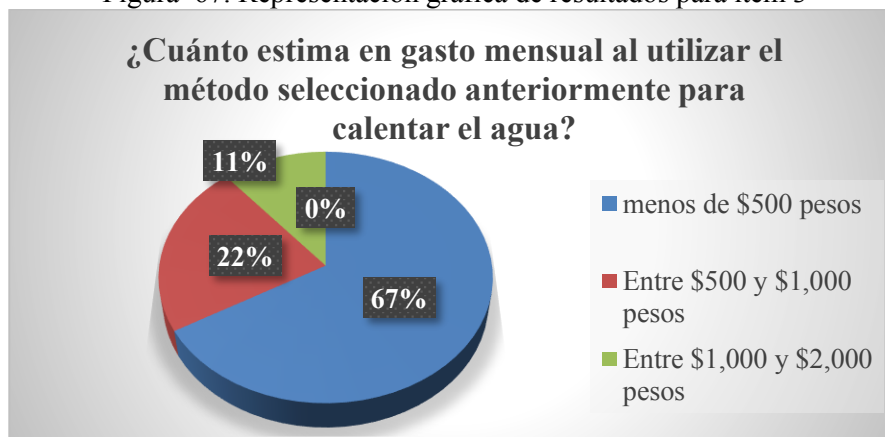


Por otro lado, de acuerdo a la tabla 36 y figura 74 en materia de integrantes por hogar se define la principal demanda de calentador solares con capacidad de abastecer entre 3 y 10 integrantes por hogar, los cuales por su dimensión son mayores a 15 tubos de vacío con un precio mayor a los \$9000 pesos MXN.

Tabla 37. Resultado de encuestas ítem 3

2. ¿Cuánto estima en gasto mensual al utilizar el método seleccionado anteriormente para calentar el agua?		
Opción	Hogares	Porcentaje
menos de \$500 pesos	264	67%
Entre \$500 y \$1,000 pesos	88	22%
Entre \$1,000 y \$2,000 pesos	44	11%
Mas de \$2,000 pesos	0	0%

Figura 67. Representación gráfica de resultados para ítem 3

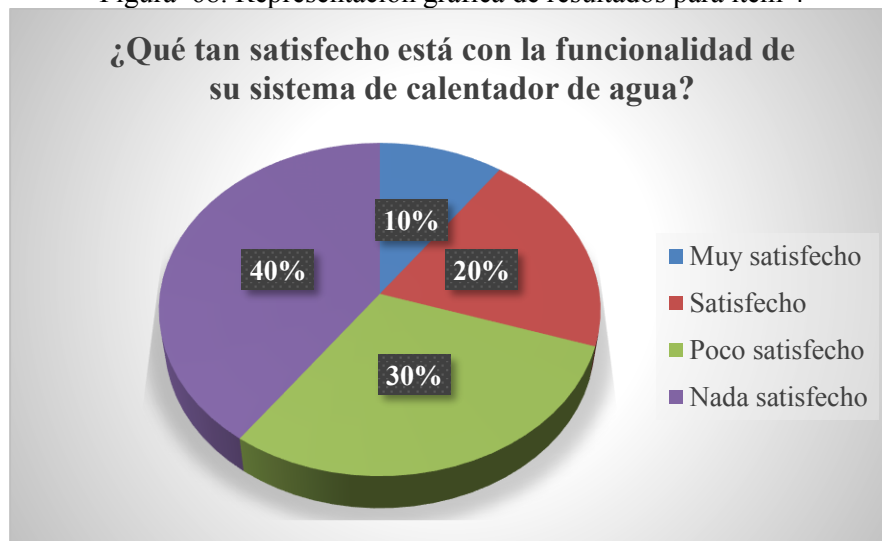


De acuerdo con los resultados registrados en la tabla 37 y figura 75 el gasto mencionado por los encuestados, prorrateado entre duchas, comidas y otros, tiene un promedio de \$120 a \$500 pesos MXN de gasto en la compra de leña, carbón y gas, gasto significativo en la economía de las familias.

Tabla 38. Resultado de encuestas ítem 4

3. ¿Qué tan satisfecho está con la funcionalidad de su sistema de calentador de agua?		
Opción	Hogares	Porcentaje
Muy satisfecho	40	10%
Satisfecho	79	20%
Poco satisfecho	119	30%
Nada satisfecho	158	40%

Figura 68. Representación gráfica de resultados para ítem 4



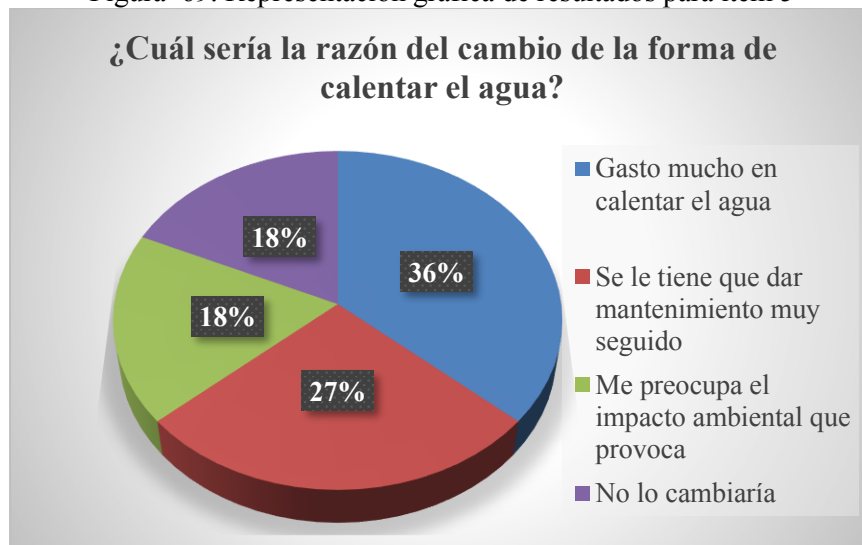
También, la demanda insatisfecha que se demuestra en la tabla 38 y figura 76 que se tienen en los hogares permite conocer la eficiencia que se tiene en la actualidad con el tipo de método de calentamiento de agua, por lo que el 30% se encuentra poco satisfecho y el 40% se encuentra nada satisfecho. Y solo un 30% se encuentra satisfecho o sin afectación grave a su eficiencia.

Tabla 39. Resultado de encuestas ítem 5

4. ¿Cuál sería la razón del cambio de la forma de calentar el agua?		
Opción	Hogares	Porcentaje
Gasto mucho en calentar el agua	144	36%
Se le tiene que dar mantenimiento muy seguido	108	27%
Me preocupa el impacto ambiental que provoca	72	18%

No lo cambiaría	72	18%
-----------------	----	-----

Figura 69. Representación gráfica de resultados para ítem 5

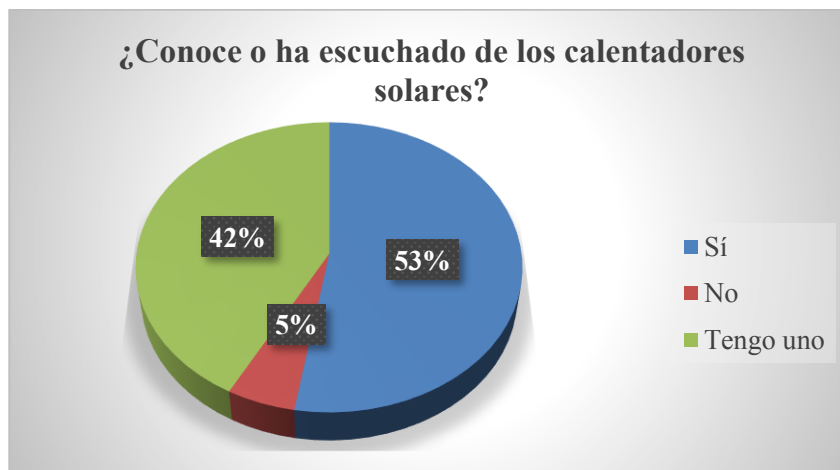


Como resultado a la inconformidad se expuso el ítem 5, tabla 39 y figura 77 la cual expresa los principales puntos esenciales considerados motivos por los que cambiaría el entrevistado en su hogar el método de calentamiento de agua. El 27% de los hogares mantiene el hecho de que los mantenimientos, ya sea en su instalación de gas o en los gastos que conlleva el calentar el agua con un 36% de hogares, demuestra el impacto significativo de la poca deficiencia que se tienen en los actuales métodos de calentamiento de agua.

Tabla 40. Resultado de encuestas ítem 6

5. ¿Conoce o ha escuchado de los calentadores solares?		
Opción	Hogares	Porcentaje
Sí	208	53%
No	21	5%
Tengo uno	167	42%

Figura 70. Representación gráfica de resultados para ítem 6

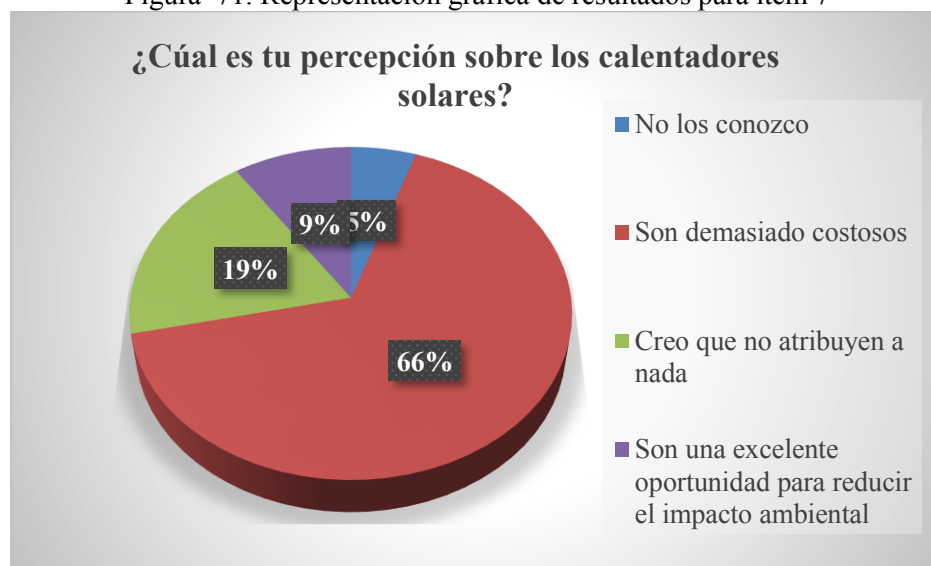


Como resultado, en el ítem 6, tabla 40 y figura 78 un alto índice de información que se demuestra en la población entrevistada, se lleva a concluir que existe una noción de como son, funcionan o mejoran los calentadores solares, dando paso a un mercado amplio y demanda alta.

Tabla 41. Resultado de encuestas ítem 7

6. ¿Cuál es tu percepción sobre los calentadores solares?		
Opción	Hogares	Porcentaje
No los conozco	21	5%
Son demasiado costosos	263	66%
Creo que no atribuyen a nada	75	19%
Son una excelente oportunidad para reducir el impacto ambiental	38	9%

Figura 71. Representación gráfica de resultados para ítem 7

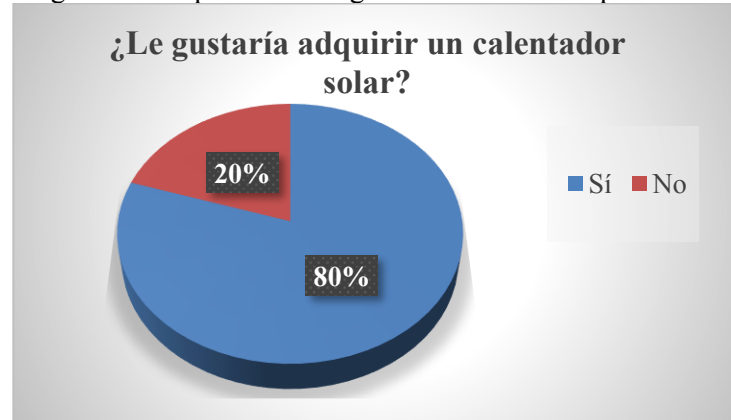


De los entrevistados, se pudo observar en la tabla 41 y figura 79 a través de los resultados, como se tiene el concepto de los calentadores solares, o bien el conocimiento sobre ellos, esto permite interpretar que los clientes (hogares) consideran al calentador solar costoso esto con un 66% de los hogares entrevistados, siguiendo de un 19% que consideran un producto sin atributos, lo que abre un área de oportunidad para la educación ambiental con innovación sustentable.

Tabla 42. Resultado de encuestas item 8

7. ¿Cuál es tu percepción sobre los calentadores solares?		
Opción	Hogares	Porcentaje
Sí	317	80%
No	79	20%

Figura 72. Representación gráfica de resultados para item 8

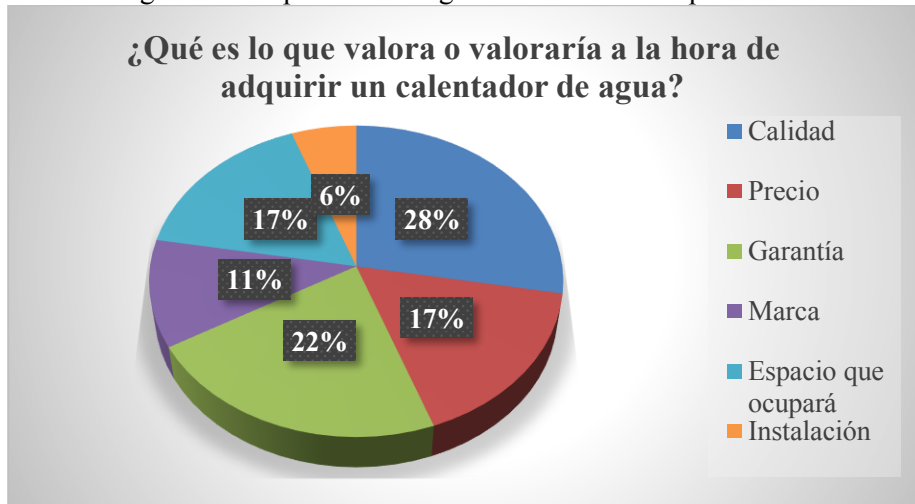


Dentro del área de percepción del producto los resultados obtenidos en la tabla 42 y figura 80, se realizó una pregunta con el fin de medir la aceptación del calentador solar en los hogares, por lo que de acuerdo a los resultados el 80% de los hogares estarían dispuestos a adquirir un calentador solar y el 20% de los hogares o tienen uno con deficiencias.

Tabla 43. Resultado de encuestas item 9

8. Si le dieran la opción de construir su propio calentador solar, ¿Le interesaría hacerlo o solo adquirirlo?		
Opción	Hogares	Porcentaje
Calidad	110	28%
Precio	66	17%
Garantía	88	22%
Marca	44	11%
Espacio que ocupará	66	17%

Figura 73. Representación gráfica de resultados para ítem 9



Dentro de las variables de tamaño en el ítem 9 (tabla 43 y figura 81) se consideran los factores de calidad, precio, garantía y marca a la hora de adquirir un calentador solar, esto demostrando con un 28% el interés en la calidad del producto, un 22 % la garantía, ya que algunos encuestados mencionan la importancia de esto, ya que en su pasado, al adquirir uno, no se consideró la garantía de este producto, también un 17% el precio del producto y espacio que ocupa, un la marca 11% y un 6% la instalación del producto.

Tabla 44. Resultado de encuestas ítem 10

9. Si le dieran la opción de construir su propio calentador solar, ¿Le interesaría hacerlo o solo adquirirlo?		
Opción	Hogares	Porcentaje
Sí, adquirir	264	67%
No, hacerlo	132	33%

Figura 74. Representación gráfica de resultados para ítem 10

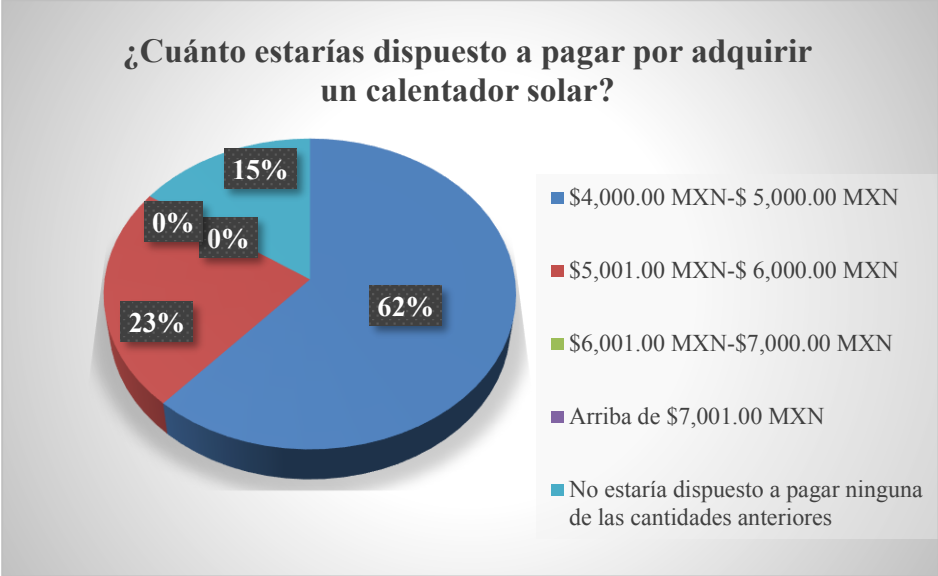


Como continuidad de la aceptación y el adquirir un producto, en la tabla 44 y figura 82, el 67% de los hogares consideran una opción viable para adquirir un calentador solar, bajo términos como, mejor precio, buena calidad y garantía, y verdadera eficiencia térmica.

Tabla 45. Resultado de encuestas ítem 11

10. ¿Cuánto estarías dispuesto a pagar por adquirir un calentador solar?		
Opción	Hogares	Porcentaje
\$4,000.00 MXN-\$ 5,000.00 MXN	244	62%
\$5,001.00 MXN-\$ 6,000.00 MXN	91	23%
\$6,001.00 MXN-\$7,000.00 MXN	0	0%
Arriba de \$7,001.00 MXN	0	0%
No estaría dispuesto a pagar ninguna de las cantidades anteriores	61	15%

Figura 75. Representación gráfica de resultados para ítem 11

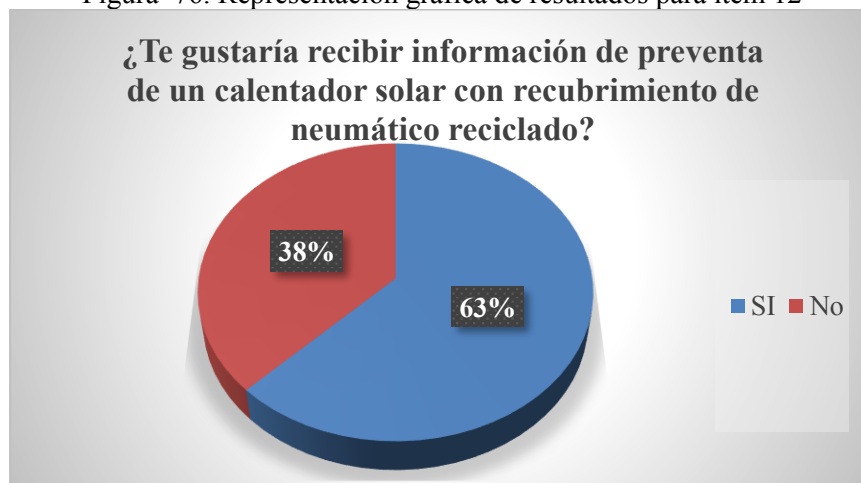


Dentro del presupuesto destinado para adquirir un calentador solar (tabla 45 y figura 83) se tiene un 62% de los hogares considera un promedio de 4 mil a 5 mil pesos MXN, un 23% considerable de los hogares que destinarían mas de 5 mil para un calentador solar, sin embargo, un 15% de los hogares prefiere quedarse con su método de calentamiento de agua en los hogares y no estar dispuesto a pagar ningún calentador solar o inclusive el beneficio de algún programa de beneficio social.

Tabla 46. Resultado de encuestas item 12

11. ¿Te gustaría recibir información de preventa de un calentador solar con recubrimiento de neumático reciclado?		
Opción	Hogares	Porcentaje
SI	248	63%
No	149	38%

Figura 76. Representación gráfica de resultados para item 12



Como se puede observar la percepción de un calentador solar con nuevos materiales (tabla 46 y figura 84), llama la atención de muchos hogares, con un 63% de los hogares encuestados, sin embargo, se muestra un 38% de desinterés en el tema, o bien no creen posible realizar ese proyecto.

4.4.3 Evaluación del proyecto

Dentro del objetivo de verificar la viabilidad el proyecto se realiza un ejercicio de comportamiento económico-financiero con el fin de medir la viabilidad de inversión, de apertura y permanencia del mismo, para ello se realizó una estimación de los costos que se estarían generando tanto en la producción como en la permanencia del proyecto, por lo que se realizó un flujo de efectivo calculando la utilidad neta y flujo de efectivo neto el cual será el preámbulo para la estimación financiera.

De esta forma se realiza el siguiente ejercicio, sumando los componentes, para estimar el costo de producción neto, más el porcentaje de ganancia para calcular el costo de venta del servicio (Tabla 47):

Tabla 47. Costeo por unidad de un calentador solar de neumático

Calentador solar de neumáticos										
Producción anual estimada 2023	Producción enero - junio 2023	Producción mensual	Materia prima por calentador solar	Costo de la mano de obra mensual	Mano de obra por calentador solar	Costo de gastos indirectos total de producción	Gastos indirectos por calentador solar	Costo unitario total	Ganancia unitaria 15%	Precio de venta unitario por calentador solar
1648	824	137	\$ 2,057.25	\$17,280.00	\$125.80	\$25,285.65	\$184.09	\$2,367.14	\$355.07	\$2,722.21

Como resultado, se ve reflejado el precio estimado de venta por cada calentador solar (tabla 47), el cual tiene un costo de producción de \$2367.14 pesos MXN y un precio de venta de \$2722.21 pesos MXN con una ganancia del 15%, este calentador tiene una capacidad para abastecer agua caliente de 2 a 5 integrantes, considerando un promedio de 5 a 10 integrantes por hogar, en la muestra de estudio antes mencionada.

El costo de venta de este calentador solar esta por debajo del promedio de precio de los calentadores solares convencionales con la misma capacidad que existen actualmente en el mercado, por un 49.1% de ahorro en su adquisición.

En materia del cálculo de la inversión necesaria del proyecto, se realizó sumando todos los gastos que son considerandos (costo de producción, costo de administración, costo de venta, costos financieros, ISR, RUT) esto con el fin de calcular el neto que se necesita para la apertura y continuidad de un proyecto (Tabla 48)

Tabla 48. Cálculo de inversión inicial

Anual		
Descripción	Gastos	Ingresos
Costo de producción	\$575,479.46	4,412,009.16
Utilidad marginal	3,836,529.71	-
Costos de administración	\$ 480,000.00	
Costos de venta	\$ 6,000.00	
Costos financieros	\$ 5,783.30	
Utilidad bruta	\$3,344,746.41	
ISR (30%)	\$1,003,423.92	
RUT (10%)	\$334,474.64	
Utilidad Neta	\$2,006,847.84	
Flujo neto efectivo	\$2,006,847.84	

A continuación, se detallará el método para estimar el periodo en que se pagará la inversión inicial, con el ejercicio del flujo de efectivo dentro de los primeros 5 años de existencia (Tabla 49), esto considerando la inflación del 20%, realizando los siguiente: los ingresos netos – los gastos netos = saldo final; y saldo final*1.2 (inflación) = saldo acumulado, este último verificando en qué periodo de tiempo se estaría saldando la cuenta del préstamo (inversión inicial).

Tabla 49. Flujo de efectivo en el periodo de 5 años para la apertura de una empresa de calentadores solares de neumáticos

	Años					
	0	1	2	3	4	5
Ingreso	Inversión inicial	\$4,412,009.16	\$4,853,210.08	\$5,338,531.09	\$5,872,384.20	\$6,459,622.61
Gastos		\$2,405,161.32	\$2,645,677.45	\$2,910,245.20	\$3,201,269.72	\$3,521,396.69
Saldo final	-\$2,405,161.32	\$2,006,847.84	\$2,207,532.63	\$2,428,285.89	\$2,671,114.48	\$2,938,225.93
Saldo acumulado		\$2,006,847.84	\$4,214,380.47	\$6,642,666.36	\$9,313,780.84	\$12,252,006.77

Una vez realizado el ejercicio del cálculo de pago de inversión inicial, se calculó la factibilidad del proyecto con la Tasa Interna de Retorno (TIR), el Valor Presente Neto (VPN), la Tasa de descuento (TREMA), el Pay Back, y Costo Beneficio, esto como resultado del análisis de factibilidad del proyecto, con su rentabilidad económico financiero y los puntos involucrados para su apertura (Tabla 50).

Tabla 50. Tabla de análisis de factibilidad del proyecto de inversión

TIR	87.67%	Debe salir MAYOR a la Tasa de descuento (TREMA)
VPN	\$12,252,006.77	Si sale + el proyecto es viable
Pay back años (Tiempo de recuperación)	1.20	Si es menor a 10 años, es rentable el proyecto
Costo-Beneficio	\$398,313.47	Debe ser >1 para ser rentable (Por cada 1 peso gastas obtienes 2 pesos de ganancia)

De acuerdo con la Tasa Interna de Retorno, salió en un 87.67% siendo una tasa mayor a 50% para ser rentable el proyecto, también el Valor Presente Neto, con un valor de \$12,252,006.77 pesos MXN, con un retorno de inversión en un año y 2 meses y un costo beneficio de \$398,313.47 pesos MXN.

4.5 Comprobación de las hipótesis

Con el fin de dar respuesta al problema planteado inicialmente en el desarrollo de esta tesis, la hipótesis construida a partir de la previa investigación, se identificó plenamente con el objetivo general y los objetivos específicos que se mencionan en el capítulo I, a continuación, se lleva a cabo la comprobación de la hipótesis planteada.

H1. La implementación de los materiales reciclados provenientes del caucho de neumáticos es ideal para el diseño y prototipado de calentadores solares de agua que pueden alcanzar temperaturas hasta los 60°C siendo una opción viable para los hogares de bajos recursos de la zona conurbada del estado de Puebla.

Para afirmar que los materiales provenientes del caucho de neumáticos reciclados son ideales para el diseño y prototipado del calentador solar de neumático, se determinó la relación lineal entre tres variables independientes mostrando a continuación el esquema definido (Figura 85)

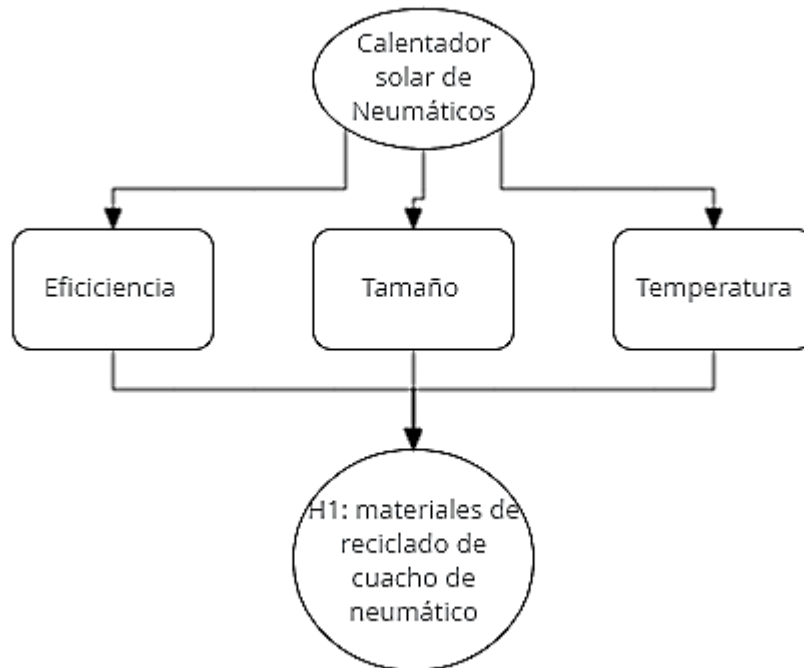


Figura 77. Diagrama de correlación entre variables de hipótesis

Fuente: Elaboración propia

El material derivado del reciclado de neumáticos es ideal para realizar un diseño basado en la conexión tipo serpentín para presentar un modelo de utilidad de un calentador solar, el cual alcanza temperaturas hasta los 60°C en temporada de otoño 2022, en la zona conurbada del estado de Puebla, las variables eficiencia, tamaño y temperatura influyen de la siguiente forma:

- Eficiencia: el calentador solar, al utilizar el material reciclado de neumático, hace uso de un material considerado conductor y aislante térmico funcional, el cual por sus características en metales (mencionado anteriormente) permite calentar el agua, en temporada de otoño en una zona conurbada da del estado de Puebla;
- Tamaño: si bien, se realizó el análisis experimental con un prototipo con dimensiones de 1.10 m por 59 cm de ancho, el cual abastece a un total de 2-4 personas en un hogar. La cantidad de tubos colocados en forma serpentín permiten aprovechar el espacio interno del calentador para tener una mayor cantidad de tubos conectados entre si y mayor superficie para calentar el agua;
- Temperatura: derivado del material a utilizar en el presente proyecto, se busca incrementar la temperatura del agua con la que se registraron los datos, de tal forma que se mejoren los valores de temperatura,

La relación entre las variables de eficiencia, tamaño y temperatura son independientes con la variable dependiente de material reciclado de neumático, este dimensionamiento se comporta de tal forma que se realice un prototipo funcional y eficiente reciclando el material de caucho de neumático, a continuación

se muestra la media y desviación estándar de cada variable obtenida a partir de las encuestas realizadas (Tabla 51), esto con el propósito de identificar la viabilidad del proyecto y aceptación hacia nuestra población destino, el análisis se realizó considerando las pruebas experimentales al que se sometió el prototipo en el apartado 4.3.2.

Tabla 51. Media y desviación estándar de los ítems de encuesta en cada variable analizada

	Eficiencia	Tamaño	Temperatura	Total
Media	2.965909091	2.0732323	3.116792929	2.7186448
Desviación estándar	1.363767007	0.8296104	1.793755102	1.4605475

Hipótesis: Se acepta, es decir, dado que la prueba de hipótesis Z dio un resultado de 0.4920 y es mayor al valor de Z de - 1.96, se rechaza la hipótesis nula (Ho) y por lo tanto se acepta hipótesis alterna (H1), puesto que la evidencia estadística no permite aceptar la hipótesis nula. Hipótesis 1: se acepta que la implementación de los materiales reciclados provenientes del caucho de neumático es ideal para el diseño y prototipado de calentadores solares de agua que pueden alcanzar temperaturas hasta los 60°C siendo una opción viable para los hogares de bajos recursos en la zona conurbada del Estado de Puebla.

CAPÍTULO 6. CONCLUSIONES

Respecto al cumplimiento de los objetivos de esta tesis relativos a justificar el uso de los materiales provenientes del reciclado del neumático, también al diseño de un prototipo de calentador solar eficiente con variables determinantes y el análisis experimental para considerar las temperaturas con las que trabajara el prototipo, fueron indicadores de investigación así como la puesta en marcha de esta investigación, apoyado con un análisis de viabilidad de este proyecto de investigación, se concluye lo siguiente:

En cuanto al objetivo de caracterizar los materiales que provienen del neumático reciclado para su uso en un diseño de prototipo de calentador solar, se concluye que los materiales provenientes del reciclado de neumáticos son considerados materia prima principal, para la elaboración de un calentador solar, presentándolo en sus diferentes tipos, caucho molido, resina de caucho y fibra de caucho, todo sometido a un reciclado principal para su uso en el calentador solar de neumático; en cuanto a la experimentación de comprobación y cuantificación de metales por el método de espectroscopia de absorción atómica, los resultados obtenidos permitió resaltar los principales componentes (Cu., Cr. Zn) los cuales por sus propiedades, son materiales aptos conductores y térmicos del calor, los cuales son las variables evaluadas para la efectividad del proyecto. El seguimiento de investigación del comportamiento del material caucho reciclado del neumático se ampliará para futuras líneas de investigación, buscando las variantes en el caucho reciclado ante la radiación solar y exposición a condiciones meteorológicas y su comportamiento que resulta a ser sometidos.

En cuanto al objetivo de diseñar un prototipo de calentador solar a través del uso del caucho reciclado de neumático, se determinó la superficie y configuración del prototipo logrando construir un prototipo para 4 personas de calentador solar mediante el uso de resina de caucho y derivados del reciclado de caucho de neumático, este prototipo se elaboró con medidas de 100 cm de largo x 56 cm de ancho, con el método de conexión de tubería tipo serpiente, el cual tiene una escala de 1:2 de un calentador convencional para 4 personas. Dentro del diseño del calentador, se consideró incorporar tubos de cobre de 1 pulgada para agua y ser recubiertas con material de caucho, el cual como se mencionó con anterioridad, permiten mantener una funcionalidad de conductor de calor y aislante térmico de temperatura. También en primera instancia se pretendía incorporar un diseño tipo polígono al tanque de almacenamiento para conocer su función de transferencia del calor en el cuerpo de este prisma, sin embargo, por consideración y evaluación de diseño, se consideró mantener el formato original de colector cilíndrico ya que es más eficiente su manejo del acero.

También en cumplimiento al objetivo de evaluar mediante la simulación y experimentación el diseño de calentador solar de neumático permitió obtener un dimensionamiento cercano de la funcionalidad de estos materiales en su diseño, a través del software SolidWork® 2018 el cual por sus características de funcionalidad el software permite recabar datos cuanti-cualitativos de cómo se comporta un prototipo al ser sometido a condiciones controladas, por lo que de acuerdo a los resultados demostrados con

anterioridad se logró alcanzar temperaturas mayores a los 60°C y manteniendo la forma, al ser sometido a una fuerza de más de 150 kgF/cm², por lo que se concluye que el caucho reciclado de neumático es apto para utilizar en el diseño y elaboración de un calentador solar, considerando las variables de funcionamiento de este prototipo como: la eficiencia en temperatura, tiempos de residencia del agua con respecto al clima que se tiene en el medio de experimentación, la efectividad de los materiales, es decir la cantidad del caucho que se utiliza, y en que proporciones se incorpora a los tubos, caja de madera y tanque de almacenamiento, también en materia del caucho la calidad del caucho reciclado, si es considerado de alta calidad o baja calidad, dependiendo el proceso de reciclado que se le dio al neumático y uso de vida útil, si contiene impurezas, etc. factores que contribuyen a su funcionamiento de la materia prima del caucho reciclado a utilizar con la construcción del prototipo.

En cuanto al objetivo de realizar una evaluación financiera del proyecto de calentador solar de neumático a través un análisis de viabilidad y factibilidad, donde se realizó un ejercicio de proyecto de inversión, que, de acuerdo a los resultados, se resaltó la importancia de costear el procedimiento para incorporar el análisis económico financiero, involucrando, materia prima, mano de obra que se involucra en la construcción del proyecto, los elementos directos e indirectos considerados para el análisis económico financiero, (detallados anteriormente), y esto en base a los resultados obtenidos anteriormente, se concluye que la rentabilidad del proyecto es factible para su elaboración y creación de una planta de elaboración de calentadores solares con un retorno de inversión total en 1 año y 2 meses en el ejercicio significativo de pronósticos, considerando los resultados obtenidos en nuestro ejercicio de encuesta de aceptación del producto en el mercado existente, concluyendo que en la actualidad las zonas conurbadas del estado de Puebla, en especial las zonas delimitadas como zonas de bajos recursos son las principales áreas de incorporación para beneficio de los hogares que en la actualidad cuentan con el método de calentamiento de agua por leña, carbón y no cuentan con un calentador solar, involucrando el costo excesivo que se encuentra actualmente en el mercado de estos productos.

En cuanto al objetivo general, de desarrollar un prototipo de calentador solar a través del reciclado de los materiales provenientes del neumático para el calentamiento de agua en la zona conurbada del estado de Puebla la presente tesis se enfocó en municipios con zonas consideradas en pobreza media y pobreza extrema con el propósito de enfatizar el impacto significativo en la población de este proyecto de calentador solar de neumático. Por los resultados recabado en la encuesta y el análisis realizado, se concluye que el proyecto de calentador solar de material proveniente de reciclado de neumático, es un modelo de utilidad innovador, que involucra materiales potenciales de conductores térmicos y aislantes térmicos económicos, para la producción de un producto de calentador solar de neumático, en miras de una mejora en los hogares , ya que se sustituirá la leña, carbón o gas por un calentador elaborado de materiales de neumático para calentar el agua en los hogares.

El impacto significado sustentable del trabajo de investigación de la presente tesis, involucra lo siguiente:

Impacto ambiental: la cantidad de material derivado del reciclado del neumático que se está aprovechando para la elaboración de un calentador solar, es en promedio del 35% del subproducto del

reciclado de un neumático, esto es, caucho molido, fibra de caucho, resina de caucho, materiales utilizados para la elaboración de este proyecto, esto dando un impacto positivo al aprovechar el residuo considerado de manejo especial en el país. A su vez, el comportamiento térmico que representaría el utilizar estos materiales, es decir, no solo reciclar el neumático, sino convertirlo en material para la elaboración de un calentador solar de agua, sustituyendo el uso desmedido de leña, carbón y gas, recursos no renovables considerados contaminantes.

Impacto social: dentro del impacto significativo que tendrá en el entorno social, la población seleccionada en esta presente investigación, se delimito a la zona conurbada del estado de Puebla en especial énfasis a la población en situación de pobreza y bajos recursos, con el fin de aportar al modelo de transición energética en el que se encuentra el Estado de Puebla; con la propuesta del proyecto de calentador solar de neumático se da una opción factible de adquirir un producto eficiente para calentar el agua a través de la energía solar, dando la oportunidad de elaborar el propio calentador solar por hogar, proponiendo un programa social. Dentro del análisis de viabilidad, como se mencionó anteriormente la aceptación del calentador solar, depende de la demanda significativa que tiene la población estudiada por la falta de un calentador solar.

Impacto económico: dentro del dimensionamiento económico, el impacto que se proporciona a la población objetivo beneficiara de forma significativa en la reducción del gasto directo que se destina mes con mes, ya sea al gas, leña, carbón, etc. de su forma de calentar el agua, la familia u hogar tendrá una primera inversión inicial de \$2,722 pesos MXN en una sola exhibición por el calentador solar de neumático, también en materia de inversión para la apertura de una empresa de producción de calentador solar de neumático se concluye si se realiza la apertura de la empresa se realizara un ejercicio de creación de empleos para los colaboradores que formaran parte en la producción.

En cuanto a las aportaciones originales de este estudio, desde el punto de vista académico, la información aquí incluida sirve para desarrollar asignaturas de startup, las cuales definen el planteamiento general (problema general) y proporciona una metodología general de los puntos a considerar para el desarrollo de una idea de negocio, partiendo de la necesidad con las soluciones a través de indicadores de sustentabilidad.

Sin embargo, cabe reconocer entre las limitantes del estudio, que el presente trabajo de investigación tiene, ya que al ser lo mas objetivo posible en cuanto a la adquisición de materiales del reciclado del neumático, en la actualidad existen empresas en el país dedicadas a el reciclaje de este producto con medidas de seguridad deficientes, o por su ubicación a largas distancias, siendo difícil el encontrar una empresa dedicada al reciclaje del neumático. Otra limitante fue la cercanía de la población, ya que se registró un 20% de no aceptación o interés en adquirir un calentador solar, área de oportunidad para promover una cultura de sustentabilidad y oportunidad de cambio eficiente.

Como recomendaciones futuras, se recomienda continuar con el estudio y análisis de diseño en el modelo de utilidad del prototipo para identificar las áreas de mejora para el incremento de temperaturas en el calentador solar de neumático

Referencias Bibliográficas

- Akiba, M., & Hashim, A. S. (1997). Vulcanization and crosslinking in elastomers. *Progress in Polymer Science (Oxford)*, 22(3), 475–521. [https://doi.org/10.1016/S0079-6700\(96\)00015-9](https://doi.org/10.1016/S0079-6700(96)00015-9)
- Ardilla, A. y Arriola, E. (2017). Efecto de la quema de llantas en la calidad del agua de un tramo de la quebrada Piedras Blancas. *Tecnología y Ciencias Del Agua*, 8(5), 39–55. <https://doi.org/https://doi.org/10.24850/j-tyca-2017-05-03>
- Avellana, D. L. (2019). *Módulos acústicos con neumáticos*. <https://doi.org/https://repositorio.uniandes.edu.co/flexpaper/handle/1992/45478/u827571.pdf?sequence=1&isAllowed=y#page=24>
- Baca Urbina, G. (2020). Evaluación de Proyectos. En *McGraw Hill* (6a edition).
- Bardahl. (2018). *La industria llantera en México: expectativas y realidades*. Bardahl Industria. <https://www.bardahlindustria.com/la-industria-llantera-en-mexico-expectativas-y-realidades/>
- Barlow, F. (1993). Principles, Materials, and Techniques. En Marcel Dekker Inc. (Ed.), *Rubber Compounding* (II, p. 24). Taylor & Francis Group.
- Barrientos Mónico, C. R. (2017). *Calentador Solar de Agua para Usos Domésticos con Control de Variables y Funcionamiento con Arduino* (ITCA). Itca fepade tecnicos e ingenieros.
- Baselga, M. (2019). Radiación solar. Parámetros característicos (ISF). En *Radiación solar. Parámetros característicos (ISF) Ciclos Formativos* (Editex, pp. 50–64).
- Bekkedahl, N. (1946). Caucho natural y caucho sintético. *Revista Facultad Nacional de Agronomía Medellín*, 6(22), 53–64.
- Beston. (2022). *Planta pirólisis neumáticos*. Beston. <https://www.bestoneco.com/planta-pirolisis-neumaticos/>
- Bestoneco. (2022). *Planta de triturado de neumático*. Bestoneco. <https://www.bestoneco.com/trituradoras-de-llantas/>
- Bimcon. (2021). *Informe Bimcon*. Gob.mx. https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/294406/Informe_Bimcon_1t_2017.pdf
- Bolufer, P. (2019). *El centenario del caucho sintético*. Canales Sectoriales.
- Buitrago Grisales, W. Z. (2020). *Recuperación del negro de carbono proveniente de llantas mediante el tratamiento de pirólisis como estrategia de promoción de la economía circular en Colombia*.
- Chalé, C. M., Zaldívar, J. M., Raziél, F., Lara, B., Tut, L. P., y Carrillo, G. (2018). Development and measurement of thermal performance of a solar flat plate heater prototype fabricated with recycled. *Advances in Engineering and Innovation*, 1(1), 1–10. https://doi.org/https://www.researchgate.net/profile/Jorge-Magana/publication/328615260_Construccion_y_medicion_del_desempeno_termico_de_un_prototipo_de_calentador_solar_de_placa_plana_elaborada_con_aletas_de_aluminio_reciclado/links/5bd8b839a6fdcc3a8db17207/Construccion-y-medicion-del-desempeno-termico-de-un-prototipo-de-calentador-solar-de-placa-plana-elaborada-con-aletas-de-aluminio-reciclado.pdf
- Continental. (2021). *Mezcla de neumaticos*.

- Cosmotheoros. (2016). *Reutilizar neumáticos como combustible en cementeras*. Cosmotheoros, El universo autodidacta. <https://cosmotheoros.wordpress.com/tag/cemento/>
- Coxca, J. M. (2018). *Conurbaciones del estado de Puebla*. (p. Prezi).
- Cruz, I. (02/01/2018). Crean mexicanos impermeabilizante con llantas usadas. *El universal*, 3.
- De las Heras, M. E. (2018). Radiación solar. En I. Editorial (Ed.), *Mantenimiento de instalaciones solares fotovoltaicas* (2a ed., pp. 80–90).
- Dejchanchaiwong, R., Arkasuwan, A., Kumar, A., y Tekasakul, P. (2016). Mathematical modeling and performance investigation of mixed-mode and indirect solar dryers for natural rubber sheet drying. *Energy for Sustainable Development*, 34, 44–53. <https://doi.org/10.1016/j.esd.2016.07.003>
- Din A. T., Mohd Hafiz N. y Mohd Rus A. Z. (2018). Exploración para encontrar materiales de construcción ecológicos a partir de desechos sólidos reciclados. *Revista de investigación avanzada en mecánica de fluidos y ciencias térmicas*. 47(1), 35–44.
- Doddoli, C. (2021). *El Sol, la estrella más cercana a la Tierra*. Ciencia unam-dgdc. <https://ciencia.unam.mx/leer/1129/el-sol-la-estrella-mas-cercana-a-la-tierra>
- Andrade E. y Agualsaca J. (2018). *Estudio y experimentación de la eficiencia energética de un calentador de agua domiciliario, construido parcialmente con material reciclado de neumáticos, para una capacidad de 50 ltr.*
- Rodríguez E. (s/f). Crean artículos sustentables con llantas usadas. *El economista*.
- Rodríguez E. (2016). Uso de polvo de caucho de llantas en pavimentos asfálticos. *Boletín Técnico*, 7(4), 2–7.
- Eco Green. (2021). *Uso de neumáticos usados: 5 materiales de salida del reciclaje de neumáticos*. Ecogreen. <https://ecogreenequipment.com/es/using-used-tires-5-output-materials-of-tire-recycling/>
- ENER. (2018). Experimental validation of an analytical model for performance estimation of natural convection solar air heating collectors. *Renewable Energy*. <https://doi.org/10.1016/j.renene.2017.09.082>
- Energía. (2015). *Energías Renovables*.
- Española, A. (2020). *La rueda, progreso y eco-problema* (p. 10).
- Firestone. (2021). *El reciclaje de llantas: una acción para el futuro*. Firestone. [https://www.firestone.com.mx/es/tips-firestone/el-reciclaje-de-llantas-una-accion-del-futuro#:~:text=Se estima que en México,de unidades podrían ser reutilizadas.](https://www.firestone.com.mx/es/tips-firestone/el-reciclaje-de-llantas-una-accion-del-futuro#:~:text=Se%20estima%20que%20en%20M%C3%A9xico,de%20unidades%20podr%C3%ADan%20ser%20reutilizadas.)
- Foitzik, M. J., Unrau, H. J., Gauterin, F., Dörnhöfer, J., y Koch, T. (2018). Investigation of ultra fine particulate matter emission of rubber tires. *Wear*, 394–395, 87–95. <https://doi.org/10.1016/j.wear.2017.09.023>
- Forbes. (2015). *Llantas viejas causan 50% de los accidentes de auto*. (p. Forbes Staff).
- Frank, P., y Incropera, P. D. (1999). Termodinámica. En *Fundamentos de transferencia de calor* (Pearson Ed, p. 886).
- Gobierno de México. (2019). *Tu empresa*. Construye tu empresa.
- Gómez, P. R. (2021). *Energía Solar Térmica*. Slideshare. <https://es.slideshare.net/geopaloma/energiasolar-termica>

- Gonzalez L., A. Rodríguez, J. L. Valentin, A. M.-F. y Posadas, P. (2019). Conventional and Efficient Crosslinking of Natural Rubber. *Elastomere Und Kunststoffe*, 638–643.
- González L., Lu J., Rivera A. y Cedeño M. (2019). Estimación del volumen del neumático de desecho y alternativas de reutilización. *Revista de Iniciación Científica*, 4(2), 40–43. <https://doi.org/https://doi.org/10.33412/rev-ric.v4.2.2150>
- Hernández, L. (2020). *¿Cuántos neumáticos vendió Goodyear en el mundo durante 2019?* Logo Autocosmos. <http://noticias.espanol.autocosmos.com/2020/02/12/cuantos-neumaticos-vendio-goodyear-en-el-mundo-durante-2019>
- Hernandez L. (2019). *La historia de Michelin, el inventor de las llantas radiales*. Autocosmos. Hogarsense. (2019). *Historia del calentador de agua*. Organización Industrial. <https://blogs.udima.es/ingenieria-industrial/historia-del-calentador-de-agua/#:~:text=Este pequeño invento era%2C nada,unos 150 años%2C en Londres.>
- Hoyos, Diaz L. M., Pérez Sócrates y Puicon Herrera, K. D. (2021). Uso del caucho granulado en mezclas asfálticas: Una revisión literaria. *Infraestructura Vial*, 23(41), 11–19. <https://doi.org/10.15517/iv.v23i41.44410>
- IDEAM. (2021a). *La radiación solar y su paso por la atmósfera*. Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales. <http://www.ideam.gov.co/web/tiempo-y-clima/la-radiacion-solar-y-su-paso-por-la-atmosfera>
- IDEAM. (2021b). *La radiación solar y su paso por la atmósfera*. IDEAM. <http://www.ideam.gov.co/web/tiempo-y-clima/la-radiacion-solar-y-su-paso-por-la-atmosfera>
- INEGI. (2016a). *Presentación de resultados*.
- INEGI. (2016b). *Viviendas*. Red Nacional de Metadatos. <https://www.inegi.org.mx/rnm/index.php/catalog/310/datafile/F34>
- INEGI. (2020). *Cuentame INEGI*. Cuentame INEGI. <https://cuentame.inegi.org.mx/monografias/informacion/pue/poblacion/vivienda.aspx?tema=me&e=21#:~:text=Viviendas.,Puebla&text=En 2020%2C en Puebla hay,número de viviendas particulares habitadas.>
- INEGI. (2022). *Directorio Estadístico Nacional de Unidades Económicas*. DENU. <https://www.inegi.org.mx/app/mapa/denu/default.aspx>
- Infinitia. (2020). *Caracterización de materiales. Principales técnicas empleadas*. Infinitia Consult. <https://www.infinitiaresearch.com/noticias/caracterizacion-de-materiales-tecnicas/#:~:text=La caracterización de materiales es el procedimiento mediante el cual,fiabilidad o sus posibles aplicaciones.>
- Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (2013). Diario Oficial de la Federación 12
- Ionos by 1 & 1. (2019). *La matriz de Ansoff o cómo hacer crecer a tu negocio*. <https://www.ionos.mx/startupguide/productividad/matriz-de-ansoff/>
- IRENA. (2017). *Informe anual de energía Termica*. Agency, International Renewable Energy. <https://www.irena.org/>
- Junceda, A. A. (2015). *Efecto de partículas de caucho provenientes de neumáticos fuera de uso como modificador de la tenacidad en materiales compuestos*.

- Kazmierczak, C., Dutra, S., Aguilera, O., Carine, C., y Mancio, M. (2020). Rendering mortars with crumb rubber: Mechanical strength, thermal and fire properties and durability behaviour. *Construction and Building Materials*, 253, 1–7. <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2020.119002>
- Levet V. (2017). *Este emprendedor mexicano quiere tus llantas ponchadas*. Forbes México. <https://www.forbes.com.mx/este-emprendedor-mexicano-quiere-tus-llantas-ponchadas/>
- López-Mata, F. A., Medina-Torres, J. J., y Valencia-López, L. (2016). Modeling of Heat Transfer in the Thermal Treatment of Canned Products. *Información Tecnológica*, 27(6), 85–94. <https://doi.org/10.4067/S0718-07642016000600009>
- Sanchez, M. (2019). *Análisis de las propiedades físicas-mecánicas del adoquinado de concreto y bloques de asfalto con material reciclado de neumático para pavimento de tránsito liviano, Lima 2019*. [Tesis de maestría]. Universidad César Vallejo.
- Mancheno, M., Arévalo, P., Romero, J., Malo, I., & Ramos, R. (2017). Análisis fisicoquímico de combustibles líquidos obtenidos en el proceso de pirolisis de caucho vulcanizado. *La granja: revista de ciencias de la vida*, 26(2), 106–118. <https://doi.org/1390-8596>
- Martinez-Mendez, P. (2018). *Una cementera canadiense podrá quemar neumáticos para generar energía*. Internacional, Radio Canada. <https://www.rcinet.ca/es/2018/10/11/una-cementera-canadiense-podra-quemar-neumaticos-para-generar-energia/>
- Martinez Fondon, J. M. (2016). *Claves en la fabricación del neumático contadas por un experto*. Circula Seguro.
- Miranda N. (2016). *Lanzamiento del nuevo adhesivo ADHEMAR*. Universidad Abierta Interamericana.
- Moreno Soto, O. J. (2016). *Síntesis y caracterización de recubrimientos absorbentes selectivos para calentadores solares*. Universidad Tecnológica de Pereira.
- Mosquera, J. (2021). *Energía Solar Tubos al vacío*. Garciabarba. <http://www.garciabarba.com/cppa/energia-solar-tubos-al-vacio/>
- Pannuchaoenwong, N. P., Rattanadecho, V., Timchenko, S. E. y Nabudda, K. (2016). Application of aluminum and black rubber heat absorber for solar-base distillation with double slanted- glassed configuration. *Asia-Pacific Journal of Science and Technology*, 24(3), 15–27. <https://doi.org/https://www.tci-thaijo.org/index.php/APST/index>
- Nazer, A., Honores, A., Chulak, P., y Pavez, O. (2019). Hormigón sustentable basado en fibras de neumáticos fuera de uso. *Int. Contam. Ambie.*, 35(3), 723–729. <https://doi.org/10.20937/RICA.2019.35.03.17>
- Norambuena-Contreras J. y Concha, J. (2017). Evaluation of the thermophysical and heating properties of a composite rubber membrane with energy harvesting purposes. *Polymer Testing*, 64, 145–155. <https://doi.org/10.1016/j.polymertesting.2017.09.042>
- Norambuena-Contreras, J., Gutierrez Aguilar, V., y Gonzalez-Torre, I. (2015). Physical and mechanical behaviour of a fibre-reinforced rubber membrane with self-healing purposes via microwave heating. *Construction and Building Materials*, 94, 45–56. <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2015.06.068>
- OBTRENMEX. (2022). *Reporte mensual del Observatorio de la Transición Energética de México*



- (OBTRENMX). <https://obtrenmx.org/>
- Ospina, V. H. (2019). *Los neumáticos son un auténtico atentado contra el entorno*. GrupoEcoreproducts.
- Pannucharoenwong, N., Rattanadecho, P., Timchenko, V., Echaroj, S., & Nabudda, K. (2019). Application of aluminum and black rubber heat absorber for solar-base distillation with double slanted- glassed configuration. *Asia-Pacific Journal of Science and Technology*, 24(03), 1–11. <https://doi.org/240306>
- Pareja Aparicio, M. (2020). Radiación. En *Radiación Solar* (Marcombo). Google books.
- Pérez, Aparicio Roberto y Saiz, R. L. (2018). Reciclado de neumáticos : transformación de un residuo en un recurso. *revista de plásticos modernos*, 115(730), 11–18.
- Pilar, E. R. (2018). *Aprovechamiento doble de los residuos*. ABC vivir. https://www.abc.es/natural/vivirenverde/abci-aprovechamiento-doble-residuos-201803220848_noticia.html
- Priego Quesada, J. I. (2016). Physical Laws of Infrared Radiation. En *Application of Infrared Thermography in Sports Science* (Springer).
- PROFECO. (2016a). Calentadores solares de agua. Usa la energía solar a tu favor. En *Gobierno de México*. Gobierno de México.
- PROFECO. (2016b, junio). Todo sobre calentadores solares. *Revista del consumidor*.
- RAE. (2021). *Diccionario de la lengua española*.
- Ramírez, M. Á. (2019). Energía solar. En *Energía solar fotovoltaica* (Elearning).
- Rodríguez, A. F. (2018). Estudio de Mercado. En imcp (Ed.), *Formulación y evaluación de proyectos de inversión*. Google books.
- Rommel M., A. G. y, y C., J. (2018). Analysis and design of a retaining wall based on tires and their. *PAKBOL*, 43, 15–20.
- Root, T. (2019). *Los neumáticos también son responsables de la contaminación plástica*. National Geographi. [https://www.nationalgeographicla.com/medio-ambiente/neumaticos-contaminacion-plastica#:~:text=La USTMA \(Asociación de Fabricantes,81 por ciento en 2017](https://www.nationalgeographicla.com/medio-ambiente/neumaticos-contaminacion-plastica#:~:text=La USTMA (Asociación de Fabricantes,81 por ciento en 2017).
- Rubio, P. M. (2017). *Estudio tecnico y economico de linea de reciclaje neumaticos fuera de uso (NFU)*.
- Ruiz-Vanoye J., Díaz-Parra O. y Fuentes-Penna A. (2015). *El viajero científico y tecnológico: el viajero CYT*.
- Rwawiire, S., Tomkova, B., Militky, J., Hes, L., y Madhukar, B. (2017). Acoustic and thermal properties of a cellulose nonwoven natural fabric (barkcloth). *Applied Acoustics*, 116, 177–183. <https://doi.org/10.1016/j.apacoust.2016.09.027>
- Secretaría de Salud (1995). *“Método de prueba para la determinación de cadmio, arsénico, plomo, estaño, cobre, fierro, zinc y mercurio en alimentos, agua potable y agua purificada por espectrometría de absorción atómica”*. Diario Oficial de la Federación, 29 de junio de 1995
- Secretaría de Medio Ambiente y Desarrollo Sustentable y Ordenamiento Territorial. (2022). *Sistema de Información Territorial*. Gobierno del Estado de Puebla. <http://dduia.puebla.gob.mx/SITEP/inicio.html>
- Secretaría General del Consejo Nacional de Población. (2018). *Sistema Urbano Nacional 2018*.
- SEMARNAT. (2017a). *Nota Conceptual Del Proyecto De Calentadores Solares De Agua*.

- SEMARNAT. (2017b). *Residuos de Manejo Especial (RME)*. Gobierno de México.
- Shimi. (2016). *Neumáticos reciclados: 20 ideas para maceteros de jardín*. Diario artesanal. <http://diarioartesanal.com/formas-de-hacer-macetas-con-neumaticos-reciclados/>
- Silkymia. (s/f). *Pirólisis de neumáticos fuera de uso ¿Llegó la solución definitiva?* Silkymia. <http://silkymia.com/pirolisis-de-neumaticos-fuera-de-uso>
- Sol, R. (2021). *Calentadores solares*. Republica del Sol. <https://republicadelsol.net/tipos-calentadores-solares/>
- Tallini, Alessandro y Cedola, L. (2018). A review review of the properties of recycled recycled and waste materials for energy refurbishment of existing buildings towards the requirements energy refurbishment of existing buildings towards the requirements of NZEB. *Energy Procedia*, 148, 868–875. <https://doi.org/10.1016/j.egypro.2018.08.108>
- Toapanta, L. F., Andrade, C., Dávalos, E., Landázuri, S., y Quitiaquez, W. (2019). Análisis térmico de un disipador de calor con tubos de calor para procesadores de alto rendimiento. *Enfoque ute*, 10(2), 39–51. <https://doi.org/10.29019/enfoque.v10n2.469>
- Transportation, I. (2018). *John Boyd Dunlop: Veterinarian and inventor*. Iowa State University Institute for Transportation.
- Troncoso, C. R. (1951). El caucho. *Anales Del Instituto De Ingenieros De Chile*, 5(6), 187–201.
- UNAM. (2021). *Estudio técnico*
- UNAM (2022). Atlas Solar Mensual. Universidad Nacional Autónoma de México. Instituto de Geofísica. http://areas.geofisica.unam.mx/radiacion_solar/atlas.php
- Urrego-Yepes, W., Velásquez-Restrepo, S. M., Giraldo-Vásquez, D. H., y Posada Correa, J. C. (2017). Review- effect of the vulcanization system in the crosslinked and in the chemical vulcanization reaction of natural rubber. *Revista EIA*, 14(28), 99–115.
- Urrego Yepes, W., Velásquez Restrepo, S. M., Giraldo Vásquez, D. H., y Posada Correa, J. C. (2018). Efecto del sistema de vulcanización en la red entrecruzada y en la reacción química de vulcanización del caucho natural. *Revista EIA*, 14(28), 99–115. <https://doi.org/10.24050/reia.v14i28.1144>
- Vence, X., y López, S. de J. (2022). Economía Circular y Actividades de reparación y mantenimiento en México: Especificidades y heterogeneidad de su estructura productiva y laboral. *Nova Economia*, 32(1), 231–260. <https://doi.org/10.1590/0103-6351/6498>
- Vertiz, J. M. (2016). *Calentadores solares: Energía renovable en tu hogar*. Green Peace. <https://www.greenpeace.org/mexico/Global/mexico/report/2006/1/calentadores-solares-energ-a.pdf>
- Yang, D., Ni, Y., Liang, Y., Li, B., Ma, H., y Zhang, L. (2019). Improved thermal conductivity and electromechanical properties of natural rubber by constructing Al₂O₃-PDA-Ag hybrid nanoparticles. *Composites Science and Technology*, 180, 86–93. <https://doi.org/10.1016/j.compscitech.2019.05.019>

Anexo A. Formato de la encuesta

Percepción sobre calentador de agua elaborado de Neumático reciclado

La siguiente encuesta será utilizada con fines de conocimientos de mercado.

 silviamadai.aguilar@upaep.edu.mx (no compartidos) 
[Cambiar de cuenta](#)

***Obligatorio**

¿Cómo calienta el agua para bañarse? (seleccione una o mas) *

- Leña
- Calentador de gas
- En la Estufa
- Con resistencia
- Otro

¿Cuántos integrantes de la familia utilizan el agua que calienta para bañarse? *

- 2 integrantes
- Entre 3 y 5 integrantes
- Entre 6 y 8 integrantes
- Mas de 9 integrantes

¿Cuanto estima en gasto mensual al utilizar el método seleccionado anteriormente para calentar el agua? *

- menos de \$500 pesos
- Entre \$500 y \$1,000 pesos
- Entre \$1,000 y \$2,000 pesos
- Mas de \$2,000 pesos

¿Qué tan satisfecho está con la funcionalidad de su sistema de calentador de agua? *

- Muy satisfecho
- Satisfecho
- Poco satisfecho
- Nada satisfecho

¿Le gustaría cambiar la forma de calentar el agua para bañarse? *

- Sí
- No

En caso afirmativo ¿Cuál sería la razón del cambio? *

- Gasto mucho en calentar el agua
- Se le tiene que dar mantenimiento muy seguido
- Me preocupa el impacto ambiental que provoca
- No lo cambiaría

¿Conoce o ha escuchado de los calentadores solares? *

- Sí
- No
- Tengo uno

¿Cuál es tu percepción sobre los calentadores solares? Sé lo más sincero posible.

- No los conozco
- Son demasiado costosos
- Creo que no atribuyen a nada
- Son una excelente oportunidad para reducir el impacto ambiental

¿Le gustaría adquirir uno? *

- Sí
- No

¿Qué es lo que valora o valoraría a la hora de adquirir un calentador de agua? *

- Calidad
- Precio
- Garantía
- Marca
- Espacio que ocupará
- Instalación

Si le dieran la opción de construir su propio calentador solar, ¿Le interesaría hacerlo o solo adquirirlo? *

- Sí
- No

¿Cuánto estarías dispuesto a pagar por adquirir un calentador solar? *

- \$4,000.00 MXN-\$ 5,000.00 MXN
- \$5,001.00 MXN-\$ 6,000.00 MXN
- \$6,001.00 MXN-\$7,000.00 MXN
- Arriba de \$7,001.00 MXN
- No estaría dispuesto a pagar ninguna de las cantidades anteriores

¿Te gustaría recibir información de preventa de un calentador solar con recubrimiento de neumático reciclado?

- SI
- No

Anexo B. Base de datos de la encuesta

Encuestados/Preguntas	'1- 5	'1- 4	'1- 4	'1- 4	'1- 4	'1- 3	'1- 4	'1- 2	'1- 6	'1- 2	'1- 5	'1- 2
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	5	2	2	2	2	3	2	1	4	1	5	1
2	5	2	2	2	2	2	2	2	4	2	5	2
3	5	2	2	2	2	3	2	1	4	1	5	1
4	4	3	3	3	3	2	3	1	1	1	4	1
5	5	2	2	2	2	1	2	1	4	1	5	1
6	5	2	2	2	2	3	2	1	4	1	5	1
7	5	2	2	2	2	2	2	2	4	2	5	2
8	5	2	2	2	2	1	2	2	4	2	5	2
9	5	2	2	2	2	3	2	1	4	1	5	1
10	5	2	2	2	2	2	2	1	4	1	5	1
11	5	3	3	3	3	1	3	1	5	1	5	1
12	5	4	4	4	4	3	4	2	6	2	5	2
13	5	2	2	2	2	2	2	2	5	2	5	2
14	4	3	3	3	3	1	3	1	6	1	4	1
15	5	4	4	4	4	3	4	2	5	2	5	2
16	5	4	4	4	4	2	4	1	6	1	5	1
17	5	2	2	2	2	1	2	1	4	1	5	1
18	5	1	1	1	1	3	1	1	4	1	5	1
19	5	1	1	1	1	2	1	1	5	1	5	1
20	5	2	2	2	2	1	2	2	3	2	5	2
21	5	3	3	3	3	3	3	2	5	2	5	2
22	5	4	4	4	4	2	4	1	6	1	5	1
23	5	1	1	1	1	1	1	1	4	1	5	1
24	4	2	2	2	2	3	2	1	5	1	4	1
25	5	3	3	3	3	2	3	2	6	2	5	2
26	5	4	4	4	4	3	4	2	4	2	5	2
27	5	4	4	4	4	2	4	1	4	1	5	1
28	5	1	1	1	1	1	1	2	4	2	5	2
29	5	2	2	2	2	3	2	1	1	1	5	1
30	5	2	2	2	2	2	2	1	4	1	5	1
31	5	2	2	2	2	1	2	1	4	1	5	1
32	5	3	3	3	3	3	3	1	4	1	5	1
33	5	2	2	2	2	2	2	2	4	2	5	2
34	5	2	2	2	2	1	2	2	4	2	5	2
35	5	2	2	2	2	3	2	1	4	1	5	1
36	5	2	2	2	2	2	2	1	5	1	5	1

37	5	2	2	2	2	1	2	1	6	1	5	1
38	5	2	2	2	2	3	2	2	5	2	5	2
39	5	3	3	3	3	2	3	2	6	2	5	2
40	5	4	4	4	4	1	4	1	5	1	5	1
41	5	2	2	2	2	3	2	2	6	2	5	2
42	5	3	3	3	3	2	3	1	4	1	5	1
43	5	4	4	4	4	1	4	1	4	1	5	1
44	5	4	4	4	4	3	4	1	5	1	5	1
45	5	2	2	2	2	2	2	1	3	1	5	1
46	5	1	1	1	1	1	1	2	5	2	5	2
47	5	1	1	1	1	3	1	2	6	2	5	2
48	5	2	2	2	2	2	2	1	4	1	5	1
49	5	3	3	3	3	3	3	1	5	1	5	1
50	5	4	4	4	4	2	4	1	6	1	5	1
51	5	1	1	1	1	1	1	2	4	2	5	2
52	5	2	2	2	2	3	2	2	4	2	5	2
53	5	3	3	3	3	2	3	1	4	1	5	1
54	5	4	4	4	4	1	4	2	1	2	5	2
55	5	4	4	4	4	3	4	1	4	1	5	1
56	5	1	1	1	1	2	1	1	4	1	5	1
57	5	2	2	2	2	1	2	1	4	1	5	1
58	5	2	2	2	2	3	2	1	4	1	5	1
59	5	2	2	2	2	2	2	2	4	2	5	2
60	5	3	3	3	3	1	3	2	4	2	5	2
61	5	2	2	2	2	3	2	1	5	1	5	1
62	5	2	2	2	2	2	2	1	6	1	5	1
63	5	2	2	2	2	1	2	1	5	1	5	1
64	5	2	2	2	2	3	2	2	6	2	5	2
65	5	2	2	2	2	2	2	2	5	2	5	2
66	5	2	2	2	2	1	2	1	6	1	5	1
67	5	3	3	3	3	3	3	2	4	2	5	2
68	5	4	4	4	4	2	4	1	4	1	5	1
69	5	2	2	2	2	1	2	1	5	1	5	1
70	5	3	3	3	3	3	3	1	3	1	5	1
71	5	4	4	4	4	2	4	1	5	1	5	1
72	5	4	4	4	4	3	4	2	6	2	5	2
73	5	2	2	2	2	2	2	2	4	2	5	2
74	5	1	1	1	1	1	1	1	5	1	5	1
75	5	1	1	1	1	3	1	1	6	1	5	1
76	5	2	2	2	2	2	2	1	4	1	5	1
77	5	3	3	3	3	1	3	2	4	2	5	2

78	5	4	4	4	4	3	4	2	4	2	5	2
79	5	1	1	1	1	2	1	1	1	1	5	1
80	5	2	2	2	2	1	2	2	4	2	5	2
81	5	3	3	3	3	3	3	1	4	1	5	1
82	5	4	4	4	4	2	4	1	4	1	5	1
83	5	4	4	4	4	1	4	1	4	1	5	1
84	5	1	1	1	1	3	1	1	4	1	5	1
85	5	2	2	2	2	2	2	2	4	2	5	2
86	5	2	2	2	2	1	2	2	5	2	5	2
87	5	2	2	2	2	3	2	1	6	1	5	1
88	5	2	2	2	2	2	2	1	5	1	5	1
89	5	2	2	2	2	1	2	1	6	1	5	1
90	5	2	2	2	2	3	2	2	5	2	5	2
91	5	2	2	2	2	2	2	2	6	2	5	2
92	5	2	2	2	2	1	2	1	4	1	5	1
93	5	2	2	2	2	3	2	2	4	2	5	2
94	5	2	2	2	2	2	2	1	5	1	5	1
95	5	2	2	2	2	3	2	1	3	1	5	1
96	5	2	2	2	2	2	2	1	5	1	5	1
97	5	2	2	2	2	1	2	1	6	1	5	1
98	5	2	2	2	2	3	2	2	4	2	5	2
99	5	2	2	2	2	2	2	2	5	2	5	2
100	5	2	2	2	2	1	2	1	6	1	5	1
101	5	2	2	2	2	3	2	1	4	1	5	1
102	5	2	2	2	2	2	2	1	4	1	5	1
103	5	2	2	2	2	1	2	2	4	2	5	2
104	5	2	2	2	2	3	2	2	1	2	5	2
105	5	2	2	2	2	2	2	1	4	1	5	1
106	5	2	2	2	2	1	2	2	4	2	5	2
107	5	2	2	2	2	3	2	1	4	1	5	1
108	5	2	2	2	2	2	2	1	4	1	5	1
109	5	2	2	2	2	1	2	1	4	1	5	1
110	5	2	2	2	2	3	2	1	4	1	5	1
111	5	3	3	3	3	2	3	2	5	2	5	2
112	5	2	2	2	2	1	2	2	6	2	5	2
113	5	2	2	2	2	3	2	1	5	1	5	1
114	5	2	2	2	2	2	2	1	6	1	5	1
115	5	2	2	2	2	1	2	1	5	1	5	1
116	5	2	2	2	2	3	2	2	6	2	5	2
117	5	2	2	2	2	2	2	2	4	2	5	2
118	5	3	3	3	3	3	3	1	4	1	5	1

119	5	4	4	4	4	2	4	2	5	2	5	2
120	5	2	2	2	2	1	2	1	3	1	5	1
121	5	3	3	3	3	3	3	1	5	1	5	1
122	5	4	4	4	4	2	4	1	6	1	5	1
123	5	4	4	4	4	1	4	1	4	1	5	1
124	5	2	2	2	2	3	2	2	5	2	5	2
125	5	1	1	1	1	2	1	2	6	2	5	2
126	5	1	1	1	1	1	1	1	4	1	5	1
127	5	2	2	2	2	3	2	1	4	1	5	1
128	5	3	3	3	3	2	3	1	4	1	5	1
129	5	4	4	4	4	1	4	2	1	2	5	2
130	5	1	1	1	1	3	1	2	4	2	5	2
131	5	2	2	2	2	2	2	1	4	1	5	1
132	5	3	3	3	3	1	3	2	4	2	5	2
133	5	4	4	4	4	3	4	1	4	1	5	1
134	5	4	4	4	4	2	4	1	4	1	5	1
135	5	1	1	1	1	1	1	1	4	1	5	1
136	5	2	2	2	2	3	2	1	5	1	5	1
137	5	2	2	2	2	2	2	2	6	2	5	2
138	5	2	2	2	2	1	2	2	5	2	5	2
139	5	3	3	3	3	3	3	1	6	1	5	1
140	5	2	2	2	2	2	2	1	5	1	5	1
141	5	2	2	2	2	3	2	1	6	1	5	1
142	5	2	2	2	2	2	2	2	4	2	5	2
143	5	2	2	2	2	1	2	2	4	2	5	2
144	5	2	2	2	2	3	2	1	5	1	5	1
145	5	2	2	2	2	2	2	2	3	2	5	2
146	5	3	3	3	3	1	3	1	5	1	5	1
147	5	4	4	4	4	3	4	1	6	1	5	1
148	5	2	2	2	2	2	2	1	4	1	5	1
149	5	3	3	3	3	1	3	1	5	1	5	1
150	5	4	4	4	4	3	4	2	6	2	5	2
151	5	4	4	4	4	2	4	2	4	2	5	2
152	5	2	2	2	2	1	2	1	4	1	5	1
153	5	1	1	1	1	3	1	1	4	1	5	1
154	5	1	1	1	1	2	1	1	1	1	5	1
155	5	2	2	2	2	1	2	2	4	2	5	2
156	5	3	3	3	3	3	3	2	4	2	5	2
157	5	4	4	4	4	2	4	1	4	1	5	1
158	5	1	1	1	1	1	1	2	4	2	5	2
159	5	2	2	2	2	3	2	1	4	1	5	1

160	5	3	3	3	3	2	3	1	4	1	5	1
161	5	4	4	4	4	1	4	1	5	1	5	1
162	5	4	4	4	4	3	4	1	6	1	5	1
163	5	1	1	1	1	2	1	2	5	2	5	2
164	5	2	2	2	2	3	2	2	6	2	5	2
165	5	2	2	2	2	2	2	1	5	1	5	1
166	5	2	2	2	2	1	2	1	6	1	5	1
167	5	3	3	3	3	3	3	1	4	1	5	1
168	5	2	2	2	2	2	2	2	4	2	5	2
169	5	2	2	2	2	1	2	2	5	2	5	2
170	5	2	2	2	2	3	2	1	3	1	5	1
171	5	2	2	2	2	2	2	2	5	2	5	2
172	5	2	2	2	2	1	2	1	6	1	5	1
173	5	2	2	2	2	3	2	1	4	1	5	1
174	5	3	3	3	3	2	3	1	5	1	5	1
175	5	4	4	4	4	1	4	1	6	1	5	1
176	5	2	2	2	2	3	2	2	4	2	5	2
177	5	3	3	3	3	2	3	2	4	2	5	2
178	5	4	4	4	4	1	4	1	4	1	5	1
179	5	4	4	4	4	3	4	1	1	1	5	1
180	5	2	2	2	2	2	2	1	4	1	5	1
181	5	1	1	1	1	1	1	2	4	2	5	2
182	5	1	1	1	1	3	1	2	4	2	5	2
183	5	2	2	2	2	2	2	1	4	1	5	1
184	5	3	3	3	3	1	3	2	4	2	5	2
185	5	4	4	4	4	3	4	1	4	1	5	1
186	5	1	1	1	1	2	1	1	5	1	5	1
187	5	2	2	2	2	3	2	1	6	1	5	1
188	5	3	3	3	3	2	3	1	5	1	5	1
189	5	4	4	4	4	1	4	2	6	2	5	2
190	5	4	4	4	4	3	4	2	5	2	5	2
191	5	1	1	1	1	2	1	1	6	1	5	1
192	5	2	2	2	2	1	2	1	4	1	5	1
193	5	2	2	2	2	3	2	1	4	1	5	1
194	5	2	2	2	2	2	2	2	5	2	5	2
195	5	2	2	2	2	1	2	2	3	2	5	2
196	5	2	2	2	2	3	2	1	5	1	5	1
197	5	2	2	2	2	2	2	2	6	2	5	2
198	5	2	2	2	2	1	2	1	4	1	5	1
199	5	2	2	2	2	3	2	1	5	1	5	1
200	5	2	2	2	2	2	2	1	6	1	5	1

201	5	2	2	2	2	1	2	1	4	1	5	1
202	5	2	2	2	2	3	2	2	4	2	5	2
203	5	2	2	2	2	2	2	2	4	2	5	2
204	5	2	2	2	2	1	2	1	1	1	5	1
205	5	2	2	2	2	3	2	1	4	1	5	1
206	5	2	2	2	2	2	2	1	4	1	5	1
207	5	2	2	2	2	1	2	2	4	2	5	2
208	5	2	2	2	2	3	2	2	4	2	5	2
209	5	2	2	2	2	3	2	1	4	1	5	1
210	5	2	2	2	2	2	2	2	4	2	5	2
211	5	2	2	2	2	3	2	1	5	1	5	1
212	5	2	2	2	2	2	2	1	6	1	5	1
213	5	2	2	2	2	1	2	1	5	1	5	1
214	5	2	2	2	2	3	2	1	6	1	5	1
215	5	2	2	2	2	2	2	2	5	2	5	2
216	5	2	2	2	2	1	2	2	6	2	5	2
217	5	2	2	2	2	3	2	1	4	1	5	1
218	5	2	2	2	2	2	2	1	4	1	5	1
219	5	2	2	2	2	1	2	1	5	1	5	1
220	5	2	2	2	2	3	2	2	3	2	5	2
221	5	2	2	2	2	2	2	2	5	2	5	2
222	5	2	2	2	2	1	2	1	6	1	5	1
223	5	2	2	2	2	3	2	2	4	2	5	2
224	5	2	2	2	2	2	2	1	5	1	5	1
225	5	2	2	2	2	1	2	1	6	1	5	1
226	5	2	2	2	2	3	2	1	4	1	5	1
227	5	2	2	2	2	2	2	1	4	1	5	1
228	5	2	2	2	2	1	2	2	4	2	5	2
229	5	2	2	2	2	3	2	2	1	2	5	2
230	5	2	2	2	2	2	2	1	4	1	5	1
231	5	2	2	2	2	1	2	1	4	1	5	1
232	5	2	2	2	2	3	2	1	4	1	5	1
233	5	2	2	2	2	2	2	2	4	2	5	2
234	5	2	2	2	2	3	2	2	4	2	5	2
235	5	2	2	2	2	2	2	1	4	1	5	1
236	5	2	2	2	2	1	2	2	5	2	5	2
237	5	2	2	2	2	3	2	1	6	1	5	1
238	5	2	2	2	2	2	2	1	5	1	5	1
239	5	2	2	2	2	1	2	1	6	1	5	1
240	5	2	2	2	2	3	2	1	5	1	5	1
241	5	2	2	2	2	2	2	2	6	2	5	2

242	5	2	2	2	2	1	2	2	4	2	5	2
243	5	2	2	2	2	3	2	1	4	1	5	1
244	5	2	2	2	2	2	2	1	5	1	5	1
245	5	2	2	2	2	1	2	1	3	1	5	1
246	5	2	2	2	2	3	2	2	5	2	5	2
247	5	2	2	2	2	2	2	2	6	2	5	2
248	5	2	2	2	2	1	2	1	4	1	5	1
249	5	2	2	2	2	3	2	2	5	2	5	2
250	5	2	2	2	2	2	2	1	6	1	5	1
251	5	2	2	2	2	1	2	1	4	1	5	1
252	5	2	2	2	2	3	2	1	4	1	5	1
253	5	2	2	2	2	2	2	1	4	1	5	1
254	5	2	2	2	2	1	2	2	1	2	5	2
255	5	2	2	2	2	3	2	2	4	2	5	2
256	5	2	2	2	2	2	2	1	4	1	5	1
257	5	2	2	2	2	3	2	1	4	1	5	1
258	5	2	2	2	2	2	2	1	4	1	5	1
259	5	2	2	2	2	1	2	2	4	2	5	2
260	5	2	2	2	2	3	2	2	4	2	5	2
261	5	2	2	2	2	2	2	1	5	1	5	1
262	5	2	2	2	2	1	2	2	6	2	5	2
263	5	2	2	2	2	3	2	1	5	1	5	1
264	5	2	2	2	2	2	2	1	6	1	5	1
265	5	2	2	2	2	1	2	1	5	1	5	1
266	5	2	2	2	2	3	2	1	6	1	5	1
267	5	2	2	2	2	2	2	2	4	2	5	2
268	5	2	2	2	2	1	2	2	4	2	5	2
269	5	2	2	2	2	3	2	1	5	1	5	1
270	5	2	2	2	2	2	2	1	3	1	5	1
271	5	2	2	2	2	1	2	1	5	1	5	1
272	5	2	2	2	2	3	2	2	6	2	5	2
273	5	2	2	2	2	2	2	2	4	2	5	2
274	5	2	2	2	2	1	2	1	5	1	5	1
275	5	2	2	2	2	3	2	2	6	2	5	2
276	5	2	2	2	2	2	2	1	4	1	5	1
277	5	2	2	2	2	1	2	1	4	1	5	1
278	5	2	2	2	2	3	2	1	4	1	5	1
279	5	2	2	2	2	2	2	1	1	1	5	1
280	5	2	2	2	2	3	2	2	4	2	5	2
281	5	2	2	2	2	2	2	2	4	2	5	2
282	5	2	2	2	2	1	2	1	4	1	5	1

283	5	2	2	2	2	3	2	1	4	1	5	1
284	5	2	2	2	2	2	2	1	4	1	5	1
285	5	2	2	2	2	1	2	2	4	2	5	2
286	5	2	2	2	2	3	2	2	5	2	5	2
287	5	2	2	2	2	2	2	1	6	1	5	1
288	5	2	2	2	2	1	2	2	5	2	5	2
289	5	2	2	2	2	3	2	1	6	1	5	1
290	5	2	2	2	2	2	2	1	5	1	5	1
291	5	2	2	2	2	1	2	1	6	1	5	1
292	5	2	2	2	2	3	2	1	4	1	5	1
293	5	2	2	2	2	2	2	2	4	2	5	2
294	5	2	2	2	2	1	2	2	5	2	5	2
295	5	2	2	2	2	3	2	1	3	1	5	1
296	5	2	2	2	2	2	2	1	5	1	5	1
297	5	2	2	2	2	1	2	1	6	1	5	1
298	5	2	2	2	2	3	2	2	4	2	5	2
299	5	2	2	2	2	2	2	2	5	2	5	2
300	5	2	2	2	2	1	2	1	6	1	5	1
301	5	2	2	2	2	3	2	2	5	2	5	2
302	5	2	2	2	2	3	2	1	5	1	5	1
303	5	2	2	2	2	3	2	1	5	1	5	1
304	5	2	2	2	2	3	2	1	5	1	5	1
305	5	2	2	2	2	3	2	1	5	1	5	1
306	5	2	2	2	2	3	2	2	5	2	5	2
307	5	2	2	2	2	3	2	2	5	2	5	2
308	5	2	2	2	2	3	2	1	5	1	5	1
309	5	2	2	2	2	3	2	1	5	1	5	1
310	5	2	2	2	2	3	2	1	5	1	5	1
311	5	2	2	2	2	3	2	2	5	2	5	2
312	5	2	2	2	2	3	2	2	5	2	5	2
313	5	2	2	2	2	3	2	1	5	1	5	1
314	5	2	2	2	2	3	2	2	5	2	5	2
315	5	2	2	2	2	3	2	1	5	1	5	1
316	5	2	2	2	2	3	2	1	5	1	5	1
317	5	2	2	2	2	3	2	1	5	1	5	1
318	5	2	2	2	2	3	2	1	5	1	5	1
319	5	2	2	2	2	3	2	2	5	2	5	2
320	5	3	3	3	3	3	3	2	5	2	5	2
321	5	2	2	2	2	3	2	1	5	1	5	1
322	5	2	2	2	2	3	2	1	5	1	5	1
323	5	2	2	2	2	3	2	1	5	1	5	1

324	5	2	2	2	2	3	2	2	5	2	5	2
325	5	2	2	2	2	3	2	2	5	2	5	2
326	5	2	2	2	2	3	2	1	5	1	5	1
327	5	3	3	3	3	3	3	2	5	2	5	2
328	5	4	4	4	4	3	4	1	5	1	5	1
329	5	2	2	2	2	3	2	1	5	1	5	1
330	5	3	3	3	3	3	3	1	5	1	5	1
331	5	4	4	4	4	3	4	1	5	1	5	1
332	5	4	4	4	4	3	4	2	5	2	5	2
333	5	2	2	2	2	3	2	2	5	2	5	2
334	5	1	1	1	1	3	1	1	5	1	5	1
335	5	1	1	1	1	3	1	1	5	1	5	1
336	5	2	2	2	2	3	2	1	5	1	5	1
337	5	3	3	3	3	3	3	2	5	2	5	2
338	5	4	4	4	4	3	4	2	5	2	5	2
339	5	1	1	1	1	3	1	1	5	1	5	1
340	5	2	2	2	2	3	2	2	5	2	5	2
341	5	3	3	3	3	3	3	1	5	1	5	1
342	5	4	4	4	4	3	4	1	5	1	5	1
343	5	4	4	4	4	3	4	1	5	1	5	1
344	5	1	1	1	1	3	1	1	5	1	5	1
345	5	2	2	2	2	3	2	2	5	2	5	2
346	5	3	3	3	3	3	3	2	5	2	5	2
347	5	4	4	4	4	3	4	1	5	1	5	1
348	5	4	4	4	4	3	4	1	5	1	5	1
349	5	1	1	1	1	3	1	1	5	1	5	1
350	5	2	2	2	2	3	2	2	5	2	5	2
351	5	2	2	2	2	3	2	2	5	2	5	2
352	5	2	2	2	2	3	2	1	5	1	5	1
353	5	3	3	3	3	3	3	2	5	2	5	2
354	5	2	2	2	2	3	2	1	5	1	5	1
355	5	2	2	2	2	3	2	1	5	1	5	1
356	5	2	2	2	2	3	2	1	5	1	5	1
357	5	2	2	2	2	3	2	1	5	1	5	1
358	5	2	2	2	2	3	2	2	5	2	5	2
359	5	2	2	2	2	3	2	2	5	2	5	2
360	5	3	3	3	3	3	3	1	5	1	5	1
361	5	4	4	4	4	3	4	1	5	1	5	1
362	5	2	2	2	2	3	2	1	5	1	5	1
363	5	3	3	3	3	3	3	2	5	2	5	2
364	5	4	4	4	4	3	4	2	5	2	5	2

365	5	4	4	4	4	3	4	2	5	2	5	2
366	5	2	2	2	2	3	2	2	5	2	5	2
367	5	1	1	1	1	3	1	2	5	2	5	2
368	5	1	1	1	1	3	1	2	5	2	5	2
369	5	2	2	2	2	3	2	2	5	2	5	2
370	5	3	3	3	3	3	3	2	5	2	5	2
371	5	4	4	4	4	3	4	2	5	2	5	2
372	5	1	1	1	1	3	1	2	5	2	5	2
373	5	2	2	2	2	3	2	2	5	2	5	2
374	5	3	3	3	3	3	3	2	5	2	5	2
375	5	4	4	4	4	3	4	2	5	2	5	2
376	5	4	4	4	4	3	4	2	5	2	5	2
377	5	1	1	1	1	3	1	2	5	2	5	2
378	5	2	2	2	2	3	2	2	5	2	5	2
379	5	2	2	2	2	3	2	2	5	2	5	2
380	5	2	2	2	2	3	2	2	5	2	5	2
381	5	3	3	3	3	3	3	2	5	2	5	2
382	5	2	2	2	2	3	2	2	5	2	5	2
383	5	2	2	2	2	3	2	2	5	2	5	2
384	5	2	2	2	2	3	2	2	5	2	5	2
385	5	2	2	2	2	3	2	2	5	2	5	2
386	5	2	2	2	2	3	2	2	5	2	5	2
387	5	2	2	2	2	3	2	2	5	2	5	2
388	5	3	3	3	3	3	3	2	5	2	5	2
389	5	4	4	4	4	3	4	2	5	2	5	2
390	5	2	2	2	2	3	2	2	5	2	5	2
391	5	3	3	3	3	3	3	2	5	2	5	2
392	5	4	4	4	4	3	4	2	5	2	5	2
393	5	4	4	4	4	3	4	2	5	2	5	2
394	5	2	2	2	2	3	2	2	5	2	5	2
395	5	1	1	1	1	3	1	2	5	2	5	2
396	5	1	1	1	1	3	1	2	5	2	5	2
PROMEDIO	5	2.3	2.3	2.3	2.3	2.3	2.3	1.4	4.6	1.4	5	1.4
DESVIACIÓN ESTANDAR	0.1	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.5	1	0.5	0.1	0.5

Anexo C: Artículos publicados derivados de la tesis



AGUILAR-PÉREZ, Silvia-Madai

ORCID ID: 0000-0002-1603-8201, CVU CONACYT ID: 948410

SANCHEZ-RUIZ Francisco-Javier

ORCID ID: 0000-0001-6896-5798, CVU CONACYT ID: 169828

AGUILAR-PÉREZ, Esmeralda

ORCID ID: 0000-0001-6794-9630, Researcher ID Thomson: O-3376-2018, CVU CONACYT ID: 625314

Universidad Popular Autónoma del Estado de Puebla

PRESENT:

We are pleased to inform you that your article "Characterization and simulation of rubber derived from tire recycling as a proposal in the development of a solar heater" with keywords "Rubber, simulation, solar heater". Has been published on pages in "Journal Simulation and Laboratory", I-8 N-24 with ISSN: 2410-3462. Journal edited by EORFAN-Mexico, S.C. Holding Bolivia. (2021) and DOI: 10.35429/JSL.2021.24.8.7.13

This article is classified in:

Area: Engineering

Field: Engineering

Discipline: Chemical Engineering

Subdiscipline: Environmental contamination

This article is published in:

https://www.ecorfan.org/bolivia/researchjournals/Simulacion_y_Laboratorio/vol8num24/Journal_Simulation_and_Laboratory_V8_N24_2.pdf

The Journal is Arbitrated by peer review is Indexed and deposited in Databases:

RESEARCH GATE (Germany)

GOOGLE SCHOLAR (Citation indices-Google)

REDIB (Ibero-American Network of Innovation and Scientific Knowledge-CSIC)

MENDELEY (Bibliographic References Manager)

HISPANA (Information and Bibliographic Orientation-Spain)

UNIVERSIA (University Library-Madrid)

We issue this certificate for the purposes of science, technology and innovation

Regards,

PERALTA-CASTRO, Enrique. MSc.
CIO-ECORFAN-México, S.C.
CONACYT-RENIECYT: 1702902

ECORFAN-México, S.C.
143 – 50 Izopapan Street
La Florida, Ecatepec Municipality
Mexico State, 55130 Zipcode
Phone: +52 1 55 6159 2296
Skype: ecorfan-mexico.s.c.

www.ecorfan.org

Holdings

Mexico	Colombia	Guatemala
Bolivia	Cameroon	Dominican Republic
Spain	El Salvador	