



**UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO**

**FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA  
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL**

**Reaprovechamiento de residuos de poliestireno expandido  
usando Limoneno extraído de cáscaras de *Citrus Paradisi* en  
Lurín, Lima – 2020**

**TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:  
Ingeniero Ambiental**

**AUTORES:**

Jacay Tacuri, Jhon Eladio (ORCID: 0000-0002-3508-7551)  
Quispe Alarcón, Cristian Alfredo (ORCID: 0000-0001-7977-3118)

**ASESOR:**

Dr. Cabrera Carranza, Carlos Francisco (ORCID: 0000-0002-5821-5886)

**LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:**

Tratamiento y gestión de los residuos

**LIMA – PERÚ**

2020

### **Dedicatoria**

La presente tesis es dedicada a Dios, nuestros padres por apoyarnos con los recursos necesarios para poder estudiar y principalmente darnos fuerzas para seguir adelante y no desmayar ante las adversidades que se presentaban a lo largo de nuestras carreras, también por creer en nosotros en todo momento en este camino hacia nuestra profesión.

### **Agradecimiento**

A nuestro Dios, por permitirnos contar con buena salud y darnos fuerzas en los momentos complicados.

A nuestras familias, por su amor, comprensión y apoyo en los momentos más difíciles que hemos pasado.

A mis docentes de la Escuela Profesional de Ingeniería Ambiental, por haber compartido sus experiencias, sabiduría y conocimientos a lo largo de nuestra formación profesional, de manera especial al Doctor Carlos Francisco Cabrera Carranza, asesor de esta tesis quien nos ha guiado con paciencia integridad y sabiduría.

## Índice de contenido

Índice de tablas .....	v
Índice de figuras .....	vi
Resumen .....	vii
Abstract .....	viii
I. INTRODUCCIÓN .....	1
II. MARCO TEÓRICO .....	3
III. METODOLOGÍA .....	14
3.1. Tipo y diseño de investigación .....	14
3.2. Variables de operacionalización.....	14
3.3. Población, muestra y muestreo .....	14
3.4. Técnica.....	16
3.5. Instrumento de recolección de datos.....	16
3.6. Procedimientos .....	17
3.7. Método de análisis de datos.....	21
3.8. Aspectos éticos .....	21
IV. RESULTADOS .....	22
V. DISCUSIÓN .....	34
VI. CONCLUSIONES.....	38
VII. RECOMENDACIONES .....	39
REFERENCIAS .....	40
ANEXOS .....	46

## Índice de tablas

Tabla 1: Determinación de la composición porcentual del aceite esencial de Citrus Paradisi.....	10
Tabla 2: Relación densidad vs, índice de refracción en aceites esenciales .....	11
Tabla 3: Coordenadas de la toma de muestra .....	15
Tabla 4: Docentes que validaron los instrumentos.....	16
Tabla 5: Ficha de control del proceso de extracción de Limoneno.....	17
Tabla 6: Ficha de control del proceso de disolución de los residuos de poliestireno .....	17
Tabla 7: Ficha de control del proceso de reaprovechamiento de Poliestireno expandido .....	17
Tabla 8: Parámetros in situ del Limoneno .....	22
Tabla 9: Resultados de dosis óptima en la disolución de poliestireno a temperatura ambiente .....	22
Tabla 10: Resultados de temperatura en la disolución de poliestireno .....	24
Tabla 11: Resultados de pH en la disolución de poliestireno .....	25
Tabla 12: Dosis óptima de Limoneno y poliestireno con temperatura y pH constantes .....	26
Tabla 13: Prueba de normalidad de los datos de poliestireno, temperatura y pH.....	28
Tabla 14: Prueba de hipótesis de los datos de Limoneno y cantidad de poliestireno diluido.....	29
Tabla 15: Prueba de hipótesis entre la temperatura del Limoneno y cantidad de poliestireno diluido. ....	30
Tabla 16: Prueba de hipótesis para los datos de pH del Limoneno y la cantidad de poliestireno diluido. ....	31
Tabla 17: Prueba de hipótesis entre los datos de dosis óptima y cantidad de poliestireno diluido .....	32
Tabla 18: Comparación de los valores de temperatura y proporción (L/P) obtenidos por otros investigadores y la presente investigación .....	35
Tabla 19: Comparación de los valores obtenidos de densidad y índice de refracción del aceite esencial de Toronja con otros autores.....	35
Tabla 20: Comparación de la capacidad de disolución con otro autor .....	37

## Índice de figuras

Figura 1: Estructura anatómica general de los cítricos en C. Paradisi .....	9
Figura 2: Hidrodestilación con trampa de Clevenger.....	12
Figura 3: Demanda mundial de materiales plásticos en el 2006 .....	13
Figura 4: Porcentaje del uso de recursos por técnica empleada.....	13
Figura 5: Flujograma .....	20
Figura 6: Medición de pH y temperatura del Aceite esencial de Citrus Paradisi .....	22
Figura 7: Mezcla homogénea de la corrida C04.....	23
Figura 8: Mezcla heterogénea de la corrida C05.....	23
Figura 9: Datos de Poliestireno (g) y Temperatura (°C) .....	25
Figura 10: Proceso de reaprovechamiento de poliestireno a partir de una disolución de Limoneno extraído de cáscaras de Citrus Paradisi .....	27
Figura 11: Resultado final del reaprovechamiento de residuos de poliestireno con Limoneno extraído de las cáscaras de Citrus Paradisi.....	27

## Resumen

La presente tesis tuvo como objetivo llevar a cabo el reaprovechamiento de los residuos de poliestireno expandido a partir de una disolución con limoneno extraído de cáscaras de *Citrus Paradisi* (toronja). Para lo cual se desarrolló la obtención del limoneno mediante el proceso de hidrodestilación asistida por radiación de microondas siendo este método de extracción más eficiente para la obtención de aceite esencial. Para llevar a cabo un reaprovechamiento óptimo se realizaron 8 pruebas de ensayo, en primera instancia a una temperatura de 21.9 °C, un pH de 5.41 y distintas cantidades de poliestireno diluidas en 10 ml de limoneno obtenido, logrando tener como resultado que por cada mililitro se logró diluir 4 gramos de poliestireno, posteriormente se sometió estas cantidades a un incremento de temperatura gradual llegando a 75°C y un pH de 5.37, donde se diluyeron 5 gramos de poliestireno en 10 ml de limoneno de tal forma se llegó a la conclusión que si se puede realizar el reaprovechamiento haciendo uso del Limoneno extraído de cáscaras de *Citrus Paradisi* y que los parámetros óptimos para realizar el proceso fueron 5 gramos de residuos de poliestireno en 10ml de limoneno a una temperatura de 75°C y un pH de 5.37.

**Palabras claves:** Limoneno, Poliestireno, *Citrus Paradisi*, reaprovechamiento.

## **Abstract**

The present thesis aimed to carry out the reuse of expanded polystyrene waste from a solution with limonene extracted from Citrus Paradisi (grapefruit) peels. For which the obtaining of limonene was developed by means of the hydrodistillation process assisted by microwave radiation, this extraction method being the most efficient for obtaining essential oil. In order to carry out an optimal reuse, 8 test tests were carried out, in the first instance at a temperature of 21.9 ° C, a pH of 5.41 and different amounts of polystyrene diluted in 10 ml of limonene obtained, achieving the result that for each milliliter 4 grams of polystyrene was diluted, subsequently these quantities were subjected to a gradual increase in temperature reaching 75 ° C and a pH of 5.37, where 5 grams of polystyrene were diluted in 10 ml of limonene in such a way that the conclusion was reached that if reuse can be carried out using Limonene extracted from Citrus Paradisi peels and that the optimal parameters to carry out the process were 5 grams of polystyrene residues in 10ml of limonene at a temperature of 75 ° C and a pH of 5.37.

**Keywords:** Limonene, Polystyrene, Citrus Paradisi, reuse.



## I. INTRODUCCIÓN

En los últimos años se ha incrementado considerablemente la contaminación por plástico en todo el mundo, ocasionando que sea necesario proponer métodos que nos ayuden a disminuir su impacto, la propuesta más conocida es la del reciclaje que tiene como finalidad darle un nuevo uso al residuo transformándolo en un objeto que tenga utilidad. En el caso del Poliestireno expandido este es un material químicamente inerte que no se biodegrada, por lo que surge un problema ambiental al ser un residuo que abarca espacio en los rellenos sanitarios (GAMA *et. Al*, 2013). Según los datos del Chemical Economics Handbook, el mercado a nivel mundial del poliestireno creció en un 91% entre los años 2001 – 2015 (AGUDELO, *et al* 2017). De tal forma surge la necesidad de recurrir a opciones mucho más amigables ambientalmente, con un costo menor, y es donde surge la investigación de un solvente orgánico llamado Limoneno que es extraído de los residuos de algunos cítricos como: la naranja, la mandarina, el limón y toronja, de esta última especie se trata esta investigación. El presente proyecto de investigación tuvo como finalidad determinar si el Limoneno extraído de la cáscara de *Citrus Paradisi* permite reaprovechar los residuos de poliestireno, y producto de los resultados dar solución al impacto ambiental que ocasionan estos residuos. En la actualidad la problemática de la contaminación por residuos de plástico ha ido incrementando exponencialmente debido al alto consumo que se viene generando a nivel mundial.

De esta forma se plantea el siguiente problema general: ¿de qué manera la aplicación de Limoneno extraído de cáscara de *Citrus Paradisi* permite el reaprovechamiento de los residuos poliestireno expandido? Asimismo, como problemas específicos siguientes: ¿en qué medida la temperatura aumenta la capacidad de disolución del Limoneno extraído de la cáscara de *Citrus Paradisi* para el reaprovechamiento de los residuos de poliestireno expandido?; ¿cómo el pH del Limoneno extraído de cáscara de *Citrus Paradisi* mejora la disolución de los residuos de poliestireno expandido en su reaprovechamiento?; ¿de qué manera la dosis óptima de Limoneno extraído de la cáscara de *Citrus Paradisi* mejora el reaprovechamiento de los residuos de poliestireno expandido?.

Esta investigación permitió ayudar a las personas del distrito de Lurín en la solución a la problemática de la contaminación que se genera con los residuos de poliestireno expandido, ya que en la actualidad no se realizan tratamientos para este tipo de residuo. De la misma forma, se disminuirá la contaminación por plástico en este distrito dándoles a los pobladores mejor calidad de vida, junto con el aporte económico que brinda esta investigación ya que, usando un residuo en este caso la cáscara de *Citrus Paradisi*, se puede realizar el tratamiento de los residuos de poliestireno expandido. Por otra parte, el desarrollo de esta investigación dará un gran aporte para el desarrollo de procesos de reciclaje de poliestireno expandido donde el principal componente es un disolvente natural y que genera mucho menor costo, sin contar que esta tecnología puede ser implementada en otros distritos y provincias.

Como objetivo general se tendrá: Determinar que la aplicación de Limoneno extraído de la cáscara de *Citrus Paradisi* permite reaprovechar los residuos de poliestireno expandido; y nuestros objetivos específicos: determinar si la temperatura aumenta la capacidad de disolución del Limoneno extraído de la cáscara de *Citrus Paradisi* para el reaprovechamiento del poliestireno expandido; determinar si el pH mejora la capacidad de disolución del Limoneno extraído de la cáscara de *Citrus Paradisi* para el reaprovechamiento de poliestireno expandido; determinar la dosis óptima de Limoneno extraído de la cáscara de *Citrus Paradisi* para reaprovechar residuos de poliestireno expandido.

Como hipótesis general se tendrá: El uso de Limoneno extraído de cáscara de *Citrus Paradisi* permite el reaprovechamiento de los residuos de poliestireno; y como hipótesis específicas: la temperatura del Limoneno extraído de la cáscara de *Citrus Paradisi* si aumenta la disolución de los residuos poliestireno expandido para su reaprovechamiento; el pH del Limoneno extraído de la cáscara de *Citrus Paradisi* mejora la disolución de los residuos de poliestireno expandido para su reaprovechamiento; la dosis óptima de Limoneno extraído de la cáscara de *Citrus Paradisi* si mejora el reaprovechamiento de residuos de poliestireno expandido.

## II. MARCO TEÓRICO

Según LÓPEZ, D. et al. (2014), se realizaron tratamientos de residuos de poliestireno donde se evaluaron los parámetros de agitación y porcentaje de solvente, se planteó una matriz de diseño factorial para evaluar el efecto de los parámetros mencionados anteriormente teniendo un rango de agitación de 310-500 rpm y porcentaje de mezcla de 40-80%, obteniendo como resultado la disminución de volumen de poliestireno con razón entre 1/2 y ¼ permitiendo recuperar espacios en los vertederos y disminuir costos de transporte, así como al trabajar en condiciones extremas de agitación (310-500 rpm) no hubo cambios significativos en las muestras.

Mayorga, C. et al. (2014), usó poliestireno expandido para la obtención de adhesivos utilizando métodos económicos y ambientalmente amigables, haciendo el uso de componentes terpénicos para llevar a cabo la disolución, siendo el Limoneno el disolvente usado, obteniendo como resultados que las relaciones volumétricas de solventes tienen tiempo de secado distintos, las soluciones tuvieron una concentración de 400 g/L. Se puede concluir que en la variación de las concentraciones tiene una gran influencia en el tratamiento del poliestireno.

LOZADA, Susan. (2017), se realizaron pruebas para determinar la proporción de masa de poliestireno expandido y aceite esencial de naranja, en condiciones de 250 rpm y 75 °C que fue el punto donde no se obtuvo residuos de poliestireno ni de aceite esencial de naranja, se llegó a la conclusión que hubo una recuperación del 97.58% de poliestireno expandido usando como punto de equilibrio la correlación 1:1 de masa de poliestireno y aceite de naranja.

BENITEZ, I. y VELEZ, J. (2013), tuvo como objetivo usar el Limoneno como solvente para aprovechar el poliestireno como un recubrimiento anticorrosivo para lo cual se desarrollaron distintas experimentaciones que consistían en varias la cantidad de poliestireno, Limoneno, dióxido de titanio y óxido de zinc, pero manteniendo la misma cantidad de aditivo (octoato de cobalto), el producto resultante se sometió a una prueba específica y posteriormente se comparó con un anticorrosivo comercial, obteniendo como conclusión que hubo una diferencia ya

que el anticorrosivo tuvo un 50% de superficie corroída y el anticorrosivo hecho a base de poliestireno solo presento 10% de superficie corroída.

SALTOS, Paola, et al. (2015), estudió el proceso de reciclaje del poliestireno expandido por el método de disolución – precipitación, siendo una alternativa para disminuir su impacto en el ambiente, se trituraron los residuos recolectados para luego diluirlo en tetrahidrofurano (THF) y se precipitó el etilenglicol (EG) con una agitación continua, luego se pasó por los procesos de filtrado, secado, molienda y lavado. Al someterlos a ensayo se determinó un índice de fluidez entre 15.56 y 23.60 g/10 min por lo que el resultado obtenido se puede reciclar luego por inyección y extrusión, pero el mejor resultado obtenido fue en la disolución de 30 % de EPS y precipitación con una relación volumétrica 1/3 THF/EG, del que se tuvo un polímero sin contaminación de etilenglicol.

Según CAMAL, J. (2018), estudió propiedades físico-químicas y mecánicas de un látex utilizado como recubrimiento en conjunto con una solución de Limoneno-poliestireno, donde se obtuvo un látex a prueba de agua en el que fue necesario reciclar residuos de poliestireno usando como diluyente el Limoneno; por tanto, AGUDELO, Alejandra. (2017), en su artículo científico *“Re-diseño de un proceso que permita el reciclaje del poliestireno expandido EPS”* usan poliestireno expandido para la incorporación en procesos de producción de anticorrosivos y asfalto, usando como diluyente Limoneno, esto permite incorporar a los residuos de poliestireno expandido evitando que lleguen a los rellenos sanitarios ocupando espacio o también poder llegar al medio ambiente, en esta investigación se usó el 2% del poliestireno reciclado con Limoneno y es agregado al asfalto de tipo 60/70 aumentando su durabilidad y flexibilidad.

AYALA, J, CAMPELL H. y MONTERO, G. (2013), tuvo como objetivo presentar los parámetros críticos detectados en el proceso de extracción de aceite esencial de cáscara de naranja por medio de hidrodestilación, utilizando la simulación por software. Se emplearon 65 g de cáscaras de naranja (incluido el albedo) en muestras. Posteriormente se sometió la muestra a una reducción de tamaño, cuya duración fue de 1 o 2 minutos según el nivel a analizar, además los volúmenes de solvente (agua desionizada) seleccionados fueron de 500 ml y 600 ml con una

duración del proceso de 50 min y 70 min. En conclusión, los parámetros de la simulación indican que el volumen de solvente generará una variación en la producción de aceite esencial y el flujo de enfriamiento está ligado a la calidad del aceite producido, se logró una producción final de 72.134 g/h de aceite esencial utilizando 1.5 kg de cáscara de naranja y 6 litros de solvente.

KUSUMA, H y MAHFUD, M (2016), examinó el efecto de la presencia y ausencia de flujo de aire adicional al método de hidrodestilación por microondas, esta investigación emplea un método desarrollado a partir de la hidrodestilación por microondas, para optimizar la extracción de aceite esencial, las extracciones por hidrodestilación de microondas y los métodos de hidrodestilación de aire de microondas. Se realizaron con una potencia de 600W; la proporción de la materia prima a extraer y el solvente fue de 0.05 g mL<sup>-1</sup> y el tiempo de extracción fue de 120 minutos. En la extracción por hidrodestilación por microondas, las tasas de flujo de aire utilizadas fueron 0.1, 0.5, 1.5, 3.0 y 5.0 L / min, los resultados de la investigación muestran que la extracción de aceite de sándalo por hidrodestilación por microondas es más rápida y produce mayores rendimientos y acumulación.

PUTRI, D, et al. (2017), tuvo como objetivo la extracción de aceite de pachulí utilizando hidrodestilación por microondas y métodos de extracción por microondas sin disolventes, el método que se realizó fue un tiempo de extracción más largo (240 min) solo produjo el rendimiento del aceite de pachulí 1,2 veces mayor que el método de extracción por microondas sin solvente que requiere un tiempo de extracción más rápido (120 min). Entre los principales resultados la extracción de aceite de pachulí por el método de extracción por microondas libre de solventes toma relativamente más rápido que el método de hidrodestilación de microondas. Se concluyó que la extracción de aceite de pachulí utilizando el método de extracción por microondas sin solvente es una técnica que es mejor que el método de destilación por arrastre a vapor.

TAN, P, THIEN, H y THI C (2019), tuvo como objetivo la extracción de aceite esencial de las cáscaras de naranja mediante el método de hidrodestilación y se combinó un software tecnológico para optimizar el proceso, el uso de la metodología de la naranja fue limpiado y pelado para separar la parte externa, que

se debe a la razón por la que la mayoría del aceite esencial en la bolsa de aceite presente en ellos, se llevaron 50 g de material en todas las extracciones de aceites esenciales de naranja (*Citrus sinensis*), una cantidad de 100 g de cáscaras de naranja fue sometido a hidroddestilación realizado con un Clevenger tipo de aparato. En conclusión, las condiciones óptimas para el rendimiento del aceite de extracción incluyen la relación de agua a material, temperatura, tiempo de extracción logrado 3.19 mL/g, 130.08 °C y 74.31 minutos respectivamente, la hidroddestilación actúa como un método verde de extracción debido a que consume menos energía.

LEÃO, Rosineide, et al. (2017), propuso el uso de dos residuos poliestireno y bagazo de caña, combinando sus propiedades en un solo material, el método se empleó desechos de poliestireno expandido (EPS), fueron sometidos a una selección inicial donde se extrajeron pegatinas y objetos extraños manualmente, el poliestireno postconsumo fueron comprimidos a una temperatura de 130 °C y una presión de 8 toneladas durante 3 minutos densidad aumentada, se utilizaron prensas térmicas hidráulicas para el perfecto compresión poliestireno expandido, entre los principales resultados se obtuvo un aumento en el módulo de tracción de la compuestos reforzados con fibras de celulosa en comparación con poliestireno reciclado, la rigidez de los compuestos reforzados con 10 y 20% de porcentaje de peso de fibras que mostró un aumento de 15.54 y 27.35% respectivamente, en comparación con poliestireno reciclado.

ALMUSAWI, Aquil Mousa, et al. (2016), mejoró las propiedades mecánicas del poliestireno disuelto reforzando con partículas de cáñamo. Por otra parte, el porcentaje de pasta de poliestireno (40% en peso) se mezcló con un contenido máximo de cáñamo (60% en peso) para producir un compuesto termoplástico, el método que se empleó en el poliestireno expandido tenía una densidad de (0.015 g / cm<sup>3</sup>). Entre las principales conclusiones se logró reducir el volumen de poliestireno expandido reciclado en más del 98,4%, separando el poliestireno de otros desechos y limpiándolo de los aceites y los colores, como resultado se obtuvo un plástico líquido viscoso sin el uso de un proceso de calentamiento. La pasta de poliestireno se utilizó como matriz en el segundo paso para producir un compuesto termoplástico de base biológica de 60% en peso de cáñamo, y los resultados

indicaron que las partículas de cáñamo facilitaron la evaporación de la acetona de la pasta.

SAMPER, Mado, et al. (2010), su objetivo era reducir el volumen de residuos mediante su molienda y trituración mecánica y su posterior reintroducción en la producción en masa, el método que se empleó fue llevar el poliestireno reciclado hacia un proceso de una máquina de dos rodillos a 110 °C y se obtuvieron muestras para ensayos de tracción en una máquina de moldeo por inyección Babyplast 6/6, la temperatura y la carga utilizadas fueron 200 °C y 5 kg respectivamente, los resultados del análisis térmico e infrarrojo indican que el material no se degrada durante el proceso de recuperación; de hecho, las propiedades térmicas del material reciclado son incluso mejores que las del producto virgen, el resultado de la prueba de para poliestireno reciclado fue de 11,3 g/10 min, y para poliestireno virgen fue de 10 g /10 min, en conclusión el poliestireno reciclado del embalaje es un producto adecuado sustituto de poliestireno nuevo, el método utilizado para procesar el poliestireno fue eficiente.

ACHILIAS, D, KANELLOPOULOU, I y MEGALOKNOMOS, P (2015), examinó diferentes solventes/no solventes con diferente peso cantidades porcentuales y temperaturas con recuperación de un 90 %, el modelo de poliestireno se utilizó junto con diferentes productos comerciales que contiene poliestireno, se usaron xileno con una temperatura de 140 °C y tolueno 110 °C como solventes, se añadieron el polímero (4 gr) y el disolvente (20 ml) en un matraz equipado con un condensador vertical y un agitador magnético, el polímero se volvió a precipitar, se lavó, se filtró y se secó en horno a 80 °C por 10 h. El polímero reciclado se obtuvo en forma de polvo o granos. En conclusión, el reciclaje químico del poliestireno mediante disolución/precipitación conduce a una alta recuperación de polímero con la desventaja de usar grandes cantidades de disolventes orgánicos.

Bruno Antonio de Lourdes, Fabiana de Araujo Lana (2017), en su trabajo tuvo como objetivo el estudio del análisis ambiental del reciclaje de espumas semirrígidas de poliestireno (PS), a través del solvente orgánico d-limoneno extraído de la cáscara de naranja, demuestra la técnica científica utilizada y la práctica comercial ya realizada, el desarrollo del conocimiento que hace posible disolver los desechos

desechados en el aceite esencial sin causar la ruptura de su estructura molecular y en consecuencia la contaminación permite utilizar el solvente d-limoneno varias veces en el proceso de reciclaje y el poliestireno reciclado como materia prima para industrias de plásticos. En conclusión, refiriéndose al limoneno como subproducto del procesamiento industrial de naranja, el disolvente limoneno es considerablemente volátil, por lo tanto, como se destaca en los estudios analizados, es importante señalar que la viabilidad solo es posible con recuperación del disolvente orgánico para un nuevo ciclo con proceso de retención mecanizado.

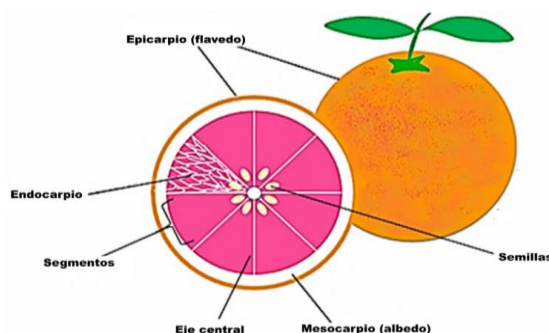
Yáñez Rueda X, Lugo Mancilla L. L, Parada Parada D. Y (2007), obtuvo aceite esencial a partir de la corteza de la naranja dulce *Citrus sinensis* mediante el método de hidrodestilación asistida por radiación de microondas (HDMO) y la identificación de los componentes mayoritarios volátiles del aceite extraído, mediante la técnica de Cromatografía de Gases de Alta Resolución (CGAR) con detector FID (Flame Ionization Detector). Se recolectaron 12 Kg de naranja dulce de la especie vegetal *Citrus sinensis*, variedad Valenciana, para la obtención del aceite esencial por HDMO se puso en un balón de 4 L, se colocó 1 Kg de cáscara fresca y se agregaron 250 ml de agua destilada para realizar la hidrodestilación. En conclusión, el aceite esencial obtenido se identificó como principal constituyente volátil el monoterpeno conocido como limoneno, con una concentración relativa del 90.93%.

Liliana M. Cáceres, Silvia N. Zambón, Gustavo A. Velasco, Ester R. Chamorro (2018), en su investigación tuvo como objetivo estudiar el efecto de distintos solventes en el rendimiento y la selectividad de la reacción de obtención de  $\alpha$ -terpineol a partir del aceite de pomelo, rico en limoneno, también se probaron solventes alcohol isopropílico, ácido acético, acetona y tetracloruro de carbono. Se usó aceite esencial de pomelo (*Citrus Paradisi*) como fuente de limoneno. En conclusión, la composición química y los valores de las propiedades físicas del aceite esencial de pomelo obtenido, se encontraron cercanos dentro de los valores reportados en la literatura para este tipo de aceite, y guardaron correspondencia con el método de extracción empleado y con el alto contenido en hidrocarburos monoterpénicos, especialmente el limoneno.



ABUBAKAR EL-ISHAQ, MARUF TIJJANI, SONIA O.O. AND MUSA I. KATUZU (2011), tuvo como objetivo extraer de la cáscara de naranja utilizando un extractor de soxhlet y llevar a cabo en términos de apariencia, color, olor y rendimiento porcentual. Entre los principales resultados obtenidos fueron peso de la piel 204.95(g), peso del aceite extraído 1.8645 (g) y 0.9100 % de rendimiento de aceite (g). En conclusión, el trabajo reveló las propiedades fisicoquímicas del Limoneno como apariencia, olor, punto de ebullición, un punto de fusión que son de color amarillo verdoso y fuerte aroma a naranja, 740 °C y -740 °C respectivamente.

Caamal, J. (2018), tuvo como objetivo la obtención de un látex a partir de la disolución de poliestireno usando estos tipos de diluyente; Limoneno y Cloroformo. Obteniendo como resultado que la capacidad de disolución de estos solventes son 0.26 g/ml y 1.47 g/ml respectivamente a una temperatura de 25 °C, siendo el Limoneno una alternativa más amigable con el medio ambiente al ser un producto natural, haciendo posible el reciclado de los residuos de poliestireno. Como bases teóricas se tienen: La toronja (*Citrus Paradisi*) es la segunda fruta cítrica más importante en todo el mundo, se constituye por químicos como las hesperidina, neohesperidina, tangenetina y limoneno (De la Rosa, *et al* 2016). Podemos ver en la Figura 1 las partes de la toronja, nos centraremos específicamente en el flavedo que es la parte donde se va a extraer los aceites esenciales.



**Figura 1:** Estructura anatómica general de los cítricos en *C. Paradisi*

**Fuente:** “Revista Mexicana de Ciencias Farmacéuticas”, 2016 vol. 47

Se caracterizaron 25 componentes en el aceite esencial de la toronja, siendo el limoneno el compuesto dominante con un 91.5% y 88.6% de rendimiento (Cerón, I, Cardona, 2011). En la Tabla 1 se observa la composición porcentual del aceite esencial de *Citrus Paradisi*.

**Tabla 1:** Determinación de la composición porcentual del aceite esencial de *Citrus Paradisi*

Composición % del aceite esencial	
Limoneno	90.97%
b-Linalol	1.97%
b-mirceno	1.75%
Pineno	0.53%
c-terpinoleno	1.65%

**Fuente:** “Evaluación del proceso integral para la obtención del aceite esencial y pectina a partir de la cáscara de toronja”, 2011 vol 7.

Los aceites esenciales son sustancias constituidas por terpenos, sesquiterpenos y compuestos aromáticos que se localizan en el Flavedo de los frutos cítricos, este aceite es obtenido por destilación por arrastre con vapor de agua y en los últimos años con hidrodestilación asistida por radiación de microondas (HDMO) (Juárez, J 2010). Las propiedades de los aceites esenciales son muy amplias ya que van desde antisépticos, analgésicos, fungicidas, diuréticos y en los últimos años se ha determinado que son buenos diluyentes de poliestireno (Contreras, V 2010).

El índice de refracción de los aceites esenciales mantiene una relación con respecto a su densidad, la cual se nos detalla en la Tabla 2. (Domínguez, 1973):

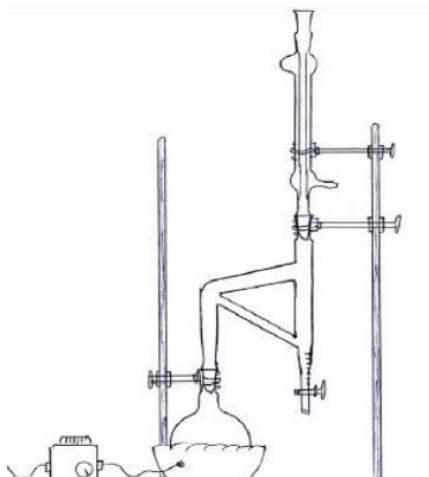
**Tabla 2:** Relación densidad vs índice de refracción en aceites esenciales

<b>Relación</b>		<b>Posibles componentes presentes</b>
<b>Densidad vs. Índice de refracción</b>		
<b>Densidad (g/mL)</b>	<b>Índice de refracción</b>	
Menor a 0.9	Menor a 1.47	Alto porcentaje de hidrocarburos terpénicos o compuestos alifáticos
Mayor a 0.9	Menor a 1.47	Compuestos oxigenados alifáticos
Menor a 0.9	Mayor a 1.47	Hidrocarburos aromáticos
Mayor a 0.9	Mayor a 1.47	Compuestos oxigenados aromáticos o alicíclicos

Fuente: Domínguez, 1973.

Para realizar la extracción de los aceites esenciales de la toronja existen muchas alternativas como; Destilación, hidrodestilación, destilación con agua-vapor, destilación por arrastre con vapor, hidrodestilación asistida por la radiación de microondas (CONTRERAS, V 2010), esta última será usada es la presente investigación, así mismo, la hidrodestilación asistida por la radiación de microondas (HDMO) consiste en sumergir el material vegetal en agua en un equipo de destilación tipo Clevenger sometida a la acción de la radiación de microondas, el agua se lleva al punto de ebullición y este atraviesa las estructuras celulares y permiten el arrastre con el vapor de agua, luego se condensa y se colecta, esto permite la disminución del tiempo en la obtención del Limoneno de los métodos convencionales (VARGAS Y BOTTIA, 2008).

Podemos observar en la Figura 2 la trampa de clevenger que será usada para realizar la hidrodestilación asistida con la radiación de microondas para la extracción del Limoneno de las cáscaras de *Citrus Paradisi*.

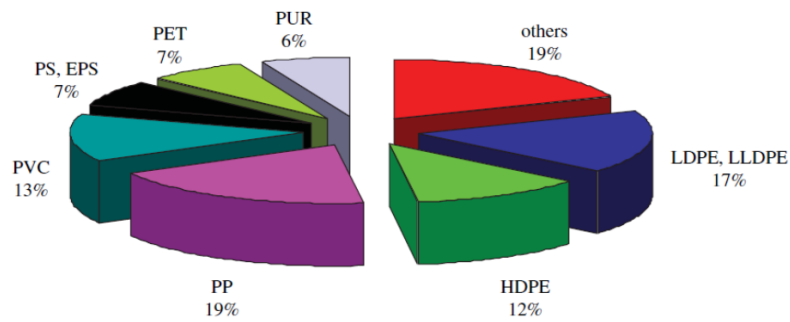


**Figura 2:** Hidrodestilación con trampa de Clevenger

**Fuente:** “Estudio de la composición química de los aceites esenciales de seis especies vegetales cultivadas en los municipios de Bolívar y El Peñón”, 2008.

El poliestireno expandido es conocido como “corcho blanco”, “poliespán” o “Tecnopor” el cual es un material plástico usado principalmente en envases y materiales para embalaje conteniendo un 5% de poliestireno y 95% de aire, esto le da al poliestireno expandido una alta capacidad de moldearse a cualquier forma requerida. (NEWEL, JAMES.2010). A nivel mundial se generan 400 millones de toneladas de plástico anualmente, de los cuales solo el 9% es reciclado, el 12% es incinerado y el 79% es acumulado en rellenos sanitarios o desechados al medio ambiente (Jambeck et al, 2015).

La Figura 3 podemos apreciar que el consumo de poliestireno expandido a nivel mundial es de un 7% igualado en cantidad con el PET.

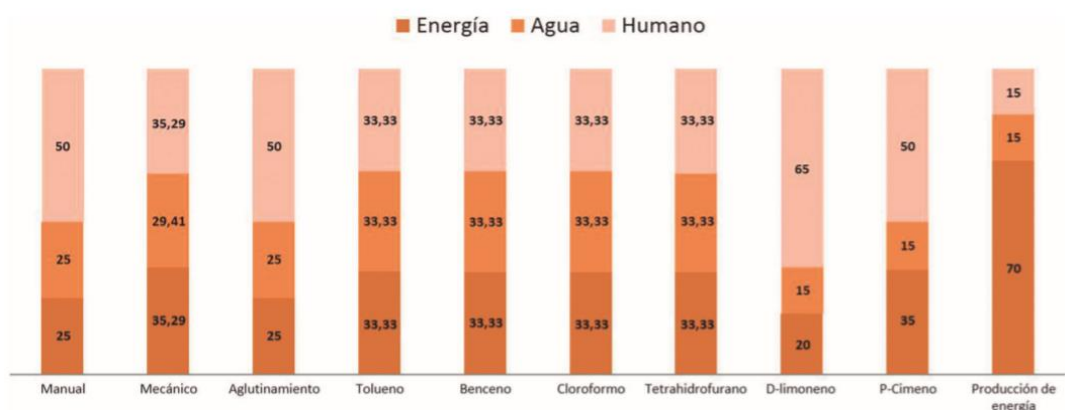


**Figura 3:** Demanda mundial de materiales plásticos en el 2006

**Fuente:** “Applications and societal benefits of plastics”, 2009. PHil. Trans. R. Soc. B, Vol 364.

Por otro lado, el impacto ambiental que se genera para el reciclaje de este material recae en los recursos que se necesita para llevar a cabo el reciclaje y esto depende mucho del tipo de técnica que se emplee (TÉLLEZ, 2012).

Podemos observar en la figura 4 el porcentaje de recursos que se usa en cada técnica de reciclaje de poliestireno expandido, donde podemos apreciar que en el caso de limoneno se usa menos recursos de energía y agua ocasionando un menor impacto al medio ambiente.



**Figura 4:** Porcentaje del uso de recursos por técnica empleada.

**Fuente:** “Alternativas de bajo impacto ambiental para el reciclaje de poliestireno expandido a nivel mundial”, Arthuz, L et al, (2019)

### **III. METODOLOGÍA**

#### **3.1. Tipo y diseño de investigación**

Esta investigación es de tipo aplicada debido a que se buscará crear una nueva forma de reciclar el poliestireno expandido basándonos en un diluyente orgánico que es extraído de la cáscara de *Citrus Paradisi*. Según VERA, G; OLIVEROS, R Y TAM, J (2008) la investigación aplicada busca la creación de nuevas tecnologías a partir de conocimientos adquiridos que pueden ser aplicados brindando oportunidades significativas para su difusión e implementación (TAM, J *et al* 2008).

El diseño desarrollado en esta investigación es experimental ya que se manipulará las concentraciones del Limoneno para formar una dilución con poliestireno expandido con el fin de obtener un producto final. Según HERNÁNDEZ, R; FERNÁNDEZ, C Y BAPTISTAS, M (2010) el diseño experimental es un estudio donde se manipula variables independientes para analizar posibles consecuencias sobre variables dependientes.

La presente investigación será un experimento puro, ya que se manipulará las concentraciones de Limoneno para solubilizar los residuos de poliestireno y posteriormente ser reaprovechadas todo esto se desarrollará en una situación de control. Según HERNÁNDEZ (2010) en un experimento puro se manipula la variable independiente para ver sus efectos en la variable dependiente en una situación de control (BAPTISTA. 2010).

#### **3.2. Variables de operacionalización**

Variable independiente: "Limoneno extraído de cáscara de *Citrus Paradisi*."

Variable dependiente: "Reaprovechamiento de residuos de Poliestireno expandido." (Anexo 1)

#### **3.3. Población, muestra y muestreo**

La población para esta investigación estará comprendida en la totalidad de 6.57% del total recolectado el tipo de residuo de Tecnopor o poliestireno expandido desechados en la playa San Pedro en el distrito de Lurín.

La muestra para la presente investigación será de 4 Kg que serán necesarias para realizar las diversas corridas experimentales, las cuales fueron recolectadas en la Playa San Pedro en el distrito de Lurín.

El muestreo será aleatorio simple ya que se recogerá el poliestireno al azar en la playa San Pedro ubicado en el distrito Lurín y este no influenciará en el desarrollo de la investigación.

En la Tabla 3 se detallan las coordenadas de los puntos donde se realizaron el recojo de las muestras de residuos de poliestireno expandido.

**Tabla 3:** Coordenadas de la toma de muestra

<b>Descripción</b>	<b>Población</b>	<b>Muestra</b>
<b>Lugar</b>	Lurín – Lima - Lima	Playa San Pedro
<b>Código</b>	Residuos de poliestireno expandido	P1
		P2
		P3
		P4
<b>Coordenadas UTM</b>	295116.6 E 8641048.5 N	295116.6 E 8641048.5 N
		295094.8 E 8641048.3
		295094.9 E 8641037.3 N
		294985.8 E 8641080.8 N

### 3.4. Técnica

La técnica que será usada para desarrollar la presente investigación será “Observación y medición directa” ya que se registraran los valores obtenidos en el experimento sin influenciar algún comportamiento en el momento de la medición.

### 3.5. Instrumento de recolección de datos

En la presente investigación se harán uso de los siguientes instrumentos de recolección de datos:

- Ficha de control del proceso de extracción de Limoneno
- Ficha de control del proceso de disolución de los residuos de poliestireno
- Ficha de control del proceso de reaprovechamiento de Poliestireno expandido

La validación de los instrumentos se realizó con 3 docentes de la UCV especializados en el tema, los cual se mencionan en la Tabla 4.

**Tabla 4:** Docentes que validaron los instrumentos

CARGO O INSTITUCIÓN DONDE LABORA	APELLIDOS Y NOMBRES	CIP	PORCENTAJE (%) DE VALORACIÓN
Docente- Ingeniero	Dr. Juan Julio Ordoñez Gálvez	84472	90%
Docente – Ingeniero	Dr. Carlos Francisco Cabrera Carranza	46572	90%
Docente – Ingeniero	Dr. Carlos Alberto Castañeda Olivera	130267	85%



Las siguientes Tablas 5, 6 y 7 muestran los resultados de la prueba de Alfa de Cronbach para verificar la confiabilidad del test realizado a los instrumentos de recolección de datos por parte de los docentes mencionados.

**Tabla 5:** Ficha de control del proceso de extracción de Limoneno

Alfa de Cronbach	de Elementos
0.932	10

**Tabla 6:** Ficha de control del proceso de disolución de los residuos de poliestireno

Alfa de Cronbach	de Elementos
0.91	10

**Tabla 7:** Ficha de control del proceso de reaprovechamiento de Poliestireno expandido

Alfa de Cronbach	de Elementos
0.82	10

### 3.6. Procedimientos

Para la extracción de Limoneno mediante la hidrodestilación asistida por radiación de microondas se seguirán los siguientes pasos:

Etapa 1: Preparación de la biomasa:

1. En primer lugar, se preparó la biomasa que va a ser utilizada para la extracción de Limoneno, en este caso la cáscara de *Citrus Paradisi*, del cual retiraremos el albedo con ayuda de una cuchara quedándonos únicamente con el flavedo.
2. Luego el flavedo obtenido fue triturado para posteriormente ser lavado con agua destilada y ser secado a temperatura ambiente.

## Etapa 2: Montaje del sistema de hidrodestilación

1. Se utilizó un microondas (Samsung) con una potencia del 70% (2450 MHz) al cual se le hizo un agujero en la parte superior para que el cuello del matraz de fondo plano pueda sobresalir por allí.
2. Se unió la trampa Dean Stark al matraz de fondo plano de 1L y posteriormente con el condensador Allihn.

## Etapa 3: Extracción de Limoneno:

1. Para la extracción de Limoneno se colocó 1 kg. del flavedo previamente tratado y se colocó dentro del matraz de fondo plano con 1L de agua destilada.
2. Luego se montó todo el equipo de hidrodestilación fijado con seguridad, para luego calentar por 30 minutos con el horno de microondas.
3. Transcurrido el tiempo se puede observar que la trampa de Dean stark acumula el condensado de agua y aceite esencial.
4. Abrimos la llave de paso de la trampa de Dean Stark para dejar salir el aceite esencial y agua para posteriormente separar estos dos componentes.

## Etapa 4: Disolución del poliestireno

Para la dilución del poliestireno expandido se seguirán los siguientes pasos:

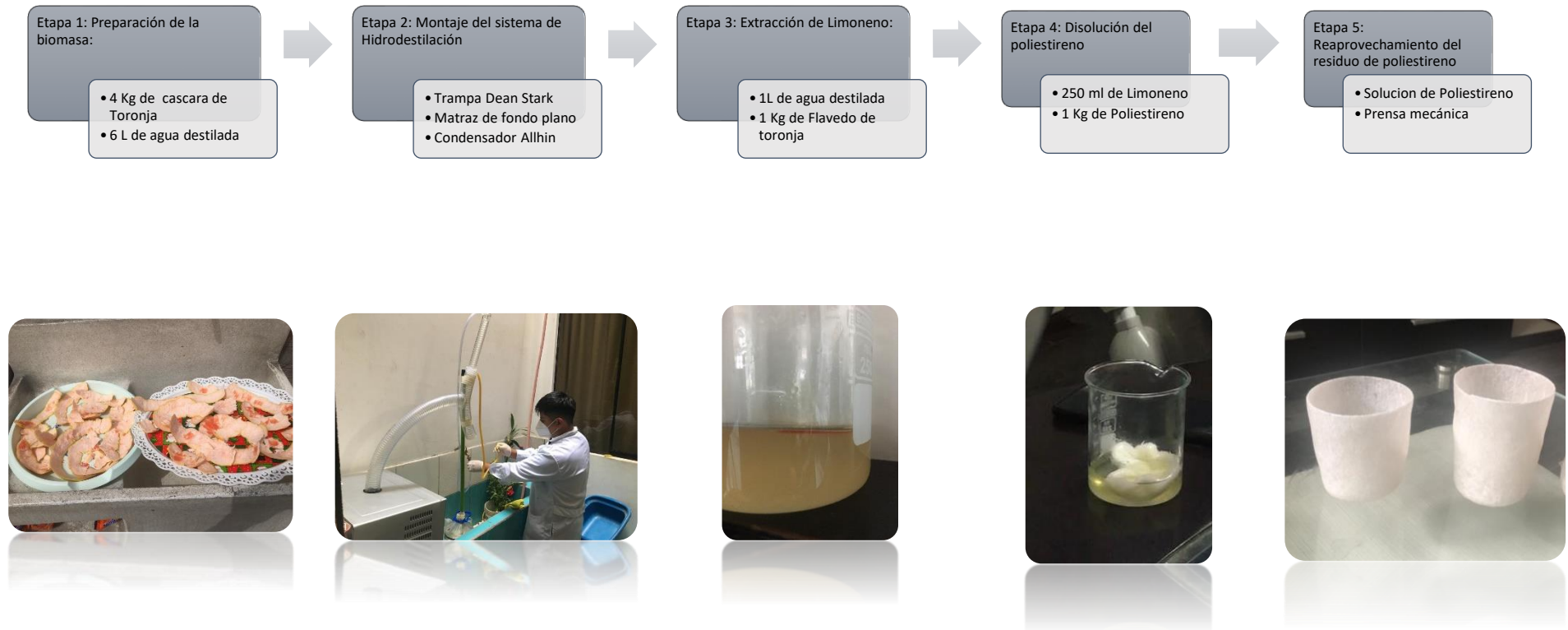
1. Se pesaron inicialmente 10, 8, 6, 5, 4, 3, 2, 1 gramos para diluirlo en 10 mL de Limoneno cada uno en un vaso precipitado a temperatura ambiente.
2. Luego de haber obtenido la dosis óptima a temperatura ambiente partimos de esos datos para posteriormente ir aumentando la temperatura y poder analizar el comportamiento de la disolución, esto se realizará hasta llegar a los 75 °C.
3. Finalmente se procedió a analizar que muestra es la mejor para poder ser reaprovechada.

## Etapa 5: Reaprovechamiento del residuo de poliestireno

Para el proceso de reaprovechamiento se seguirán los siguientes pasos:

1. La solución pastosa proveniente del proceso de disolución fue colocada en unos moldes para ser sometida a presión por una prensa mecánica para darle la forma deseada.
2. Luego se dejó secar a temperatura ambiente por un lapso de 24 hrs.

En el siguiente flujograma esta detallado las etapas que tuvo la investigación, así como los implementos que se usó para su desarrollo.



**Figura 5:** Flujograma

### **3.7. Método de análisis de datos**

Los softwares que fueron usados para realizar la el análisis de datos y la elaboración de diagramas y graficas fueron IBM SPSS Statistic 22.0 y Microsoft Excel respectivamente. Por otra parte, se desarrollaron el análisis de prueba de Hipótesis y prueba de Normalidad.

### **3.8. Aspectos éticos**

La presente tesis titulada “Reaprovechamiento de residuos de poliestireno expandido usando Limoneno extraído de cáscaras de *Citrus Paradisi* en Lurín, Lima - 2020” se realizó cumpliendo los criterios de la norma ISO-690, por otro lado, los autores citados siempre acatando los códigos de ética y los derechos de cada autor, así mismo, se aplica el programa Turnitin para poder comprobar la originalidad. Se aplicó el principio de ética conforme a lo estipulado en la Resolución de Consejo Universitario 0126 -2017 / UCV que detalla los códigos de ética en investigación de la Universidad Cesar Vallejo también con lo indicado en la Resolución del Consejo Universitario 081 - 2016 que indica el Reglamento de la Investigación de la Universidad César Vallejo de la misma forma se desarrolló con el fin de brindar un aporte académico y social, lo que nos exige como investigadores mantener una postura honesta y ética tanto en el desarrollo de la investigación como en la obtención de resultados.

#### IV. RESULTADOS

En la tabla 8 se presentan los resultados obtenidos en los análisis del aceite esencial de toronja de los parámetros de pH y Temperatura, donde podemos apreciar que los valores fueron los esperados según la bibliografía consultada.

**Tabla 8:** Parámetros in situ del Limoneno

pH	Temperatura
5.43	21.9



**Figura 6:** Medición de pH y temperatura del Aceite esencial de Citrus Paradisi

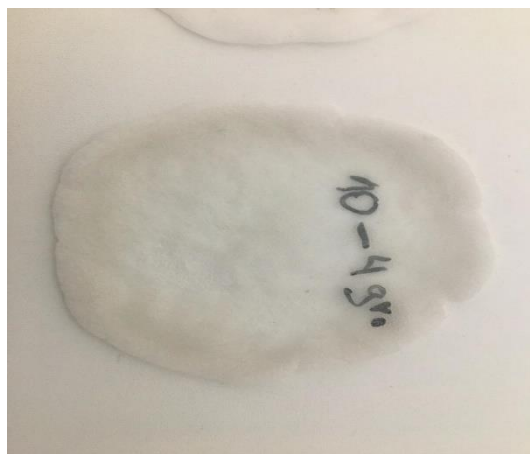
En la Tabla 9 se presenta los valores de las corridas experimentales desarrolladas a temperatura ambiente y un pH constante donde podemos apreciar que la C04 no existieron residuos ni de poliestireno ni de Limoneno.

**Tabla 9:** Resultados de dosis óptima en la disolución de poliestireno a temperatura ambiente

Muestra	Limoneno	Poliestireno	Temperatura	pH
C01	10	1	21.9	5.43
C02	10	2	21.9	5.43
C03	10	3	21.9	5.43
C04	10	4	21.9	5.43
C05	10	5	21.9	5.43

C06	10	6	21.9	5.43
C07	10	8	21.9	5.43
C08	10	10	21.9	5.43

Se determinó en la C04 la disolución óptima a temperatura ambiente de 21.9 °C con 10 ml limoneno y 4g de poliestireno, fue la ideal en comparación con las demás corridas experimentales como se puede apreciar en la Figura 7. Se puede apreciar la mezcla homogénea del limoneno con el poliestireno.



**Figura 7:** Mezcla homogénea de la corrida C04

Por otro lado, en la corrida C05 donde fueron utilizados 10 ml de Limoneno y 5 gramos de poliestireno a una temperatura de 21.9 °C, se pudo observar que aún hay partes del poliestireno que no han sido diluidas. (Figura 8)



**Figura 8:** Mezcla heterogénea de la corrida C05

En la tabla 10 podemos observar los resultados de las corridas experimentales con un aumento de la temperatura.

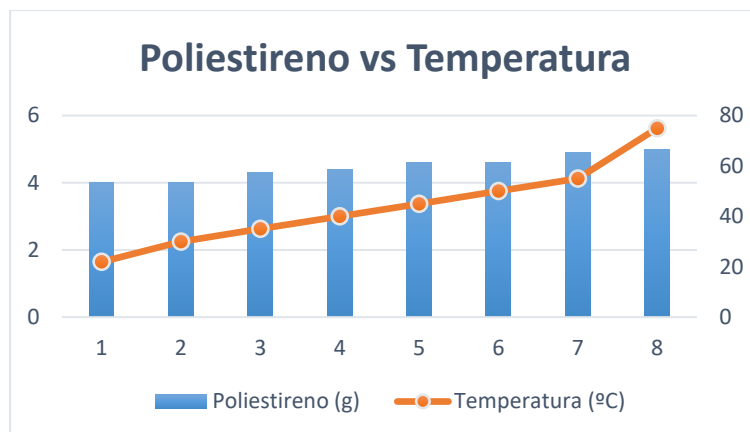
**Tabla 10:** Resultados de temperatura en la disolución de poliestireno

Muestra	Limoneno (ml)	Poliestireno (g)	Temperatura (°C)	pH
C04- T1	10	4	21.9	5.43
C04-T2	10	4	30	5.42
C04-T3	10	4.3	35	5.41
C04-T4	10	4.4	40	5.41
C04-T5	10	4.6	45	5.40
C04-T6	10	4.6	50	5.40
C04-T7	10	4.9	55	5.38
C04-T8	10	5	75	5.37

Se concluyó que en la muestra C04-T8 la disolución del limoneno aumentó debido al aumento de temperatura y el cambio del pH, y a medida que la temperatura aumenta y el pH disminuye va aumentando el poder de disolución.

En la Figura 9 se puede visualizar con mayor facilidad la tendencia que tiene la temperatura con respecto a la cantidad de poliestireno que se puede diluir en 10 ml de Limoneno.





**Figura 9:** Datos de Poliestireno (g) y Temperatura (°C)

Se pudo observar que a medida que la temperatura sube la cantidad de poliestireno que se puede diluir también aumenta, esto se debe a que los enlaces del poliestireno son más fáciles de romper cuando existe un aumento de temperatura.

En la Tabla 11 podemos observar los resultados de las corridas experimentales con aumento de temperatura tuvo influencia en la reducción del pH.

**Tabla 11:** Resultados de pH en la disolución de poliestireno

	Limoneno	Poliestireno	Temperatura	pH
C04-pH1	10	4	21.9	5.43
C04-pH2	10	4	30	5.42
C04-pH3	10	4.3	35	5.41
C04-pH4	10	4.4	40	5.41
C04-pH5	10	4.6	45	5.40
C04-pH6	10	4.6	50	5.40
C04-pH7	10	4.9	55	5.38
C04-pH8	10	5	75	5.37

Obteniendo los datos de dosis óptima se procedió a analizar la cantidad de poliestireno que se podía diluir si aumentábamos la cantidad de Limoneno, con el fin de comprobar que el poliestireno se puede reaprovechar con este diluyente orgánico. De esta forma podemos determinar que los parámetros óptimos para el reaprovechamiento de los residuos de poliestireno son: relación de 1=0.5 peso/volumen de Limoneno y poliestireno, temperatura (75°C) y pH (5.37). Cabe mencionar que al aumentar la temperatura por encima de los 75°C fue imposible realizar el prensado de la solución para su reaprovechamiento.

En la Tabla 12 podemos observar las 8 corridas experimentales que se desarrollaron para corroborar la proporción de la dosis óptima.

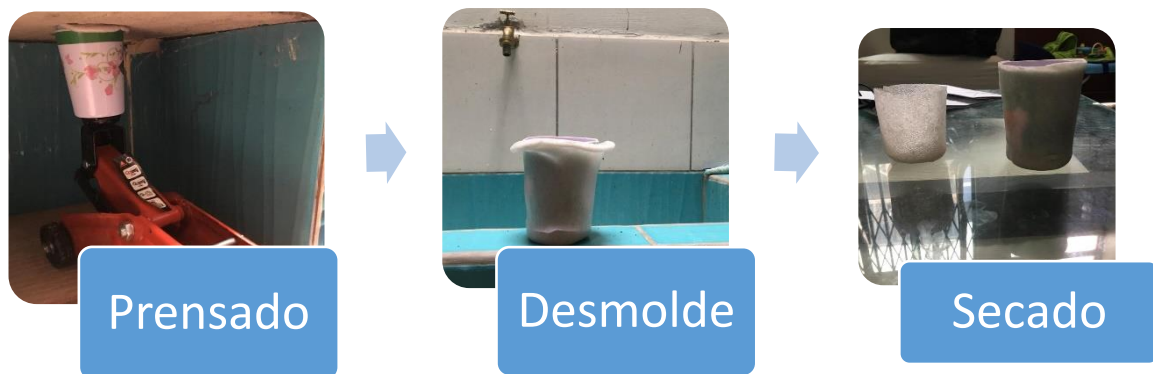
**Tabla 12:** Dosis óptima de Limoneno y poliestireno con temperatura y pH constantes

Nº corrida	Limoneno (mL)	Poliestireno (gramos)	Temperatura (°C)	pH
1	10	5	75	5.37
2	12	6.2	75	5.37
3	14	6.9	75	5.37
4	16	8.1	75	5.37
5	18	9.3	75	5.37
6	20	10.2	75	5.37
7	22	10.8	75	5.37
8	24	11.9	75	5.37

Como se esperaba a medida que se va aumentando la cantidad de Limoneno se pudo diluir más cantidad de poliestireno, partiendo de la dosis óptima inicial. Determinando así algunos parámetros que favorecieron al rendimiento de la

dilución como lo son la temperatura (75 °C) y el pH (5.37), siendo estos datos los más favorecedores en las corridas experimentales.

En la Figura 10 se observa los pasos a seguir para lograr el reaprovechamiento de los residuos de poliestireno luego de haber culminado con la etapa de disolución con el Limoneno.



**Figura 10:** Proceso de reaprovechamiento de poliestireno

Luego de haber culminado con los pasos del reaprovechamiento obtuvimos como producto un recipiente resistente y funcional, capaz de cumplir con las mismas funciones que los recipientes hechos a base de plástico virgen.



**Figura 11:** Resultado final del reaprovechamiento de residuos de poliestireno con Limoneno extraído de las cáscaras de *Citrus Paradisi*

Los productos obtenidos que se muestran en la Figura 11 fueron resultados del procedimiento realizado con las dosis óptimas de limoneno y residuos de poliestireno en conjunto con los parámetros óptimos de pH y temperatura.

## Contrastación de hipótesis

### Prueba de Normalidad:

**Tabla 13:** Prueba de normalidad de los datos de poliestireno, temperatura y pH

	Pruebas de normalidad					
	Kolmogorov-Smirnov <sup>a</sup>			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
POLIESTIRENO	.290	8	.047	.917	8	.405
TEMPERATURA	.104	8	.200*	.983	8	.976
PH	.200	8	.200*	.956	8	.770

\*. Esto es un límite inferior de la significación verdadera.

a. Corrección de significación de Lilliefors

Fuente: IBM SPSS Estadistics 25, 2020.

Ho: Los datos son normales

Hi: Los datos no son normales

### Regla de decisión:

Sig. < 0.05 = Rechaza la Hipótesis Nula

### Resultado de decisión:

La significancia para el poliestireno (0.405), temperatura (0.976) y pH (0.770) son mayores a 0.05 por lo tanto se acepta la hipótesis nula y se rechaza la hipótesis alternativa, lo que nos dice que los datos presentados son normales.

### Conclusión:

Ya que la significancia de los datos es (0.405, 0.976 y 0.770) y estos son mayores a el nivel de significancia (0.05) se acepta la hipótesis nula que afirma que los datos presentados en la investigación tiene una distribución normal.

### Prueba de Hipótesis:

#### Hipótesis General

**Tabla 14:** Prueba de hipótesis de los datos de Limoneno y cantidad de poliestireno diluido

		Prueba de muestras emparejadas							
		Diferencias emparejadas							
		Media	Desv. Desviación	Desv. Error promedio	95% de intervalo de confianza de la diferencia		t	gl	Sig. (bilateral)
					Inferior	Superior			
Par 1	LIMONENO - POLIESTIRENOA	5.12500	3.04432	1.07633	2.57989	7.67011	4.762	7	.002

Fuente: IBM SPSS Estadistics 25, 2020.

**Ho:** El uso de Limoneno extraído de la cáscara de *Citrus Paradisi* **no permite** el reaprovechamiento de los residuos de poliestireno.

**Hi:** El uso de Limoneno extraído de la cáscara de *Citrus Paradisi* **permite** el reaprovechamiento de los residuos de poliestireno.

### Regla de decisión:

Sig. < 0.05 = Rechaza la Hipótesis Nula

### Resultado de decisión:

Teniendo una significancia de 0.000 y siendo menor a 0.05 se procede a rechazar la hipótesis nula y aceptamos la hipótesis de investigación.

### Conclusión:

Se pudo concluir que el uso de Limoneno extraído de cáscara de *Citrus Paradisi* permite el reaprovechamiento de los residuos de poliestireno, al obtener como resultado una solución capaz de adaptar cualquier forma necesaria mediante un proceso de prensado y secado.

### Hipótesis Específica N°1

**Tabla 15:** Prueba de hipótesis entre la temperatura del Limoneno y cantidad de poliestireno diluido.

#### Prueba de muestras emparejadas

	Media	Desv. Desviación	Desv. Error promedio	95% de intervalo de confianza de la diferencia		t	gl	Sig. (bilateral)
				Inferior	Superior			
Par 1 TEMPERATURA – POLIESTIRENO DILUIDO	38.06250	13.19285	4.66438	27.03300	49.09200	8.160	7	.000

Fuente: IBM SPSS Estadistics 25, 2020.

**Ho:** La temperatura del Limoneno extraído de la cáscara de *Citrus Paradisi* **no aumenta** la disolución de los residuos poliestireno expandido para su reaprovechamiento.

**Hi:** La temperatura del Limoneno extraído de la cáscara de *Citrus Paradisi* **incrementa** la disolución de los residuos poliestireno expandido para su reaprovechamiento.

**Regla de decisión:**

Sig. < 0.05 = Rechaza la Hipótesis Nula.

**Resultado de decisión:**

La significancia de la prueba es de 0.000 siendo menor al 0.05 se rechaza la hipótesis nula y se acepta la hipótesis alternativa.

**Conclusión:**

Con los datos obtenidos en las corridas experimentales se pudo concluir que a medida que la temperatura aumentaba la capacidad de disolución del limoneno con respecto a los residuos de poliestireno también aumentaba, influyendo en el rendimiento del proceso de reaprovechamiento de este residuo.

**Hipótesis Específica N°2**

**Tabla 16:** Prueba de hipótesis para los datos de pH del Limoneno y la cantidad de poliestireno diluido.

		Prueba de muestras emparejadas							
		Diferencias emparejadas							
		Media	Desv. Desviación	Desv. Error promedio	95% de intervalo de confianza de la diferencia		t	gl	Sig. (bilateral)
					Inferior	Superior			
Par 1	PH – POLIESTIRENO DILUIDO	1.35250	.49030	.17335	.94260	1.76240	7.802	7	.000

Fuente: IBM SPSS Estadistics 25, 2020.

**Ho:** El pH del Limoneno extraído de la cáscara de *Citrus Paradisi* **no modifica** el reaprovechamiento de los residuos de poliestireno expandido.

**Hi:** El pH del Limoneno extraído de la cáscara de *Citrus Paradisi* **modifica** el reaprovechamiento de los residuos de poliestireno expandido.

**Regla de decisión:**

Sig. < 0.05 = Rechaza la Hipótesis Nula.

**Resultado de decisión:**

Al tener una significancia de 0.000 siendo menor a 0.05 procedemos a rechazar la hipótesis nula y aceptamos la hipótesis de investigación.

**Conclusión:**

El pH puede modificar la capacidad de disolución del limoneno lo que haría que el proceso de reaprovechamiento tenga cambios, por lo que es un factor que se tiene que cuidar en el momento del desarrollo del proceso.

**Hipótesis Especifica N°3**

**Tabla 17:** Prueba de hipótesis entre los datos de dosis óptima y cantidad de poliestireno diluido

		Prueba de muestras emparejadas							
		Diferencias emparejadas							
		Media	Desv. Desviación	Desv. Error promedio	95% de intervalo de confianza de la diferencia		t	gl	Sig. (bilateral)
					Inferior	Superior			
Par 1	LIMONENO - POLIESTIRENOA	8.45000	2.50200	.88459	6.35828	10.54172	9.552	7	.000

Fuente: IBM SPSS Estadistics 25, 2020.

**Ho:** La dosis óptima de Limoneno extraído de la cáscara de *Citrus Paradisi* **no mejora** el reaprovechamiento de residuos de poliestireno expandido.



**Hi:** La dosis óptima de Limoneno extraído de la cáscara de *Citrus Paradisi* **mejora** el reaprovechamiento de residuos de poliestireno expandido.

**Regla de decisión:**

Sig. < 0.05 = Rechaza la Hipótesis Nula

**Resultado de decisión:**

Al tener una significancia de 0.000 que es menor a 0.05 rechazamos la hipótesis nula y aceptamos la hipótesis de investigación.

**Conclusión:**

Se pudo concluir que al tener una dosis óptima con los factores influyentes ya determinados mejorar en gran proporción el reaprovechamiento de los residuos de poliestireno ya que se puede usar más residuos en el proceso.

## V. DISCUSIÓN

- La dosis óptima obtenida en la investigación de Lozada (2017) quien obtuvo una relación de 1=1 de peso/volumen a una temperatura de 75°C que fue la dosis óptima es su investigación, por otro lado, la muestra C04-pH8 de esta investigación donde se pudo diluir en 10 mililitros de limoneno con 5 gramos de poliestireno a una temperatura de 75°C, esto se debe a que Lozada(2017) usó aceite esencial extraído de cáscara de naranja que tiene un porcentaje de 90.93% de limoneno y mientras que el aceite esencial de toronja solo tiene un 70.04% de limoneno.
- El pH en la soluciones tiende a disminuir cuando esta se somete a un incremento de temperatura en el caso de Meza, E(2017) al extraer el limoneno y realizar la medición de pH tuvo como resultado 6.4 en una temperatura ambiental, en la presente investigación se obtuvieron un pH 5.41 en las mismas condiciones llegando a disminuir a 5.37 ya que fue sometido a una temperatura de 75°, cabe resaltar que en la investigación de Meza, E(2017) se usaron tiras de pH para realizar las mediciones mientras que en la presente investigación se usó un pH-metro de laboratorio siendo este resultado mucho más preciso.
- López (2014) en su investigación utilizó una proporción de 3:2 de limoneno y poliestireno respectivamente a una temperatura de 30°C, siendo estos valores los óptimos para la disolución del poliestireno, por otro lado Lozada (2017) mantuvo una temperatura de 75°C en todas las corridas desarrolladas concluyendo que esta temperatura es la ideal para el proceso, mientras que en la presente investigación se experimentó con 8 distintas temperaturas que fueron desde los 21.9°C hasta los 75°C concluyendo que a medida que la temperatura aumentaba mejoraba el proceso de disolución del limoneno.

**Tabla 18:** Comparación de los valores de temperatura y proporción (L/P) obtenidos por otros investigadores y la presente investigación.

Propiedad	Valor Obtenido	Lozada (2017)	López (2014)
Temperatura °C	75	75	30
Proporción de (L/P)	1:0.5	1:1	3:2

\* L/P: Limoneno y Poliestireno

- En la Tabla 18 se presentan los valores del índice de refracción y la densidad obtenidos en la investigación que fueron de 0.8542 y 1.4691 respectivamente, adicionalmente se presentan los valores obtenidos por otros autores de los mismos parámetros mostrando la desviación estándar relativa (DSR) entre los datos obtenidos, podemos ver que en comparación con los datos obtenidos de la densidad por los otros autores la diferencia es de décimas, pero en el caso de los datos del índice de refracción la diferencia entre los datos es de centésimas a excepción del resultado obtenido por Guenther (1973) que es el único dato que se aleja de los demás por una diferencia de décimas, de esta forma se puede verificar que los datos de los análisis tienen relación a los obtenidos por otros autores.

**Tabla 19:** Comparación de los valores obtenidos de densidad y índice de refracción del aceite esencial de Toronja con otros autores.

Propiedad	Valor Obtenido	DSR	Pino et al. (1999)	Soto et al. (2013)	Guenther (1973)
Densidad a 25°C	0.8542	0.006	0.8433	0.8539	0.858
Índice de refracción a 25°C	1.4691	0.003	1.4692	1.4690	1.4755

\*DSR= Desviación Estándar Relativa

- A partir de los datos de temperatura y proporción de limoneno y poliestireno presentados en la investigación de Lozada (2014) se procedió a realizar las pruebas de ensayo para poder determinar así la dosis óptima para el reaprovechamiento de los residuos de poliestireno, en la primera corrida experimental tomando en cuenta las proporciones de 1:1 peso/volumen observamos que gran parte del poliestireno aún no se disolvía por completo, por lo que en los próximos ensayos se procedió a disminuir la cantidad de poliestireno hasta llegar a la proporción de 1:0.4 volumen/peso a una temperatura de 21.9°C y a un pH de 5.43. Posteriormente una vez obtenido la dosis óptima a temperatura de 21.9°C se procedió a realizar ensayos aumentando poco a poco la temperatura hasta llegar a los 75°C observando el comportamiento del solvente y soluto, determinando que a medida que la temperatura aumentaba se podía añadir mayor cantidad de residuos de poliestireno y estos se diluían por completo siendo la mejor opción llegar a una temperatura de 75°C del limoneno el cual disolvía mayor cantidad de residuos y era apto para luego poder pasar el proceso de prensado sin perder la propiedad de maleabilidad.

- Un punto muy importante para realizar el reaprovechamiento de los residuos de poliestireno es la capacidad de disolución que tiene el limoneno, en su investigación Camaal (2018) utilizó limoneno para obtener un látex a base de poliestireno expandido donde manifiesta que por cada mililitro de limoneno se puede diluir 0.26 gramos de poliestireno, por otro lado en la presente investigación determinamos que para que pueda ser usado en la creación de envases cada mililitro de limoneno puede diluir 0.5 gramos de poliestireno esto se debe también a que se trabajó a una temperatura de 75°C lo cual incrementa la capacidad de disolución. Cabe resaltar que en las dos investigaciones tuvieron objetivos distintos, mientras que en la investigación de Camaal (2018) se quiso obtener una consistencia mucho más líquida para la obtención del látex, en nuestra investigación se buscó obtener una consistencia un poco más firme y moldeable de tal forma que se pueda dar distintas formas en el producto final, esto quiere decir que dependerá mucho de lo que se desea obtener como producto, pero se pudo afirmar que la aplicación de una mayor temperatura en el proceso de disolución aumenta la capacidad que tiene el limoneno para poder reciclar los residuos de poliestireno.

**Tabla 20:** Comparación de la capacidad de disolución con otro autor

	<b>Resultado obtenido</b>	<b>Caamal (2018)</b>
Capacidad de Disolución (gramos)	0.5 g	0.26 g
Temperatura de trabajo (°C)	75°C	25°C

- Con respecto a todas la investigaciones mencionadas se puede observar que la utilización del limoneno como disolvente natural de los residuos de poliestireno tiene como fin la obtención de muchos productos de distinta utilidad, como es el caso de Caamal (2018) obteniendo a una menor cantidad de poliestireno diluido logró obtener látex, en el caso de Avellaneda (2017) se logró obtener un recubrimiento con resina, Meza (2016) obtuvo un recubrimiento anticorrosivo, mientras que en la presente investigación se pudo obtener con éxito envases de distintas formas y tamaños. Esto quiere decir que la inclusión de este tipo de alternativa para el reciclaje de los residuos de poliestireno tiene una amplia gama de opciones para reaprovechar dicho residuo, además que es una de las alternativas con menor impacto al medio ambiente ya que es un solvente de origen natural.

## VI. CONCLUSIONES

- El aceite esencial extraído de las cáscaras de *Citrus Paradisi* por la hidrodestilación asistida por radiación de microondas si permite el reaprovechamiento de los residuos de poliestireno, esto debido a su gran capacidad de disolución, esto permitirá la disminución de la población de poliestireno que termina en los rellenos sanitarios y así mismo en el medio ambiente, como es el caso de la playa de San Pedro en el distrito de Lurín.
- Se llegó a la conclusión que a medida que se aumentaba la temperatura del Limoneno este podía diluir más cantidad de poliestireno llegando a su tope máximo a los 75°C ya que al sobrepasar esta temperatura se hacía muy difícil el proceso de reaprovechamiento, aumentando la proporción de 10:0.4 a 10:0.5 volumen/peso.
- Se concluye que el pH del limoneno influye en el proceso de disolución ya que a medida que se iba aumentando la temperatura pudimos observar que el pH disminuía con la diferencia de que cada vez que el pH empezaba a bajar el limoneno aumentaba su poder de disolución.
- Se llegó a la conclusión de que la dosis óptima de limoneno y poliestireno responden a una proporción de 1:0.5 volumen/peso y una temperatura de 75°C con un pH de 5.37 para llevar a cabo el proceso de reaprovechamiento, debido a que con otros valores el rendimiento del proceso era mucho menor habiendo perdida de residuos como de limoneno, de la misma forma si la temperatura no era la adecuada era imposible el manejo de la solución para su prensado y modelado.

## VII. RECOMENDACIONES

- También incluir este tipo de alternativa de reaprovechamiento de poliestireno debido a que es la que menos impacto genera en el medio ambiente, reaprovechando residuos de cáscaras de *Citrus Paradisi* para obtener un diluyente natural capaz de reciclar los residuos de poliestireno.
- Se sugiere incluir mejoras en las tecnologías de prensado y secado del producto obtenido para perfeccionar el reaprovechamiento de una forma más mecanizada y autónoma.
- Para que exista una mejor área de contacto del limoneno con los residuos de poliestireno, se recomienda un proceso de trituración para disminuir el tamaño de los residuos, de esta forma el proceso de disolución puede recortar el tiempo y mejorar la disolución.

## REFERENCIAS

ALMUSAWI, A., LACHAT, R., ATCHOLI y BI, S. Manufacturing and characterization of thermoplastic composite of hemp shives and recycled expanded polystyrene, [en línea]. 2017. <https://doi.org/10.1063/1.5016784>.

ARRIAGA, S. De Fique Development of Fibre Board Without Resins, From Waste of Fique, [en línea] 2014 vol. 8, no. 1, pp. 10-13.

ARTHUZ-LÓPEZ, L. y PÉREZ-MORA, W. Alternativas De Bajo Impacto Ambiental Para El Reciclaje Del Poliestireno Expandido a Nivel Mundial. *Informador Técnico*, [en línea]. 2019, vol. 83, no. 2, pp. 209-219. ISSN 0122056X. DOI 10.23850/22565035.1638.

AVELLANADA, D. Evaluación para la obtención de un recubrimiento con resina a base de poliestireno expandido reciclado a nivel laboratorio. Tesis (título de ingeniero químico). Colombia, Bogotá: Universidad de las Américas, 2017.

AYARA, J.R, et al. Modelado para La Extracción De Aceites. *Memorias del XXXVI Encuentro Nacional de la AMIDIQ* [en línea]. 2015, May. Disponible en:

[https://www.researchgate.net/publication/282329258\\_MODELADO\\_PARA\\_LA\\_EXTRACCION\\_DE\\_ACEITES\\_ESENCIALES\\_CON\\_LIMONENO\\_Y\\_18-CINEOL\\_COMO\\_PRODUCTOS\\_REFINADOS](https://www.researchgate.net/publication/282329258_MODELADO_PARA_LA_EXTRACCION_DE_ACEITES_ESENCIALES_CON_LIMONENO_Y_18-CINEOL_COMO_PRODUCTOS_REFINADOS).

CAAMAL, J. OBTENCION DE UN LATEX A BASE DE POLIESTIRENO EXPANDIDO / ACRILATOS EVALUADO EN UN PAPEL KRAFT. [en línea]. 2018, vol. 1, pp. 2-3.

CÁCERES, Liliana; ZAMBON, Silvia y VELASCO, Gustavo. Efecto del Solvente en la Reacción de Obtención de  $\alpha$ -Terpineol a partir de Aceite de Pomelo. *Revista Tecnológica y Ciencia*. (31) 33-34, 2016.



CARRILLO BAEZA, J, et al. Aprovechamiento de nuevos productos en base a poliestireno expandido recuperado. *Revista Colombiana de materiales* [en línea]. 2013, vol. 5, pp. 15-20.

CELLA, R, et al. Reologia De Soluções De Espuma Semirrígida De Poliestireno Dissolvida Em D-Limoneno. [en línea]. 2014, 20 pp. 8172-8179. DOI 10.5151/chemeng-cobeq2014-1088-21098-181919.

CIRIMINNA, R, et al. PHotocatalytic partial oxidation of limonene to 1,2 limonene oxide. *Chemical Communications* [en línea]. 2018, vol. 54, no. 8, pp. 1008-1011. ISSN 1364548X. DOI 10.1039/c7cc09788c. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1039/C7CC09788C>.

CLARA, B, et al. TRATAMIENTO BIOLÓGICO DE D-LIMONENO EN REATOR ANAERÓBIO HORIZONTAL DE LEITO FIXO (RAHLF). [en línea]. 2005, no. 1, pp. 1-10.

COM, R. y BAGAÇO, C.D.E., 2015. Propriedades Mecânicas De Compósitos De Poliestireno Reforçado Com Celulose De Bagaço De Cana. *Psicologia: Teoria E Pesquisa*, vol. 1, no. 1. ISSN 0102-3772. DOI 10.26512/RIPE.V1I1.20721.

CONTRERAS, V.H. Implementación a nivel laboratorio de una unidad de extracción de volátiles por radiación de microondas [en línea]. 2010, pp. 34.

CUESTA LAURET, F. Análisis de las propiedades de desechos de poliestireno extruido expandido y su reutilización en láminas para termoformado. [en línea]. 2014, pp. 173. Disponible en: [https://pdfs.semanticscholar.org/7372/61dea76c8e982f0d647503f0b023e5730629.pdf?\\_ga=2.237063872.1729446053.1587145320-455000554.1572941771](https://pdfs.semanticscholar.org/7372/61dea76c8e982f0d647503f0b023e5730629.pdf?_ga=2.237063872.1729446053.1587145320-455000554.1572941771).

DAO, T.P., TRAN, T.H., NGO, T.C.Q., LINH, H.T.K., TRUNG, L.N.Y., DANH, V.T., LE NGOC, T.T., YEN PHAM, N.D., QUAN, P.M. y TOAN, T.Q., 2019. Extraction of essential oils from Vietnam's orange (*Citrus sinensis*) peels by hydrodistillation: Modeling and process optimization. *Asian Journal of*

*Chemistry*, vol. 31, no. 12, pp. 2827-2833. ISSN 09707077. DOI 10.14233/ajchem.2019.22178

De Araujo, Fabiana y De Lourdes, Bruno. Análise ambiental do processo de reciclagem de poliestireno a través do d-Limoneno. Tesis (Título Profesional). Uberaba: Facultad de Talentos Humanos, Escuela de Ingeniería Ambiental, 2017.

Gambini, Rosayra, et al. CUANTIFICACIÓN Y CARACTERIZACIÓN DE RESIDUOS SÓLIDOS EN LA PLAYA SAN PEDRO DE LURÍN, LIMA – PERÚ (en línea) 2019, Vol. 17, 1. ISSN 1994-9073.

GALLEGO, A y RIOS, J, Extracción de Limoneno de Citrus x sinensis por método Soxhlet y arrastre de vapor. Tesis (título de ingeniería ambiental). Colombia, Cali: Pontifica Universidad Javeriana de Cali, 2020.

GUTIÉRREZ, C., GUTIÉRREZ, J. y SÁNCHEZ, M. Preparation of a Composite Material from Palm Oil Fiber and an Ecological Emulsion of Expanded Polystyrene Post-Consumption. *Revista Facultad de Ingeniería*, [en línea]. 2020, vol. 29, no. 54, pp. e10489. ISSN 0121-1129. DOI 10.19053/01211129.v29.n54.2020.10489.

JIMENEZ, Francisco, et al. Effect of Recycled Polystyrene/Limonene Coating on the Mechanical Properties of Kraft Paper: A Comparative Study with Commercial Coatings. *Journal of Polymers and the Environment*, [en línea]. 2020, vol. 28, no. 6, pp. 1724-1736. ISSN 15728919. DOI 10.1007/s10924-020-01721-y.

KUSUMA, H.S. y MAHFUD, M., 2018. Kinetic studies on extraction of essential oil from sandalwood (*Santalum album*) by microwave air-hydrodistillation method. *Alexandria Engineering Journal*, vol. 57, no. 2, pp. 1163-1172. ISSN 11100168. DOI 10.1016/j.aej.2017.02.007.

LÓPEZ RIVERA, D, et al. Tratamiento de residuos de poliestireno expandido utilizando solventes verdes. *Investigaciones Aplicadas*, [en línea]. 2014, vol. 8, no. 1, pp. 1-9. ISSN 2011-0413.

LÓPEZ, C. y LAINES, R. Poliestireno Expandido (EPS) y su problemática ambiental. *División Académica de Ciencias Biológicas Universidad Juárez Autónoma de Tabasco* [en línea]. 2013, pp. 63, 64, 65. ISSN 2448-508X. DOI 10.19136/kuxulkab. a19n36.339.

LOZADA, S. RECUPERACIÓN DEL POLIESTIRENO EXPANDIDO (EPS) CON ACEITE ESENCIAL DE NARANJA. [en línea], Universidad César Vallejo 2017 no. 100, pp. 20-21. Disponible en: <http://repositorio.ucv.edu.pe/handle/UCV/27098>.

MAYORGA, C, et al. RECICLADO DE POLIESTIRENO: OBTENCIÓN DE UN ADHESIVO [en línea]. A004 de UVM-Hispano, ciclo 2013-2014 [Fecha de consulta 15abril de 2020]. Disponible en: <http://vinculacion.dgire.unam.mx/vinculacion1/CongresoTrabajospagina/PDF/CongresoEstudiantil2014/Proyectos2014Area/CienciasBiologicas/quimica/5.8%20CIN2014A10222-%20Quimica.pdf>.

MÉNDEZ, H. EVALUACIÓN DE ALTERNATIVAS DE RECICLAJE DE POLIESTIRENO EXPANDIDO (DUROPORT) Equipo de investigación [en línea]. 2014, vol. 1, pp. 6-10.

MEZA CASTELLAR, P, et al. Uso de poliestireno expandido reciclado para la obtención de un recubrimiento anticorrosivo. *Producción + Limpia*, [en línea]. 2016, vol. 11, no. 1, pp. 13-21. ISSN 19090455. DOI 10.22507/pml.v11n1a1.

MINAM. Plan Nacional de Gestión Integral de Residuos Sólidos, [en línea] 2016 - 2024, pp. 1-80.

NEWELL, J. Ciencia de los materiales, Aplicaciones en ingeniería, MEXICO, 2010. 368 pp. ISBN: 9786077071143.

OLIVER, J. DISEÑO DE MÁQUINA PROCESADORA DE CÁSCARA DE MANDARINA. *Hilos Tensados* [en línea]. 2019, vol. 1, pp. 1-476. ISSN 1098-6596. DOI 10.1017/CBO9781107415324.004.

OLIVEROS, R, MALAGA, J y VERA. *Tipos, métodos y estrategias de investigación científica*. [en línea]. 2008. S.l.: s.n.

ONU, 2019. *Plásticos De Un Solo Uso*. S.l.: s.n. ISBN 9789280737059.

ORTEGA, D. y NAVARRO, M. “Reciclado De Poliestireno: Obtención De Un Adhesivo” [en línea]. 2013, pp. 1-7.

ORTIZ, Héctor. Estudio De La Interacción Entre El Proceso De Extrusión Y El Eps. [en línea]. 2014. pp. 46. Disponible en: <http://www.ptolomeo.unam.mx:8080/xmlui/bitstream/handle/132.248.52.100/9865/tesis.pdf?sequence=1>.

PUTRI, D.K.Y., KUSUMA, H.S., SYAHPUTRA, M.E., PARASANDI, D. y MAHFUD, M., 2017. The extraction of essential oil from patchouli leaves (*Pogostemon cablin* Benth) using microwave hydrodistillation and solvent-free microwave extraction methods. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, vol. 101, no. 1. ISSN 17551315. DOI 10.1088/1755-1315/101/1/012013.

RAMOS, J, et al. Extracción enzimática de limoneno en cáscara de limón. *Enzyme*, [en línea]. 2011, vol. 19, no. 1996, pp. 2009-2009.

ROMÁN, D. PROPUESTA DE TRATAMIENTO DE RESIDUOS DEL ÁREA DE MOLDEO DE LA INDUSTRIA NACIONAL DEL POLIESTIRENO S.A.C. PARA SU REINGRESO AL PROCESO [en línea]. 2017, pp. 20-25.

SALTOS, P, et al. Reciclaje de Poliestireno Expandido por el Método de Disolución Precipitación [en línea] *Revista Politécnica* - septiembre 2015, Vol. 36, No. 2 [Fecha de consulta: 12 abril de 2020]. Disponible en: <https://www.researchgate.net/publication/304013116>.

SAMPER, M.D., GARCÍA-SANOQUERA, D., PARRES, F. y LÓPEZ, J., 2010. Recycling of expanded polystyrene from packaging. *Progress in Rubber, Plastics and Recycling Technology*, vol. 26, no. 2, pp. 83-92. ISSN 14782413. DOI 10.1177/147776061002600202.

TORRENEGRA, M, et al. Comparación de la hidro-destilación asistida por radiación de microondas (MWHD) con hidro-destilación convencional (HD) en la extracción de aceite esencial de *Minthostachys mollis*. *Información Tecnológica* [en línea]. 2015, vol. 26, no. 1, pp. 117-122. ISSN 07180764. DOI 10.4067/S0718-07642015000100013.

TORRES, O. Reciclaje de la espuma del poliestireno mediante el uso de limoneno, Tesis (bachiller en ingeniería química), Perú, Lima: Universidad Nacional de ingeniería, 2004.

VALDEZ, J., 2017. OPTIMIZACIÓN DEL RENDIMIENTO Y DETERMINACIÓN DEL CONTENIDO DE LIMONENO DEL ACEITE ESENCIAL DE FLAVEDO DE MANDARINA. *Universidad de San Ignacio de Loyola*.

YÁÑEZ RUEDA, X., LUGO MANCILLA, L. y PARADA PARADA, D. Estudio del aceite esencial de la cáscara de la naranja dulce (*citrus sinensis*, variedad valenciana) cultivada en Labateca (norte de Santander, Colombia). *Bistua: Revista de la Facultad de Ciencias Básicas* [en línea]. 2007, vol. 5, no. 1, pp. 3-8. ISSN 0120-4211.

### Anexo 3: Variables de Operacionalización

VARIABLES		DEFINICION CONCEPTUAL	DEFINICION OPERACIONAL	DIMENSIONES	INDICADORES	U.M.
VARIABLE INDEPENDIENTE	Limoneno extraído de cáscara de <i>Citrus Paradisi</i> .	“Es un aceite esencial con un alto contenido de terpenos, en el caso de la naranja y el limón puede tener hasta un 90 % de D-limoneno. La característica peculiar de los terpenos es la ausencia de olor, la oxidación y polimerización es fácil al contacto con el oxígeno.” (SANCHEZ, O., 2006).	El limoneno es un diluyente que se usará para realizar el tratamiento y sea posible el posterior reaprovechamiento.	Propiedades fisicoquímicas	pH	0-14
					Temperatura	°C
				Dosis óptima	Dosis 1	g/ml
					Dosis 2	
					Dosis 3	
.						
Dosis 8						
VARIABLE DEPENDIENTE	Reaprovechamiento de residuos de poliestireno expandido.	“En la actualidad se le considera a éste como material indeseable una vez que ha cumplido su corta vida útil (como utensilio, relleno o embalaje). Acá no se discute el potencial de reciclar el EPS por vías tradicionales de fundición/extrusión, bien implementadas en la industria.” (Carrillo, J, 2008)	Los residuos serán sometidos a un proceso de disolución y un proceso de prensado térmico para realizar el reaprovechamiento y así obtener un producto final.	Características del reaprovechamiento de poliestireno expandido.	Tiempo	Min.
					Disolución	%
					Presión de Prensado	Bar
					Temperatura	°C
				Cantidad de residuos de poliestireno expandido	Peso	g
					Volumen	m <sup>3</sup>

**TITULO: “Reaprovechamiento de residuos de poliestireno expandido usando Limoneno extraído de cascara de *Citrus Paradisi* en Lurín, Lima - 2020”**

PROBLEMA	OBJETIVO	HIPÓTESIS	VARIABLES	INDICADORES
<p><b>PRINCIPAL:</b> ¿De qué manera la aplicación del Limoneno extraído de la cáscara de <i>Citrus Paradisi</i> permite el reaprovechamiento de los residuos de poliestireno expandido?</p> <p><b>ESPECIFICOS:</b> ¿En qué medida la temperatura del Limoneno extraído de la cáscara de <i>Citrus Paradisi</i> mejora el reaprovechamiento de los residuos de poliestireno expandido? ¿Cómo el pH del Limoneno extraído de la cáscara de <i>Citrus Paradisi</i> modifica el reaprovechamiento de los residuos de poliestireno expandido? ¿De qué manera la dosis óptima de Limoneno extraído de la cáscara de <i>Citrus Paradisi</i> mejora el reaprovechamiento de residuos de poliestireno expandido?</p>	<p><b>GENERAL:</b> Determinar que la aplicación de Limoneno extraído de la cáscara de <i>Citrus Paradisi</i> permite reaprovechar los residuos de poliestireno expandido.</p> <p><b>ESPECIFICOS:</b> Determinar si la temperatura del Limoneno extraído de la cáscara de <i>Citrus Paradisi</i> mejora el reaprovechamiento de los residuos de poliestireno expandido. Determinar si el pH del Limoneno extraído de la cáscara de <i>Citrus Paradisi</i> modifica el reaprovechamiento de poliestireno expandido. Determinar la dosis óptima de Limoneno extraído de la cáscara de <i>Citrus Paradisi</i> para mejora el reaprovechamiento de residuos de poliestireno expandido.</p>	<p><b>GENERAL:</b> El uso de Limoneno extraído de la cáscara de <i>Citrus Paradisi</i> permite el reaprovechamiento de los residuos de poliestireno.</p> <p><b>ESPECIFICOS:</b> La temperatura del Limoneno extraído de la cáscara de <i>Citrus Paradisi</i> si aumenta la disolución de los residuos poliestireno expandido para su reaprovechamiento. El pH del Limoneno extraído de la cáscara de <i>Citrus Paradisi</i> si modifica el reaprovechamiento de los residuos de poliestireno expandido. La dosis óptima de Limoneno extraído de la cáscara de <i>Citrus Paradisi</i> si mejora el reaprovechamiento de residuos de poliestireno expandido.</p>	<p><b>VARIABLE INDEPENDIENTE</b>  Limoneno extraído de cáscara de <i>Citrus Paradisi</i>.</p> <p><b>VARIABLE DEPENDIENTE</b>  Reaprovechamiento de Poliestireno expandido.</p>	<p><b>VARIABLE INDEPENDIENTE</b> pH Temperatura Dosis1 Dosis 2 Dosis 3 Dosis 4 .. Dosis 8</p> <p><b>VARIABLE DEPENDIENTE</b> Tiempo Disolución Presión de prensado Temperatura Peso Volumen</p>

## VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO

### I. DATOS GENERALES

- 1.1. Apellidos y Nombres: Dr. CASTAÑEDA OLIVERA, CARLOS ALBERTO
- 1.2. Cargo e institución donde labora: Docente e investigador / UCV Lima Norte
- 1.3. Especialidad o línea de investigación: Tecnología Mineral y Ambiental
- 1.4. Nombre del instrumento motivo de evaluación: Control del proceso de extracción de Limoneno
- 1.5. Autor(A) de Instrumento: Jacay Tacuri Jhon Eladio y Quispe Alarcón Cristian Alfredo

### II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

CRITERIOS	INDICADORES	INACEPTABLE						MINIMAMENTE ACEPTABLE			ACEPTABLE	
		40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90
1. CLARIDAD	Esta formulado con lenguaje comprensible.										X	
2. OBJETIVIDAD	Esta adecuado a las leyes y principios científicos.										X	
3. ACTUALIDAD	Esta adecuado a los objetivos y las necesidades reales de la investigación.										X	
4. ORGANIZACIÓN	Existe una organización lógica.										X	
5. SUFICIENCIA	Toma en cuenta los aspectos metodológicos esenciales										X	
6. INTENCIONALIDAD	Esta adecuado para valorar las variables de la Hipótesis.										X	
7. CONSISTENCIA	Se respalda en fundamentos técnicos y/o científicos.										X	
8. COHERENCIA	Existe coherencia entre los problemas objetivos, hipótesis, variables e indicadores.										X	
9. METODOLOGÍA	La estrategia responde una metodología y diseño aplicados para lograr probar las hipótesis.										X	
10. PERTINENCIA	El instrumento muestra la relación entre los componentes de la investigación y su adecuación al Método Científico.										X	

### III. OPINIÓN DE APLICABILIDAD

- El Instrumento cumple con los Requisitos para su aplicación
- El Instrumento no cumple con Los requisitos para su aplicación

SI

### IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN:

85 %

Lima, 25 de junio del 2020

  
**Dr. Ing. Carlos Alberto Castañeda Olivera**  
 DOCENTE E INVESTIGADOR  
 CIP: 130267  
 RENACYT: P0078275



## VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO

### V. DATOS GENERALES

- 5.1. Apellidos y Nombres: Dr. CASTAÑEDA OLIVERA, CARLOS ALBERTO
- 5.2. Cargo e institución donde labora: Docente e investigador / UCV Lima Norte
- 5.3. Especialidad o línea de investigación: Tecnología Mineral y Ambiental
- 5.4. Nombre del instrumento motivo de evaluación: Control del proceso de disolución de los residuos de poliestireno
- 5.5. Autor(A) de Instrumento: Jacay Tacuri Jhon Eladio y Quispe Alarcón Cristian Alfredo

### VI. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

CRITERIOS	INDICADORES	INACEPTABLE						MINIMAMENTE ACEPTABLE			ACEPTABLE	
		40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90
1. CLARIDAD	Esta formulado con lenguaje comprensible.										X	
2. OBJETIVIDAD	Esta adecuado a las leyes y principios científicos.										X	
3. ACTUALIDAD	Esta adecuado a los objetivos y las necesidades reales de la investigación.										X	
4. ORGANIZACIÓN	Existe una organización lógica.										X	
5. SUFICIENCIA	Toma en cuenta los aspectos metodológicos esenciales										X	
6. INTENCIONALIDAD	Esta adecuado para valorar las variables de la Hipótesis.										X	
7. CONSISTENCIA	Se respalda en fundamentos técnicos y/o científicos.										X	
8. COHERENCIA	Existe coherencia entre los problemas objetivos, hipótesis, variables e indicadores.										X	
9. METODOLOGÍA	La estrategia responde una metodología y diseño aplicados para lograr probar las hipótesis.										X	
10. PERTINENCIA	El instrumento muestra la relación entre los componentes de la investigación y su adecuación al Método Científico.										X	

### VII. OPINIÓN DE APLICABILIDAD

- El Instrumento cumple con los Requisitos para su aplicación
- El Instrumento no cumple con Los requisitos para su aplicación

SI

### VIII. PROMEDIO DE VALORACIÓN:

85 %
------

Lima, 25 de junio del 2020

  
**Dr. Ing. Carlos Alberto Castañeda Olivera**  
 DOCENTE E INVESTIGADOR  
 CIP: 130267  
 RENACYT: P0078275

## VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO

### IX. DATOS GENERALES

- 9.1. Apellidos y Nombres: Dr. CASTAÑEDA OLIVERA, CARLOS ALBERTO
- 9.2. Cargo e institución donde labora: Docente e investigador / UCV Lima Norte
- 9.3. Especialidad o línea de investigación: Tecnología Mineral y Ambiental
- 9.4. Nombre del instrumento motivo de evaluación: Control del proceso de reaprovechamiento de poliestireno expandido
- 9.5. Autor(A) de Instrumento: Jacay Tacuri Jhon Eladio y Quispe Alarcón Cristian Alfredo

### X. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

CRITERIOS	INDICADORES	INACEPTABLE						MINIMAMENTE ACEPTABLE			ACEPTABLE	
		40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90
1. CLARIDAD	Esta formulado con lenguaje comprensible.										X	
2. OBJETIVIDAD	Esta adecuado a las leyes y principios científicos.										X	
3. ACTUALIDAD	Esta adecuado a los objetivos y las necesidades reales de la investigación.										X	
4. ORGANIZACIÓN	Existe una organización lógica.										X	
5. SUFICIENCIA	Toma en cuenta los aspectos metodológicos esenciales										X	
6. INTENCIONALIDAD	Esta adecuado para valorar las variables de la Hipótesis.										X	
7. CONSISTENCIA	Se respalda en fundamentos técnicos y/o científicos.										X	
8. COHERENCIA	Existe coherencia entre los problemas objetivos, hipótesis, variables e indicadores.										X	
9. METODOLOGÍA	La estrategia responde una metodología y diseño aplicados para lograr probar las hipótesis.										X	
10. PERTINENCIA	El instrumento muestra la relación entre los componentes de la investigación y su adecuación al Método Científico.										X	

### XI. OPINIÓN DE APLICABILIDAD

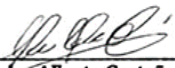
- El Instrumento cumple con los Requisitos para su aplicación
- El Instrumento no cumple con Los requisitos para su aplicación

SI

### XII. PROMEDIO DE VALORACIÓN:

85 %
------

Lima, 25 de junio del 2020

  
**Dr. Ing. Carlos Alberto Castañeda Olivera**  
 DOCENTE E INVESTIGADOR  
 CIP: 130267  
 RENACYT: P0078275

## VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO

### XIII. DATOS GENERALES

- 13.1. Apellidos y Nombres: Dr. Cabrera Carranza, Carlos Francisco
- 13.2. Cargo e institución donde labora: Docente e investigador / UCV Lima Norte
- 13.3. Especialidad o línea de investigación: Tratamiento y gestión de los residuos
- 13.4. Nombre del instrumento motivo de evaluación: Control del proceso de extracción de Limoneno
- 13.5. Autor(A) de Instrumento: Jacay Tacuri Jhon Eladio y Quispe Alarcón Cristian Alfredo

### XIV. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

CRITERIOS	INDICADORES	INACEPTABLE						MINIMAMENTE ACEPTABLE			ACEPTABLE	
		40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90
1. CLARIDAD	Esta formulado con lenguaje comprensible.											X
2. OBJETIVIDAD	Esta adecuado a las leyes y principios científicos.											X
3. ACTUALIDAD	Esta adecuado a los objetivos y las necesidades reales de la investigación.											X
4. ORGANIZACIÓN	Existe una organización lógica.											X
5. SUFICIENCIA	Toma en cuenta los aspectos metodológicos esenciales											X
6. INTENCIONALIDAD	Esta adecuado para valorar las variables de la Hipótesis.											X
7. CONSISTENCIA	Se respalda en fundamentos técnicos y/o científicos.											X
8. COHERENCIA	Existe coherencia entre los problemas objetivos, hipótesis, variables e indicadores.											X
9. METODOLOGÍA	La estrategia responde una metodología y diseño aplicados para lograr probar las hipótesis.											X
10. PERTINENCIA	El instrumento muestra la relación entre los componentes de la investigación y su adecuación al Método Científico.											X

### XV. OPINIÓN DE APLICABILIDAD


- El Instrumento cumple con los Requisitos para su aplicación
- El Instrumento no cumple con Los requisitos para su aplicación

Si

### XVI. PROMEDIO DE VALORACIÓN:

Lima, 20 de junio del 2020

90 %
------

  
 Dr. Carlos F. Cabrera Carranza  
 CIP. 46572

## VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO

### I. DATOS GENERALES

- 1.1 Apellidos y Nombres: Dr. CABRERA CARRANZA, CARLOS FRANCISCO
- 1.2 Cargo e institución donde labora: Docente e investigador / UCV Lima Norte.
- 1.3 Especialidad o línea de investigación: Tratamiento y gestión de los residuos
- 1.4 Nombre del instrumento motivo de evaluación: Control del proceso de disolución de los residuos de poliestireno
- 1.5 Autor(A) de Instrumento: Jacay Tacuri Jhon Eladio y Quispe Alarcón Cristian Alfredo

### II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

CRITERIOS	INDICADORES	INACEPTABLE						MINIMAMENTE ACEPTABLE			ACEPTABLE	
		40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90
1. CLARIDAD	Esta formulado con lenguaje comprensible.											X
2. OBJETIVIDAD	Esta adecuado a las leyes y principios científicos.											X
3. ACTUALIDAD	Esta adecuado a los objetivos y las necesidades reales de la investigación.											X
4. ORGANIZACIÓN	Existe una organización lógica.											X
5. SUFICIENCIA	Toma en cuenta los aspectos metodológicos esenciales											X
6. INTENCIONALIDAD	Esta adecuado para valorar las variables de la Hipótesis.											X
7. CONSISTENCIA	Se respalda en fundamentos técnicos y/o científicos.											X
8. COHERENCIA	Existe coherencia entre los problemas objetivos, hipótesis, variables e indicadores.											X
9. METODOLOGÍA	La estrategia responde una metodología y diseño aplicados para lograr probar las hipótesis.											X
10. PERTINENCIA	El instrumento muestra la relación entre los componentes de la investigación y su adecuación al Método Científico.											X

### III. OPINIÓN DE APLICABILIDAD

- El Instrumento cumple con los Requisitos para su aplicación
- El Instrumento no cumple con Los requisitos para su aplicación

Si

### IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN:

Lima, 23 de junio del 2020

90%
-----

  
 Dr. Carlos F. Cabrera Carranza  
 CIP. 46572

## VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO

### I. DATOS GENERALES

- 1.1 Apellidos y Nombres: Dr. CABRERA CARRANZA, CARLOS FRANCISCO
- 1.2 Cargo e institución donde labora: Docente e investigador / UCV Lima Norte.
- 1.3 Especialidad o línea de investigación: Tratamiento y gestión de los residuos
- 1.4 Nombre del instrumento motivo de evaluación: Control del proceso de reaprovechamiento de Poliestireno expandido
- 1.5 Autor(A) de Instrumento: Jacay Tacuri Jhon Eladio y Quispe Alarcón Cristian Alfredo

### II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

CRITERIOS	INDICADORES	INACEPTABLE						MINIMAMENTE ACEPTABLE			ACEPTABLE		
		40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	
1. CLARIDAD	Esta formulado con lenguaje comprensible.												X
2. OBJETIVIDAD	Esta adecuado a las leyes y principios científicos.												X
3. ACTUALIDAD	Esta adecuado a los objetivos y las necesidades reales de la investigación.												X
4. ORGANIZACIÓN	Existe una organización lógica.												X
5. SUFICIENCIA	Toma en cuenta los aspectos metodológicos esenciales												X
6. INTENCIONALIDAD	Esta adecuado para valorar las variables de la Hipótesis.												X
7. CONSISTENCIA	Se respalda en fundamentos técnicos y/o científicos.												X
8. COHERENCIA	Existe coherencia entre los problemas objetivos, hipótesis, variables e indicadores.												X
9. METODOLOGÍA	La estrategia responde una metodología y diseño aplicados para lograr probar las hipótesis.												X
10. PERTINENCIA	El instrumento muestra la relación entre los componentes de la investigación y su adecuación al Método Científico.												X

### III. OPINIÓN DE APLICABILIDAD


- El Instrumento cumple con los Requisitos para su aplicación
- El Instrumento no cumple con Los requisitos para su aplicación

Si

### IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN:

90%
-----

Lima, 20 de junio del 2020

  
 Dr. Carlos F. Cabrera Carranza  
 CIP. 46572

## VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO

### I. DATOS GENERALES

1.6 Apellidos y Nombres: Ing. MSc. Luis Alberto, Ordoñez Sánchez

1.7 Cargo e institución donde labora: Docente e investigador / UCV Lima Norte.

1.8 Especialidad o línea de investigación: Tratamiento y Gestión de los Residuos

1.9 Nombre del instrumento motivo de evaluación: Control del proceso de extracción de Limoneno

1.10 Autor(A) de Instrumento: Jacay Tacuri Jhon Eladio / Cristian Alfredo Quispe Alarcón

### II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

CRITERIOS	INDICADORES	INACEPTABLE						MINIMAMENTE ACEPTABLE			ACEPTABLE		
		40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	
1. CLARIDAD	Esta formulado con lenguaje comprensible.												X
2. OBJETIVIDAD	Esta adecuado a las leyes y principios científicos.												X
3. ACTUALIDAD	Esta adecuado a los objetivos y las necesidades reales de la investigación.												X
4. ORGANIZACIÓN	Existe una organización lógica.												X
5. SUFICIENCIA	Toma en cuenta los aspectos metodológicos esenciales												X
6. INTENCIONALIDAD	Esta adecuado para valorar las variables de la Hipótesis.												X
7. CONSISTENCIA	Se respalda en fundamentos técnicos y/o científicos.												X
8. COHERENCIA	Existe coherencia entre los problemas objetivos, hipótesis, variables e indicadores.												X
9. METODOLOGÍA	La estrategia responde una metodología y diseño aplicados para lograr probar las hipótesis.												X
10. PERTINENCIA	El instrumento muestra la relación entre los componentes de la investigación y su adecuación al Método Científico.												X

### III. OPINIÓN DE APLICABILIDAD

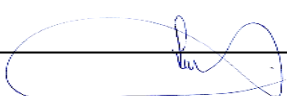
- El Instrumento cumple con los Requisitos para su aplicación
- El Instrumento no cumple con Los requisitos para su aplicación

Si

### IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN:

Lima, 23 de junio del 2020

90%



Luis Alberto Ordoñez Sánchez

CIP 23306

## VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO

### I. DATOS GENERALES

- 1.1 Apellidos y Nombres: Ing MSc. Luis Alberto, Ordoñez Sánchez
- 1.2 Cargo e institución donde labora: Docente e investigador / UCV Lima Norte.
- 1.3 Especialidad o línea de investigación: Tratamiento y Gestión de los Residuos
- 1.4 Nombre del instrumento motivo de evaluación: Control del proceso de disolución de los residuos de poliestireno
- 1.5 Autor(A) de Instrumento: Jacay Tacuri Jhon Eladio / Cristian Alfredo Quispe Alarcón

CRITERIOS	INDICADORES	INACEPTABLE						MINIMAMENTE ACEPTABLE			ACEPTABLE	
		40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90
1. CLARIDAD	Esta formulado con lenguaje comprensible.											X
2. OBJETIVIDAD	Esta adecuado a las leyes y principios científicos.											X
3. ACTUALIDAD	Esta adecuado a los objetivos y las necesidades reales de la investigación.											X
4. ORGANIZACIÓN	Existe una organización lógica.											X
5. SUFICIENCIA	Toma en cuenta los aspectos metodológicos esenciales											X
6. INTENCIONALIDAD	Esta adecuado para valorar las variables de la Hipótesis.											X
7. CONSISTENCIA	Se respalda en fundamentos técnicos y/o científicos.											X
8. COHERENCIA	Existe coherencia entre los problemas objetivos, hipótesis, variables e indicadores.											X
9. METODOLOGÍA	La estrategia responde una metodología y diseño aplicados para lograr probar las hipótesis.											X
10. PERTINENCIA	El instrumento muestra la relación entre los componentes de la investigación y su adecuación al Método Científico.											X

### II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

### III. OPINIÓN DE APLICABILIDAD

- El Instrumento cumple con los Requisitos para su aplicación
- El Instrumento no cumple con Los requisitos para su aplicación

Si

### IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN:

90%

Lima, 23 de junio del 2020



Ing. Luis Alberto Ordoñez Sánchez  
CIP: 23306

## VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO

### I. DATOS GENERALES

- 1.1 Apellidos y Nombres: Ing. MSc. Luis Alberto, Ordoñez Sánchez
- 1.2 Cargo e institución donde labora: Docente e investigador / UCV Lima Norte.
- 1.3 Especialidad o línea de investigación: Tratamiento y Gestión de los Residuos
- 1.4 Nombre del instrumento motivo de evaluación: Control del proceso de reaprovechamiento de poliestireno expandido
- 1.5 Autor(A) de Instrumento: Jacay Tacuri Jhon Eladio / Cristian Alfredo Quispe Alarcón

CRITERIOS	INDICADORES	INACEPTABLE						MINIMAMENTE ACEPTABLE			ACEPTABLE	
		40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90
1. CLARIDAD	Esta formulado con lenguaje comprensible.											X
2. OBJETIVIDAD	Esta adecuado a las leyes y principios científicos.											X
3. ACTUALIDAD	Esta adecuado a los objetivos y las necesidades reales de la investigación.											X
4. ORGANIZACIÓN	Existe una organización lógica.											X
5. SUFICIENCIA	Toma en cuenta los aspectos metodológicos esenciales											X
6. INTENCIONALIDAD	Esta adecuado para valorar las variables de la Hipótesis.											X
7. CONSISTENCIA	Se respalda en fundamentos técnicos y/o científicos.											X
8. COHERENCIA	Existe coherencia entre los problemas objetivos, hipótesis, variables e indicadores.											X
9. METODOLOGÍA	La estrategia responde una metodología y diseño aplicados para lograr probar las hipótesis.											X
10. PERTINENCIA	El instrumento muestra la relación entre los componentes de la investigación y su adecuación al Método Científico.											X

### II ASPECTOS DE VALIDACIÓN

#### III. OPINIÓN DE APLICABILIDAD

- El Instrumento cumple con los Requisitos para su aplicación
- El Instrumento no cumple con Los requisitos para su aplicación

Si

#### IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN:

90
----

Lima, 23 de junio del 2020



Ing. Luis Alberto Ordoñez Sánchez  
CIP: 23306



<b>Ficha 1. Control del proceso de extracción de Limoneno</b>			
Titulo	Reaprovechamiento de residuos de poliestireno expandido usando Limoneno extraído de cáscaras de <i>Citrus Paradisi</i> en Lurín – Lima, 2020		
Línea de investigación	Tratamiento y gestión de los residuos		
Responsable	Jacay Tacuri Jhon Eladio y Quispe Alarcón Cristian Alfredo		
Asesor	Dr. Carlos Francisco Cabrera Carranza		
Lugar de estudio	Lurín - Lima	Fecha	23/06/2020
<b>Ficha de control del proceso de extracción de Limoneno</b>			
Frecuencia (Hz)			
Cantidad de agua destilada (ml)			
Cantidad de cáscara de toronja (gr.)			
Tiempo de extracción (min.)			
Cantidad de Limoneno extraído (ml)			
pH del Limoneno			



Dr. Carlos F. Cabrera Carranza  
CIP. 46572

DNI: 17402784



Luis Alberto Ordoñez Sánchez

CIP 23306

DNI 00844670 Telf.: 942857565



Dr. Ing. Carlos Alberto Castañeda Olivera  
DOCENTE E INVESTIGADOR  
CIP: 130267  
RENACYT: P0078275

**Ficha 2. Control del proceso de disolución de los residuos de poliestireno**

Titulo	Reaprovechamiento de residuos de poliestireno expandido usando Limoneno extraído de cáscaras de <i>Citrus Paradisi</i> en Lurín – Lima, 2020		
Línea de investigación	Tratamiento y gestión de los residuos		
Responsable	Jacay Tacuri Jhon Eladio y Quispe Alarcón Cristian Alfredo		
Asesor	Dr. Carlos Francisco Cabrera Carranza		
Lugar de estudio	Lurín – Lima	Fecha	23/06/2020

**Ficha de control del proceso de disolución de los residuos de poliestireno**

Nº de Repetición	Parámetros fisicoquímicos				
	Cantidad de poliestireno (gr.)	Limoneno (ml)	pH	Temperatura (°C)	Agitación (RPM)

  
 Dr. Carlos F. Cabrera Carranza  
 CIP. 46572

DNI: 17402784



Luis Alberto Ordoñez Sánchez

CIP 23306

  
 Dr. Ing. Carlos Alberto Castañeda Olivera  
 DOCENTE E INVESTIGADOR  
 CIP: 130267  
 RENACYT: P0078275

**Ficha 3. Control del proceso de reaprovechamiento de Poliestireno expandido**

Titulo	Reaprovechamiento de residuos de poliestireno expandido usando Limoneno extraído de cáscaras de <i>Citrus Paradisi</i> en Lurín – Lima, 2020		
Línea de investigación	Tratamiento y gestión de los residuos		
Responsable	Jacay Tacuri Jhon Eladio y Quispe Alarcón Cristian Alfredo		
Asesor	Dr. Carlos Francisco Cabrera Carranza		
Lugar de estudio	Lurín – Lima	Fecha	23/06/2020

**Ficha de control del proceso de reaprovechamiento de Poliestireno expandido**

Código de muestra	Disolución de la muestra (%)	Cantidad de solución de poliestireno (gr.)	Temperatura (°C)	Presión de prensado (bar)	Tiempo de proceso (min)

  
 Dr. Carlos F. Cabrera Carranza  
 CIP. 46572

DNI: 17402784



Luis Alberto Ordoñez Sánchez

CIP 23306

  
 Dr. Ing. Carlos Alberto Castañeda Olivera  
 DOCENTE E INVESTIGADOR  
 CIP: 130267  
 RENACYT: P0078275



INFORME DE ENSAYO N° 202006864/2020

**Razón social:** John Eladio Jacay Tacuri

**RUC:** 47833825

**Domicilio legal:** Mz B Lote 11 Sct 6 Grupo 3 Villa el Salvador

**CMA:** CMA4007/2020

Producto declarado: ACEITE ESENCIAL DE TORONJA  
 Número de Muestras: 01  
 Cantidad de Muestra: No Aplica|No Aplica  
 Presentación: Envase sellado / Una (01) unidad de 100 mL aprox.  
 Condición de la muestra: Temperatura Ambiente|No Aplica  
 Datos proporcionados por el cliente: No Indica  
 Procedencia de la muestra: El cliente  
 Procedimiento de muestreo: No Aplica  
 Plan de muestreo: No Aplica  
 Lugar de muestreo:  
 Fecha de muestreo: No Aplica  
 Fecha de recepción de la muestra: 02/11/2020  
 Código de Laboratorio: 202006864  
 Fecha de inicio de análisis: 2020-11-03  
 Fecha de término de análisis: 2020-11-10  
 Fecha de emisión: 12/11/2020

Página 1 de 2

**Físico Químicos**

Análisis	Unidad	Resultado
Acidez libre	% (Exp. Ác. Oleico)	18,23

**Sensoriales**

Análisis	Unidad	Resultado
Olor	---	Característico, cítrico y exento de olores extraños.
Sabor	---	Característico cítrico y exento de sabores extraños.
Color	---	Característico cítrico, anaranjado dorado ligeramente oscuro.
Textura	---	Característico, líquido.
Densidad	g/mL	0.8542
Índice de refracción a 25°C	---	1.4691

"EL USO INDEBIDO DE ESTE INFORME DE ENSAYO CONSTITUYE UN DELITO SANCIONADO CONFORME A LA LEY, POR LA AUTORIDAD COMPETENTE"

No se debe reproducir el informe de ensayo, excepto en su totalidad, sin la autorización escrita de PACIFIC CONTROL CMA S.A.C. Los resultados contenidos en el presente documento sólo están relacionados con los ítems ensayados. Los resultados de los ensayos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de productos o como certificado de sistemas de calidad de la entidad que lo produce.  
 FR-13-07-01 / V06, 2020.07.27

TIC Council is an international association representing independent testing, inspection and certification companies.



Pacific Control, Calidad y Medio ambiente Laboratorios y certificaciones S.A.C.

Panamericana Sur Km 23.5- Santa Rosa de Llanavilla Mz Q Lote 07 y 08 - Villa el Salvador

Phone central: (+511) 660 2323

Our general term and conditions are available in full [www.pacificcontrol.us](http://www.pacificcontrol.us) or at your request Offices, Resident Inspectors, Joint Ventureships, and Representatives throughout the world



**INFORME DE ENSAYO N° 202006864/2020**

Método de análisis	Método de Referencia
Acidez libre	NTP 209.005:1968 (revisada el 2016) ACEITES Y GRASAS COMESTIBLES. Método para la determinación de la acidez libre.
Olor	NTP-ISO 4121:2008 (Revisada el 2014). ANALISIS SENSORIAL. Directrices para la utilización de escalas de respuestas cuantitativas.
Sabor	NTP-ISO 4121:2008 (Revisada el 2014). ANALISIS SENSORIAL. Directrices para la utilización de escalas de respuestas cuantitativas.
Color	NTP-ISO 4121:2008 (Revisada el 2014). ANALISIS SENSORIAL. Directrices para la utilización de escalas de respuestas cuantitativas.
Textura	NTP-ISO 4121:2008 (Revisada el 2014). ANALISIS SENSORIAL. Directrices para la utilización de escalas de respuestas cuantitativas.



**FIN DE DOCUMENTO**

"EL USO INDEBIDO DE ESTE INFORME DE ENSAYO CONSTITUYE UN DELITO SANCIONADO CONFORME A LA LEY, POR LA AUTORIDAD COMPETENTE"

No se debe reproducir el informe de ensayo, excepto en su totalidad, sin la autorización escrita de PACIFIC CONTROL CMA S.A.C. Los resultados contenidos en el presente documento sólo están relacionados con los ítems ensayados. Los resultados de los ensayos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de productos o como certificado de sistemas de calidad de la entidad que lo produce.  
FR-13-07-01 / V06, 2020.07.27

Our general term and conditions are available in full [www.pacificcontrol.us](http://www.pacificcontrol.us) or at your request Offices, Resident Inspectors, Joint Ventureships, and Representatives throughout the world

TIC Council is an international association representing independent testing, inspection and certification companies.



**Pacific Control, Calidad y Medio ambiente Laboratorios y certificaciones S.A.C.**

Panamericana Sur Km 23.5- Santa Rosa de Llanavilla Mz Q Lote 07 y 08 - Villa el Salvador

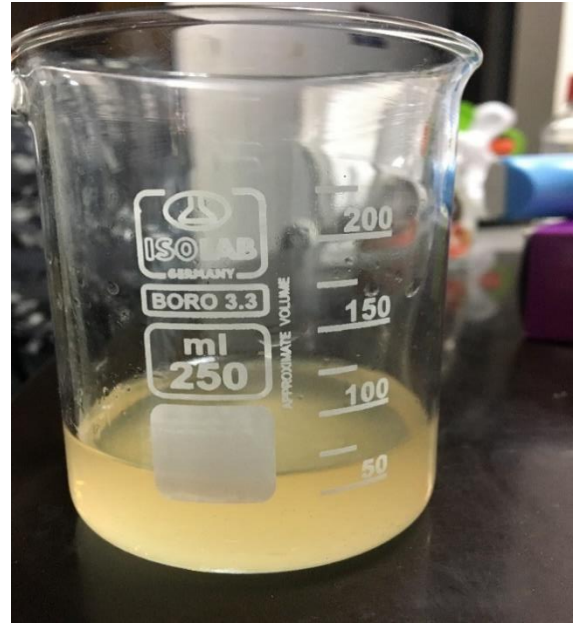
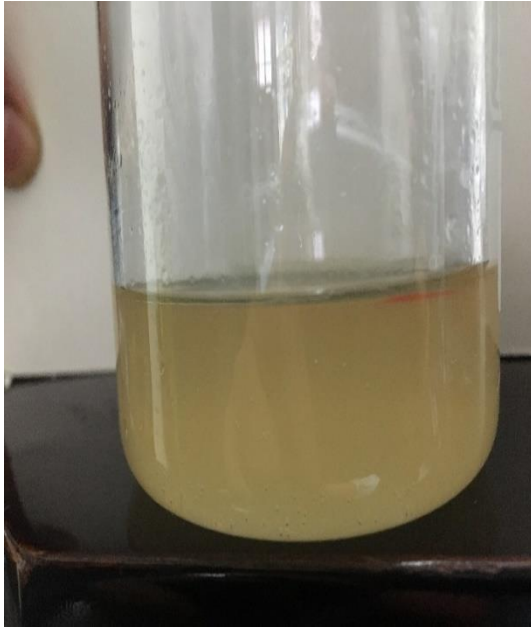
**Phone central: (+511) 660 2323**



Imágenes 1 : Extracción de flavedo de las cáscaras de *Citrus Paradisi* (Toronja)



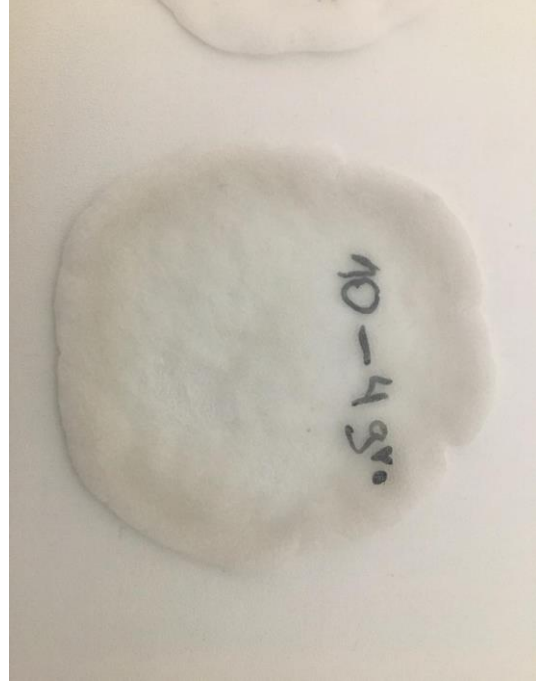
Imagen 2: Montaje y extracción de limoneno mediante la hidrodestilación asistida por microondas.



Imágenes 3: Limoneno extraído.



Imágenes 4: Recolección de poliestireno en la playa Lurín.



Imágenes 5: Corridas experimentales en la disolución del poliestireno con el limoneno.





Imagen 6: Prensado mecánico de la masa de poliestireno.



Imagen 7: Secado a temperatura ambiente después del prensado de poliestireno.



Imagen 8: Resultado final del reaprovechamiento de residuos de poliestireno con Limoneno extraído de las cáscaras de *Citrus Paradisi*