

**UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR
FACULTAD MULTIDISCIPLINARIA ORIENTAL
DEPARTAMENTO DE CIENCIAS NATURALES Y MATEMÁTICA
SECCIÓN DE QUÍMICA**



TRABAJO DE GRADUACIÓN:

REDUCCIÓN DEL POLIESTIRENO EXPANDIDO UTILIZANDO SOLVENTE
NATURAL, SU CARACTERIZACIÓN Y APLICACIÓN EN LA INDUSTRIA DE
PRODUCTOS DE RECUBRIMIENTO

PRESENTADO POR:

MAYRA MARILÚ GÓMEZ HERNÁNDEZ
LUIS ROBERTO RAMÍREZ SARAVIA

PARA OPTAR AL TÍTULO DE:

LICENCIADO EN CIENCIAS QUÍMICAS

DOCENTE ASESOR:

MTRO. ABEL MARTÍNEZ LÓPEZ

CIUDAD UNIVERSITARIA ORIENTAL, MARZO DE 2021

SAN MIGUEL

EL SALVADOR

CENTROAMÉRICA

UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR

AUTORIDADES

M.S.C ROGER ARMANDO ARIAS ALVARADO
RECTOR

PHD. RAÚL ERNESTO AZCÚNAGA LÓPEZ
VICE-RECTOR ACADEMICO

ING. FRANCISCO ALARCÓN
SECRETARIO GENERAL

LIC. RAFAEL HUMBERTO PEÑA MARÍN
FISCAL GENERAL

FACULTAD MULTIDISCIPLINARIA ORIENTAL

AUTORIDADES

LIC. CRISTÓBAL HERNÁN RÍOS BENÍTEZ
DECANO

LIC. OSCAR VILLALOBOS
VICE-DECANO

LIC. ISRAEL LÓPEZ MIRANDA
SECRETARIO INTERINO

MTRA. KARLA MARÍA MEJÍA ORTÍZ
JEFE DEL DEPARTAMENTO

MTRO. ABEL MARTÍNEZ LÓPEZ
COORDINADOR DE LA SECCIÓN DE QUÍMICA

ÍNDICE.

RESUMEN.....	1
ABSTRACT.....	2
INTRODUCCIÓN.....	3
CAPÍTULO I: PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	6
1.1. Antecedentes del fenómeno de estudio.....	6
1.2. Situación problemática.....	8
1.3. Enunciado del problema.....	10
1.4. Justificación.....	11
1.5. Objetivos de la Investigación.....	13
1.5.1. <i>Objetivo General</i>	13
1.5.2. <i>Objetivos Específicos</i>	13
CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO.....	14
2.1. Reseña Histórica.....	14
2.2. Marco Teórico.....	16
2.2.1. <i>Química del limoneno</i>	16
2.2.2. <i>Biosíntesis del limoneno</i>	18
2.2.3. <i>Ensayos de caracterización de d-limoneno</i>	20
2.2.4. <i>Obtención de Poliestireno Expandido</i>	22
2.2.5. <i>Propiedades físicas del poliestireno expandido</i>	23

2.2.6.	<i>Química del Poliestireno Expandido.</i>	25
2.2.7.	<i>Reacciones de Obtención del Poliestireno Expandido.</i>	25
2.2.8.	<i>Métodos de Extracción de Aceites Esenciales.</i>	30
2.2.9.	<i>Cálculo del Rendimiento de Aceite Esencial.</i>	33
2.3.	Marco Normativo.	33
2.3.1.	<i>Plan Nacional para el Mejoramiento de los Desechos Sólidos.</i>	34
2.3.2.	<i>Plan Nacional de Recuperación de Desechos sólidos.</i>	35
2.3.3.	<i>Plan Nacional de Sensibilización para el Manejo Integral de los Desechos Sólidos.</i>	35
2.3.4.	<i>Ley General de Medio Ambiente.</i>	35
CAPÍTULO III: OPERACIONALIZACIÓN DE LAS VARIABLES.		37
CAPÍTULO IV: DISEÑO METODOLÓGICO.		38
4.1.	Tipos de Estudio.	38
4.2.	Método de Investigación.	39
4.2.1.	<i>Población y Muestra.</i>	39
4.2.2.	<i>Criterios de Inclusión.</i>	40
4.2.3.	<i>Técnicas Cuantitativas.</i>	40
4.2.4.	<i>Instrumentos.</i>	41
4.2.5.	<i>Planificación.</i>	41
4.3.	Ejecución	43

4.3.1.	<i>Experimentación</i>	43
4.3.2.	<i>Plan de Análisis</i>	44
CAPÍTULO V: ANÁLISIS DE RESULTADOS.		45
5.1.	Extracción de Aceite Esencial de Cítricos d-limoneno.....	45
5.1.1.	<i>Lugar de Ejecución</i>	45
5.1.2.	<i>Descripción del Proceso</i>	46
5.2.	Determinación del Rendimiento del Aceite Esencial.....	47
5.2.1.	<i>Resultados. Materia Prima Naranja</i>	47
5.2.2.	<i>Resultados Materia Prima Limón</i>	48
5.2.3.	<i>Comparación de Resultados</i>	49
5.2.4.	<i>Ensayos Físico-Químicos Aceite Esencial</i>	50
5.3.	Reciclaje Para la Obtención de Resina de Recubrimiento a partir de EPS y d-limoneno.	52
5.3.1.	<i>Descripción del Proceso</i>	52
5.3.2.	<i>Datos Experimentales Aplicación de Resina de Recubrimiento</i>	54
CAPÍTULO VI: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....		57
6.1.	Conclusiones.....	57
6.2.	Recomendaciones.....	59
BIBLIOGRAFÍA.....		60

ANEXOS.....	63
-------------	----

ÍNDICE DE TABLAS.

Tabla 1: Peso del aceite esencial.	47
Tabla 2: Rendimiento del aceite esencial de la naranja.....	48
Tabla 3: Medición del volumen del aceite esencial.	48
Tabla 4: Peso del aceite esencial de limón.	48
Tabla 5: Peso del aceite esencial de limón.....	49
Tabla 6: Volumen del aceite esencial de limón.	49
Tabla 7: Cuadro comparativo del rendimiento entre la materia prima (naranja y limón).	49
Tabla 8: Resultados obtenidos de la solubilidad en agua y alcohol.	50
Tabla 9: Resultado de la prueba de inflamabilidad.	50
Tabla 10: Reacción del del aceite esencial con permanganato de potasio.	51
Tabla 11: pH del aceite esencial.....	51
Tabla 12: Muestras utilizadas a diferentes concentraciones.....	54
Tabla 13: Tiempo de disolución de cada muestra.....	54
Tabla 14: Tiempo de secado al sol para cada muestra.	54
Tabla 15: Muestras colocadas al sol.....	55
Tabla 16: Muestras colocadas bajo condiciones de humedad extrema (100%).	55
Tabla 17: Muestras control (Luz solar y humedad a condiciones ambiente).	56

ÍNDICE DE FIGURAS.

Figura 1. Esquema del procedimiento experimental	63
Figura 2. Separación del aceite esencial mediante decantación.	63
Figura 3. Esquema del procedimiento experimental.	64
Figura 4. Selección y limpieza de materia prima.....	64
Figura 5. Reducción de tamaño de la materia prima.	64
Figura 6. Montaje de la técnica de destilación.	65
Figura 7. Reacción del d-limoneno con KMnO_4 en presencia de agua.	65
Figura 8. Prueba de solubilidad en agua y alcohol.	66
Figura 9. Reducción de tamaño de las muestras de EPS.....	66
Figura 10. Muestras de EPS a diferentes concentraciones.	66
Figura 11. Aplicación de resina de recubrimiento sobre superficies de madera.....	67
Figura 12. Prueba de inflamabilidad del aceite esencial.	67
Figura 13. Croquis del lugar de ejecución del experimento.	68
Figura 15. Incorporación del flavedo de cítrico a la olla de presión.	68
Figura 16. Proceso de envase y almacenado del aceite esencial d-limoneno.	69
Figura 17. Pesado de las muestras de EPS.	69
Figura 18. Exposición de las muestras cubiertas con resina a la luz solar.	70
Figura 19. Resultados obtenidos en muestras expuestas al sol.	70
Figura 20. Comparación perdida de brillo de la muestra de 10% expuesta al sol con muestra control.....	70

Figura 21. Resultados obtenidos en muestras expuestas a condiciones de humedad extrema.	71
Figura 22. Resultados obtenidos en muestras control expuestas al sol y humedad en condiciones ambientales.	71
Figura 23. Observación en el microscopio de las muestras de EPS y resina.	72
Figura 24. Muestra de EPS sin tratar.	72
Figura 25. Muestra de resina.	72

ÍNDICE DE ANEXOS.

ANEXO 1: Ficha de observación	73
ANEXO 2: Práctica de laboratorio, extracción de limoneno.	74
ANEXO 3: Práctica de laboratorio, resina de recubrimiento.	77
ANEXO 4: Fichas de recolección de datos	82
ANEXO 5: Construcción de un destilador casero.	83
ANEXO 6: Cronograma de actividades.	84
ANEXO 7: Glosario.	85
ANEXO 8: Siglas y abreviaciones.	89

RESUMEN.

En El Salvador la contaminación ambiental produce grandes cantidades de desechos y buena parte corresponden a poliestireno expandido que causa problemas a la salud; dicho problema ha sido identificado en la FMO de la Universidad de El Salvador donde el uso de recipientes desechables para la distribución de alimentos en los cafetines y la carencia de un tratamiento adecuado para los desechos generan grandes volúmenes que ocupan en los depósitos de basura y rellenos sanitarios municipales, por tal razón se propone el reciclaje químico reduciendo el volumen de EPS para la producción de una resina de recubrimiento utilizando solvente natural extraído de cítricos, dando un uso post industrial a estos desechos. **Objetivo:** Conocer métodos de extracción del solvente natural a partir cítricos comestibles para el reciclaje de EPS desechado en los cafetines de la FMO, y su caracterización para aplicación en productos de recubrimiento. **Metodología** es una investigación cuantitativa de dos etapas: de campo para la recolección de muestras y de laboratorio en la extracción del solvente natural a partir de cítricos para reciclaje químico de EPS. **Resultados obtenidos** reducción de volumen de EPS, efectividad del solvente d-limoneno para el reciclaje de EPS, rendimiento significativo de la resina bajo condiciones ambiente. **Conclusiones** es posible extraer solventes naturales de cítricos y usarse en el reciclaje químico de EPS para reducir su volumen, La utilización del EPS como resina en base a limoneno en concentraciones de 30% a 40%, se considera factible debido a la buena afinidad y acabado logrado a condiciones ambiente.

Palabras claves: Poliestireno expandido, limoneno, reciclaje, resina.

ABSTRACT

In El Salvador, environmental contamination produces large amounts of waste and a large part of it corresponds to expanded polystyrene that causes health problems; This problem has been identified in the FMO of the University of El Salvador where the use of disposable containers for the distribution of food in the cafeterias and the lack of an adequate treatment for the waste generate large volumes that occupy the garbage deposits and municipal landfills. For this reason, we propose chemical recycling by reducing the volume of EPS for the production of a coating resin using natural solvent extracted from citrus fruits, giving a post industrial use to this waste. Objective: To know methods of extraction of the natural solvent from edible citrus fruits for the recycling of EPS discarded in the FMO coffee shops, and its characterization for application in coating products. Methodology is a two-stage quantitative research: field for sample collection and laboratory in the extraction of natural solvent from citrus for chemical recycling of EPS. Results obtained volume reduction of EPS, effectiveness of the solvent d-limonene for EPS recycling, significant performance of the resin under ambient conditions. Conclusions it is possible to extract natural solvents from citrus fruits and used in the chemical recycling of EPS to reduce its volume, The use of EPS as a resin based on limonene in concentrations of 30% to 40%, is considered feasible due to the good affinity and finish achieved under ambient conditions.

Keywords: Expanded polystyrene, limonene, recycling, resin.

INTRODUCCIÓN.

El Poliestireno expandido proveniente de las industrias es utilizado en infinidad de ámbitos siendo uno de los más importantes los recipientes para alimentos, que son productos de gran demanda en los cafetines la Facultad Multidisciplinaria Oriental y después de su uso, se convierten en un problema que está afectando a los sectores de la comunidad universitaria, pues estos se acumulan sin tratamiento y los depósitos se sitúan muy cerca de la principal vía de circulación, sumado a eso este material al no ser tratados, es arrastrados por las corrientes de aguas lluvias hasta a los cuerpos hídricos quebradas, ríos, y océanos afectando la vida acuática.

En la actualidad dichos residuos se consideran un problema ya que, desde un punto de vista químico, las propiedades absorbentes del poliestireno lo hacen peligroso. Al no ser tratado el poliestireno actúa como una pequeña esponja, recogiendo y concentrando algunos de los contaminantes que se encuentren en el medio donde se deposite.

La presente investigación pretende demostrar que es posible la recuperación de los residuos de poliestireno expandido (EPS), utilizando un solvente natural extraído de la cascara de cítricos mediante el proceso de destilación, de esta manera se presenta una opción para resolver una problemática medioambiental que aqueja a la FMO-UES por la generación de residuos que se acumulan sin tratamiento en los depósitos, siendo una gran parte de poliestireno.

Este documento está estructurado en seis capítulos que se detallan a continuación:

En el capítulo 1. Planteamiento del problema está conformado por: los **antecedentes del fenómeno de estudio** También se define el enfoque de la **situación problemática**, la cual es un minucioso y pormenorizado análisis del fenómeno de estudio para conocer su naturaleza, sus características, su estado y los factores **que** intervienen en su desarrollo y se resume con el **enunciado del problema** que hace referencia a la relación existente entre las variables que conducen a la verificación objetiva, cuya finalidad es reflejar lo que se desea saber y seguidamente **la justificación** que consiste en argumentos objetivos sobre el porqué de la realidad la relevancia social que tiene que sustentan el trabajo de investigación, se finaliza con los **objetivos** son los logros que se desean alcanzar con la ejecución de la investigación y permite orientar el desarrollo de la misma

En el segundo apartado capitular marco teórico comienza con una **reseña histórica** de los aportes teóricos de otros estudios realizados que sustentan al tema de investigación desarrollo. **El marco teórico** consta toda la teoría fundamentada conceptos, postulados y leyes que respalda las variables en estudios. **Marco legal** que son el conjunto de leyes, normas y reglamentos que regulan las el tratamiento de Poliestireno expandido

En capítulo 3 operacionalización de las variables proceso a través del cual se explica en detalle la definición que adoptaran de las variables de estudio, tipos de valores cuantitativos, formas de medición que podrían asumir las mismas y los indicadores a utilizar para obtener los valores de las variables.

En el cuarto apartado diseño metodológico este apartado contiene los pasos que se siguió para desarrollar la presente investigación, iniciando con visitas de campo al punto definido en el estudio, hasta la recolección de información mediante la aplicación de técnicas cuantitativas de campos y de laboratorio.

En el quinto apartado análisis de resultados contiene los datos recogidos durante el proceso de la investigación y que se reportan mediante tablas de datos cuantificables.

En el sexto y último apartado capitular se presentan **las conclusiones y recomendaciones**. En este apartado contiene las propuestas de solución, como la reducción de volumen de desechos, dar un segundo uso a dichos desechos, aplicación de solventes naturales. Recomendaciones, esta fase contiene las sugerencias a otros investigadores interesados en estudiar problemas ambientales en este mismo lugar, a instituciones gubernamentales y no gubernamentales a dar solución al problema ambiental en que vive la comunidad universitaria.

Bibliografía donde se detalla una lista del conjunto de libros, escritos, artículos, revistas y sitios web utilizados como material de consulta para el soporte documental del trabajo de investigación.

CAPÍTULO I: PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.

1.1. Antecedentes del fenómeno de estudio.

La gestión de residuos sólidos se está convirtiendo en un problema para las principales ciudades. Esto ocurre especialmente en los países en desarrollo debido al rápido aumento de la generación de éstos, crecimiento rápido de la población, la urbanización, la industrialización y desarrollo económico. En respuesta a dicha problemática muchas instituciones de educación superior en diversos países y a nivel nacional se han interesado tratar de dar una respuesta viable a los desechos sólidos en general y en específico para EPS podemos citar:

(Duque & Guio, 2017) UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER Colombia se presentan un trabajo denominado ANÁLISIS DE LAS INTERACCIONES ENTRE POLIESTIRENO Y LIMONENO MEDIANTE SIMULACIÓN MOLECULAR en el cual se analiza la interacción entre el EPS y el limoneno utilizando simulación molecular El análisis se basó en los resultados de la aplicación del método Monte Carlo según el código implementado en el paquete de uso libre Towhee (<http://towhee.sourceforge.net>). Las simulaciones realizadas consideraron diferente número de moléculas de poliestireno y representación tanto implícita como explícita del solvente.

(J.G. Carrillo Baeza, 2013) en la revista Colombiana Materiales publican un artículo titulado aprovechamiento de nuevos productos en base a poliestireno expandido recuperado, donde se evalúan propuestas que ayuden a resolver el problema del acumulamiento de desechos de poliestireno expandido (EPS), aquí se evalúa las propiedades a tensión de un papel tipo Kraft (estraza) cuando es barnizado con una resina con base en EPS. (p.6)

(Arcila & Giraldo, 2015) UNIVERSIDAD EAFIT de Medellín Colombia se presentó un trabajo titulado evaluación de la producción de pintura a partir de los residuos de poliestireno expandido utilizando un solvente amigable con el ambiente donde se evalúa la producción de pintura a partir de los residuos de poliestireno expandido (EPS) utilizando un solvente amigable con el ambiente, dando uso post industrial a los desechos de poliestireno expandido

(Cardenas, 2018) en la escuela superior politécnica de Chimborazo de la republica de Ecuador se presentó el trabajo “evaluación de un recubrimiento anticorrosivo a base de poliestireno expandido reciclado y tenía como objetivo evaluar un recubrimiento anticorrosivo elaborado a partir de EPS reciclado y planteaba un diseño experimental que constó inicialmente del desarrollo de dos formulaciones que se obtuvieron en función de diferentes cantidades de poliestireno expandido reciclado, d-limoneno, dióxido de titanio, óxido de zinc y octoato de cobalto como secante.

(Enma Arriola, 2013). Universidad de El Salvador referentes al reciclado del poliestireno expandido, se realizó un trabajo cuyo objetivo era evaluar el comportamiento del EPS frente a diferentes solventes orgánicos, con la finalidad de proponer la alternativa más viable para el reciclaje del poliestireno expandido.

1.2. Situación problemática.

Los desechos en la actualidad son una preocupación para la población a nivel mundial y nivel nacional. Su correcta recolección y tratamiento alcanza toda la cadena comercial, desde el productor de materia prima, el fabricante de artículos de consumo, el consumidor, el recolector, el reciclador.

El Salvador no está exento a dicha preocupación puesto que el creciente aumento en los últimos años de la población también ha generado un incremento de la actividad comercial y gran parte de esta actividad comercial radica en la utilización de productos, empaques y recipientes desechables que vuelven los procesos más baratos pero como contra parte generan grandes volúmenes de residuos sólidos que son recolectados sin ningún tratamiento previ6, gran parte de estos desechos corresponde al poliestireno expandido. (Cempre, 1998) manifiesta que el poliestireno expandido (durapax) es uno de los materiales de mayor contribuci6n al desarrollo industrial y econ6mico debido a su bajo costo de adquisici6n, principalmente en la dependencia de la poblaci6n que lo emplea en el uso de empaques, recipientes para alimentos y otros productos hechos a base de 6ste.(p.47)

Sin embargo (Cempre, 1998) afirma que despu6s de su aprovechamiento el cual tiene una vida 6til literalmente corta, estos productos son desechados junto con los dem6s residuos, pero la degradaci6n de los residuos de productos hechos de durapax puede durar hasta 1000 a6os, dependiendo de su tama6o y las condiciones ambientales a las que se le someta, de este modo, el poliestireno expandido muestra una desventaja que limita la sostenibilidad de su uso. (p.50)

Para conocer el impacto que generan los desechos sólidos entre los cuales se encuentra el EPS el (Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales, 2012) estima que en las áreas urbanas de El Salvador se generan aproximadamente 3,400 toneladas de desechos sólidos por día. Gran parte de la basura municipal contiene productos hechos de EPS y sumado a eso cerca del 98% del poliestireno expandido es aire, lo que quiere decir que estos desechos ocupan un vasto espacio en los depósitos y basureros. (p.4)

Para tener una idea de la cantidad de desecho generado en la Universidad de El Salvador se realizó una inspección visual de los 3 cafetines que operan dentro de las instalaciones de la FMO-UES donde se pudo observar que la mayoría de los recipientes para servir alimentos están hechos de EPS, y tomando en cuenta el tamaño de la población estudiantil y la actividad económica diaria no cabe duda de que la FMO-UES está dentro de los principales productores de desechos del municipio.

(Telles, 2012) Detalla que los residuos de este polímero tienen implicaciones ambientales significativas y hacen parte de una problemática de gran impacto y escala, la preocupación ambiental es creciente y gira en torno a su dificultad para degradarse, a su volumen y el problema que ha representado su reciclaje. Entre otras preocupaciones ambientales se encuentra el mal manejo de los residuos sólidos como la emisión de CO₂ a la atmósfera por la incineración del EPS, o su vertimiento en ríos y quebradas. (p.12)

Según (Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales, 2012) actualmente no existe interés claro a nivel nacional y municipal en el reciclaje de este polímero, en comparación con otros polímeros como el PET, debido a la dificultad de la separación y el poco beneficio en relación masa de polímero- volumen de desecho lo que conlleva al

nulo aprovechamiento integral del valor que representa el reciclaje del poliestireno expandido. (p.37)

Para disminuir esta problemática se aprovechar los residuos de EPS y reincorporarlo a un proceso productivo con lo que se busca disminuir significativamente el impacto negativo; disminuyendo la velocidad a la que se llenan los rellenos sanitarios, evitando la contaminación que genera el poliestireno expandido como residuo no biodegradable y alargando su vida útil con su reutilización en nuevos productos como por ejemplo resinas de recubrimiento.

1.3. Enunciado del problema.

Mediante la extracción del solvente natural d-limoneno a partir cítricos comestibles ¿Será posible reciclar el poliestireno expandido desechado en los cafetines de la FMO-UES y su caracterización físico-química, para su aplicación en las industrias de productos de recubrimiento? Además se pretende dar respuesta a lo siguiente: Utilizando cáscaras de cítricos y aplicando la técnica de extracción por arrastre de vapor ¿Será posible extraer el d-limoneno para ser usado como solvente natural en la reducción del poliestireno expandido?, por medio de métodos físicos y químicos ¿Se podrá caracterizar la fórmula química del limoneno y del PSE expandido?, Y aplicando la resina de recubrimiento en una superficie de madera ¿Será posible demostrar la efectividad de impermeabilización?

1.4. Justificación.

La gestión de residuos sólidos se está convirtiendo en un problema para las principales ciudades del mundo. Esto ocurre especialmente en los países en desarrollo debido al rápido aumento de la generación de éstos, crecimiento rápido de la población, la urbanización, la industrialización y desarrollo económico.

Los problemas que plantean los residuos sólidos traen consigo la necesidad de buscar soluciones que favorezcan un mejor manejo y aprovechamiento de éstos. Por tanto, la implementación de soluciones para el reciclaje del EPS permite que este sea reutilizado en nuevas aplicaciones o sea reciclado en nuevos productos, y así, se logra el mejoramiento ecológico.

En la actualidad existe diversidad de técnicas para el reciclaje del material. Los métodos más empleados para el tratamiento de estos residuos poliméricos son el reciclaje energético o combustión y el reciclaje químico, dentro de este último, se emplean solventes sintéticos y naturales, el uso de solventes verdes (naturales), como en el caso el d-limoneno, es una alternativa sustentable para el tratamiento del EPS.

El d-limoneno es un aceite esencial que se encuentra en las cáscaras de varios cítricos (dentro de ellos la naranja y el limón), y es reconocido como uno de los solventes naturales, que mejor solubilizan el polímero del poliestireno expandido. Además, este no genera ningún tipo de impacto negativo al medio ambiente, pues es totalmente biodegradable, y permite a su vez, el uso de las cáscaras de cítricos, también considerados como un residuo no aprovechado en nuestro país.

El desarrollo de la presente investigación busca contribuir a la solución de estos problemas reincorporando los residuos de poliestireno expandido al proceso productivo dándole un valor agregado. Al reincorporarlo a un proceso productivo se busca disminuir significativamente la velocidad a la que se llenan los rellenos sanitarios, evitando la contaminación que genera el poliestireno expandido como residuo poco biodegradable y alargando su vida útil.

La investigación sobre este tema también aporta una visión a la problemática de la generación y disposición final de los residuos del EPS, así como a un abordaje de las políticas públicas actuales sobre el consumo y la falta de conocimiento sobre el perjuicio del uso del poliestireno, la ausencia de una educación ambiental enmarcada en la autogestión, el consumo responsable y el reciclaje.

1.5. Objetivos de la Investigación.

1.5.1. Objetivo General.

- Conocer los métodos de extracción de un solvente natural a partir cítricos comestibles para el reciclaje químico de los recipientes de poliestireno expandido desechado en los cafetines de la FMO, y su caracterización físico-química, para su aplicación en las industrias de productos de recubrimiento.

1.5.2. Objetivos Específicos.

1. Aplicar los métodos de extracción para la obtención d-limoneno a partir de cítricos, para ser usado como solvente natural en la reducción del poliestireno expandido.
2. Identificar y caracterizar mediante métodos físicos y químicos la formula química del d-limoneno y del poliestireno expandido.
3. Comprobar de forma experimental la efectividad de impermeabilización de la resina de recubrimiento en superficie de madera bajo distintas condiciones ambientales.

CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO.

2.1. Reseña Histórica.

A pesar de lo que la gente piensa, el reciclaje no es nada nuevo. Se remonta muy atrás en el tiempo. De una u otra forma el aprovechamiento y reutilización de los materiales de desecho ha estado presente desde los comienzos de la historia del ser humano. En 1031 d.C. los japoneses empiezan a almacenar el papel usado para reciclarlo. Por lo tanto, todos los documentos o papiros antiguos de Japón están hechos con papel reciclado. En 1690 d.C. se introdujo por primera vez el reciclaje en la industria manufacturera y fue en EE. UU., en la histórica ciudad de Rittenhouse Mill, cerca de Philadelphia, se fabricó fibra de papel proveniente de trapos y telas de algodón y lino reciclados. **A principios del siglo XX, llegó el “boom consumista del usar y tirar”**, con productos y envases de un sólo uso, que provocó un problema generalizado que sigue hasta nuestros días de la excesiva acumulación de basura en los vertederos. (¿Que es el poliestireno expandido?, 2006)

El plástico es uno de los materiales más utilizados en el mundo visto a través de la historia del plástico, se implementa como material principal de muchos productos y maquinarias simples; el plástico de igual manera es considerado como uno de los contaminantes más potentes en todo el globo terráqueo. Desde su adopción masiva en la historia del plástico en la década de 1950, los productos plásticos desechados llenaron los vertederos y contuvieron los mares y la tierra con materiales que no se descompondrán durante siglos y siglos.

Para combatir este problema, los gobiernos de muchos países del mundo establecieron reglas para el reciclaje de plásticos, por lo que establecieron procesos industriales para transformar el plástico desechado en materiales útiles y educaron a las comunidades sobre los beneficios del reciclaje en todo el mundo.

(Caceres, 2009) plantea que debido al complicado proceso de reciclaje y la falta de voluntad de las personas para deshacerse adecuadamente de sus plásticos no deseados, las tasas de reciclaje de plástico se retrasan con respecto a otros artículos, como papel, vidrio y metal. En 2008, solo se recicló el 6,5% (2,2 millones de toneladas) de residuos plásticos post-consumo, el 7,7% (2,6 millones de toneladas) se quemó para producir energía y el 85,5% (28,9 millones de toneladas) se destinó a vertederos. (p.1)

Actualmente la disposición final que tiene el EPS en El Salvador es en un relleno sanitario, tirado en las calles, incinerado etc. Provocando con esto un significativo impacto ambiental, así como contaminación visual, contaminación del aire, del agua, del suelo; la disposición final que se le dé a este tipo de productos. Cabe mencionar que la mayoría de la sociedad ignora que el reciclaje de estos desechos es de gran valor ya que el aprovechamiento de materiales con potencial reciclable tiene muchos beneficios, entre los más importantes podemos mencionar:

- Preservación de los recursos naturales, pues la materia reciclada se reutiliza, disminuyendo con ello, el uso de los recursos naturales.
- Reducción del volumen de desechos que se depositan en los rellenos sanitarios, por lo que aumenta su vida útil.

- Reducción de costos asociados a la producción de nuevos bienes, ya que muchas veces el empleo de material reciclado supone un costo menor que el material virgen.

Según (Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales, 2012) en el municipio de San Miguel el mayor porcentaje de reciclaje de desechos proviene de la recuperación informal que ha fomentado la proliferación de sitios donde se almacenan los materiales con potencial de reciclaje, pero funcionando en espacios y condiciones inadecuadas, y la mayoría operan sin los permisos pertinentes. Un buen porcentaje de desechos que se comercializan se recuperan en rellenos sanitarios, siendo la principal fuente de ingresos para los pepenadores y sus familias.

El hecho de que el municipio no cuente con una disposición adecuada de los residuos de EPS así como otros desechos sólidos genera altos costos de manejo de los desechos, debido a que los municipios cargan con la disposición final de todos los desechos comunes: plásticos, vidrio, papel; y desechos especiales como: llantas, computadoras, entre otros, también al tener casi nula responsabilidad extendida del productor: los fabricantes y distribuidores-importadores no se responsabilizan de los desechos que generan el consumo de sus productos

2.2. Marco Teórico.

2.2.1. *Química del limoneno.*

El portal web (QuimiNet, 2012) define al d-limoneno como una molécula mono-terpénica y componente principal de los aceites esenciales extraídos a partir de cáscaras de cítricos. En los últimos años ha adquirido una singular importancia debido a

su demanda como disolvente biodegradable. Aparte de disolvente industrial también tiene aplicaciones como componente aromático y es ampliamente usado para sintetizar nuevos compuestos. Puesto que es un derivado de los cítricos, el limoneno se considera un agente de transferencia de calor limpio y ambientalmente inocuo con lo cual es utilizado en muchos procesos farmacéuticos y de alimentos.

(QuimiNet, 2012) Expone que el limoneno posee un centro quiral, concretamente un carbono asimétrico. Por lo tanto, existen dos isómeros ópticos: el D-limoneno y el L-limoneno. La nomenclatura IUPAC correcta es R-limoneno y S-limoneno, pero se emplean con más asiduidad los prefijos D y L o alfa y beta. El limoneno levógiro (-) se extrae de la cáscara de los limones y le confiere su olor característico. El limoneno dextrógiro (+) es un líquido aceitoso que puede extraerse fácilmente de la cáscara de naranjas y es el responsable de su olor.



Isómeros del limoneno.

Fuente: (QuimiNet, 2012)

Los isómeros ópticos del limoneno son indistinguibles a procesos químicos corrientes, pero nuestro olfato los identifica con facilidad por que se acoplan a receptores distintos. Así el d-limoneno huele a naranjas, mientras que el l-limoneno huele a limones.

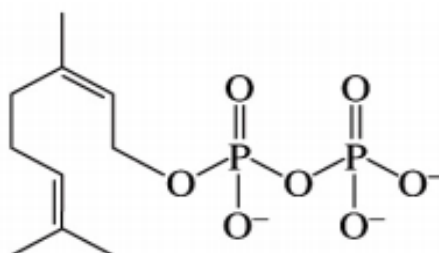
2.2.2. **Biosíntesis del limoneno.**

Al igual que otros monoterpenos presentes en los cítricos (terpenos con 10 carbonos en su fórmula) y en otras especies vegetales el limoneno proviene del pirofosfato de geranilo. Sin embargo, y como ya sabemos, no todas las plantas producen la misma cantidad de cada terpeno, por lo que la cantidad final de cada uno depende de una planta a otra.

Según (Fernández, 2019) el pirofosfato de geranilo o geranil pirofosfato es un intermediario de la vía del mevalonato también llamada vía de reductasa, la cual es usada por los organismos en la biosíntesis del pirofosfato, colesterol y terpenoides.

(p.1)

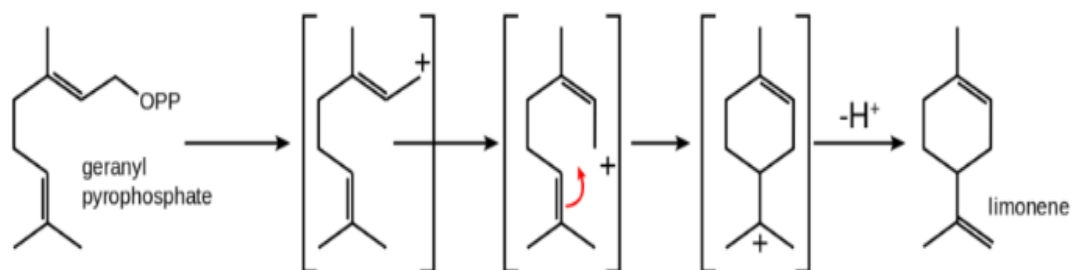
Pirofosfato de geranilo.



Fuente: (Fernández, 2019)

Se cree que las plantas sintetizan limoneno como insecticida natural debido a su intenso olor, que repele a posibles parásitos o depredadores. No en vano, se estima que el limoneno es el segundo terpeno más encontrado en la Naturaleza, (siendo el pineno el número uno) lo que sugiere que se trata de un compuesto con enorme potencial. Además de en otras plantas, se encuentra en cantidades especialmente elevadas en la piel de limones, limas, naranjas, mandarinas etc.

Síntesis de limoneno a partir de pirofosfato de geranilo.



Fuente: (Fernández, 2019)

(QuimiNet, 2012) Explica que el limoneno es usado, en disolvente de resinas, pigmentos, tintas, en la fabricación de adhesivos, etc. También es usado por las industrias farmacéutica y alimentaria como componente aromático y para dar sabor, siendo usado, por ejemplo, en la obtención de sabores artificiales de menta y en la fabricación de dulces y goma de mascar.

Propiedades fisicoquímicas del limoneno.

Olor	Cítrico
Formula química	C ₁₀ H ₁₆
Nombre químico	Dipenteno, 1-metil-4-(1-metiletetil) ciclo hexano
Peso molecular	136,24 g/mol
Densidad de vapor	0,015 g/l a 20°C
Viscosidad a 25° C	3,5 centipoises
Punto de ebullición	350,6°F (177°C)
Densidad líquida	0,844 g/CC A 20°C
Densidad de vapor	0,015 g/l a 20° C
Capacidad calorífica	0,48 calorías/CC
Calor de combustión	1473,9 Kcal/mol a 25°C
Calor de formación	+19,64 kcal/mol-g
Calor de vaporización	ΔHv=10508,4 calorías/g-mol
Gravedad específica a 20°c	0,84-0,85

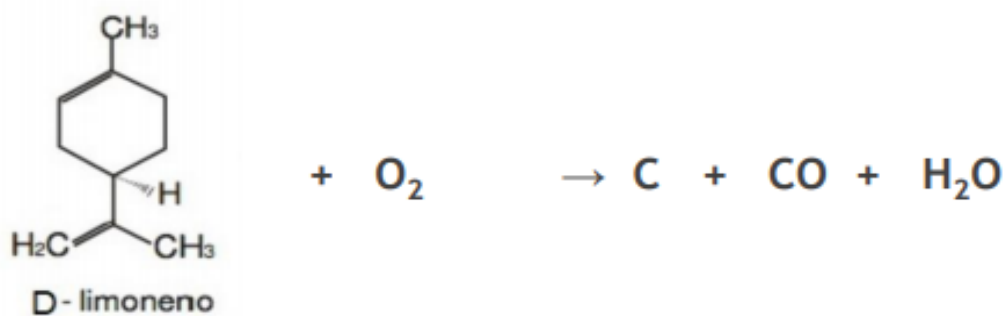
Fuente: (QuimiNet, 2012)

Recientes estudios parecen apuntar que el limoneno tiene efectos anticancerígenos. Incrementa los niveles de enzimas hepáticos implicados en la detoxificación de carcinógenos. La glutatióna S-transferasa (GST) es un sistema que elimina carcinógenos. El limoneno parece promover el sistema GST del hígado y los intestinos atenuando el efecto dañino de los carcinógenos. Estudios en animales demuestran que limoneno en la dieta reduce el crecimiento tumoral en mamíferos.

(Arthuz López & Pérez Mora, 2019) Detallan que en la búsqueda actual por obtener solventes más amigables con el ambiente se ha encontrado que el limoneno esta entre los disolventes que se pueden utilizar para sustituir hexano y los hidrocarburos halogenados, ya que ha sido sugerido como una alternativa verde muy valiosa por ser un compuesto biodegradable, además que se considera un agente de transferencia de calor limpio y ambientalmente inocuo.(p.209)

2.2.3. *Ensayos de caracterización de d-limoneno.*

Ensayo Físico Combustión. El limoneno es un alqueno, al presentar dobles enlaces en su estructura. Los alquenos al ser hidrocarburos son combustibles y arden en presencia de oxígeno atmosférico y una llama. Da una combustión incompleta por la llama amarilla que se observa y la presencia de carbono genera humo negro



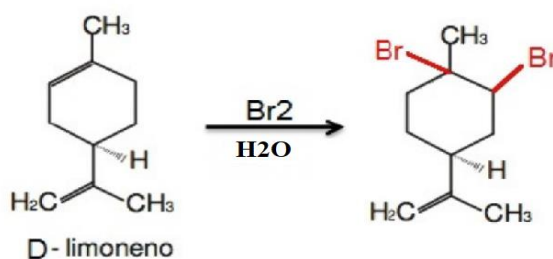
Ecuación química de combustión del limoneno.

Ensayo Químico Insaturación. Se utiliza para identificar la presencia de insaturaciones, los alquenos tienen la capacidad de decolorar al permanganato de potasio (KMnO_4), por la presencia de los dobles enlaces de las moléculas. El permanganato de potasio (KMnO_4), oxida a los alquenos formando dioles vecinales. El reactivo de Baeyer es un oxidante muy fuerte.



Reacción del d-limoneno con KMnO_4 en presencia de agua.

Halogenación con Bromo. Para identificar que es un alqueno, el limoneno se somete a la prueba de halogenación de alquenos con bromo (Br_2). La halogenación de alquenos tiene lugar con adición de átomos de halógeno al doble enlace para dar un dihalo alcano vecinal. La reacción también puede efectuarse con cloro y bromo, con flúor es explosiva y con yodo termodinámicamente desfavorable. El bromo de color rojo al agregarlo a la solución de limoneno, se desvanece hasta que color transparente lo que significa presencia de dobles enlaces en la molécula de limoneno.



Reacción del d-limoneno con Br_2 en presencia de agua.

2.2.4. Obtención de Poliestireno Expandido.

(tierra, 2009) El poliestireno es un polímero que se obtiene por un proceso denominado polimerización, que consiste en la unión de muchas moléculas pequeñas para lograr moléculas muy grandes. La sustancia obtenida es un polímero y los compuestos sencillos de los que se obtienen se llaman monómeros. El monómero utilizado como base en la obtención del poliestireno es el estireno (vinilbenceno): $C_6H_5 - CH = CH_2$ El Poliestireno Expandido (EPS) Mejor conocido como uncel, es un material de plástico celular, rígido fabricado a partir del moldeo de perlas pre expandidas de poliestireno expandible, que presenta una estructura celular cerrada y rellena de aire. (p.115)

(¿Que es el poliestireno expandido?, 2006) En 1831 el estireno, fue aislado de una corteza de árbol. Sin embargo, hoy se obtiene a partir del petróleo. El poliestireno (polimerización del estireno) fue sintetizado por primera vez a nivel industrial en el año 1930. Hacia fines de la década del 50, la firma BASF (Alemania) por iniciativa del Dr. F. Stastny, desarrolla e inicia la producción de un nuevo producto: poliestireno expandible, bajo la marca Styropor. Ese mismo año fue utilizado como aislante en una construcción dentro de la misma planta de BASF donde se realizó el descubrimiento (p.2)

El EPS presenta una amplia gama de aplicaciones, desde envases de contacto con alimentos hasta aisladores térmicos en edificios; lo anterior debido a sus características de alta resistencia química y mecánica, aislamiento térmico, aislamiento acústico, resistencia al impacto y baja absorción de agua.

Por otra parte, el EPS es soluble en algunos disolventes orgánicos, lo cual conduce a un proceso para el tratamiento de sus residuos. Los resultados experimentales han mostrado que entre los disolventes más adecuados para desarrollar un proceso “verde” para el tratamiento del PS se encuentran los componentes de los aceites esenciales como *d*-limoneno, *p*-cimeno, terpineno y felandreno.

2.2.5. Propiedades físicas del poliestireno expandido.

El poliestireno como la gran mayoría de los polímeros termoplásticos, es un derivado de los hidrocarburos (petróleo o gas natural). La gran variedad de tipos que existen, lo convierten en un material muy versátil, apropiado para un amplio número de aplicaciones.

Una de las principales propiedades físicas del EPS es su baja densidad, esto se debe a que aproximadamente el 95 % del volumen de este material es aire y el porcentaje restante es poliestireno.

El tamaño de las perlas de poliestireno expandido así como el de las celdas que lo conforman al igual que la densidad de los bloques del EPS dependen de la temperatura y el tiempo de fusión utilizados durante los procesos de pre-expansión y expansión. Las membranas que conforman la estructura celular cerrada de poliestireno expandido no son permeables al agua en este líquido.

(López, 2009) Cuando una muestra de EPS se sumerge al agua, los espacios libres entre las perlas tienden a ser ocupados por el agua. (p.5)

Propiedades físicas del EPS.

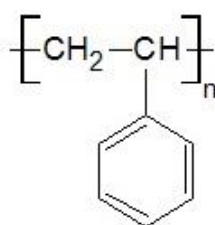
Propiedad	Descripción
Densidad	Los productos y artículos acabados en Poliestireno expandido (EPS) se caracterizan por ser extraordinariamente ligeros aunque resistentes. En función de la aplicación las densidades se sitúan en el intervalo que va desde los 10 kg/m ³ hasta los 35 kg/m ³ .
Resistencia Mecánica	<p>La resistencia a los esfuerzos mecánicos de los productos de EPS se evalúan generalmente a través de las siguientes propiedades:</p> <ul style="list-style-type: none"> -Resistencia a la compresión para una deformación del 10%. -Resistencia a la flexión. -Resistencia a la tracción. -Resistencia a la cizalladura o esfuerzo cortante. -Fluencia a compresión.
Calor	El color natural de Poliestireno expandido es blanco, esto se debe a la refracción de la luz.
Tensión de Compresión	Esta propiedad se requiere en los productos de Poliestireno expandido sometidos a carga, como suelos, cubiertas, aislamiento perimetral de muros, etc. en la práctica la deformación del Poliestireno expandido en estas aplicaciones sometidas a carga es muy inferior al 10%.
Comportamiento frente al agua	<p>El Poliestireno expandido no es higroscópico, a diferencia de lo que sucede con otros materiales del sector del aislamiento y embalaje. Incluso sumergiendo el material completamente en agua los niveles de absorción son mínimos con valores oscilando entre el 1% y el 3% en volumen.</p> <p>Al contrario de lo que sucede con el agua en estado líquido el vapor de agua sí puede difundirse en el interior de la estructura celular del EPS cuando entre ambos lados del material se establece un gradiente de presiones y temperaturas.</p>

Fuente: (¿Que es el poliestireno expandido?, 2006)

2.2.6. **Química del Poliestireno Expandido.**

El Poliestireno (PS), la base de la familia de los plásticos estirénicos, es un polímero lineal de alto peso molecular, su fórmula química es $[\text{CH}(\text{C}_6\text{H}_5)\text{CH}_2]_n$. La principal forma comercial del poliestiereno es amorfa, por tanto, posee alta transparencia. El efecto de rigidez de los grupos fenilo colgantes aumentan el punto de transición vítrea (T_g) ligeramente por encima de los 100°C . Arriba de su T_g , el poliestireno se puede procesar fácilmente por inyección o extrusión, aunque con una ligera degradación.

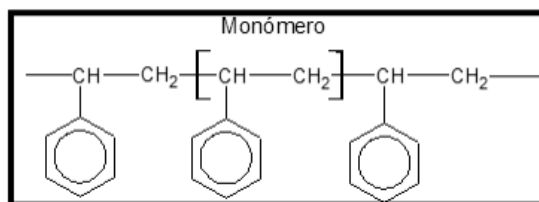
Estructura molecular del EPS.



Fuente: (¿Que es el poliestireno expandido?, 2006)

2.2.7. **Reacciones de Obtención del Poliestireno Expandido.**

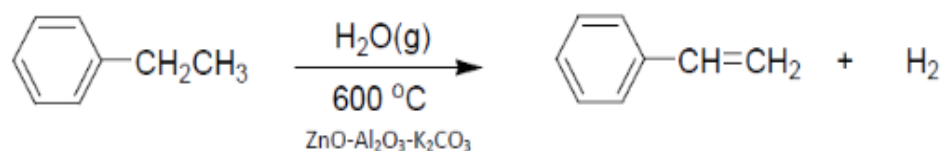
El poliestireno es un polímero que se obtiene por un proceso denominado polimerización, que consiste en la unión de muchas moléculas pequeñas para lograr moléculas muy grandes. La sustancia obtenida es un polímero y los compuestos sencillos de los que se obtienen se llaman monómeros. El monómero utilizado como base en la obtención del poliestireno es el estireno.



Monómero de estireno.

A escala industrial, el poliestireno se prepara calentando el etilbenceno (C₆H₅ - CH₂ - CH₃) en presencia de un catalizador para dar lugar al estireno (C₆H₅ - CH = CH₂). El etilbenceno se emplea, casi exclusivamente, para la obtención de estireno, líquido incoloro, que es el monómero del poliestireno. La mayor parte de estireno se obtiene por deshidrogenación catalítica de etilbenceno. Como catalizador se emplea un sistema de tres componentes: ZnO-Al₂O₃-K₂CO₃.

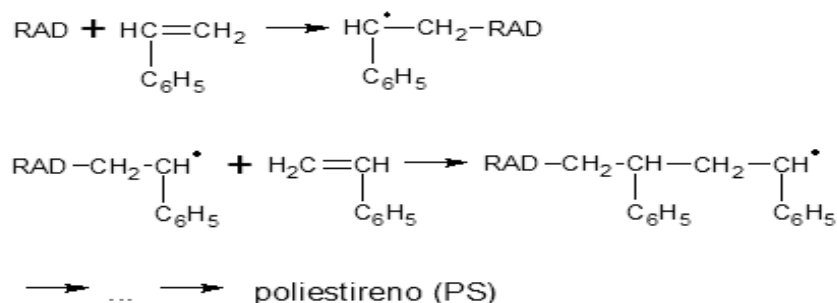
Reacción de obtención de estireno a partir de etilbenceno.



Fuente: (eii.UVA.ES, 2009)

La polimerización del estireno requiere la presencia de una pequeña cantidad de un iniciador, entre los que se encuentran los peróxidos, que opera rompiéndose para generar un radical libre. Este se une a una molécula de monómero, formando así otro radical libre más grande, que a su vez se une a otra molécula de monómero y así sucesivamente. Finalmente se termina la cadena por reacciones tales como la unión de dos radicales, las cuales consumen, pero no generan radicales.

Reacción de polimerización del EPS.



Fuente: (¿Que es el poliestireno expandido?, 2006)

Existen dos tipos principales de poliestireno: el de uso general (GPPS) y el de alto impacto (HIPS). El PS de uso general se caracteriza por su transparencia y fragilidad, puede ser fácilmente coloreado y procesado y tiene un costo relativamente bajo. El PS de alto impacto se produce al mezclar físicamente estireno con varios elastómeros como el butadieno. Existen varios grados de HIPS disponibles en el mercado. El HIPS es utilizado en carcasas de electrónicos domésticos, juguetes, video y audio cassetts y empaque de alimentos.

(López, 2009) El poliestireno se gradúa de acuerdo con sus características de procesamiento. Los poliestirenos de fácil procesamiento tienen el peso molecular más bajo y por lo general son utilizados en platos, vasos y utensilios desechables, empaque rígido y juguetes económicos y son especialmente útiles en el moldeo de piezas. (p.57)

Propiedades químicas del EPS.

Sustancia Activa	Estabilidad
Solución salina/Agua de mar	Estable: el EPS no se destruye con una acción prolongada
Jabones y soluciones de tensioactivos	Estable: el EPS no se destruye con una acción prolongada
Lejías	Estable: el EPS no se destruye con una acción prolongada
Ácidos diluidos	Estable: el EPS no se destruye con una acción prolongada
Ácido clorhídrico (al 35%), ácido nítrico (al 50%)	Estable: el EPS no se destruye con una acción prolongada
Ácidos concentrados (sin agua) al 100%	No estable: el EPS se contrae o se disuelve
Soluciones alcalinas	Estable: el EPS no se destruye con una acción prolongada
Disolventes orgánicos (acetona, esterres, etc.)	No estable: el EPS se contrae o se disuelve
Aceite de parafina, vaselina	Relativamente estable: en una acción prolongada, el EPS puede contraerse o ser atacada su superficie
Aceite de diesel	No estable: el EPS se contrae o se disuelve
Carburantes	No estable: el EPS se contrae o se disuelve
Alcoholes (metanol, etanol)	Estable: el EPS no se destruye con una acción prolongada
Aceites de silicona	Relativamente estable: en un acción prolongada, el EPS puede contraerse o ser atacada su superficie

Fuente: (¿Que es el poliestireno expandido?, 2006)

(Arthuz López & Pérez Mora, 2019) El poliestireno expandido (EPS) es un material polimérico y espumado usado en diversas aplicaciones y sectores, entre ellos en el sector de la construcción, donde su función es aislar la temperatura y el sonido. Su mayor uso lo constituye la producción de envases para comida y embalaje de diversos artefactos. El polímero es de baja densidad, liviano, proviene del petróleo y es de gran volumen, por tanto, es un residuo de alto valor de reciclaje y abundante. Paradójicamente no se separa en la fuente para su reciclado, el porcentaje de recuperación del poliestireno expandido es apenas del 12 %, en relación con los demás residuos reciclables, como el papel y el vidrio, los cuales provienen de diferentes sectores industriales y domésticos. (p.213)

(Andres, Bilbao, & Lopez, 2004) Los residuos poliméricos, incluyendo EPS, aportan 2.000 millones de toneladas de dióxido de carbono, equivalente al año en emisiones de gases efecto invernadero a la atmósfera. De igual forma, el EPS es un residuo nocivo para el medio ambiente dado que no se degrada por su naturaleza inerte, asimismo, llega a compartimientos acuáticos en donde animales lo ingieren llenando su sistema digestivo de un plástico no digerible, lo que les produce muerte por inanición. (p.28)

(Gianni, 2008) Dadas estas problemáticas, a nivel mundial se han considerado diversas alternativas para su manejo, dentro de ellas el reciclaje. El reciclaje del poliestireno expandido (EPS) consiste en la reducción del tamaño del grano y disminución del gas que contiene, lo que permite disminuir su volumen. La viabilidad del reciclaje de EPS aumenta cada vez más dada la disminución de este residuo y el bajo impacto ambiental generado en el proceso de recuperación (p.43)

(Samper Rico, 2008). Afirma que actualmente se están utilizando los siguientes métodos para el reciclado del Poliestireno Expandido:

- Reciclaje Químico.
- Reciclaje Mecánico y Trituración.
- Reciclaje por Aglutinamiento.

El reciclaje químico se basa en la solubilidad del material en diferentes solventes de acuerdo con su característica de polaridad usando un solvente con la misma característica, según (Garcia, 2009), el poliestireno es un compuesto no polar, con lo cual se debe usar un solvente no polar para llegar a formar soluciones, dando buenas características y llegando a soluciones saturadas, para garantizar la solubilidad total del material. (p.33)

(Duque & Guio, 2017) El problema que plantean estos residuos ha motivado el desarrollo de tecnologías para el aprovechamiento y reúso. Los tratamientos para residuos poliméricos de mayor aplicación corresponden a: (a) incineración, que genera emisión de gases de efecto invernadero; (b) transformación física en nuevos productos (ladrillos porosos y hormigón prefabricado); y (c) reciclado, que puede ser químico para generar productos útiles de bajo peso molecular o por disolución. De los anteriores tratamientos, el reciclado por disolución ofrece la ventaja de una reducción de tamaño a temperatura ambiente. Varios reportes proponen y analizan el uso de productos naturales como solventes de los residuos de EPS ambientalmente amigables. Entre los productos naturales utilizados se encuentra el *d*-limoneno, el cual es posible conseguirlo con relativa facilidad. (P.23-27)

(Sin y Chase 2005) desarrollaron una técnica de reciclaje de EPS (poliestireno expandido), que consiste en disolver con el solvente natural d-limoneno, para producir de forma económica nano fibras de poliestireno. El EPS puede ser convertido en nano fibras por más solventes, pero estos solventes causan problemas en el medio ambiente y se dificulta mucho su proceso de tratamiento, por lo tanto, se prefiere un solvente natural como el d-limoneno.(p.14)

2.2.8. Métodos de Extracción de Aceites Esenciales.

Según la variedad de material vegetal de la planta o fruto a emplear y la estabilidad del aceite esencial que se pretenda extraer, se emplean diversos procedimientos físicos y químicos de extracción, donde su correcta aplicación será lo que determine la cantidad y calidad del producto final y entre los más importantes:

Prensado: Este método se utilizaba para extraer esencias de la familia de los cítricos. Se prensaba la piel de la fruta a mano, hasta que las glándulas de aceites estallaban y se podía recolectar el aceite con una esponja. Una vez saturada, la esponja se escurría en un recipiente. Actualmente, este método de extracción se ha mecanizado y se han dejado de utilizar las manos.

Rozamiento: Método que se utilizaba históricamente era la extracción de aceite de las flores a partir del rozamiento. La materia prima era colocada en láminas de vidrio, llamadas "bastidor", que estaban cubiertas de grasa purificada. La grasa absorbía el aceite esencial y una vez terminado, se removía y reemplazaba por una nueva. Este proceso era repetido tantas veces como sea necesario hasta que la grasa esté saturada con aceites esenciales. El resultado de este proceso era denominado "pomada"; luego era disuelta en alcohol. Si bien la grasa no se disuelve en alcohol, el

aceite esencial sí. El líquido resultante de este proceso se calentaba con cuidado y al evaporarse primero el alcohol, el aceite esencial en su estado puro quedaba en el recipiente.

Maceración: Este proceso es similar al rozamiento y es el método que le permite extraer aceites esenciales en el hogar en un estado ya diluido. Se machacan las flores u hojas para provocar la ruptura de las glándulas de aceite o células y luego colocarlas en un aceite vegetal que se mantiene tibio. El aceite vegetal absorbe el aceite esencial y el resto se drena. El nuevo material se agrega al portador ya calentado. Este proceso se repite hasta que la grasa o aceite vegetal sea lo suficientemente concentrado.

Extracción con Solvente: Este es uno de los métodos más modernos de extracción y se utiliza principalmente con aceites de flores costosos y delicados como el jazmín, rosas y nardos, etc. Técnicamente los productos utilizados en la extracción solvente no son aceites esenciales, sino que nos referimos a ellos de manera más exacta como "absolutos". La versión simplificada de la extracción con solvente es la siguiente:

- En primer lugar, se cubren las flores con un solvente químico que absorbe el aceite esencial. La mezcla del solvente y aceite esencial lleva el nombre de "extracto".
- En el siguiente paso se remueve el solvente a través de un proceso de destilación del extracto a baja presión. Se reduce aquí el punto de ebullición del solvente de manera tal que para ser removido solo se requiere un calor suave, dejando solo las moléculas aromáticas.

- El concentrado se enfría y se solidifica con una consistencia similar a la cera - en este punto pasa a denominarse "concreto".
- Para poder remover la cera no deseada, el concreto se lava y se entibia en alcohol, lo que hace que los aceites se disuelvan en él.
- La mezcla con alcohol luego se enfría y se separa la cera remanente, se filtra y se remueve el alcohol por destilación en vacío a la menor temperatura posible. El producto final se refiere como "absoluto".

Extracción de Dióxido de Carbono (CO₂): La extracción con CO₂ es un desarrollo que se ha comenzado en las últimas décadas y es por este motivo relativamente reciente. Se producen aceites puros y de una calidad única, que difieren en gran medida de aquellos aceites destilados con vapor. Una de las ventajas de su uso es que, al ser el CO₂ un gas inerte, no reacciona químicamente con el aceite que se extrae, es no-tóxico, incoloro e inodoro, al mantener temperaturas bajas, los componentes que podrían ser dañados por la temperatura no sufren ningún daño; no hay notas más bajas o altas; se retienen los olores y sabores naturales característicos se mantienen.

Destilación por Vapor: El material de la planta, conocido como carga, se coloca en un destilador y luego se pasa vapor caliente a través de este. El calor rompe la cámara de almacenamiento del aceite esencial con la carga y libera el aceite hacia el vapor (son volátiles). El vapor/aceite sube dentro del destilador hasta un condensador, que es simplemente un tubo en espiral sumergido en agua fría, que condensa el vapor en agua. Al final de la condensación, el agua y los aceites esenciales se recogen en un recipiente conocido como "balón de destilación".

2.2.9. Cálculo del Rendimiento de Aceite Esencial.

Fórmula para el cálculo del rendimiento de aceite esencial:

$$\%Rendimiento = \left(\frac{W_f - W_o}{W_m} \right) \times 100$$

Donde:

Wf: peso final del aceite esencial en el frasco (g).

Wo: peso del frasco vacío (g).

Wm: peso de la materia prima o flabelo (g).

Fórmula para el Cálculo del rendimiento medio de aceite esencial.

$$X = \left(\frac{\sum X}{n} \right)$$

Donde:

X: rendimiento medio de aceite esencial para cada tratamiento (%).

$\sum X$: sumatoria de rendimiento de aceite esencial en cada tratamiento (%).

n: número de repeticiones realizadas.

2.3. Marco Normativo.

En El Salvador, el medio ambiente está tutelado desde la perspectiva constitucional en el art. 117 de nuestra carta magna en donde se establece: “Es deber del Estado proteger los recursos naturales, así como la diversidad e integridad del medio ambiente, para garantizar el desarrollo sostenible.

Se declara de interés social la protección, conservación, aprovechamiento racional, restauración o sustitución de los recursos naturales, en los términos que establezca la Ley.

En El Salvador actualmente no se cuenta con un mecanismo de reciclaje ni de tratamiento de Poliestireno Expandido propiamente, sin embargo, el Ministerio del Medio Ambiente y Recursos Naturales (MARN) ha iniciado acciones respecto a esta problemática que se tiene actualmente por este material, ya que genera un gran volumen de desperdicio sin ser tratado.

(Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales, 2012) El Ministerio del Medio Ambiente cuenta con lineamientos para separación y tratamiento de desechos sólidos titulado "*Lineamientos para impulsar la separación desde el origen y aprovechamiento de los desechos sólidos a nivel municipal 2012*", que muestra el interés de esta institución para reducir la cantidad de desechos sólidos generados a nivel municipal y general para todo tipo de desecho solido producido por la población, la industria, el comercio, entre otros. Entre los elementos que tiene este programa "*Lineamientos para impulsar la separación desde el origen y aprovechamiento de los desechos sólidos a nivel municipal 2012*" se puede encontrar:

2.3.1. Plan Nacional para el Mejoramiento de los Desechos Sólidos.

(Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales, 2012) Tiene como finalidad dotar de infraestructura para un adecuado tratamiento y disposición final de los desechos sólidos, por medio de la construcción y ampliación de rellenos sanitarios y plantas de compostaje y recuperación.

2.3.2. *Plan Nacional de Recuperación de Desechos sólidos.*

(Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales, 2012) Busca la participación de la empresa privada y los gobiernos locales para poder lograr una gestión integrada promoviendo la reducción de contaminantes, la reutilización, la segregación, recolección selectiva y aprovechamiento. Integrando de esta forma a la empresa privada podría ayudar a reducir la cantidad de contaminantes sólidos. Generando alternativas de reciclaje y que sean económicamente viables podría ser un incentivo para las empresas para que tomen un interés real por el tratamiento de desechos de sus productos.

2.3.3. *Plan Nacional de Sensibilización para el Manejo Integral de los Desechos Sólidos.*

(Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales, 2012) Este apartado tiene como objetivo formar conciencia en la sociedad y promover cambio de actitudes, considerando que la mayor cantidad de desechos de Poliestireno expandido (durapax) es utilizado en cafeterías, lugares de comidas rápidas, establecimientos de ventas en la calle, es importante incluir a la población en el interés por la reducción de la contaminación.

2.3.4. *Ley General de Medio Ambiente.*

TÍTULO V PREVENCIÓN Y CONTROL DE LA CONTAMINACIÓN.

CAPÍTULO I.

DISPOSICIONES ESPECIALES.

DEBERES DE LAS PERSONAS E INSTITUCIONES DEL ESTADO.

Art. 42.- Toda persona natural o jurídica, el Estado y sus entes descentralizados están obligados, a evitar las acciones deteriorantes del medio ambiente, a prevenir, controlar, Vigilar y denunciar ante las autoridades competentes la contaminación que pueda perjudicar la salud, la calidad de vida de la población y los ecosistemas, especialmente las actividades que provoquen contaminación de la atmósfera, el agua, el suelo y el medio costero marino.

PROGRAMAS DE PREVENCIÓN Y CONTROL DE LA CONTAMINACIÓN.

Art. 43.- El Ministerio elaborará, en coordinación con el Ministerio de salud Pública y Asistencia Social, los entes e instituciones del Sistema Nacional de Gestión del Medio Ambiente, programas para prevenir y controlar la contaminación y el cumplimiento de las normas de calidad. Dentro de los mismos se promoverá la introducción gradual de programas de autorregulación por parte de los titulares de actividades, obras o proyectos.

CONTAMINACIÓN Y DISPOSICIÓN FINAL DE DESECHOS SÓLIDOS.

Art. 52.- El Ministerio promoverá, en coordinación con el Ministerio de Salud Pública y Asistencia Social, Gobiernos Municipales y otras organizaciones de la sociedad y el sector empresarial el reglamento y programas de reducción en la fuente, reciclaje, reutilización y adecuada disposición final de los desechos sólidos. Para lo anterior se formulará y aprobará un programa nacional para el manejo Integral de los desechos sólidos, el cual incorporará los criterios de selección de los sitios para su disposición final.

CAPÍTULO III: OPERACIONALIZACIÓN DE LAS VARIABLES.

VARIABLE	DEFINICIÓN	OPERACIONALIZACIÓN	DIMENSIÓN	INSTRUMENTOS	INDICADORES
Reciclaje de poliestireno expandido.	Es la acción que permite volver a utilizar bienes o productos desechados y darles un uso igual o diferente a aquel para el que fueron creados.	El poliestireno expandido es forzado a sus constituyentes químicos de origen, lo que permite que sea usado para formar materiales nuevos o productos derivados.	Cantidad de poliestireno expandido antes de aplicación del solvente.	Balanza analítica y Ficha de recolección de datos.	Peso en gramos.
			Resina de recubrimiento obtenida en el laboratorio del INJFK.	Probeta graduada.	ml de resina.
				Ficha de recolección de datos.	
Uso de solvente de origen natural d-limoneno.	Sustancia orgánica constituida por terpenos y compuestos aromáticos que se localizan en determinados órganos de plantas y frutos cítricos.	Es una molécula apolar, no posee diferencias de cargas a lo largo de su estructura, por lo que es un buen disolvente de sustancias con esa misma característica como el EPS.	Cantidad de solvente.	Probeta graduada.	ml de solvente.
			Concentración	Probeta graduada.	ml de solvente.
				Balanza analítica.	Gramos de EPS.
			Temperatura	Termómetro.	°C

CAPÍTULO IV: DISEÑO METODOLÓGICO.

4.1. Tipos de Estudio.

La presente investigación según su medición y análisis de la información es de tipo:

Cuantitativa: porque se trabajó con variables de las cuales se tuvo un control sistemático de una sobre otra en una situación experimental, cuya finalidad es la recopilación y análisis de datos numéricos cuantificables obtenidos mediante instrumentos de medición previamente establecidos.

De acuerdo con el tiempo de ejecución el tipo de estudio es:

Prospectivo: ya que el periodo de recolección de datos y análisis de la información se llevó a cabo después de aplicación de los instrumentos, y se desarrolló en un periodo corto de tiempo, el registro y procesamiento de los datos, se hizo en el momento en que se aplicó las técnicas cuantitativas.

De acuerdo con su periodo y secuencia el tipo de estudio es:

Transversal: puesto que la observación fue fundamental para el análisis de datos y variables recopiladas en un periodo de tiempo determinado sobre una población y muestra predefinida.

A la vez se considera una investigación de:

Campo: porque la recolección de datos e información se realizó de fuentes primarias para un propósito específico través del contacto directo con el objeto de estudio en su medio para su posterior análisis.

Laboratorio: porque mediante la experimentación y manipulación de variables que se encuentran dentro de dicho fenómeno se pretende encontrar alguna relación, en este caso el solvente natural d-limoneno y el EPS para elaborar una resina de recubrimiento de la que se analizaron las propiedades físicas y químicas.

4.2. Método de Investigación.

El método de investigación a utilizar es el método científico con enfoque cuantitativo en el cual se usará la correlación de los datos, con base en la medición numérica y análisis estadísticos.

4.2.1. Población y Muestra.

POBLACIÓN. La población esta constituida por todos los recipientes (platos, bandejas, vasos y recipientes para sopa) de EPS que existen como residuo dentro de las instalaciones de FMO-UES, que diariamente alcanzan un promedio de 500 unidades.

MUESTRA. La muestra es de 25 platos y 25 bandejas de EPS, haciendo un total de 50 recipientes, necesarios para las pruebas y se recolectaron de los recipientes de basura situados en los cafetines dentro de las instalaciones de la FMO-UES.

4.2.2. Criterios de Inclusión.

1. Recipientes de poliestireno expandido usados y limpios.
2. Recipientes depositados en los contenedores dentro de las instalaciones de la FMO.
3. Recipientes de mayor tamaño principalmente platos y bandejas.

4.2.3. Técnicas Cuantitativas.

Técnicas del trabajo de campo.

- Observación.
- Selección de muestras.
- Recolección de muestras.

Técnicas del trabajo de laboratorio.

- Mediciones gravimétricas de materias primas.
- Separación mecánica e instrumental por destilación.
- Análisis químico (ensayos de grupos funcionales).
- Análisis físico (Solubilidad, inflamabilidad, volatilidad).

Técnicas experimentales.

- Limpieza de materia prima.
- Destilación por arrastre de vapor.
- Tamizado (reducción de tamaño de cascara de cítricos).
- Estrujado (reducción de tamaño de muestras de EPS).
- Separación mecánica líquido-líquido.
- Purificación del d-limoneno.

4.2.4. Instrumentos.

- Para la recolección de información en la observación de campo se utilizó como instrumento la ficha de observación. (Anexo 1).
- Para la obtención de datos experimentales se utilizó como instrumento la práctica de laboratorio para la obtención del solvente. (Anexo 2).
- Para el reciclaje químico propuesto se utilizó como instrumento la práctica de laboratorio para llevar a cabo dicho proceso. (Anexo 3).
- Fichas de Recolección de datos: este instrumento permitió registrar cuantitativamente los datos de cada ensayo realizado en el laboratorio. (Anexo 4).

4.2.5. Planificación.

La presente investigación se dividió en tres etapas, la primera fue de campo realizando la observación y recolección de muestras. La segunda etapa de laboratorio que se realizó en el laboratorio del Instituto Nacional John F. Kennedy obteniendo el solvente natural y la tercera etapa consistió en el reciclaje químico de las muestras recolectadas para su posterior análisis.

A continuación, se detallan los pasos a seguir para llevar a cabo las etapas:

Paso 1: Observación de la situación problemática la cual permitió plantear el problema de investigación, conocer los antecedentes del fenómeno para elaborar los objetivos de la presente investigación. Y se llevara a cabo a través de una guía de observación.

Paso 2: Trabajo de campo recolección de muestras de forma manual aplicando los criterios de selección y procesamiento de la información.

Paso 3: Traslado de muestras de EPS al laboratorio y tratamiento previo (limpieza, tamizado) antes de su procesamiento.

Paso 4: Procedimiento experimental para la extracción de solvente natural mediante la técnica de separación de destilación por arrastre de vapor. (Figura 1).

Paso 5: Separación mecánica de impurezas del solvente natural. (Figura 2).

Paso 6: Aplicación de ensayos químicos al solvente para determinar presencia de grupos funcionales.

Paso 7: Procedimiento experimental de la muestra de EPS en el laboratorio para ser sometida al proceso de reciclaje químico con el solvente para finalmente obtener el producto deseado. (Figura 3).

Paso 8: Una vez obtenido el producto se procederá a la aplicación de las distintas pruebas físicas, químicas como solubilidad, volatilidad, inflamabilidad etc.

Paso 9: Analizar los datos obtenidos de las pruebas físicas y químicas realizadas al solvente natural y la resina de recubrimiento.

Paso 10: Análisis de los resultados finales para la toma de decisiones y la elaboración de conclusiones.

4.3. Ejecución

Trabajo de campo.

4.3.1. Experimentación

Extracción de Solvente Natural. El solvente d-limoneno se obtuvo desarrollando la técnica de laboratorio destilación por arrastre de vapor, la cual se llevó a cabo de la siguiente manera:

Selección de la materia prima (Cáscaras de cítricos de limón y naranja).

- Limpieza manual de la materia prima. (Figura 4).
- Reducción de tamaño del de trozos de la muestra. (Figura 5).
- Montaje de equipo de destilación por arrastre de vapor. (Figura 6).
- Recolección del destilado.
- Separación mecánica del destilado.
- Aplicación de pruebas físicas y químicas para comprobar la naturaleza del producto obtenido. (Figura 7 y 8).

Reciclaje para la Obtención de Resina de Recubrimiento. El reciclaje de EPS se desarrolló usando la técnica de laboratorio reciclaje químico el cual se llevó a cabo de la siguiente manera:

Recolección y traslado de la muestra de EPS.

- Limpieza y reducción de tamaño de la muestra por método físico. (Figura 9).
- Ejecución de reciclaje químico para la obtención de resina de recubrimiento.
- Aplicación de pruebas a la resina de recubrimiento.

Pruebas Físicas

- Pruebas a distintas concentraciones de soluto y solvente. (Figura 10).
- Pruebas de proceso de reciclaje a distintas temperaturas.
- Pruebas de consistencia y recubrimiento. (Figura 11).
- Pruebas de volatilidad.
- Pruebas de inflamabilidad. (Figura 12).
- Pruebas de rendimiento en distintas superficies.
- Vista bajo el microscopio.

Pruebas Químicas.

- Pruebas de identificación de grupos funcionales.
- Pruebas estabilidad de la resina frente a otros solventes.
- PH.

4.3.2. Plan de Análisis

- Los datos obtenidos en la investigación se registraron en tablas de contingencia para facilitar su interpretación y evaluación de rendimiento.
- La información recolectada durante la investigación de la mejor materia prima para la extracción del solvente d-limoneno fue analizada mediante la comparación de rendimientos obtenidos y los datos reportados teóricamente.

CAPÍTULO V: ANÁLISIS DE RESULTADOS.

5.1. Extracción de Aceite Esencial de Cítricos d-limoneno.

5.1.1. *Lugar de Ejecución.*

Las pruebas del diseño experimental para la extracción del solvente natural se llevaron a cabo en las instalaciones del Laboratorio del Instituto Nacional John F. Kennedy ubicadas en la ciudad de San Rafael oriente departamento de San Miguel a 45.5 km de la ciudad de San Miguel. Se trabajó en las siguientes condiciones: altitud de 190 m.s.n.m., humedad relativa del 61% y temperatura ambiental promedio 32°C. (Figura 13).

Técnicas.

Para la obtención de aceite esencial se emplearon diferentes técnicas cuantitativas para determinar parámetros como:

- Densidad, humedad.
- Rendimiento.
- Composición química.

En función del rendimiento de aceite esencial a obtener se trabajaron aspectos como:

- Dos tipos de materia prima (naranja y limón).
- El tipo de corte.

El conjunto de técnicas empleadas permitió estudiar la influencia de los aspectos antes mencionados en el rendimiento de aceite esencial, obtenido del flavedo de naranja y limón.

5.1.2. Descripción del Proceso.

La obtención del aceite esencial del flavedo (cascara) de naranja y limón se realizó de manera semi-continúa realizando la carga de materia prima por lotes (2 partes). La decantación fue continua.

- 1. Selección.** La materia prima fue adquirida en el mercado municipal de la ciudad de El Transito. Se seleccionó una por una eliminándose las que presentaron magulladuras, cortes y/o lesiones o descomposición en su superficie, posteriormente se procedió a su limpieza manual.
- 2. Reducción de tamaño.** Se procedió al cortado del flavedo la materia prima en pequeñas partes aproximadamente de 2 cm.
- 3. Pesado.** Una vez cortado el flavedo se continúa con el pesado en una balanza de. La cantidad de flavedo que se utilizó en cada ensayo fue de 2500 gr. el cual nos sirvió para el cálculo del rendimiento. (Figura 14).
- 4. Extracción por destilación.** Una vez pesado la muestra se incorporó el flavedo de cítrico en la cámara de la olla de presión en un lecho de 15 cm., seguidamente se adiciono 7000 ml de agua a temperatura ambiente. (Figura 15).
- 5. Condensación y decantación.** Luego que se alcanzó la temperatura requerida se reacomodaron las mangueras con mucho cuidado para iniciar la condensación del vapor; la recepción del condensado (mezcla inmisible agua –

aceite esencial) se realizó en un recipiente y por diferencia de densidad el aceite quedó en la parte superior del agua.

6. **Decantación.** Se recolecto todo el destilado obtenido y se colocó en una pipeta para la separar el agua del aceite esencial.
7. **Envasado y almacenado.** El aceite esencial recogido de la decantación se envasó en un frasco oscuro de 25 ml previamente tarado. El envasado del aceite esencial fue almacenado a una temperatura de refrigeración promedio de 15°C. (Figura 17).

5.2. Determinación del Rendimiento del Aceite Esencial.

- Se colocó el aceite esencial en un frasco ámbar previamente tarado.
- Se pesó el frasco con el contenido de aceite esencial en la balanza.
- Se estableció el peso de aceite esencial por diferencia de pesos del frasco vacío y el frasco con aceite esencial.
- El rendimiento se determina como la razón del peso del aceite respecto el peso del flabelo medido al inicio del proceso.

5.2.1. Resultados. Materia Prima Naranja.

Tabla 1

Peso del aceite esencial.

PESO DE ACEITE ESENCIAL DE NARANJA (g)				
Repeticiones	Nº de mediciones			
	1	2	3	4
ED1	7	7	7	7
ED2	8	8	8	8
ED: Ensayo de destilado				

Tabla 2*Rendimiento del aceite esencial de la naranja.*

RENDIMIENTO DE ACEITE ESENCIAL DE NARANJA (%)				
Repeticiones	Nº de mediciones			
	1	2	3	4
ED1	0.28	0.28	0.28	0.28
ED2	0.32	0.32	0.32	0.32
ED: Ensayo de destilado				

Tabla 3*Medición del volumen del aceite esencial.*

VOLUMEN DE ACEITE ESENCIAL (ml)					
Repeticiones	1	2	3	4	\bar{X}
ED1	9	9	9	9	9
ED2	11	11	11	11	11
TOTAL					20

5.2.2. Resultados Materia Prima Limón.**Tabla 4***Peso del aceite esencial de limón.*

PESO DE ACEITE ESENCIAL DE LIMÓN(g)				
Repeticiones	Nº de mediciones			
	1	2	3	4
ED1	6	6	6	6
ED2	6	6	6	6
ED: Ensayo de destilado				

Tabla 5*Peso del aceite esencial de limón.*

RENDIMIENTO DE ACEITE ESENCIAL DE LIMÓN (%)				
Repeticiones	Nº de mediciones			
	1	2	3	4
ED1	0.24	0.24	0.24	0.24
ED2	0.24	0.24	0.24	0.24
ED: Ensayo de destilado				

Tabla 6*Volumen del aceite esencial de limón.*

VOLUMEN DE ACEITE ESENCIAL (ml)					
Repeticiones	1	2	3	4	\bar{X}
ED1	7	7	7	7	7
ED2	7	7	7	7	7
TOTAL					14

5.2.3. Comparación de Resultados.**Tabla 7***Tabla comparativa del rendimiento entre la materia prima (naranja y limón).*

CUADRO COMPARATIVO DE RENDIMIENTO DE MATERIA PRIMA		
	\bar{X} RENDIMIENTO (%)	\bar{X} VOLUMEN (ml)
NARANJA	0.30	20
LIMÓN	0.24	14

5.2.4. Ensayos Físico-Químicos Aceite Esencial.

FÍSICOS.

1- Solubilidad.

Tabla 8

Resultados obtenidos de la solubilidad en agua y alcohol.

	Agua	Alcohol	Acetona	Éter Etílico
Muestra	Insoluble	Soluble	Soluble	Soluble

2- Inflamabilidad

Tabla 9

Resultado de la prueba de inflamabilidad.

	Encendedor
Muestra en atomizador	Inflamable

Para realizar la prueba se procedió a colocar una muestra de d-limoneno en un atomizador al cual se le acercó la llama de un encendedor comprobando la inflamabilidad de este aceite esencial.

QUÍMICOS.

1- Prueba de insaturación.

Tabla 10

Reacción del I aceite esencial con permanganato de potasio y bromo.

Prueba Química	Reactivo utilizado	Evidencia	Resultado
Insaturación	KMnO ₄ /H ₂ O	Precipitado café	Positivo a insaturación
Insaturación	Br ₂ /H ₂ O	Decoloración	Positivo a insaturación

2- pH del aceite esencial d-limoneno.

Tabla 11

pH del aceite esencial.

	PH
Muestra	6

Para esta determinación se usarán tiras de papel pH que se sumergieron en la muestra y se comparó con la respectiva cartilla de escalas colorimétrica que indican el pH correspondiente.

5.3. Reciclaje Para la Obtención de Resina de Recubrimiento a partir de EPS y d-limoneno.

TÉCNICAS.

Para el reciclaje del poliestireno expandido usando aceite esencial de naranja se emplearon diferentes técnicas cuantitativas para determinar parámetros como:

- Concentración.
- Rendimiento.
- Facilidad de recubrimiento.
- Desempeño frente a aspectos climatológicos como el sol y la humedad.

En función de la resina de recubrimiento a elaborar se trabajaron aspectos como:

- Cantidad de materia prima (gr de EPS).
- Volumen de solvente natural (ml de limoneno).

El conjunto de técnicas empleadas permitió estudiar la influencia de los aspectos antes mencionados en la calidad de la resina de recubrimiento elaborada a partir de residuos de EPS y el aceite esencial obtenido del flavedo de naranja.

5.2.1. Descripción del Proceso.

- 1. Reducción de tamaño.** Se procedió al cortado la materia prima EPS en pequeñas partes aproximadamente de 2 cm para facilitar su disolución.
- 2. Pesado.** Una vez reducida la materia prima se continúa con el pesado en una balanza. La cantidad de materia prima que se utilizó en cada ensayo fue distinta en función de la concentración. la cual es una variable que sirvió para las pruebas de exposición a variables climatológicas.

3. Preparación de la resina de recubrimiento. Se procedió a la disolución de la muestra de EPS pesado en el solvente natural de limoneno. Procedimiento que se repitió 4 veces en función de las 4 concentraciones elaboradas que se detallan a continuación: (figura 17).

Muestra 1: 10 % de concentración.

Muestra 2: 20 % de concentración.

Muestra 3: 30 % de concentración.

Muestra 4: 40 % de concentración.

4. Prueba de resina de recubrimiento sobre superficie madera. Se procedió a la aplicación de cada una de las concentraciones de la resina de recubrimiento sobre diferentes piezas de madera previamente preparadas para evaluar aspectos como: (Figura 18).

- Facilidad de aplicación.
- Capacidad de recubrimiento.
- Comportamiento frente a luz solar y humedad.

5. Exposición de madera tratada con resina de recubrimiento al sol y humedad.

Se prepararon 3 juegos de muestras de 4 piezas de madera cada juego, uno para cada concentración, haciendo un total de 12 piezas. (Figura 18).

6. Monitoreo de las muestras. Se colocó un juego de muestras bajo la luz del sol, se colocó un 2 juego de muestras bajo condiciones extremas de humedad y se dejó el último juego de muestras como grupo control para comparar los cambios experimentados bajo las distintas condiciones. (Figura 19, 20, 21 y 22).

PRUEBAS FÍSICAS

1. Vista bajo el microscopio de una muestra de EPS sin tratar y una muestra de resina.
(Figura 23, 24 y 25).

5.3.2. Datos Experimentales Aplicación de Resina de Recubrimiento.

CONCENTRACIONES.

Tabla 12

Muestras utilizadas a diferentes concentraciones.

Nº MUESTRA	gr EPS	ml LIMONENO	CONCENTRACIÓN
1	2	20	10%
2	4	20	20%
3	6	20	30%
4	8	20	40%

Tabla 13

Tiempo de disolución de cada muestra.

Nº MUESTRA	gr EPS	ml LIMONENO	TIEMPO	
			s	min
1	2	20	125	2.08
2	4	20	253	4.21
3	6	20	318	5.3
4	8	20	396	6.6

Tabla 14

Tiempo de secado al sol para cada muestra.

Nº MUESTRA	gr EPS	ml LIMONENO	CONC.	TIEMP. min
			10%	25
2	4	20	20%	30-40
3	6	20	30%	30-40
4	8	20	40%	35-45

MONITOREO DE MUESTRAS A DISTINTAS CONDICIONES

Tabla 15

Muestras colocadas al sol.

Nº MUESTRA	CONCENT.	1º SEM	2ºSEM	3ºSEM	4º SEM	5 º SEM
1	10%	Sin cambio	Sin cambio	Sin cambio	Perdida de brillo	Perdida de brillo
2	20%	Sin cambio	Sin cambio	Sin cambio	Sin cambio	Sin cambio
3	30%	Sin cambio	Sin cambio	Sin cambio	Sin cambio	Sin cambio
4	40%	Sin cambio	Sin cambio	Sin cambio	Sin cambio	Sin cambio

Tabla 16

Muestras colocadas bajo condiciones de humedad extrema (100%).

Nº MUESTRA	CONCENT.	1º SEM	2ºSEM	3ºSEM	4º SEM	5 ºSEM
1	10%	Sin cambio	Sin cambio	Perdida de brillo	Cambio a tonalidad blanca	Cambio a tonalidad blanca
2	20%	Sin cambio	Sin cambio	Perdida de brillo	Cambio a tonalidad blanca	Cambio a tonalidad blanca
3	30%	Sin cambio	Sin cambio	Sin cambio	Perdida de brillo	Cambio a tonalidad blanca
4	40%	Sin cambio	Sin cambio	Sin cambio	Perdida de brillo	Cambio a tonalidad blanca

Tabla 17

Muestras control (Luz solar y humedad a condiciones ambiente).

Nº	CONCENT.	1º SEM	2ºSEM	3ºSEM	4º SEM	5 ºSEM
1	10%	Sin cambio	Sin cambio	Sin cambio	Sin cambio	Sin cambio
2	20%	Sin cambio	Sin cambio	Sin cambio	Sin cambio	Sin cambio
3	30%	Sin cambio	Sin cambio	Sin cambio	Sin cambio	Sin cambio
4	40%	Sin cambio	Sin cambio	Sin cambio	Sin cambio	Sin cambio

CAPÍTULO VI: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.

6.1. Conclusiones.

De los resultados obtenidos en los diferentes análisis se concluye lo siguiente:

1. Es posible la extracción de aceite esencial de d-limoneno a través de la técnica de destilación por arrastre de vapor utilizando cascaras de cítricos como materia prima.
2. El reciclaje químico mediante solventes naturales es una forma apropiada para el reciclaje del poliestireno expandido de un solo uso en aras de buscar un equilibrio entre las dimensiones económica, ecológica y social.
3. En base a la comparación de la teoría con los resultados de los análisis físicos y químicos obtenidos se concluye que el aceite esencial obtenido efectivamente corresponde al terpeno d-limoneno.
4. El uso del solvente verde d-limoneno como tratamiento para el reciclaje del EPS es una alternativa viable financieramente para la disminución de estos residuos en los rellenos sanitarios. El proceso de reciclaje presenta una eficiencia alta y es propicio para la proyección a gran escala.
5. Se concluye que el 100% del poliestireno expandido desechado se disuelve con el d-limoneno significando esto que no hay desperdicio. A gran escala esto significa que todo el poliestireno desechado que ocupa grandes volúmenes en

bodegas y rellenos sanitarios y es un problema ambiental grave se puede transformar en productos de segundo uso con residuo cero.

6. La utilización del EPS como resina en base a limoneno, aplicado en madera a condiciones ambiente exceptuando la humedad extrema, se considera factible debido a la buena afinidad y acabado logrado, faltando pruebas técnicas que ofrezcan valores de referencia más específicos.
7. Los mejores valores de rendimiento de limoneno obtenido y de porcentaje de eficacia del proceso fueron de 30% y 27% respectivamente, porcentajes obtenidos del flavedo de limón y naranja. Siendo el de mayor rendimiento la naranja por lo que se concluye que es la mejor materia prima para la obtención de d-limoneno.
8. De las cuatro concentraciones de resina puestas a prueba en la ejecución se concluye que fueron las concentraciones de 30% y 40% respectivamente las que cumplen características de una resina de recubrimiento. De igual manera se concluye que las concentraciones de 10% y 20% no cumplen los requerimientos de resistencia de una resina de recubrimiento y es necesario el uso de aditivos para mejorar su rendimiento.
9. En este proyecto se utilizó el poliestireno expandido como materia prima para un proceso en particular: reciclaje para la obtención de una resina de recubrimiento. Pero esto no significa que sean los únicos procesos industriales en los que este polímero se puede incorporar.

6.2. Recomendaciones.

1. Se recomienda a las autoridades de la FMO-UES Involucrar los distintos sectores de la sociedad para la elaboración de un plan de recolección del material desechado que facilite el proceso de reciclaje del EPS.
2. Se recomienda a las autoridades del ministerio de agricultura y ganadería en conjunto con el ministerio de medio ambiente promover un estudio de factibilidad económica de la extracción de aceite esencial d-limoneno y su utilización en el reciclaje químico del poliestireno expandido a nivel industrial.
3. Se recomienda continuar con la investigación para ampliar los horizontes de la innovación tecnológica en la recuperación y reciclaje del poliestireno expandido desechado, siempre bajo una política de residuos que atienda las necesidades reales que presenta el medio ecológico, la industria y el ser humano, así como la educación ambiental que permita la modificación futura de conductas de consumo y desecho.

BIBLIOGRAFÍA.

- ¿Que es el poliestireno expandido? (2006). Obtenido de Aplicacions Diversas:
www.corchoblanco.com
- al, D. L. (2014). "Solventes Verdes" . *Rev. Investig. Apl*, 1-9.
- Andres, J., Bilbao, J., & Lopez, D. (2004). Reciclado de residuos plasticos. *Revista Iberoamericana de Polimeros*, 28-45.
- Arcila, I., & Giraldo, M. (2015). *EVALUACIÓN DE LA PRODUCCIÓN DE PINTURA A PARTIR DE LOS RESIDUOS DE POLIESTIRENO EXPANDIDO UTILIZANDO UN SOLVENTE AMIGABLE CON EL MEDIO AMBIENTE*. Medellin.
- Arnaldo, B. (2004). *Los recursos vegetales aromáticos en Latinoamérica*. Buenos Aires: Red de Editoriales Universitarias.
- Arthuz López, L., & Pérez Mora, W. (2019). Alternativas de bajo impacto ambiental para el reciclaje de poliestireno expandido a nivel mundial. *Infomador tecnico* , 209-219.
- Caceres, A. (2009). *Desarrollo de un Proceso de Reciclaje para Residuos de Plástico*. Barcelona: Congrés UPC.
- Cardenas, T. (2018). *EVALUACIÓN DE UN RECUBRIMIENTO ANTICORROSIVO A BASE DE POLIESTIRENO EXPANDIDO RECICLADO*. Riobamba.
- Cempre. (1998). *Compromiso Industrial para el reciclaje* . Uruguay: Girsu.
- COMBARIZA, M. &. (1995). *Etudio comparativode los aceites esenciales de hojas y frutos citricos colombianos*. . Bogota: CONRICYT.

Duque, J., & Guio, K. (2017). *ANÁLISIS DE LAS INTERACCIONES ENTRE POLIESTIRENO Y LIMONENO MEDIANTE SIMULACIÓN MOLECULAR*. Bucaramanga.

eii.UVA.ES. (2009). *Quimica organica Industrial*. Obtenido de <https://www.eii.uva.es/organica/qoi/tema-09.php#:~:text=El%20etilbenceno%20se%20emplea%2C%20casi,%2D121%20kJ%2Fmol>).

Enma Arriola, F. V. (2013). *Evaluacion Tecnica de alternativas de reciclaje de poliestireno expandido*. San Salvador.

Fernández, G. (2019). *Quimica organica. net*. Obtenido de <http://www.quimicaorganica.net/limoneno.html>

Garcia, M. (2009). *Reciclado de poliestireno expandido por disolucion en solventes organicos*. J Mater Cycles.

Gianni, D. (2008). *Innovaciones en el reciclaje del poliestireno expandido*. California: University San Luis.

I. B. Contreras, J. V. (2013). *“Uso de poliestireno expandido reciclado para la obtención de un recubrimiento anticorrosivo*. Lima.

J.G. Carrillo Baeza, J. C. (2013). *APROVECHAMIENTO DE NUEVOS PRODUCTOS EN BASE A POLIESTIRENO EXPANDIDO RECUPERADO*. *MATERIALES*, 6.

Lamarque A., Z. J. (2008). *Fundamentos Teórico-Prácticos de Química Organica*. Buenos Aires: ENCUENTRO.

López, A. O. (2009). *COMPORTAMIENTO MECÁNICO DEL POLIESTIRENO EXPANDIDO (EPS) BAJO CARGA DE COMPRESIÓN*. México.

- Luna, H. (2007). *Obtención, Caracterización y Estudio de la Desterpenación del Aceite Esencial de Naranja (Citrus sinensis)*. . Bucaramanga.
- Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales. (2012). *Lineamientos para impulsar la separación desde el origen y aprovechamiento de los desechos sólidos*. El Salvador.
- Navarro, S. C. (2004). *Ecodiseño: Ingeniería del ciclo de vida para el desarrollo de productos sostenibles*. México, D.F: Alfaomega.
- Neumayer, F. C. (2004). *INTRODUCCIÓN A LA OBTENCIÓN DE ACEITE ESENCIAL DE LIMÓN*. . Mexico D.F: INVENIO.
- QuimiNet. (2012). Obtenido de Metodos de tratamiento del EPS: www.QuimiNet.com
- Rojas, G. Q. (2013). "Aprovechamiento de nuevos productos en base a poliestireno expandido recuperado," . *Rev. Colomb. Mater*, 19–25.
- Samper Rico, M. F. (2008). *Reducción y Caracterización del residuo poliestireno expandido*. Valencia: Alcoy.
- Telles, A. (2012). *La complejidad de la problemática ambiental de los residuos plásticos: Una aproximación al análisis narrativo de política pública en Bogotá*. Bogota.
- tierra, 5. C. (2009). *Javna, J., Javna, S., .*

ANEXOS.

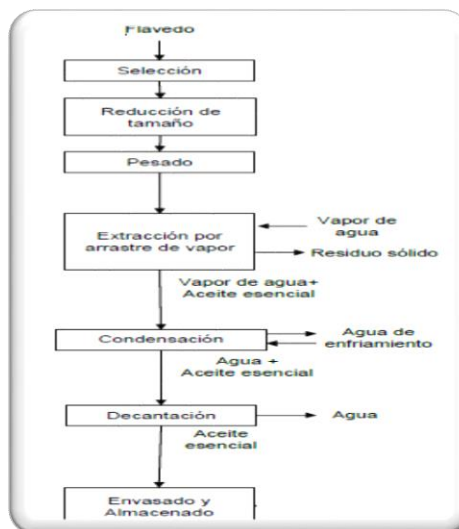


Figura 1. Esquema del procedimiento experimental.



Figura 2. Separación del aceite esencial mediante decantación.

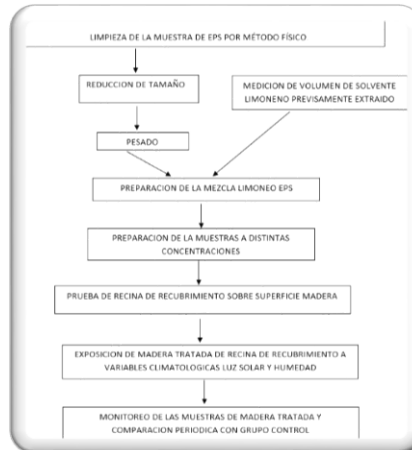


Figura 3. Esquema del procedimiento experimental.



Figura 4. Selección y limpieza de materia prima.



Figura 5. Reducción de tamaño de la materia prima.



Figura 6. Montaje de la técnica de destilación.

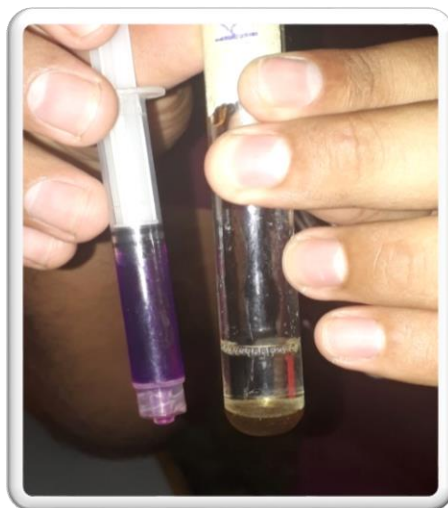


Figura 7. Reacción del d-limoneno con KMnO_4 en presencia de agua.

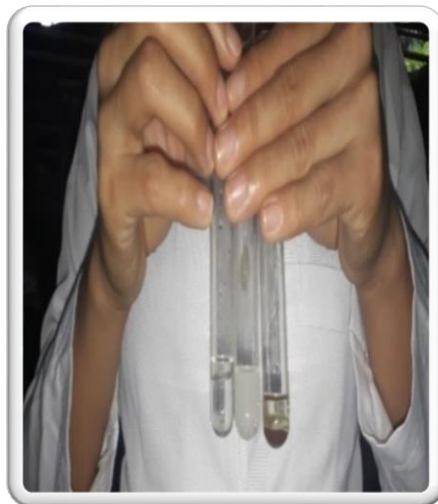


Figura 8. Prueba de solubilidad en agua y alcohol.



Figura 9. Reducción de tamaño de las muestras de EPS.



Figura 10. Muestras de EPS a diferentes concentraciones.



Figura 11. Aplicación de resina de recubrimiento sobre superficies de madera.



Figura 12. Prueba de inflamabilidad del aceite esencial.

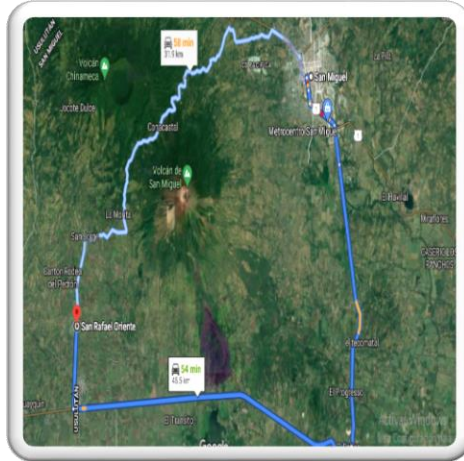


Figura 13. Croquis del lugar de ejecución del experimento.



Figura 14. Pesado de la materia prima.



Figura 15. Incorporación del flavedo de cítrico a la olla de presión.



Figura 16. Proceso de envase y almacenado del aceite esencial d-limoneno.



Figura 17. Pesado de las muestras de EPS.



Figura 18. Exposición de las muestras cubiertas con resina a la luz solar.



Figura 19. Resultados obtenidos en muestras expuestas al sol.



Figura 20. Comparación pérdida de brillo de la muestra de 10% expuesta al sol con muestra control.



Figura 21. Resultados obtenidos en muestras expuestas a condiciones de humedad extrema.



Figura 22. Resultados obtenidos en muestras control expuestas al sol y humedad en condiciones ambientales.



Figura 23. Observación en el microscopio de las muestras de EPS y resina.

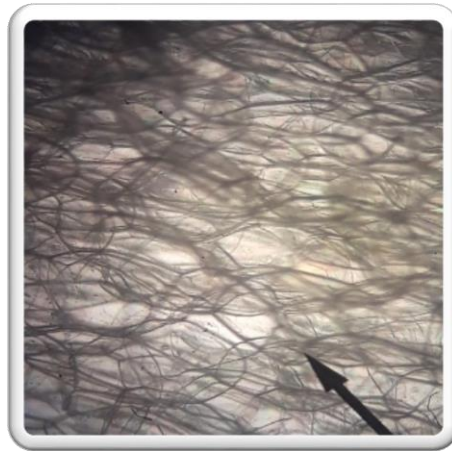


Figura 24. Muestra de EPS sin tratar.



Figura 25. Muestra de resina.

ANEXO 1: Ficha de observación

Tema de investigación.	REDUCCIÓN DEL POLIESTIRENO EXPANDIDO UTILIZANDO SOLVENTE NATURAL, SU CARACTERIZACIÓN Y APLICACIÓN EN LA INDUSTRIA DE PRODUCTOS DE RECUBRIMIENTO.	Observador:	Profa. Mayra Marilú Gómez Prof. Luis Roberto Ramírez
Lugar:	FMO-UES	Situación:	Acumulación de recipientes desechables
Objetivos de la observación:	Recopilar información para plantear el tema de investigación sus antecedentes y los objetivos.		
Instrucciones:	Identificación del problema.	Recolección de información.	
	Observación del entorno.		
Contenidos del tema de investigación	PREGUNTAS.	OBSERVACIÓN	
Institucional.	¿Con cuántos cafetines cuenta la FMO-UES?		
Cafetines.	¿Qué tipos de desechos generan?		
	¿Qué tipos de desechos se produce más?		
	¿Son clasificados los desechos producidos?		
	¿Se observan recolectores de basura en los cafetines?		
	¿Qué volumen de desechos se observan?		
	¿Cuál es la disposición final de basura?		
	¿Qué tipo de recipientes usan para servir los alimentos?		
Recinto universitario.	¿Se encuentran depósitos de basura en las instalaciones de la FMO?		
	¿Qué tipo de productos desechables se observan con más frecuencia?		
	¿Se observan productos desechables fuera de los depósitos de basura?		
	¿Qué volumen aproximado de producto desechable tiran a la basura?		
Disposición final.	¿Habrá disposición de tomar la materia prima para hacer prácticas experimentales?		

ANEXO 2: Práctica de laboratorio, extracción de limoneno.

OBJETIVO: Extracción del aceite esencial de una naranja, es decir, la extracción del limoneno (responsable del olor cítrico).

INTRODUCCIÓN

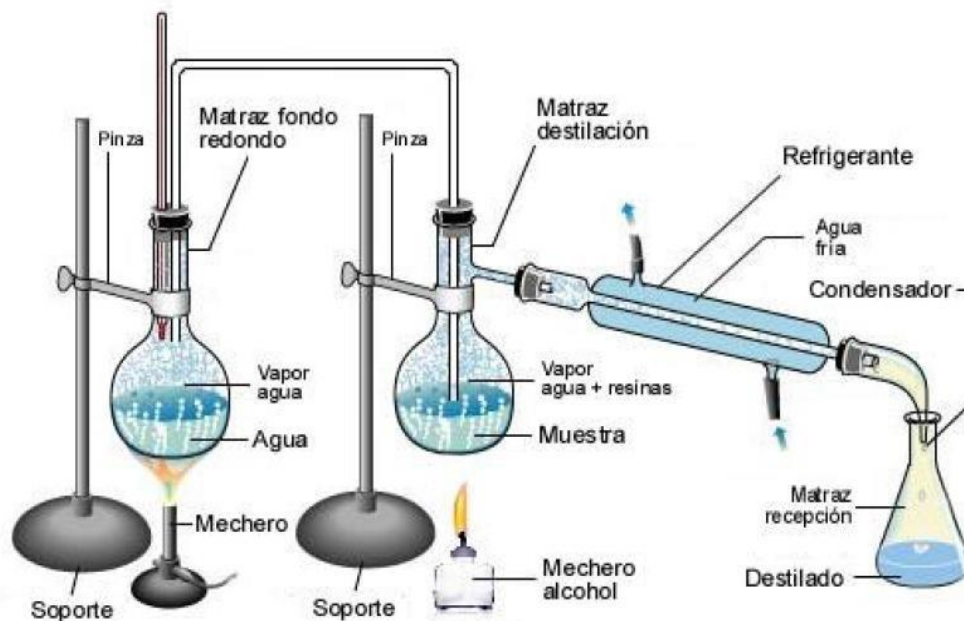
La **destilación**, es el proceso de separar distintas sustancias que componen una mezcla líquida mediante vaporización y condensación selectivas. En concreto, el tipo de destilación utilizada en esta práctica se conoce como “destilación por arrastre de vapor”, en la que la fase vapor destilada contiene, mayoritariamente, vapor de agua con un poco de vapor de la esencia (limoneno). Así, poco a poco, el vapor de agua “arrastra” al vapor de la esencia y se puede conseguir obtener el limoneno. Posteriormente en esta práctica, al resultado de la destilación se le aplica la **extracción**, técnica empleada para separar un producto orgánico de una mezcla de reacción. En la extracción la sustancia puede disolverse en dos disolventes no miscibles entre sí, y que están en contacto. El distinto grado de solubilidad del producto orgánico en ambos disolventes hace que se transfiera mayoritariamente a uno de ellos.

MATERIAL		
Balanza	Espátula	Varilla de cristal
Vidrio de reloj	Embudo de plástico	Matraz redondo de 250 mL
Nevera	Matraz redondo de 100 mL	Cabeza de destilación
Recogedor	Embudo de decantación	Embudo cónico
Pipetas Pasteur	Aro metálico	Cuentagotas
Termómetro	Molde para el termómetro	Tubos de goma
Erlenmeyer de 100 mL	Probeta de 20 mL	Tapón de cristal

Papel de filtro	Pinzas	Nueces
Calefactor magnético		
REACTIVOS		
Piel de una naranja	NaCl	
Diclorometano	Sulfato sódico anhidro	Agua destilada

PARTE EXPERIMENTAL.

- Se inicia la práctica troceando la piel de la naranja en pedazos de 1 cm² aproximadamente. A continuación, se pasa la mezcla a un matraz redondo de 250 mL y se añaden 8 g de cloruro sódico. Esa cantidad de cloruro sódico se habrá pesado previamente en una balanza.
- Seguidamente, se debe verter a un matraz de destilación con la ayuda de un embudo de sólidos.
- Se llena el segundo matraz de destilación con 150 ml de agua destilada.
- Después, se debe montar el sistema de destilación por arrastre de vapor, con lo que la mezcla poco a poco se irá calentando a medida reciba el vapor del matraz de destilación. Así, la mezcla entrará en un **proceso de destilación**.
- Una vez preparado el montaje se comprueban las salidas y entradas de agua y el funcionamiento correcto de estas. A continuación, comienza el proceso de destilación calentando la mezcla (para ello se regula la temperatura de la manta eléctrica con el fin de lograr la temperatura óptima para la destilación). Una vez que hemos obtenido 40 mL de destilado, se dará por terminado este proceso.



Proceso experimental de la destilación.

- El destilado obtenido se extrae con diclorometano, para ello se le añade 10 mL de éste y se mezcla. Esta operación, denominada **extracción**, se realiza tres veces para una mayor exactitud.
- Tras la extracción, a todo el extracto orgánico, recogido en un Erlenmeyer de 100 mL, se le añade sulfato sódico anhidro (2 cucharaditas aproximadamente) y se mezcla (para que se seque la mezcla se deja actuar durante al menos 5-10 minutos). La disolución seca se filtra mediante gravedad, utilizando un embudo con un papel de filtro, y se recoge en un matraz redondo de 50 mL ya seco (Nota: se debe pesar el matraz vacío, "tarado").
- Finalmente, el disolvente se evapora, quedando únicamente el limoneno en el matraz. Y por último, se pesa el aceite obtenido.
- Para comprobar la presencia de los dobles enlaces de d-limoneno se realiza una pequeña prueba con bromo y otra con permanganato de potasio.

ANEXO 3: Práctica de laboratorio, resina de recubrimiento.

OBJETIVO: Elaborar resina de recubrimiento a partir de poliestireno expandido reciclado utilizando diferentes solventes orgánicos para la prevención y control la corrosión.

INTRODUCCIÓN.

Los recubrimientos orgánicos son ampliamente utilizados para proteger las superficies metálicas de la corrosión. La eficacia de estos recubrimientos es dependiente no solamente de las propiedades de los recubrimientos que están relacionados con la red polimérica y posibles defectos en esta red, sino también en el carácter del sustrato metálico, el pre tratamiento superficial, y los procedimientos de aplicación. Por lo tanto, cuando se considera la aplicación de un recubrimiento, es necesario tener en cuenta las propiedades de todo el sistema.

Hay tres grandes clases de recubrimientos poliméricos: lacas, barnices y pinturas. Los barnices son materiales que son soluciones de una sola resina en un disolvente (barnices espíritu) o un aceite y resina juntos en un disolvente (barnices oleo resinosos). Una laca es considerada generalmente un material cuya base está formada por una película de nitrocelulosa, acetato-butirato de celulosa, etil celulosa, resina acrílica, u otra resina que se seca por evaporación del disolvente. El termino pintura se aplica a las formulaciones más complejas de una mezcla líquida que se seca o endurece para formar una capa protectora.

Los recubrimientos orgánicos brindan protección ya sea por la formación de una barrera de acción en la capa o de inhibición activa contra la corrosión proporcionada por los pigmentos en el recubrimiento. En la práctica real, las propiedades de barrera son limitadas, porque todos los recubrimientos orgánicos son permeables al agua y al oxígeno en cierta medida.

La tasa de transmisión media de agua a través de un recubrimiento es de aproximadamente 10-100 veces más grande que la tasa de consumo de agua de una superficie que fluye libremente, y en condiciones normales al aire libre, un recubrimiento

orgánico está saturado con agua por lo menos la mitad de su vida útil. El resto del tiempo contiene una cantidad de agua comparable en su comportamiento a una atmósfera de alta humedad.

También se ha determinado que, en la mayoría de los casos, la difusión de oxígeno a través de la barrera que crea el recubrimiento es lo suficientemente grande para permitir la corrosión. Teniendo en cuenta estos factores, se indica que las propiedades de barrera física por sí solas no representan la acción protectora de los recubrimientos. Se puede suministrar protección adicional por la inhibición con el aumento resistencia, el cual es también una parte del mecanismo de barrera. El retraso de la acción corrosiva se logra mediante la inhibición del transporte de carga entre el ánodo y el cátodo. La velocidad de reacción puede reducirse por un aumento en la resistencia eléctrica y/o la resistencia iónica en el 20 ciclo de la corrosión. Al aplicar un revestimiento orgánico sobre una superficie metálica aumenta la resistencia iónica (Schweitzer, 2007).

La resina es el componente formador de película que identifica la pintura. Una variedad de resinas y polímeros (materiales que se someten a reacción para formar una resina) se utilizan en pinturas.

La formulación de un material de pintura y los productos químicos particulares utilizados, están influenciados por la resina o por las combinaciones de resina.

MATERIALES Y EQUIPO.	REACTIVOS.
Bata.	Acetona.
Cubre bocas.	Gasolina.
Balanza electrónica.	Thinner.
Probeta graduada de 100ml.	Éter de petróleo.
Embudo.	Durapax

Agitador.	d-limoneno
Recipiente de plástico o aluminio.	
Frasco de vidrio.	
Cartón y madera.	

DESARROLLO.

1. Recolección de la materia prima (durapax) en los cafetines de la FMO – UES.
2. Lavar previamente la materia prima para eliminar restos de alimentos
3. Cortar en trozos y pesar 30 gramos de durapax.
4. Medir 14 ml de cada uno de los solventes orgánicos utilizando una probeta y colocarlos en vasos de precipitado respectivamente.
5. Agregar poco a poco los trozos de durapax en cada solvente y agitar constantemente.
6. Medir 20 ml de d-limoneno con una probeta y agregarlo a un vaso de precipitado.
7. Agregar EPS hasta su saturación.
8. Probar la resina de recubrimiento elaborada en cartón y madera.
9. Envasar el producto final en un frasco de vidrio.

DISCUSIÓN.

a) Resumen de clasificación de muestra de durapax.

Tabla resumen de clasificación de recipientes de durapax.				
Tipo	Cantidad	Promedio de peso sucio (g)	Promedio de peso limpio (g)	Diferencia de peso (g)

b) Comportamiento del durapax frente a diferentes solventes orgánicos:

Disolventes.	Solubilidad (positiva o negativa).

c) Resultados de pruebas físicas.

Prueba física	Resultados

d) Resultados espectroscópicos.

Tipo de espectro.	Frecuencias de bandas de absorción.	Inferencia.

e) Variación de proporciones de durapax.

Medición.	Peso de durapax (g).	Peso de solvente (ml).	% de rendimiento.

ANEXO 4: Fichas de recolección de datos.

MUESTRA.	Nº ENSAYO.	EPS (g).	D-LIMONENO (ml).
M1			
M2			
M3			
M4			

MUESTR A.	ENSAY O.	EP S (g).	D- LIMONEN O (ml).	PROPORCIÓN EPS/SOLVENT E.
M1				
M2				
M3				
M4				

MUESTRA.	PROPORCIÓN EPS/SOLVENTE.	TEMPERATURA °C.	VELOCIDAD DE REDUCCIÓN.
M1			
M2			
M3			
M4			

MUESTRA.	ENSAYO.	EPS (g).	D- LIMONENO (ml).	PRODUCTO OBTENIDO (g).
M1				
M2				
M3				
M4				

ANEXO 5: *Construcción de un destilador casero.*

Los aceites esenciales son aceites altamente concentrados extraídos de plantas. Alrededor de 700 plantas contienen aceites esenciales útiles para diferentes propósitos y, aunque hay varios métodos que se emplean para extraerlos, la destilación es el más común de ellos. Si bien los aceites esenciales pueden ser muy caros de comprar, resulta relativamente barato destilarlos en casa.

Los componentes claves de un destilador son:

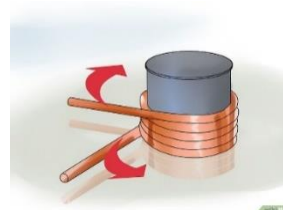
- Una fuente de calor, generalmente de fuego directo.
- Una olla de presión.
- Un tubo de vidrio de 10 milímetros.
- Un cubo de agua fría para enfriar y condensar el vapor que pasa por el tubo.
- Un separador, que separa el aceite esencial de otros materiales que no quieres que contenga tu producto fino.

PASOS DE CONSTRUCCIÓN

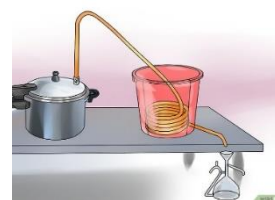
- 1- **Usa partes de acero inoxidable cobre y de vidrio, de ser posible.** Evitar el uso mangueras de plástico en lugar de tubos de vidrio y cobre en la medida de lo posible, ya que esto podría afectar la calidad del aceite.



- 2- **Doblar el tubo para que pueda pasar por el cubo de enfriado.** Tener presente que se calentará la materia prima vegetal en la olla de presión y el vapor resultante pasará por el tubo. Este tiene que poder enfriar ese vapor para que vuelva a su estado líquido sumergiéndolo en un baño de agua fría o hielo.



- 3- Conecta el tubo a la válvula de la olla de presión y pasar el tubo a través del recipiente de enfriado.



ANEXO 6: Cronograma de actividades.

Nº	Actividad	Tiempo	Mar.	Abr.	May.	Jun.	Jul.	Agos.	Sept.	Oct.	Nov.	Dic.	Ene.	Feb.	Mar.
1	Selección del tema.														
2	Revisión bibliográfica														
3	Inscripción del proceso de graduación														
4	Diagnóstico														
5	Planificación de la investigación.														
6	Elaboración del protocolo de investigación.														
7	Exposición del protocolo de investigación.														
8	Ejecución de la investigación.														
9	Presentación del primer avance														
10	Presentación del segundo avance														
11	Resultados y análisis.														
12	Conclusiones y recomendaciones.														
13	Elaboración del informe final.														
14	Defensa publica trabajo de grado														
15	Presentación del documento final.														

ANEXO 7: Glosario.

Ciclo de vida: La evaluación del ciclo de vida es un proceso que tiene como objetivo evaluar las cargas ambientales asociadas a un producto, proceso o actividad, mediante la identificación y cuantificación del uso de energía, material y liberaciones ambientales; evaluar el impacto de esos usos y emisiones de energía y material sobre el medio ambiente con el fin de evaluar e implementar oportunidades para efectuar mejoras ambientales. La evaluación incluye todo el ciclo de vida del producto, proceso o actividad que abarca la extracción, procesamiento de materias primas, fabricación, transporte y distribución.

Contaminante: Constituyente de un material o residuo que se sabe o sospecha que es agente de riesgo.

Degradable: Que puede ser descompuesto bajo ciertas condiciones ambientales, por ejemplo, por la acción de microorganismos.

Desarrollo sostenible: El desarrollo industrial que satisface las necesidades del presente a la vez que mantiene la calidad del medio ambiente, de forma que las generaciones futuras puedan satisfacer sus propias necesidades.

Desecho: Es cualquier objeto, material, sustancia, elemento o producto que se encuentre en estado sólido o semisólido, o es un líquido o gas contenido en recipientes o depósitos, cuyo generador descarta, rechaza o entrega porque sus propiedades no permiten usarlo nuevamente en la actividad que lo generó o porque la legislación o la normatividad vigente así lo estipula.

Desmaterialización: busca obtener un efecto medioambiental indirecto positivo, derivado de los ahorros en impactos ambientales de la extracción del proceso y transporte de la materia y energía usada en la fabricación de los productos. Concretamente, persigue: reducir el consumo de materias primas a través del diseño, hacer productos

más compactos y simples, sustituir el consumo de materias primas; y finalmente reducir el consumo de materias primas a través de la reutilización y el reciclado.

Disposición final: Es el proceso de aislar y confinar los residuos sólidos en especial los no aprovechables, en forma definitiva, en lugares especialmente seleccionados y diseñados para evitar la contaminación, y los daños o riesgos a la salud humana y al ambiente.

D -limoneno: El d-limoneno es un terpeno que se extrae de la cáscara de frutas cítricas, como el limón y la naranja. Es ampliamente utilizado en la industria farmacéutica, alimentaria y en perfumería, debido a sus propiedades, como aroma y sabor; sin embargo, este es un compuesto altamente oxidativo y con elevada sensibilidad a la temperatura. Sinónimos: Terpeno Cítrico, Terpeno de Naranja, Hidrocarburos Terpénicos, 1-methyl-4-(1-methylethenyl)-cyclohexene.

Ecología industrial: El diseño de sistemas industriales ecoeficientes con la participación de una o más empresas, que utilizan o imitan los patrones cíclicos de los flujos de materiales y energía que existen en los ecosistemas naturales.

EPS: poliestireno expandido se define técnicamente como material plástico celular y rígido fabricado a partir del moldeo de perlas preexpandidas de poliestireno expandible o uno de sus copolímeros, que presenta una estructura celular cerrada y rellena de aire. Su nombre común icopor o durapax.

Impacto ambiental: Efectos adversos sobre la salud y seguridad humana o del ecosistema. Debidos a un producto, un proceso o un sistema industrial.

Medio ambiente: El medio ambiente es la relación existente entre la naturaleza y la sociedad como un proceso co-evolutivo, en el que ambas interaccionan a lo largo del tiempo y a diversas escalas espaciales y estudia las relaciones entre las formaciones

sociales y los ecosistemas siendo este último el conjunto de organismos vivos (biocenosis) y el medio físico donde se relacionan (biotopo).

Proceso: Serie de operaciones que logran el avance del producto hacia su tamaño, forma y especificaciones finales.

Proceso Industrial: Una operación que transforma los aportes de material, energía e información en productos, como parte de un sistema de producción industrial.

Poliestireno: es otro polímero de origen hidrocarbúrico cuyo monómero base se conoce como: estireno. El estireno es un alqueno líquido constituido por un anillo bencénico unido en posición alílica al grupo etilénico ($C_6H_5CH = CH_2$). A partir de este se obtiene el poliestireno.

Polímero: Un material polimérico sólido es aquel que contiene múltiples partes o unidades enlazadas químicamente y que están unidas entre sí para formar un sólido

Reciclaje: Es el proceso mediante el cual se transforman los residuos potencialmente aprovechables, y se devuelve a los materiales su capacidad de ser reincorporados como materia prima o como insumo para la fabricación de nuevos productos.

Recolección: Actividad del servicio de aseo realizada por el prestador de aseo, la cual consiste en retirar y recoger los residuos aprovechables y no aprovechables para su transporte hasta las estaciones de clasificación y aprovechamiento, estación de transferencia o sitios de disposición final.

Reducción: Reducir el consumo, tanto energético como de bienes materiales, con la finalidad de disminuir el gasto de materias primas, agua y bienes de consumo, así como el aporte de CO₂ a la atmósfera y el consumo de energía (tanto la destinada a la creación de un producto como a su transporte y distribución) .

Relleno sanitario: Lugar técnicamente diseñado para la disposición final controlada de los residuos sólidos, sin causar peligro, daño o riesgo a la salud pública, minimizando los impactos ambientales y utilizando principios de ingeniería. Confinación y aislamiento de los residuos sólidos en un área mínima, con compactación de residuos, cobertura diaria de los mismos, control de gases y lixiviados, y cobertura final.

Residuo sólido: Es cualquier objeto, material, sustancia o elemento principalmente sólido resultante del consumo o uso de un bien en actividades domésticas, industriales, comerciales, institucionales o de servicios, que el generador presenta para su recolección por parte de la persona prestadora del servicio público de aseo. Igualmente, se considera como residuo sólido, aquel proveniente del barrido y limpieza de áreas y vías públicas, corte de césped y poda de árboles. Los residuos sólidos que no tienen características de peligrosidad se dividen en aprovechables y no aprovechables.

Residuo sólido aprovechable: Es cualquier material, objeto, sustancia o elemento sólido que no tiene valor de uso para quien lo genere, pero que es susceptible de aprovechamiento para su reincorporación a un proceso productivo

ANEXO 8: *Siglas y abreviaciones.*

ACV	Análisis de Ciclo de Vida
AFFF	Aqueous Film Forming Foam
AFP	Administradora de Fondos de Pensiones
ANAPE	Asociación Nacional de Poliestireno Expandido
ANOVA	Analysis of Variance
ASDTR	Agencia para Sustancias Tóxicas y el Registro de Enfermedades
BB	Beneficio Bruto
BOPP	Polipropileno Biorientado
CCP	Comisión de las Comunidades Europeas
CFC	Clorofluorocarbono
CNTQ	Centro Nacional de Tecnología Química
COVs	Compuestos Orgánicos Volátiles
DBO	Demanda Bioquímica de Oxígeno
DQO	Demanda Química de Oxígeno
MARN	Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales
MEK	Metil Etil Cetona
MIBK	Metil Isobutil Cetona
MIDS	Manejo Integral de los Desechos Sólidos
MINEC	Ministerio de Economía
ONUDI	Organización de las Naciones Unidas para el Desarrollo Industrial
PVA	Acetato de Polivinilo
PE	Poliestireno Expandido
PEAD	Poliestireno de Alta Densidad
PET	Tereftalato de Poliestireno
PNMIDS	Programa Nacional de Manejo Integral de los Desechos Sólidos
PP	Polipropileno
EPS	Poly Styrene Expandet
QN	QuimiNet
UES	Universidad de El Salvador
UNAM	Universidad Nacional Autónoma de México