

**Universidad Nacional Pedro Henríquez Ureña**

**Facultad de Ciencias y Tecnología**

**Escuela de Química**



**“Diseño y análisis de factibilidad del proceso de producción de plásticos reciclados a partir de gránulos reclasificados del vertedero de Duquesa”**

**Trabajo de grado**

**presentado por:**

Isaury M. Rosario González

Rossalis M. Rincón Gutiérrez

**Para optar por el título de:**

Ingeniero Químico

**Santo Domingo, Distrito Nacional**

**2022**

## **AGRADECIMIENTOS**

## **AGRADECIMIENTOS**

En primer lugar, agradezco a Dios porque tu tiempo es perfecto y porque siempre me diste las fuerzas para continuar y poder llegar a culminar esta etapa tan importante.

A mi familia Isabel González, Cipriano Rosario e Isacy Rosario por ser mi sustento de vida y mi apoyo incondicional, por apoyarme en cada paso y por siempre estar pendientes, gracias por ser mi ejemplo a seguir.

A Luis Adriel Morillo, por ser mi fan número 1, por soportar los momentos difíciles junto a mí y nunca dejarme caer o dejar de creer en mí aun cuando yo no lo hacía, por ser el príncipe azul de los cuentos de hadas.

A mi segunda familia, Núñez Rodríguez por adoptarme como una hija más y alegrarse de mis logros como si fueran suyos. A Janel por enseñarme lo que es amigas por siempre. A Crisnelly por siempre aguantarme cuando quería hablar.

A Franklin Díaz Rosario, cariñosamente Angelo, por siempre creer y preocuparse por mí, por celebrar cada pequeño paso como si fuese logro más para él.

A mis regalos de la universidad, que sin duda alguna siempre les dije que nos conocimos en el momento perfecto. Estefanía, Alwyn, Jenny, Mayra, Winabell, Fernando, Katherine y Anne, en especial a mi compañera de tesis Rossalis Rincón, porque sin ustedes esto no sería un sueño hecho realidad, son lo máximo. Gracias por siempre creer en mí.

A mis asesores los Ingenieros Ramón Pérez y Maribel Espinosa, por ser apoyo y guía en este proceso, por sus enseñanzas y correcciones a lo largo de este camino.

A todos ustedes, que tienen un lugar en mi corazón gracias del alma porque no sé qué hice, pero algo bueno fue para merecer tantas personas lindas en mi vida. Gracias.

**Isaury Mari Rosario González**

## **AGRADECIMIENTOS**

Mis agradecimientos se dirigen principalmente a Dios, por ser el inspirador y darnos fuerzas para continuar en este proceso de obtener uno de los anhelos más deseados.

Gracias a mis padres Miguelina Gutiérrez y Antonio Rincón, ustedes han sido siempre el motor que impulsa mis sueños y esperanzas, quienes estuvieron siempre a mi lado en los días y noches en cada reto, a lo largo de mis estudios. Siempre han sido mis mejores guías de vida. Hoy cuando concluyo mis estudios, les agradezco a ustedes este logro amados padres, como una meta más conquistada. Orgullosa de haberlos elegido como mis padres y que estén a mi lado en este momento tan importante.

Quiero agradecer a mis hermanas Lianny y Rubi por acompañarme en este duro camino, por apoyarme de principio a fin por ser tan buenas, admirables y sobre todo por darme tanto amor.

A mi abuela Antonia Valerio por siempre apoyarme en cada una de mis decisiones. A mis Tías y tíos, en especial a Carlos Gutiérrez, Nerida Gutiérrez, Arileyda Gutiérrez, Andrés Troncoso, Rosa Irma Gutiérrez, Rosaura Gutiérrez y Marcelino Rincón por el apoyo y enseñanza otorgada a lo largo de todos estos años académicos.

A mis amigos María Fernanda, Kimberly Toribio, Henry Daniel, Rafael de los Santos y Sfrary Luciano por el apoyo incondicional. A Luis Rodríguez por sus buenos consejos y ese apoyo incondicional.

A Cesar Ariel Cabral por dedicarme su tiempo, paciencia y ayuda en cada uno de los retos.

A mis compañeras que estuvieron presentes durante esta meta, a Estefanía Almonte y Jenny Mañón en especial a Isaury Rosario mi compañera de tesis.

Al Ingeniero Jesús Fernández por las enseñanzas y oportunidades en el campo laboral y por seguir guiando mis enseñanzas.

Al Ingeniero Ramon Pérez por su paciencia, tiempo y dedicación para dirigir nuestra tesis.

A los docentes de la Universidad Nacional Pedro Henríquez Ureña (UNPHU) que me han acompañado durante el largo camino de esta carrera, brindándome siempre su orientación con profesionalismo ético en la adquisición de conocimientos y las herramientas necesarias para el campo laboral.

**Rossalis M. Rincón Gutiérrez**

## **ÍNDICES**

## ÍNDICE GENERAL

INTRODUCCIÓN .....	XV
PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA .....	17
OBJETIVOS .....	20
JUSTIFICACIÓN .....	22
ALCANCE.....	24
PRIMERA PARTE MARCO TEORICO .....	26
CAPITULO I ANTECEDENTES .....	27
I.1 ANTECEDENTES HISTORICOS DE LOS PLASTICOS.....	27
I.2 ESTUDIOS PRECEDENTES DE LOS PLÁSTICOS .....	32
I.3 HISTORIA DEL RECICLAJE .....	39
I.4 HISTORIA DE LOS VERTEDEROS .....	41
CAPITULO II MARCO CONCEPTUAL .....	42
II.1 MONÓMEROS Y SU CLASIFICACIÓN.....	43
II.2 POLÍMEROS Y SU CLASIFICACIÓN .....	44
II.3 PLÁSTICOS.....	45
II.3.1 PROPIEDADES DE LOS PLÁSTICOS .....	46
II.3.2 CLASIFICACIÓN DE PLÁSTICOS .....	47
II.3.3 TIPOS DE TERMOPLÁSTICOS.....	48

II.4 ADITIVOS .....	49
II.5 VERTEDEROS .....	50
II.6 RECICLAJE .....	51
II.6.1 RECICLAJE DE PLÁSTICOS.....	52
II.6.2 PLÁSTICOS COMUNMENTE RECICLADOS Y APLICACIONES.....	53
II.6.3 EMPRESA RISEK VIDAL RECYCLERS.....	56
CAPITULO III MÉTODOS Y PROCESOS PARA EL RECICLAJE DE PLÁSTICOS .....	58
III.1 TIPOS DE RECICLADO DE PLÁSTICOS .....	59
III.2 MÉTODOS DE MOLDEO .....	61
III.2.1 MOLDEO POR INYECCIÓN .....	62
III.2.2 MOLDEO POR SOPLADO.....	63
III.2.3 MOLDEO POR EXTRUSIÓN.....	64
SEGUNDA PARTE.....	65
MARCO METODOLÓGICO.....	65
CAPITULO IV METODOLOGIA .....	66
IV.1 TIPO DE LA INVESTIGACIÓN .....	66
IV.2 MÉTODO DE LA INVESTIGACIÓN.....	67
CAPITULO V RESULTADOS .....	70
V.1 RESULTADOS DE LOS ANALISIS .....	70
CAPITULO VI DISEÑO DEL PROCESO DE PRODUCCIÓN DE PLÁSTICOS A PARTIR DE GRANULOS RECLASIFICADOS.....	74
	IX

VI.1 DISEÑO DEL PROCESO DE PRODUCCIÓN .....	74
VI.2 DESCRIPCIÓN DEL PROCESO DE PRODUCCIÓN .....	76
CAPITULO VII ESTUDIO DE FACTIBILIDAD .....	79
VII.1 DESCRIPCIÓN .....	79
VII.2 OBJETIVO DEL PROYECTO .....	80
VII.2.1 OBJETIVO GENERAL .....	80
VII.2.2 OBJETIVOS DEL ESTUDIO .....	80
VII.3 DELIMITACIÓN .....	80
VII.4 JUSTIFICACIÓN .....	81
VII.5 ANALISIS ESTRATEGICO .....	82
VII.5.1 ARBOL DE PROBLEMAS .....	82
VII.5.2 ÁRBOL DE OBEJTIVOS .....	83
VII.6 ORGANIGRAMA .....	84
VII.7 ESTUDIO DE MERCADO .....	85
VII.7.1 PRODUCTO .....	85
VII.7.2 ENCUESTA .....	85
VII.8 PLAN DE PRODUCCIÓN .....	91
VII.9 INVERSIONES DEL PROYECTO .....	92
VII.9.1 COSTOS DE MAQUINARIAS Y EQUIPOS DE OFICINA .....	92
VII.9.2 PAGO DE LEGALIDADES, CONSUMO ENERGETICO Y CONSUMO DE AGUA, MATERIA PRIMA .....	93
	X

VII.9.3 DEPRECIACION DE EQUIPOS A 5 AÑOS .....	95
VII.9.4 NOMINA .....	96
VII.9.5 COSTO O GASTO DEL PRODUCTO .....	97
VII.9.6 ESTIMACION Y PAGO DEL PRESTAMO .....	98
VII.9.7 TASA MINIMA ACEPTABLE DE RENDIMIENTO (TMAR) .....	98
VII.9.8 CRONOGRAMA DE INVERSIONES .....	99
VII.9.9 FLUJO DE CAJA .....	100
CAPITULO VIII CONCLUSIONES .....	102
CAPITULO IX RECOMENDACIONES .....	104
REFERENCIA .....	105
ANEXOS .....	111

## ÍNDICE DE TABLAS

TABLA II.1 CLASIFICACIÓN DE LOS PLÁSTICOS.....	48
TABLA II.2 CÓDIGO SPI DE LOS PLÁSTICOS RECICLABLES. ....	56
TABLA VII.1 ESTIMACIÓN DE GANANCIAS. ....	91
TABLA VII.2 COSTOS DE MAQUINARIAS. ....	92
TABLA VII.3 COSTOS DE EQUIPOS DE OFICINA. ....	93
TABLA VII.3 PAGOS DE LEGALIDADES. ....	93
TABLA VII.4 CONSUMO DE AGUA RD/M3.....	94
TABLA VII.4 CONSUMO ENERGÉTICO KW/H. ....	94
TABLA VII.4 COSTOS DE MATERIA PRIMA Y TRANSPORTE. ....	94
TABLA VII.5 DEPRECIACIÓN DE EQUIPOS EN DÓLARES. ....	95
TABLA VII.6 ESTIMADO DE NOMINA. ....	96
TABLA VII.6 COSTO DEL PRODUCTO. ....	97
TABLA VII.7 PRÉSTAMO Y PAGOS ANUALES.....	98
TABLA VII.8 TMAR. ....	98
TABLA VII.9 CRONOGRAMA DE INVERSIÓN.....	99
TABLA VII.10 FLUJO DE CAJA. ....	100

## ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA III.1 DIAGRAMA DE FLUJO DEL PROCESO DE RECICLAJE DE PLÁSTICO. .....	60
FIGURA IV.1 ESQUEMA METODOLÓGICO.....	69
FIGURA V.1 MUESTRA DE RECHAZO .....	71
FIGURA V.2 ESPECTRO COLOR NEGRO .....	71
FIGURA V.3 ESPECTRO COLOR NEGRO Y AZUL.....	72
FIGURA V.4 ESPECTRO COLOR NEGRO Y AZUL OSCURO.....	72
FIGURA VI.1 SISTEMA DE BLOQUES DEL DISEÑO DE PRODUCCIÓN.....	77
FIGURA VII.1 ÁRBOL DE PROBLEMAS. ....	82
FIGURA VII.2 ÁRBOL DE OBJETIVOS.....	83
FIGURA VII.3 ORGANIGRAMA.....	84
FIGURA VII.4 PREGUNTA 1.....	86
FIGURA VII.5 PREGUNTA 2.....	86
FIGURA VII.6 PREGUNTA 3.....	87
FIGURA VII.7 PREGUNTA 4.....	87
FIGURA VII.8 PREGUNTA 4.....	88
FIGURA VII.9 PREGUNTA 5.....	88
FIGURA VII.10 PREGUNTA 6.....	89
FIGURA VII.11 PREGUNTA 7.....	89
FIGURA VII.12 RESPUESTAS RECURRENTE A LA PREGUNTA 8 .....	90
FIGURA VII.13 PRECIOS POR GALONES A PAGAR SEGÚN RESPUESTAS.....	90

## ÍNDICE DE ANEXOS

ANEXO 1. TABLA Y ESPECTRO COLOR NEGRO .....	112
ANEXO 2. TABLA Y ESPECTRO COLOR NEGRO CON AZUL .....	113
ANEXO 3. TABLA Y ESPECTRO COLOR GRIS.....	114
ANEXO 4. TABLA Y ESPECTRO COLOR AMARILLO.....	115
ANEXO 5. TABLA Y ESPECTRO COLOR NEGRO Y AZUL OSCURO .....	116
ANEXO 6. RECHAZO DE PLÁSTICO DEL VERTEDERO DE DUQUESA .....	117
ANEXO 7. PESO DE MUESTRA PARA FUNDIR.....	117
ANEXO 8. MUESTRA AL HORNO POR 180 GRADOS CELSIUS .....	118
ANEXO 9. MUESTRA LUEGO DE 10 MINUTOS EN EL HORNO, INTENTO DE PROBETA PARA PRUEBA DE RESISTENCIA. ....	118
ANEXO 10. MUESTRA CON UN PESO DE 43GRAMOS EN BANDEJA PLANA PARA FUNDIR A 300 GRADOS CELSIUS PARA PRUEBA DE FUNDICIÓN. MUESTRA DESPUÉS DE 30 MINUTOS AL HORNO .....	119
ANEXO 11. MÁQUINA ROTOMOLDEO CARRUSEL. ....	120
ANEXO 12. MOLDE DE MÁQUINA ROTOMOLDEO.....	121
ANEXO 13. GLOSARIO .....	121

## **INTRODUCCIÓN**

## **INTRODUCCIÓN**

El reciclaje se considera como la transformación por técnicas fisicoquímicas o mecánicas donde se le da lugar a la obtención de nuevas materias primas a partir de materiales usados o desechados. Con el reciclaje los materiales viejos o que se entiende que no tienen ningún otro uso, inicia un nuevo ciclo de vida, sea plástico, papel, cartón o metales.

Para el reciclaje de plástico se aprovechan los desechos como reutilización directa, materia prima para la fabricación de nuevos productos y la conversión que tiene como combustible o nuevos productos químicos.

El reciclaje es una estrategia para gestionar los residuos sólidos y es indispensable para preservar los recursos naturales, se asocia a un comportamiento eficaz, a una forma fácil y rápida de disponer de un utensilio cuando surge la necesidad.

La ejecución de este trabajo busca diseñar y analizar la factibilidad del proceso de producción de plástico reclasificado del vertedero de Duquesa, disminuyendo la contaminación originada por los desechos y teniendo como resultado una mejora en la calidad de vida de las personas que se ven afectadas por esto.

La estructura del trabajo está conformada por cinco partes; la primera abarca todo lo relacionado al marco teórico, la segunda parte presenta el marco metodológico, una tercera parte contiene las conclusiones y recomendaciones. La cuarta presenta las fuentes de investigación y, la quinta y última parte contiene los anexos.

**PLANTEAMIENTO**  
**DEL PROBLEMA**

## **PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA**

Los plásticos son derivados del petróleo, materia prima agotable, y su composición les permite ser un residuo de alto valor relativamente fácil de reciclar tanto o más que el vidrio en los residuos domésticos e industriales.

El Manual de Gestión Integral de Uruguay, 1998, expresa que, cuando los residuos sólidos se depositan en vertederos, los problemas principales relacionados con el plástico provienen de la quema indebida y sin control. Cuando la disposición se hace en rellenos, los plásticos dificultan la compactación de los otros residuos, y perjudican la descomposición de los materiales biológicamente degradables, ya que forman capas impenetrables que afectan el movimiento de gases y líquidos generados en el proceso de biodegradación de la materia orgánica.

La quema indiscriminada produce daños debido a los gases tóxicos que esta genera. Un caso extremo es el del cloruro de polivinilo, PVC, el cual al ser quemado libera cloro y puede originar la formación de ácido clorhídrico, muy corrosivo, y de dioxinas, sustancias altamente tóxicas y cancerígenas.

En la República Dominicana no existe un sistema formal de recolección de residuos sólidos, debido a esto encontramos lo que conocemos como recolectores callejeros o buzos, quienes clasifican los desechos según lo que consideran importante como botellas plásticas, botellas de vidrio, envases foam, entre otros, para su venta. El Ayuntamiento del Distrito Nacional afirma que, el relleno de Duquesa es el sitio de disposición final más grande de la

República Dominicana, sirve a los municipios de la zona metropolitana de Santo Domingo y recibe unas 4,000 tons/día.

A lo largo del tiempo el consumo del plástico se convierte en un uso desenfrenado, generando grandes desastres como es el caso de los recientes incendios en el vertedero de Duquesa y la ola de plástico que afecta la costa sur de Santo Domingo, en julio del 2018, que ocasiona grandes daños en el medio ambiente.

La quema sin control de los desechos sólidos y orgánicos en el vertedero de Duquesa da lugar a enfermedades respiratorias que afectan a toda la población, siendo los más perjudicados aquellos que sufren de problemas asmáticos o alergias. Esta quema es producida por el cúmulo de desechos que tiene Duquesa, que se debe a que como no existe una clasificación de los residuos, los desechos orgánicos junto a los sólidos forman burbujas de gas metano que se incrementa por el clima tropical del país y da origen a un humo tóxico que contamina el medio ambiente y también la salud.

La empresa Risek Vidal Recyclers que opera vecino al vertedero de Duquesa obtiene su materia prima de los residuos plásticos del vertedero, lo que contribuye de una manera favorable al medio ambiente, aportando a la disminución de estos en el vertedero y da como resultado un nuevo uso para los residuos de plástico.

## **OBJETIVOS**

## **OBJETIVOS**

### OBJETIVO GENERAL

Diseñar y analizar la factibilidad del proceso de producción de plásticos reciclados a partir de gránulos reclasificados del vertedero de Duquesa.

### OBJETIVOS ESPECIFICOS

- Recolectar y analizar muestras de los plásticos reclasificados de la Industria Risek Vidal Recyclers del vertedero de Duquesa.
- Identificar las propiedades mecánicas de la muestra recolectada.
- Diseñar el proceso que permita la producción de productos plásticos reciclados a partir de los gránulos reclasificados.
- Realizar el estudio de factibilidad del proceso de plástico reclasificado.

## **JUSTIFICACIÓN**

## **JUSTIFICACIÓN**

La implementación de este trabajo busca diseñar y analizar la factibilidad del proceso de producción de plásticos reciclados a partir de gránulos reclasificados del vertedero de Duquesa, reduciendo así la contaminación originada por los plásticos en el vertedero y dejando como consecuencia una mejora en la calidad de vida de las personas que se ven afectadas por estos.

El diseño de procesos para generar nuevos productos a partir de plásticos reciclados aporta beneficios al medio ambiente, como la disminución de gases de efectos de invernadero, reducción de residuos destinados a incinerar, y a la economía del país, ahorrando de esta manera grandes cantidades de energía, reducción de necesidades de materia prima, ahorro de recursos y generación de nuevos empleos.

El diseño de este proceso muestra una innovación en los procesos para reutilizar los plásticos. El uso del rechazo en el caso de este trabajo, da un giro a este material que en anteriores casos se comprendía como un plástico que no era apto para el uso industrial. Este rechazo se genera luego del proceso de trituración de diversos tipos de plástico en la empresa Risek Vidal Recyclers, que para este proyecto es su materia prima.

**ALCANCE**

## ALCANCE

Este proyecto presenta el diseño de un método que permita la transformación de plásticos duros o sintéticos, sin derivados de petróleo reclasificados, provenientes del vertedero de Duquesa, posibilitando el rehúso de los mismos de una manera eficiente acorde a las características y propiedades que puedan brindar, ayudando a disminuir el impacto ambiental que producen estos una vez desechados.

El rechazo que produce la empresa Risek Vidal Recyclers, que opera en las zonas aledañas al vertedero, se convierte en la materia prima para la creación de este método y que permita ser aplicable a cualquier industria de plástico en la República Dominicana.

Se presenta un análisis de factibilidad con el objetivo de determinar si el proceso a implementar es sostenible. Los análisis se llevan a cabo en el año 2021.

**PRIMERA PARTE**  
**MARCO TEORICO**

## **CAPITULO I ANTECEDENTES**

Desde el año 1920 el término plástico se utiliza para describir aquellos materiales de origen sintético o artificial que son fáciles para moldear, y que resultan apropiados para la elaboración de objetos y herramientas, tanto de uso cotidiano como de interés en diversas tecnologías e industrias. Los plásticos modernos, en su mayoría, se obtienen a partir de monómeros mediante un proceso de polimerización; es decir se trata de polímeros de origen sintético. Sin embargo, los polímeros de origen natural, también denominados biopolímeros, fueron conocidos desde la antigüedad y son utilizados a lo largo de la historia; tal es el caso de la madera, papel, seda, cuero, pergamino, ámbar y carey.

La aparición de los materiales plásticos artificiales y sintéticos tiene un origen muy reciente, aunque modifica la vida de toda nuestra civilización. En la actualidad, este tipo de plásticos constituyen la base de importantes colecciones de carácter etnográfico, donde se exhiben los objetos que forman parte de la cultura y vida cotidiana de nuestra era.

### **I.1 ANTECEDENTES HISTORICOS DE LOS PLASTICOS**

Seymour R. (2021). Expresa que en la antigua Grecia se clasifica todo el material como animal, vegetal o mineral. Los alquimistas prefieren los minerales, mientras que los artesanos medievales los vegetales y animales. La palabra polímero se refiere del griego *poli* de mucho y *meros* de partes. Algunos científicos lo llaman macromoléculas, otros polímeros naturales o biopolímeros.

Si se descartan los usos finales y las diferencias entre los polímeros y los plásticos, se determinan principalmente por fuerzas intermoleculares y por los grupos funcionales que presentan.

Dodiuk H. (2013). El uso de los polímeros se remonta al siglo XVI a. C., cuando culturas antiguas mesoamericanas procesan por primera vez el látex de Castilla elástica, se utiliza el líquido que se extrae de *Ipomoea alba* caucho y forman bolas de goma, figuras de goma huecas y otros artefactos de goma del material resultante. Así, estos descubrimientos preceden por 3,500 años al proceso de vulcanización.

Scheirs J. (2003). Afirma que, en 1839, Eduard Simón, un boticario de Berlín, destila resina de Storax obtenida del árbol del pavo, *Liquidambar Orientalis*, con una solución de carbonato de sodio y crea un aceite que analiza y denomina Estirol, Poliestireno. Simón cree que ha oxidado el material y llama al producto Oxido de Estirol, que se convierte después de días en una pasta como gelatina.

White J. L. (1998). Cita que Alexander Parkes desarrolla un proceso de vulcanización en frío en el que el caucho se sumerge en soluciones de cloruro de azufre líquido a temperatura ambiente. Parkes dirige su atención al nitrato de celulosa que desarrolla como un explosivo, llamada pistola de algodón, desarrolla un nitrato de celulosa plastificado utilizando líquidos menos volátiles y mezcla grandes cantidades de aceites vegetales y cloruros metálicos que se usan como retardantes de llama. Nace el nuevo material "Parkesine" en 1862.

El artículo de la Enciclopedia Británica, Celuloide. (2020). Dice que John Wesley Hyatt es el inventor industrial que descubre el proceso para hacer celuloide, el primer plástico artificial práctico. Hyatt se motiva por una recompensa de una empresa de billar en 1863, a cualquiera que pueda inventar un sustituto para las bolas de billar a base de marfil, experimenta con varias composiciones, pero ninguna produce una bola de billar exitosa. Descubre un material plástico atractivo y práctico con la mezcla de nitrocelulosa, alcanfor y alcohol y luego se presiona calentándola en un molde. En 1872, Eugen Baumann obtiene una tesis sobre compuestos vinílicos, donde explica la sintetización del cloruro de polivinilo, PVC.

La industria del plástico se inicia con el desarrollo de los primeros plásticos termoestables por Baekeland en 1909. Baekeland produce el primer polímero sintético y además desarrolla el proceso de moldeo del plástico que le permite producir diversos artículos de comercio. Estos primeros plásticos se denominan baquelita en honor a su descubridor.

José Valera en el blog A hombros de gigantes ciencia y tecnología, comenta que en 1926 se encuentra la fórmula del PVC mediante la mezcla de polímeros sintéticos, y el resultado es una sustancia elástica, pero no es adhesiva como se conoce por Hyatt. Semon trabaja en métodos de mejora del caucho, y desarrolla un sustituto sintético del mismo. Goodrich comienza a comercializar su línea Koroseal de compuestos de PVC en la década de 1930. Semon realiza más de 5,000 compuestos de caucho sintético, alcanzando el éxito con Ameripol, American polímero, en 1940 para la compañía BF Goodrich.

El blog historias de empaque, 2014, comenta que el descubrimiento de esa resina a la que llaman poli-metileno de cera pasa a ser algo más que una curiosidad de laboratorio, hasta que el 27 de Marzo de 1933 en los laboratorios de la Imperial Chemical Industries, ICI, Eric Fawcett y Reginald Gibson realizan experimentos con etileno sometido a altas presiones, pero esa noche debido a un “exitoso accidente” la muestra de Etileno se contamina con trazas de oxígeno por fugas en el autoclave; el oxígeno actúa como iniciador y en la mañana obtienen una sustancia blanca y cerosa. El experimento exitoso se reproduce en 1935, cuando otro químico de la ICI, Michael Perrin, desarrolla este accidente con una síntesis de alta presión reproducible. Nace el Poli-Etileno de baja densidad, LDPE.

Dorothy Warren en la revista *Chemists in a Social and Historical Context: Chemists are Real People, Living in the Real World*, 2001, comenta a través de ilustraciones que Roy J. Plunkett, químico en 1938 descubre por accidente el politetrafluoroetileno, PTFE, que se conoce como Teflón. Mientras Plunkett trabaja en desarrollar un nuevo refrigerante de cloro-fluoro-carbono para DuPont en Nueva Jersey, el gas de tetrafluoretileno, TFE, en el contenedor de presión deja de fluir antes de que el contenedor marque “vacío”.

Entonces Plunkett, curioso, separa el contenedor y cuando lo abre encuentra un material blanco con consistencia de cera y extrañamente resbaladizo. Analiza lo que sucede y se demuestra que el TFE se polimeriza con el hierro del contenedor, el cual funciona como catalizador a alta presión.

Olabisi O. (1998). Describe que, las medias de Nylon se presentan en la feria mundial de Nueva York en 1939 y 1940.

La primera introducción comercial del polvo de moldeo en 1941 y se utiliza en la producción de formas de bobinas eléctricas. En Alemania, el grupo I. G. Farben logra producir poliamida. En 1940 se inicia la producción a gran escala de nylon-6.

En 1941, John Rex Whinfield y James Tennant Dickson, de la Asociación de Impresoras Calico, patentan bases de poli-tereftalato de etileno, PET, en la investigación inicial de Wallace Carothers sobre la polimerización de condensación de ácidos alifáticos como el ácido adípico con etilenglicol, EG, pero Carothers no estudia la condensación de, EG, con ácidos aromáticos como el ácido tereftalato, TPA, para producir PET. Whinfield y Dickson, junto con los inventores W.K. Birtwhistle y C.G. Ritchiey, crean la primera fibra de poliéster PET, que llaman Terileno en 1941.

Seymour R. (1995). Escribe que las resinas alquídicas son sintetizadas por Kienle en 1942 a partir de alcoholes trifuncionales y de ácidos dicarboxílicos. En la reacción se transesterifican aceites insaturados o aceites de secado con el anhídrido ftálico para obtener un poliéster insaturado.

En 1951, J.Paul Hogans y Robert Banks trabajan para la empresa estadounidense Phillip Petroleum, tratan de obtener gasolina en base a Propileno, pero no funciona, y obtienen de su trabajo un catalizador que les permite obtener una muestra de polipropileno, aunque ni sus propiedades ni su catalizador lo hace apto para un desarrollo industrial, con el tiempo permite el desarrollo del polipropileno cristalino.

En paralelo a la Phillip Petroleum, la Standard Oil, por medio de Bernhard Evering y su equipo también están produciendo mezclas de Polipropileno y Polietileno en 1950, utilizando un catalizador en base a molibdeno; los resultados son iguales de insatisfactorios a nivel industrial.

En 1954 el equipo dirigido por el alemán Karl Ziegler obtiene el polietileno de alta densidad usando catalizadores organometálicos como las sales de Titanio y circonio; pero no se percatan inicialmente el equipo de Ziegler, es que también obtienen Polipropileno.

## **I.2 ESTUDIOS PRECEDENTES DE LOS PLÁSTICOS**

Mayers Simé C., Rodríguez Reyes A. (2020). “Síntesis de bio-plástico a partir del bagazo de caña de azúcar y estudio de factibilidad de una planta de producción de platos plásticos en la Republica Dominicana”. Este proyecto procura desarrollar un material biodegradable con el propósito de reducir el impacto medio ambiental de los plásticos regulares, para esto se pretende producir un material con propiedades similares a los de estos plásticos, desde el punto de vista funcional. La producción de dicho material se realiza a partir del bagazo de caña el cual es un residuo de la industria azucarera, la cual sigue siendo relevante en el país hoy en día.

Al tiempo que se crea este nuevo material plástico, se le da otro uso al bagazo de caña de azúcar que regularmente se utiliza en las industrias como combustible, pero por su alto contenido de agua resulta bastante ineficiente en la producción de energía.

Se obtiene acetato de celulosa, un material plástico biodegradable, a partir de la celulosa extraída del bagazo de la caña de azúcar. Este material tiene un sinnúmero de aplicaciones e impacta de manera positiva el medio ambiente en general, no solo por la que se biodegrada, y que, por ende, reduce la acumulación de residuos, sino también porque la materia prima que se utiliza en su fabricación es un subproducto de la industria azucarera, que suele acumularse como desecho y que cuando se quema, contamina el medio ambiente de manera significativa por las emisiones de dióxido de carbono que genera.

E. Franco-Urquiza, H.E. Ferrando, D.P. Luis y M.Ll. Maspoch. (2016). Presentan una investigación sobre “Reciclado mecánico de residuos plásticos. Caso práctico: Poliestireno de alto impacto para la fabricación de componentes de TV”, en la ciudad de Barcelona. En este trabajo se presenta una introducción sobre la situación actual del reciclaje de los materiales plásticos a nivel mundial, con un especial interés en la situación en la que se encuentra el estado europeo.

A pesar de que existen numerosas técnicas de reciclado de plásticos, el método de reciclado mecánico llama mucho la atención por parte de las industrias transformadoras del plástico por la capacidad de producción que puede llevarse a cabo mediante el uso de técnicas como la extrusión y la inyección de plásticos. La parte final de este trabajo se enfoca en un caso práctico que se lleva a cabo en el Centre Català del Plàstic (CCP) y la empresa SONY para la obtención de materiales plásticos reciclables para manufacturar carcasas de televisiones. El trabajo que se realiza en el CCP fue el estudio de la viabilidad de la sustitución de materiales vírgenes por materiales reciclados procedentes de residuos industriales.

El estudio consiste en analizar la viabilidad de sustituir un poliestireno antichoque (HIPS) virgen por el mismo material de origen, pero reciclado. De esta manera, se comparan las propiedades de cuatro materiales HIPS (poliestireno de alto impacto) reciclados (HIPS-RA, -RB, -RC y -RD) así como un estudio de su morfología. Se observa que el índice de fluidez del HIPS aumenta con la proporción de material reciclado y con el número de procesos de transformación. La propiedad mecánica más afectada resulta ser la resistencia al impacto, y se observan dos tipos de morfologías claramente diferentes.

El material reciclado que muestra mejores propiedades es el HIPS-RB, y se escoge para sustituir al HIPS virgen en la producción de componentes de electrónica de consumo. Finalmente, el estudio que se realiza permite analizar los factores que intervienen en el estudio de materiales reciclados, conocer las posibilidades de su aplicación en el caso concreto de componentes de electrónica de consumo y crear las bases para poder establecer una metodología para realizar futuros estudios de introducción de materiales reciclados en otras aplicaciones tecnológicas.

Como conclusión general de este caso de estudio se puede afirmar que el material HIPS-RB es el mejor material reciclado para sustituir el material virgen que se utiliza en la fabricación de marcos de TV, ya que demuestra que este material reciclado podría sustituir el material virgen totalmente, sin necesidad de preparar mezclas RB con V. Después de este caso de estudio, la empresa SONY fabrica este tipo de pieza con material 100% reciclado proveniente de residuos de láminas termoconformadas para envases ligeros de un solo uso (p. e. yogures), obteniéndose excelentes resultados que por tal razón algunos de ellos son todavía confidenciales.

Como conclusión adicional, se puede afirmar que la sustitución de un plástico virgen por uno reciclado, en aplicaciones de alto valor añadido, es viable. Para ello, igual que con los materiales vírgenes, hace falta una adecuada selección del material. En el caso de plásticos reciclados, para poder seleccionar el material se requiere de una caracterización completa previa, puesto que generalmente estos materiales reciclados no suelen comercializarse con sus correspondientes hojas técnicas.

Rosario Echeverría E. (2017). En la tesis “Ladrillos de concreto con plástico PET reciclado” en Perú, describe que esta investigación tiene como objetivo principal determinar las propiedades físico mecánicas, de ladrillo de concreto con plástico PET reciclado, definidas en la norma técnica E.070. Para lo cual se determinan las proporciones óptimas de los agregados en la mezcla de concreto para elaborar una unidad de albañilería clase IV.

Posteriormente se procede a agregar a la mezcla de ladrillo de concreto vibrado hojuelas de plástico PET reciclado en porcentajes crecientes de 0%, 3%, 6% y 9%, obteniendo cuatro tipos de ladrillo, a éstos se les realiza diferentes ensayos a los 28 días de edad para determinar sus propiedades físico mecánicas; siendo la propiedad principal en la clasificación de las unidades de albañilería la resistencia a compresión.

Se concluye que las propiedades mecánicas de los ladrillos de concreto vibrado al adicionar hojuelas de plástico PET reciclado no mejoran, habiendo una disminución máxima de la resistencia a compresión del ladrillo de 51.5 kg/cm<sup>2</sup> o 31.8%, respecto de la mezcla patrón; sin embargo, las propiedades físico mecánicas de los tres tipos de ladrillo de concreto con plástico PET reciclado cumplen con los requerimientos definidos por la norma E.070:2006.

Las propiedades físicas de los tres tipos de ladrillo de concreto PET (3%, 6%, 9% PET) en lo que respecta a variación dimensional, contenido de humedad, porcentaje de vacíos y alabeo no varía sustancialmente comparado con el ladrillo patrón (0% PET), pues estas características están relacionadas con la geometría, proceso de fabricación y condiciones de almacenamiento de los ladrillos, que son los mismos para todos los tipos.

Fajardo J. y Sinchi J. (2018). En el estudio “Experimentación de los plásticos HDPE y PP reciclados como materia prima para la generación de mobiliario”, en la ciudad de Bogotá, expresan el post consumo y la problemática del plástico de esta manera. Luego de comprender la problemática que desarrolla el plástico, este proyecto de graduación tiene como objetivo la revalorización de los plásticos post consumo, brindando una solución al mismo que desde su concepción implica grandes aportes a nivel local y nacional, ya que de esta manera se gestiona gran parte los residuos sólidos con respecto a nuestro contexto.

Además, se brinda una solución al que hacer con los desechos plásticos que no poseen ningún tipo de aplicación en el mercado local, se envían a las ciudades de Quito y Guayaquil para ser procesados y transformarlos en nuevos productos que muy poco tienen que ver con el diseño. Se efectúan ensayos de probetas para determinar los resultados, donde concluyen con utilizar Polipropileno y Polipropileno de alta densidad reciclados como materia prima, accionando fibras vegetales como totora y cabuya, que sirve como refuerzo para el plástico reciclado. Como resultado de los análisis que realizan, se determina que se emplean en dos aplicaciones de mobiliario, como una silla para niños de 5 años y una repisa.

Ojeda J. P., Mercante I. T. y Fajardo N. (2019), en el artículo “Ensayos mecánicos sobre morteros con agregados de plástico reciclado dosificados según modelo de conductividad térmica” en Argentina. El uso de agregados de plástico en el hormigón mejora algunas propiedades como el aislamiento térmico y el peso específico, aunque produce disminución de la resistencia a la compresión.

En este trabajo se dosifican mezclas con agregados de plástico reciclado de origen residual para satisfacer requisitos de aislamiento térmico. Para ello se desarrolla un modelo simple, calculando los espesores de plástico que se requiere en un muro equivalente de 18 cm de espesor. Luego se moldean probetas y se ensayan a flexión y compresión. Los resultados confirman que la incorporación de plástico produce una caída de la resistencia a la compresión y la flexión, excepto en el caso de gránulos (pellets).

Se requiere un espesor teórico de plástico con el modelo de muro multicapa que se propone de 2.4 a 6 cm para lograr el aislamiento térmico deseado, frente a los 37 cm que se requiere para un muro que se realiza exclusivamente con mortero.

Sin embargo, sólo una mezcla alcanza la resistencia mínima que se requiere para la construcción de paneles. Se concluye que los agregados redondeados exhiben mejor comportamiento que los agregados con forma de hojuelas y que el modelo que se utiliza para la dosificación de agregados de plástico debería ser mejor y contraste con resultados experimentales en un trabajo futuro.

Holguín Ávila L. E. (2020), en la tesis. “Evaluación de prototipo de bloques ecológicos fabricados a partir de plásticos reciclados para la construcción de obras menores.”, en Ecuador. El objetivo de esta investigación es evaluar prototipos de bloques ecológicos fabricados a partir de plásticos reciclados para la construcción de obras menores y como alternativa amigable con el ambiente. Los materiales que se usan en la fabricación de los bloques ecológicos son cemento, agua, bentocryl, agregados pétreos (arena, piedra y chasqui) y plástico PET, este último material ayuda en la disminución de los agregados pétreos en proporciones establecidas en la investigación del 5%, 10% y 20% PET, de estas dosificaciones se obtiene la dosificación óptima.

Para lograr la elaboración de los bloques se realizan caracterización de los materiales, pruebas de resistencia a la compresión en probetas previo a la fabricación de los bloques ecológicos, una vez se obtienen los resultados se comprueba que la dosificación ideal para bloques con el 20% de PET reciclado reporta 5,9 MPa en la prueba de resistencia a la compresión, comprobándose que el uso de PET en la elaboración de bloques ecológicos es posible ya que se encuentra dentro de los parámetros que indica la norma para control de calidad INEN 3066 y disminuye el impacto negativo al ambiente.

Se cumple con el objetivo planteado, que consiste en evaluar prototipos de bloques ecológicos que se fabrican a partir de plásticos reciclados para la construcción de obras menores y como alternativa amigable con el ambiente para lo que se obtienen resultados que servirán de iniciativa para combatir con la contaminación. Se elaboran los bloques ecológicos siguiendo el procedimiento normal y con los materiales de uso común incorporando el PET reciclado de

5mm a diferentes dosificaciones en sustitución del agregado fino y se observa que el PET no produce ningún cambio fuera de lo normal en la fabricación de estos.

### **I.3 HISTORIA DEL RECICLAJE**

Muñoz M. (2011). Explica que, desde el inicio de la civilización existen accionares involuntarios que proponen a cada instante realizar lo que hoy se conoce como reciclaje de los distintos residuos. El reciclaje de materiales gana aceptación y popularidad como una forma de disminuir la cantidad de residuos que necesitan disposición final en rellenos sanitarios y de reducir el impacto ambiental de las actividades productivas y del consumo por medio de las cuales las sociedades contemporáneas satisfacen sus necesidades.

Los desechos se contemplan con gran valor en la actualidad y es inexistente una eficiente gestión de residuos y aplicación de tecnología medioambiental para la reutilización de la misma con diferentes propósitos. La economía mundial hace que la recolección de basura se transforme en una actividad rentable. Muchos países europeos reciclan más del 50 % de los residuos, y la Unión Europea aumenta los objetivos de reciclaje de los cajones. Ahora se están estableciendo objetivos de reciclaje para los coches viejos, los aparatos eléctricos y las pilas.

En España, el reciclaje capta la atención y sitúa a Aragón en una situación geoestratégica que se erige como el epicentro de la mayor zona industrial de España, y el sur de Francia. En Alemania los aparatos eléctricos y electrónicos no pueden ser arrojados con el desecho común, pues contienen plomo y mercurio que son altamente contaminantes y peligrosos para el medio ambiente.

En Latinoamérica el reciclaje es un sector que se desarrolla poco. Según el ministerio de ambiente de Colombia se producen 27.000 toneladas de desechos y solamente un 9% se reutiliza. Santiago de Chile es una de las capitales latinoamericanas que más uso hace del reciclaje de residuos. En el año 2007, el 13% de los desechos de los hogares se reutilizan.

En los últimos años el reciclaje en América Latina tiene una evidente evolución. Los ciudadanos son cada vez más conscientes de las problemáticas ambientales y comienzan a exigir respuestas adecuadas. No obstante, los correctos sistemas de reciclaje se topan con problemáticas locales, propias de los países en desarrollo.

En la República Dominicana la industria del reciclaje se encuentra en crecimiento. A pesar de que a nivel nacional carece de un sistema de gestión de residuos, en los diferentes vertederos trabajan los recicladores de base, los buzos, quienes los separan, una vez lleguen allí para luego venderlos a las empresas recicladoras o exportan a países en donde esta industria se encuentra en desarrollo. El empresariado dominicano juega un rol muy importante en el desarrollo de esta industria, ya que muchos negocios recolectan los residuos separados para venderlos a empresas recicladoras para los fines.

Un reportaje por Bohío News. (2015). Presenta que, se nota un avance, logrando integrar a los sectores público y privados, y se encamina a un proceso en el que se pretende involucrar a la población de manera masiva. En la Ley 64-00 se toca el tema del reciclaje; sin embargo, hacen falta más detalles.

Recientemente el Ministerio de Medio Ambiente emitió la resolución 1-2015, que establece procedimientos para la recuperación de materiales con valor comercial. Para que el reciclaje sea visto desde el punto de vista económico, se puede iniciar con la creación de centros de acopio a los que todos tengan acceso, y la recolección diferenciada es el primer paso. Luego regular y delimitar las funciones de todos los actores de la cadena, recolector informal, centros de acopio, compañías recolectoras, recicladores, de manera que se establezca una competencia que permita el desarrollo general del reciclaje.

#### **I.4 HISTORIA DE LOS VERTEDEROS**

Pérez J. (2008). Expresa que, en la Segunda Guerra Mundial surgen los denominados vertederos controlados o vertederos sanitarios, en los que se almacenan determinados residuos a fin de evitar o aminorar la contaminación que pudieran producir en el ambiente.

Entre estos recursos, los más importantes son alimentos y madera que, en las primeras épocas, generan unos restos que se integran fácil en el medio sin afectarlo. Con el paso del tiempo, la humanidad evoluciona de forma exponencial. Se produce un gran crecimiento de los núcleos urbanos ligado a la extracción y transformación de elementos naturales. Se desarrolla la metalurgia, la alfarería y las incipientes producciones de productos químicos, como el yeso o la cal. Como consecuencia, en estas sociedades se comienzan a tener dificultades para eliminar los residuos producidos, así se forman los primeros vertederos.

## **CAPITULO II MARCO CONCEPTUAL**

Los plásticos son derivaciones de polímeros y primero que los polímeros están los monómeros, de una molécula sencilla, a una molécula más compleja. Es importante conocer todos los términos que engloban los plásticos para poder expresar detalladamente cada uno de ellos y sus composiciones.

En los últimos años los plásticos incrementan drásticamente su uso, ya que sustituyen, en gran parte, a los metales y al vidrio como materiales para recipientes y al papel como material de embalaje. Estos materiales son empleados en la fabricación de una variedad de productos gracias a sus excelentes propiedades.

El reciclado de los plásticos es aplicable tan solo cuando el coste energético del proceso de reciclado es inferior al de producción de nuevos materiales. Sin embargo, esto no debe llevarnos a reacciones precipitadas. Si los plásticos nuevos derivados del petróleo son más económicos que los plásticos procedentes del material reciclado, esto no es algo que deba utilizarse automáticamente en contra del reciclado. Al contrario, es más un indicador de que el precio del crudo está aún demasiado bajo a la vista de su naturaleza finita y de que ello fomenta que se desperdicie, en vez de reciclar los materiales y retornarlos al bucle de producción. Távara R. R. (2004).

## II.1 MONÓMEROS Y SU CLASIFICACIÓN

Gabriel Bolívar (2014) afirma que “Los monómeros son moléculas pequeñas o simples que constituyen la unidad estructural básica o esencial de moléculas más grandes o complejas denominadas polímeros. Monómero es una palabra de origen griego que significa mono, uno y mero, parte.”

Existen muchas características que permiten establecer varios tipos de monómeros, entre las que destacan su origen, funcionalidad, estructura, el tipo de polímero que forman, cómo se polimerizan y sus enlaces covalentes, estos se clasifican en: naturales, sintéticos, apolares y polares, cíclicos o lineales.

- Monómeros naturales: Existen monómeros de origen natural como el isopreno, que se obtiene de la savia o látex de las plantas, y que además es la estructura monomérica del caucho natural. Algunos aminoácidos que se producen por insectos forman la fibroína o proteína de la seda. Asimismo, se encuentran aminoácidos que forman el polímero queratina, la cual es la proteína de la lana que se produce por animales como las ovejas.
- Monómeros sintéticos: Entre los monómeros artificiales o sintéticos, que son numerosos, se puede mencionar algunos con los que se elaboran diferentes variedades de plásticos; como el cloruro de vinilo, el cual forma el polivinilo cloruro o PVC; y el gas etileno,  $H_2C=CH_2$ , y su polímero polietileno.

- Monómeros apolares y polares: Esta clasificación se realiza de acuerdo a la diferencia de electronegatividad de los átomos que forman el monómero. Cuando existe una notoria diferencia, se forman monómeros polares; por ejemplo, aminoácidos polares como la treonina y asparagina.
- Monómeros cíclicos o lineales: Conforme a la forma u organización de los átomos dentro de la estructura de los monómeros, estos pueden clasificarse como monómeros cíclicos, como la prolina, el óxido de etileno; lineales o alifáticos, como el aminoácido valina, el etilenglicol entre muchos otros.

## **II.2 POLÍMEROS Y SU CLASIFICACIÓN**

Un polímero es una molécula muy grande o macromolécula constituida por la unión repetida de muchas unidades, monómeros, a través de enlaces covalentes. Lo describe García J. M. y García F. (2010). La unidad estructural que se repite a lo largo de la cadena polimérica se denomina unidad repetitiva y la reacción en la cual los monómeros se unen entre sí para formar el polímero se denomina reacción de polimerización.

En general, atendiendo al proceso por el que se preparan, los polímeros se pueden dividir en dos grandes grupos.

- Polímeros de condensación o por etapa que se forman a partir de monómeros polifuncionales a través de diversas reacciones orgánicas en las que dos grupos

funcionales dan lugar a otro diferente con la posible eliminación de alguna molécula pequeña, tal como agua, etanol, cloruro de hidrógeno, entre otros.

- Polímeros de adición o en cadena, en general se forman a partir de reacciones de adición de dobles enlaces, sin la pérdida de moléculas pequeñas, por lo que la unidad estructural de repetición tiene la misma composición que la del monómero de partida.

### II.3 PLÁSTICOS

El ABC de los plásticos por María Cornish (1997), describe los plásticos como un gran grupo de materiales orgánicos que contienen como elemento principal el carbono, se combinan con otros ingredientes, como el hidrógeno, oxígeno y nitrógeno. Es sólido en su estado final, pero en alguna etapa de su manufactura es suficientemente suave para ser moldeados por muchos sistemas por medio de calor y/o presión.

Los plásticos se pueden agrupar o clasificar de maneras muy diferentes, si bien todas las posibles clasificaciones pueden resultar en algún momento ambiguas y, por lo general, un mismo plástico se encuentra en diferentes grupos. En este caso se muestra la clasificación propuesta por Crawford, que se basa en las propiedades más destacadas desde el punto de vista del diseño de piezas y de selección del material para una aplicación determinada. Lo expresa Beltrán M. (2012).

De acuerdo con esta clasificación se describen brevemente los principales tipos de plásticos, su estructura y propiedades y ejemplos de plásticos pertenecientes a cada tipo.

### II.3.1 PROPIEDADES DE LOS PLÁSTICOS

Atenea Carrasco en el blog de Materiales plásticos de construcción, describe las propiedades de los plásticos de la siguiente manera; son fáciles de trabajar y moldear, tienen un bajo coste de producción, poseen baja densidad, suelen ser impermeables, son buenos aislantes eléctricos, aceptables aislantes acústicos, buenos aislantes térmicos, aunque la mayoría no resisten temperaturas muy elevadas, resistentes a la corrosión y a muchos factores químicos, algunos no son biodegradables ni fáciles de reciclar y, si se queman, son muy contaminantes.

Se conoce como densidad, a la cantidad de materia por unidad de volumen, cuanto más amorfa es su estructura menor es su densidad. Elasticidad, es la capacidad recuperar su forma primitiva después que se deforma. Conductancia, es la capacidad de conducción calorífica o eléctrica de un material. Impermeabilidad, la propiedad de las sustancias que impide pasar los líquidos.

Temperatura de fusión, es la temperatura en la cual un sólido pasa a líquido. Dilatación, es el aumento del volumen de un cuerpo al aumentar su temperatura. Maleabilidad, aquella capacidad de un material de sufrir deformación sin rotura.

Ductibilidad, la propiedad de un material de poder estirarse en hilos. Fragilidad, es la falta de resistencia a la rotura por choque. Rigidez, resistencia al cambio de forma. Tenacidad, es la resistencia a la rotura por fuerzas de tracción.

### II.3.2 CLASIFICACIÓN DE PLÁSTICOS

Los monómeros son las piezas fundamentales de las estructuras de los plásticos. Son moléculas sencillas de Carbono e Hidrógeno. La unión de muchos monómeros constituye un polímero como el polietileno. Según la Cámara Argentina de la Industria Plástica. (2019).

Según sea su comportamiento con la variación de la temperatura y los disolventes. Se clasifican en termoestable, termoplástico y elastómeros.

Los termoplásticos son polímeros lineales, que están ramificados o no. Carecen de estar entrecruzados, son polímeros solubles en algunos disolventes orgánicos, son capaces de fundir y son reciclables. Si los comparamos con los demás tipos de plásticos, los termoplásticos se fabrican y emplean en cantidades muy grandes y entre ellos los más frecuentes son Polietileno tereftalato PET y Cloruro de polivinilo, PVC. Beltrán M. (2012).

Los termoestables son los plásticos que no se ablandan ni fluyen por mucho que aumente la temperatura, por tanto, sufren modificaciones irreversibles por el calor y no pueden fundirse de nuevo, son duros y frágiles.

Los elastómeros son materiales muy tenaces, resistentes a aceites y grasas y al ozono, y presentan buena flexibilidad a bajas temperaturas. De hecho, todos los elastómeros tienen temperaturas de transición vítrea inferiores a la temperatura ambiente. Presentan, sin embargo, algunas de las desventajas de los termoestables, requieren un procesamiento lento, lo que consume grandes cantidades de tiempo y energía, y en principio no son reciclables.

**Tabla II.1 Clasificación de los plásticos.**

Clasificación	Propiedades	Ejemplos
Termoplásticos	<ul style="list-style-type: none"> <li>- No sufren cambios en su estructura química.</li> <li>- Se pueden moldear multiples veces.</li> <li>- Faciles de procesar.</li> <li>- Muy económicos.</li> </ul>	Polietileno Polipropileno, poliestireno PVC, entre otros.
Termoestables	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Sufren un cambio químico.</li> <li>-Moldeados no pueden modificar su forma.</li> <li>-Son duros y frágiles.</li> <li>-Alta resistencia térmica.</li> <li>-Buena estabilidad dimensional</li> </ul>	Poliimididas, poliariletercetonas, poliésteres aromáticos, polisulfonas.
Elastómeros	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Buena flexibilidad a bajas temperaturas.</li> <li>-Tienen temperaturas de transición vítrea inferiores a la temperatura ambiente.</li> </ul>	Silicona, neopreno, goma natural, caucho sintético y poliuretando.

Adaptado de: (Beltrán, 2012)

### II.3.3 TIPOS DE TERMOPLÁSTICOS

Beltrán M. 2012, clasifica los termoplásticos en los siguientes tipos:

- Polietileno tereftalato, PET, se utiliza principalmente en la producción de botellas para bebidas, a través de su reciclado se obtiene principalmente fibras para relleno de bolsas de dormir, alfombras, cuerdas y almohadas.

- Polietileno de alta densidad, HDPE, normalmente se utiliza en envases de leche, detergente, aceite para motor, entre otros; Tras reciclarse se utiliza para macetas, contenedores de basura y botellas de detergente.
- Cloruro de polivinilo, PVC, se utiliza en botellas de champú, envases de aceite de cocina, artículos de servicio para casas de comida rápida, entre otros. Este puede ser reciclado como tubos de drenaje e irrigación.
- Polietileno de baja densidad, LDPE, se encuentra en bolsas de supermercado, de pan, plástico para envolver. Puede ser reciclado como bolsas de supermercado nuevamente.
- Polipropileno, PP, se utiliza en la mayoría de recipientes para yogurt, sorbetes, tapas de botella, etcétera. Tras el reciclado se utiliza como viguetas de plástico, peldaños para registros de drenaje, cajas de baterías para autos.
- Poliestireno, PS, se encuentra en tazas desechables de bebidas calientes y bandejas de carne, puede reciclarse en viguetas de plástico, cajas de cintas para casetes y macetas.

## **II.4 ADITIVOS**

La industria de los plásticos conoce desde siempre que la obtención de productos verdaderamente útiles sólo es posible si a la matriz polimérica se añaden ciertos aditivos. En

general, se consideran aditivos aquellos materiales que van dispersos físicamente en una matriz polimérica, sin afectar a su estructura molecular.

Por tanto, quedan excluidas sustancias tales como catalizadores, reticulantes, etcétera. La incorporación de aditivos a plásticos puede alterar considerablemente las propiedades del material. Por ejemplo, en el caso del caucho según los aditivos que se empleen se pueden obtener neumáticos, suelas de zapatillas, colchones, bandas elásticas, gomas de borrar, etcétera. En el caso del PVC se pueden obtener tubos rígidos, botellas, recubrimientos de cables, bandas transportadoras, ropa, balones, muñecas, entre otros, todos ellos materiales con propiedades y aspecto muy diverso, tal como lo describe Beltrán M. (2012).

## **II.5 VERTEDEROS**

Espinosa M. (2010), explica los vertederos de la siguiente forma. El establecimiento de un sistema adecuado de gestión de los residuos sólidos urbanos, RSU, en los países en vías de desarrollo es bastante difícil, en parte se debe a la escasez de estudios relacionados con la composición química de estos residuos, así como de los gases y los lixiviados que éstos generan. Esta información es de importancia crítica, ya que la determinación exacta de la cantidad y composición de estos residuos es un paso esencial en el desarrollo de sus sistemas de gestión.

Durante mucho tiempo, los vertederos son usados únicamente como sitios de disposición final para los RSU; sin embargo, actualmente esta situación varía, ya que los RSU mineral o estables, constituyen un recurso que puede ser de valor.

## II.6 RECICLAJE

Távora R. (2004), explica que el reciclaje es una estrategia de gestión de los residuos sólidos. Un método para la gestión de los residuos sólidos igual de útil que el vertido o la incineración, pero ambientalmente, más deseable. Es el proceso por el cual se aprovechan los residuos para la obtención de nuevos productos.

Mediante el reciclaje se protege el ambiente porque; se preservan los recursos naturales. se evitan focos de contaminación; las industrias ahorran energía y reducen costos de producción minimizando sus residuos; los municipios abaratan sus costos de recolección, transporte y disposición final de la basura; se alarga la vida útil de los rellenos sanitarios; se genera empleo.

Los residuos se introducen en el ciclo de producción y consumo, generalmente en aplicaciones secundarias. Para reciclar cualquier material presente en los residuos, tiene que poder ser procesado en una materia prima viable y limpia. Esta materia prima debe convertirse luego en un producto. Este producto debe comercializarse y distribuirse, hay que encontrar clientes y convencerlos para comprar y seguir comprando dicho producto que se fabrica con materiales residuales.

Por lo tanto, Távora M. (2004), describe que el reciclaje requiere cuatro elementos que son: recolección, selección de materias primas, recuperación de la materia prima para fabricar el producto; y, por último, mercados y clientes que compren el producto.

## II.6.1 RECICLAJE DE PLÁSTICOS

El reciclaje de los plásticos significa la recuperación y el reprocesamiento de los mismos, cuando su vida útil terminó, para usarlos en nuevas aplicaciones. Como lo describe Távora R. (2004).

El amplio uso en el embalaje y el envasado, representa la mayor parte de los desperdicios plásticos de origen doméstico. Puede considerarse que los plásticos que se emplean en el embalaje, envasado y en agricultura tienen una vida inferior a un año, mientras que los que se utilizan en artículos domésticos o eléctricos presentan una duración de entre uno y diez años y los del sector del mobiliario y del automóvil no aparecen como residuos antes de los diez años.

El impacto ambiental que se genera por los plásticos es muy importante debido a; Su resistencia a la degradación, circunstancia que motiva su acumulación en los vertederos. Los plásticos contienen usualmente una variedad de aditivos como estabilizadores, agentes reforzantes, plastificantes, etcétera, los cuales pueden generar sus propios efectos ambientales. Por ejemplo, es relativamente frecuente el cadmio, cuyas sales son altamente tóxicas. Su baja densidad es causa de un mayor impacto visual y una elevación en el coste de su recolección y transporte. Así para obtener una tonelada de plástico es necesario recoger 20,000 botellas. La separación de los objetos de plástico de los residuos municipales resulta costosa.

## II.6.2 PLÁSTICOS COMUNMENTE RECICLADOS Y APLICACIONES

A continuación, se presentan los plásticos que son considerados como los más comunes para el reciclaje, junto a sus aplicaciones.

- Polietileno Tereftalato, PET: en Estados Unidos, alrededor de un 75% del PET que se recupera se usa para hacer fibras de alfombras, ropa y geotextiles. La mayor parte del 25% remanente se extruye en hojas para termoformado, inyectado / soplado en envases para productos no alimenticios, o compuesto para aplicaciones de moldeo. El PET también puede ser depolimerizado a través de metanólisis o glicólisis. Dichos procesos someten al PET a una reacción química que lo reduce a sus monómeros o a sus materias primas originales. El resultante luego se purifica o vuelve a reaccionar, dando un nuevo PET que puede usarse para envases de alimentos.
- Polietileno, PE: Dentro de este tipo de plásticos encontramos el polietileno de alta densidad, HDPE y el polietileno de baja densidad, LDPE. El polietileno reciclado se utiliza para fabricar bolsas de residuos, caños, madera plástica para postes, marcos, film para agricultura, entre otros. El polietileno, como todo residuo plástico, contiene energía comparable con la de los combustibles fósiles, de ahí que constituye una excelente alternativa para darle uso como combustible para producir energía eléctrica y calor, poder calorífico 46 MJ/kg.
- Polietileno de alta densidad, HDPE: Los artículos que se consumen frecuentemente se producen a partir de HDPE reciclado son botellas de detergentes y recipientes para

aceite de motor. Las botellas se hacen generalmente en tres capas, la capa intermedia contiene el material reciclado. La capa interior de resina virgen proporciona una barrera fiable y la capa exterior el color y un aspecto uniforme. El HDPE reciclado se utiliza también para envolturas protectoras, bolsas de plástico, tuberías y productos moldeados como juguetes y cubos.

- Policloruro de vinilo, PVC: Los productos típicamente reciclados incluyen recipientes que no son para comida, cortinas para duchas, recubrimientos para tolvas de camiones, alfombras de plástico para laboratorios, suelas de calzado, mangueras, azulejos de suelo, tuberías de riego, tuberías de drenaje, accesorios, tiestos para plantas, juguetes, láminas y piezas moldeadas. Químicamente, el PVC puede ser reciclado mediante degradación térmica, la cual se inicia siempre por la emisión de ácido clorhídrico, HCl, formando una poliolefina que se descompone posteriormente. Se comprende así que la presencia de PVC en la mezcla de partida afecta la termólisis de todos los demás polímeros.
- Polietileno de baja densidad, LDPE: De este plástico se constituyen las bolsas. Para su reciclado, las bolsas se seleccionan manualmente para separar contaminantes, se procesan mediante molienda, lavado y peletización. El mayor problema es que las tintas de impresión en las bolsas originales producen un regranulado de color oscuro; la solución es la utilización de colorantes oscuros, como en las bolsas de recortes de césped y de basura, o la impresión sobre el color que se mezcla. Otros usos son los protectores de plástico que se utilizan para los camiones, donde las cuerdas y cables tocan el cargamento, y productos de plásticos mezclados, HDPE, LDPE y PP.

- Polipropileno, PP: La mayor parte del polipropileno reciclado se deja en scraps mezclados, que se utilizan solamente para productos con bajas especificaciones como tabla de plástico, muebles de jardín, cajas, pilotes, postes y vallas. También se utiliza para elaborar pitas de rafia, baldes y conos. Los procesadores de baterías ácidas de plomo también recuperan polipropileno para darle uso en nuevas baterías. En los Estados Unidos se recicla el 45% del PP de las baterías post-consumo para la fabricación de nuevas baterías.
- Poliestireno, PS: Los diferentes tipos de envases o contenedores de comida de PS pueden recuperarse separadamente o juntos. El PS que se recicla se utiliza para fabricar tabla de espuma aislante de cimentación, accesorios de oficina, bandejas para servir comida, recipientes de basura, aislamiento, macetas, hueveras y productos moldeados por inyección. Así también se utiliza para la producción de tacos para calzado, juguetes, pegamento y botones.

En la tabla II.2 se muestran los plásticos de mayor frecuencia para reciclaje según el código SPI, propuesto por la Sociedad Industrial de Plásticos, estos se encuentran enumerados del 1 al 7 conforme a la facilidad de reciclado que presentan.

**Tabla II.2 Código SPI de los plásticos reciclables.**

Código SPI	Descripción
	Polietileno Tereftalato, PET
	Polietileno de alta densidad, HDPE
	Policloruro de vinilo, PVC
	Polietileno de baja densidad, LDPE
	Polipropileno, PP
	Poliestireno, PS
	Otros, ABC, SAN, PC

Adaptado de: Távara R. (2004).

### **II.6.3 EMPRESA RISEK VIDAL RECYCLERS**

El empresario Jorge Risek desarrolla una idea en el año 2017, en relación con todo lo que está pasando en el medio ambiente y el vertedero de Duquesa. La primera propuesta que lanza en febrero del 2020, es un servicio de recogida de residuos plásticos, en específico, plástico duro.

En el mismo año 2020, decide crear una fábrica para trituración de plástico duro proveniente del vertedero de Duquesa. A partir de ese momento su materia prima son los plásticos que llegan a Duquesa y que el recicla, luego llegan a su empresa donde vuelve a clasificarlos por colores y por tipos de plásticos.

El proceso de la empresa se basa en reclasificar los plásticos duros que llegan al vertedero por colores y por tipo de plástico, sea HDPE, LDPE, PVC, entre otros. Luego se tritura, se seca y por último decantación. En el momento de la decantación hay un suceso particular y es que, obtiene un nuevo producto al que llama rechazo, es un plástico negro que tiene partículas pequeñas, algunas de color y otras no. Este rechazo se almacena sin ningún uso, mientras que la materia prima por colores se vende a industrias de plástico para volver a reutilizarlas en nuevos productos. Risek produce 140,000kg de rechazo mensual aproximadamente.

## **CAPITULO III MÉTODOS Y PROCESOS PARA EL RECICLAJE DE PLÁSTICOS**

Existen diversos métodos en el tratamiento del reciclado de los plásticos, denominados, Primario, secundario, terciario y cuaternario. Arandes J. y López D. (2004), comentan acerca de las tecnologías o métodos que se utilizan para el reciclaje y transformación de plásticos.

El tratamiento primario consiste en operaciones mecánicas para obtener un producto de similares características que el producto original. Este reciclado se aplica para el aprovechamiento de recortes de las plantas de producción y transformación, y corresponde a un porcentaje muy pequeño de la denominación residuos plásticos.

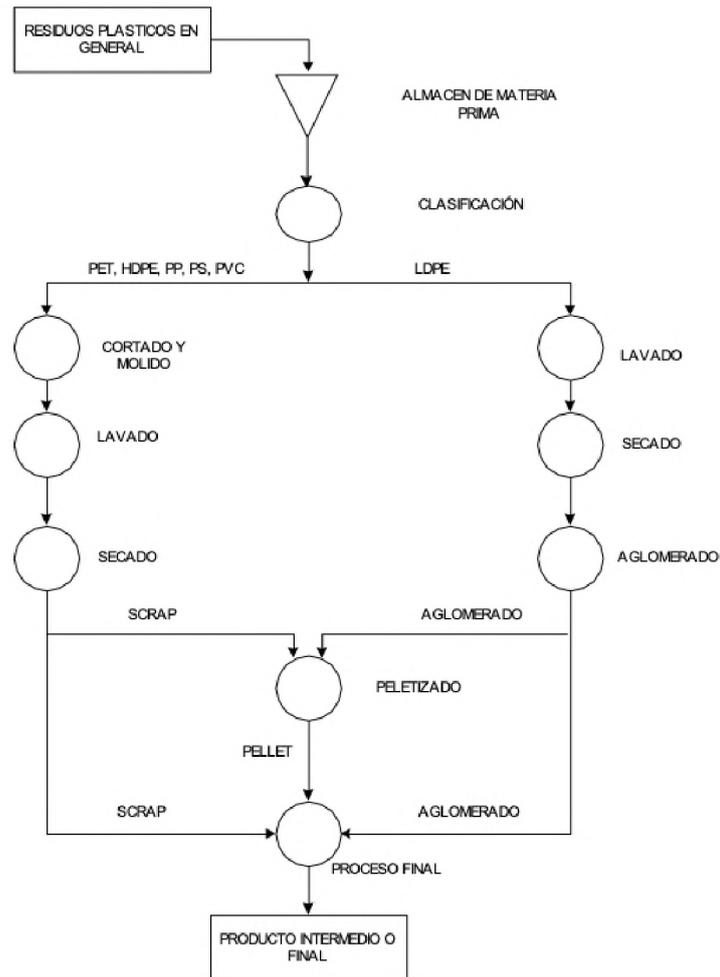
En el tratamiento secundario, consistente en la fusión, los desechos se convierten en productos de diferentes formas y con mayor espectro de aplicaciones, las cuales son diferentes a las del plástico original, en un proceso de evolución "en cascada" hacia prestaciones inferiores. Esta es la tecnología que más se usa hasta ahora, particularmente en la industria del automóvil, y se estima en sólo el 20% los plásticos que pueden ser reciclados de esta forma.

El reciclado terciario, o "reciclado químico", persigue el aprovechamiento integral de los elementos constitutivos del plástico, por transformación del mismo en hidrocarburos, los cuales pueden ser materias primas integrables bien nuevamente en la ruta de obtención de plásticos o en otras rutas de la industria petroquímica. Los métodos pueden ser químicos o térmicos, dependiendo del tipo de polímero. El reciclado cuaternario consiste en la incineración

para recuperar energía. Actualmente se solicita en gran cantidad socialmente por los problemas medioambientales.

### **III.1 TIPOS DE RECICLADO DE PLÁSTICOS**

En la figura III.1 se observa el diagrama de flujo para el proceso del reciclaje de los plásticos de forma general. El diagrama muestra como los residuos de plásticos en general ingresan al almacén de materia prima, luego se clasifican según la tabla II.2, en PET, HDPE, PP, PS, PVC Y LDPE. Dependiendo de su clasificación pasan al cortado y moldeo, lavado, secado y aglomerado. Se convierten en lo que conocemos como scraps y aglomerados, se dirigen al pelletizado y por último al producto final.



**Figura III.1** Diagrama de flujo del proceso de reciclaje de plástico.  
Fuente: Távara R. (2004).

Entre los diferentes tipos de reciclado de plásticos se encuentran el reciclado mecánico, la solvólisis y el termolítico.

Távara R. (2004), explica que el reciclado mecánico consiste en el tratamiento de los residuos plásticos por medio de la presión y el calor para volver a darles forma y conseguir otros objetos iguales o distintos de los iniciales. Por ello sólo se aplica a los termoplásticos, ya que estos materiales son reciclables por naturaleza.

Arandes J. y López D. (2004), expresan que la solvólisis, o descomposición química, ruta que se desarrolla industrialmente más que la térmica, se aplica solamente a polímeros de condensación, poliésteres, nylon y poliuretanos, los cuales tienen grupos funcionales unidos por enlaces débiles que son susceptibles de disociación por ataque con determinados agentes químicos. Según el agente que se utiliza las vías de tratamiento son, metanólisis, glicólisis e hidrólisis.

El método termolítico de descomposición es necesario para la rotura de las cadenas de los polímeros de adición como los vinílicos, acrílicos fluoroplásticos y poliolefinas. Este método tiene mayor diversidad y flexibilidad que la solvólisis en tanto que comprende tratamientos a altas temperaturas como la pirólisis y gasificación y otros procesos que son habituales en refinería, generalmente con intervención de catalizadores sólidos; craqueo térmico, hidrogenación catalítica y craqueo catalítico (Arandes J. y López, 2004).

### **III.2 MÉTODOS DE MOLDEO**

El material plástico reciclado, pellets, scraps, o aglomerado, puede ser procesado directamente y obtener productos con menores especificaciones que las fabricadas con plástico virgen.

Con la formulación adecuada, puede procesarse junto con resina virgen; esto permite una disminución en los costos de producción. También puede coextruirse entre material virgen, por ejemplo, en la fabricación de botellas donde la capa intermedia es de material reciclado y,

tanto la capa interna como la externa son de material virgen, tal y como lo describe Távora R. (2004).

Durante el proceso de extrusión pueden usarse aditivos para cambiar el índice de fusión o el color. Los procesadores y fabricantes intentan minimizar la “historia calorífica”, una medida del número de veces que se funde la resina o se ha llegado a la temperatura máxima, porque cada calentamiento degrada la resina. Existen varias técnicas para conformar los polímeros. En su mayoría se utilizan para aquéllos de naturaleza termoplástica. El termoplástico se calienta a una temperatura cercana o superior a la temperatura de fusión, de tal manera que se haga plástico o líquido. Entonces se vacía o inyecta en un molde para producir la forma deseada.

### **III.2.1 MOLDEO POR INYECCIÓN**

La resina plástica en forma de pellets, scraps o aglomerado se empuja por un tornillo sinfín a través de una cámara de calentamiento, la resina se ablanda fluidificándose y homogeneizándose.

A través de la boquilla que se sitúa al final de la cámara, el plástico fluido se inyecta a presión en un molde enfriado; al pasar por el molde, el material se solidifica rápidamente y se expulsa de manera automática o se retira a mano. Luego el molde queda listo para otra descarga de plástico líquido. Una amplia variedad de productos, como vasos, peines, engranes, botes de basura y otros envases se pueden producir de esta manera.

El periódico Ecoticias. (2010), describe el moldeo por inyección de la siguiente manera. Se basa en la inyección de material fundido dentro de un molde frío cerrado, en el cual el material se enfría y solidifica, tomando así la forma deseada. Este proceso consta de dos etapas fundamentales.

**Plastificación:** consiste en la fusión del material en un tornillo donde existe una válvula a presión para evitar que el material retroceda, una vez fundido, hacia la entrada. Además, dicha válvula permite empujar el material hacia el interior del molde.

**Cierre:** es la zona en la que se encuentra el molde a baja temperatura, siempre sometido a presión, una vez que la materia fundida se encuentra en su interior. La presión a la que se encuentra el molde depende del tamaño de las piezas finales, contra más grandes sean mayor presión.

### **III.2.2 MOLDEO POR SOPLADO**

Este método se idea para resolver el problema de la fabricación de objetos con forma de botella. Se usan pellets, scraps, y aglomerado que se adicionan a la tolva de alimentación de la máquina. Utiliza un extrusor y empuja el plástico líquido en forma de tubo, conocida como preforma, va entre un par de moldes emparejados y calentados; éstos se cierran y mediante una corriente de aire que se comprime, se infla la preforma para que adopte la forma del molde. La forma así obtenida se enfría en el molde y se expulsa. Este proceso se utiliza para producir botellas de plástico, recipientes, tanques para combustible automotriz y otras formas huecas.

### **III.2.3 MOLDEO POR EXTRUSIÓN**

Un mecanismo de tornillo, similar a los que se mencionan anteriormente, empuja el termoplástico caliente a través de una boquilla abierta que produce formas continuas como películas, barras, tubos, perfiles y filamentos. También se usa para recubrir alambres con termoplásticos. Se suele emplear el objeto extruido introduciéndolo en un baño de temple, o se coloca en una faja transportadora, lo que permite su enfriamiento por aire. La diferencia entre el moldeo por inyección y la extrusión es que, en este último proceso, se hace pasar el plástico fluido por un molde que tiene la forma del objeto que se desea.

**SEGUNDA PARTE**  
**MARCO METODOLÓGICO**

## **CAPITULO IV METODOLOGIA**

Este trabajo corresponde a un diseño de investigación experimental o de ciencias puras, que busca seleccionar el método más conveniente para la transformación de plásticos duros provenientes del vertedero de Duquesa y luego clasificados en la empresa Risek Vidal Recyclers. El motivo de la investigación es disminuir las cantidades de plásticos duros que llegan al vertedero y que afectan directamente al medio ambiente, dando como solución nuevos productos de consumo para el ser humano a partir de plásticos duros reclasificados. El método para la transformación de los plásticos duros reciclados, se escoge de acuerdo a las propiedades de los gránulos del plástico.

En este capítulo se describen los métodos que se utilizan en la industria de plásticos, la investigación, técnicas y los principales objetivos que determinan las actividades a desarrollar, concluyendo con un compendio de datos.

### **IV.1 TIPO DE LA INVESTIGACIÓN**

Esta investigación se basa en una metodología de enfoque inductivo y deductivo. El enfoque que se asocia a este tipo de metodología es el mixto, que incluye una parte cuantitativa donde se muestran los datos de la investigación y soluciones a posibles problemas. En la parte cualitativa se exponen los datos descriptivos como las características del material.

El proyecto que busca diseñar un nuevo proceso para el rechazo del plástico de la empresa Risek Vidal Recyclers en el vertedero de Duquesa, recolecta datos e informaciones técnicas del plástico para su posterior uso en un nuevo producto.

El compendio de informaciones y datos que se utiliza para este trabajo se basa en investigaciones en el internet, textos de libros científicos, revistas y artículos de periódicos y enciclopedias que comprenden todas las vertientes del proyecto.

## **IV.2 MÉTODO DE LA INVESTIGACIÓN**

El método de esta investigación tiene dos partes, el inicio y fin del proyecto que tiene procesos, estrategias y objetivos. Según el esquema metodológico describe todos los procesos a seguir para obtener los resultados del proyecto.

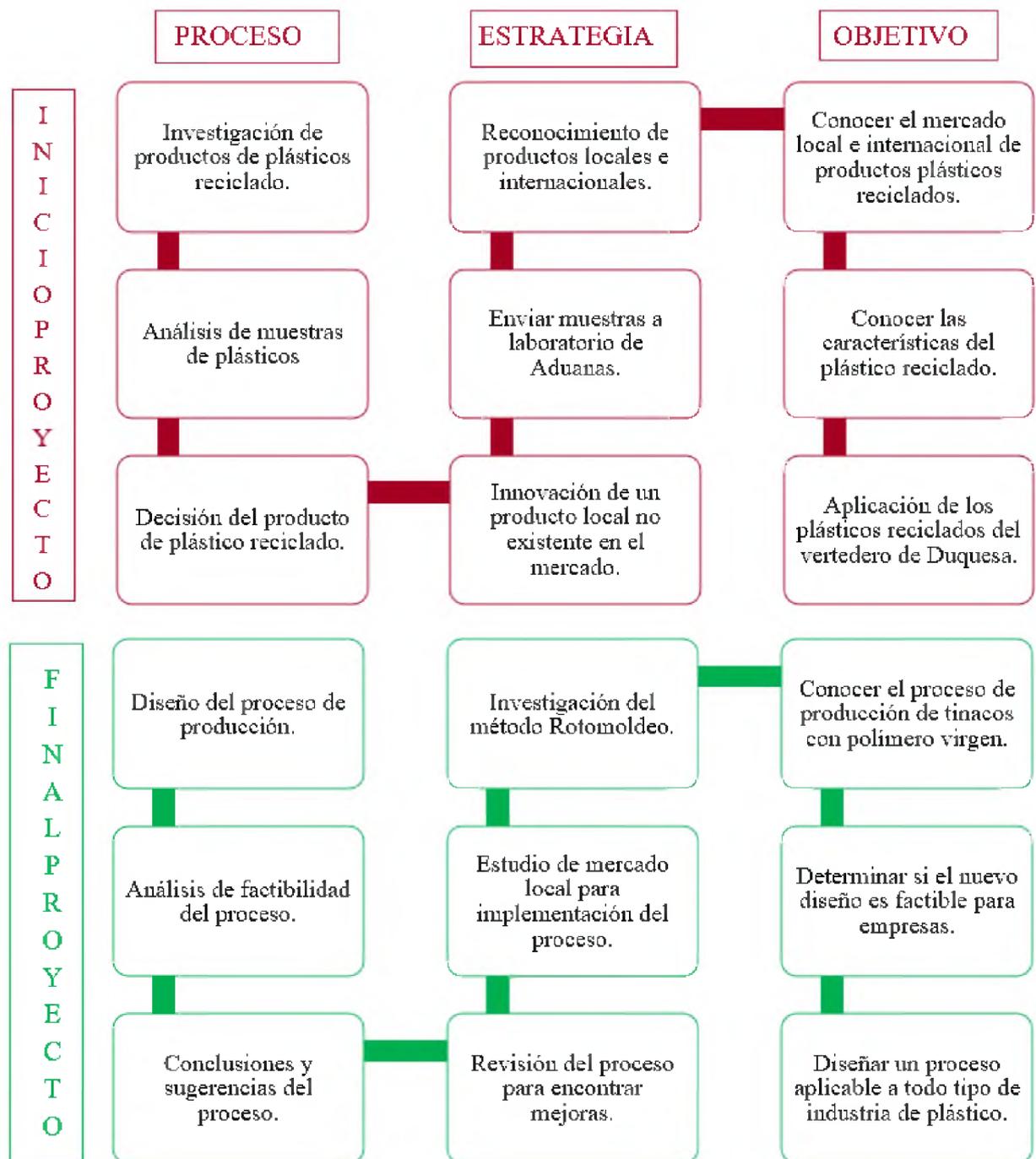
Para el análisis de las muestras son enviadas al laboratorio General de Aduanas, donde se realiza un estudio de Infrarrojo y conocer con qué tipo de plástico reciclado se trabaja. También se envían muestras al Grupo Corvi S.A. donde se determina el punto de fusión del plástico, pruebas de dureza y de resistencia.

Luego de los resultados de las muestras del plástico, se investigan los productos de plástico reciclado a nivel local e internacional, con el objetivo de conocer en cuales se utiliza el plástico reciclado y que tipo de plástico.

En la última parte del inicio del proyecto se decide cual es el producto en el que se implementa el proceso y el tipo de plástico que arrojan los resultados, con esto se introduce al mercado un nuevo proceso y un nuevo producto de plástico reciclado.

La segunda parte de la metodología parte del diseño del proceso de producción, investigación del proceso de rotomoldeo y de la producción de tinacos con polímero virgen. Se realiza el análisis de factibilidad del proceso y estudio de mercado que determinen si el nuevo proceso de producción es factible y por último diseñar el proceso de producción.

Para el final del proyecto se realizan las conclusiones y recomendaciones de las investigaciones, revisión de mejoras y el diseño de un proceso de producción que se aplique a cualquier industria de plástico del país.



**Figura IV.1** Esquema Metodológico

Fuente: Rosario G. I. Rincón G. R. (2021). "Diseño y análisis de factibilidad del proceso de producción de plásticos reciclados a partir de gránulos reclasificados del vertedero de Duquesa". Universidad Nacional Pedro Henríquez Ureña (UNPHU). Departamento de Química, S.D.

## **CAPITULO V RESULTADOS**

A fin de recabar los datos necesarios para determinar el método más viable para el diseño del proceso de plástico reciclado, se llevan a cabo una serie de análisis en los cuales se somete a prueba muestras del rechazo de plástico reciclado del vertedero de Duquesa, con la finalidad de reconocer las características y diseñar el proceso más factible. Dichos resultados se presentan en el siguiente capítulo.

### **V.1 RESULTADOS DE LOS ANALISIS**

Para determinar las características mecánicas del rechazo de plástico reciclado del vertedero de Duquesa. Se envía al laboratorio General de Aduanas para la prueba de Infrarrojo y reconocer que tipo de plástico es el rechazo del vertedero. Según la base de datos que tiene el laboratorio se muestra que el plástico es un tejido, que contiene plástico HDPE, o plástico de alta densidad.

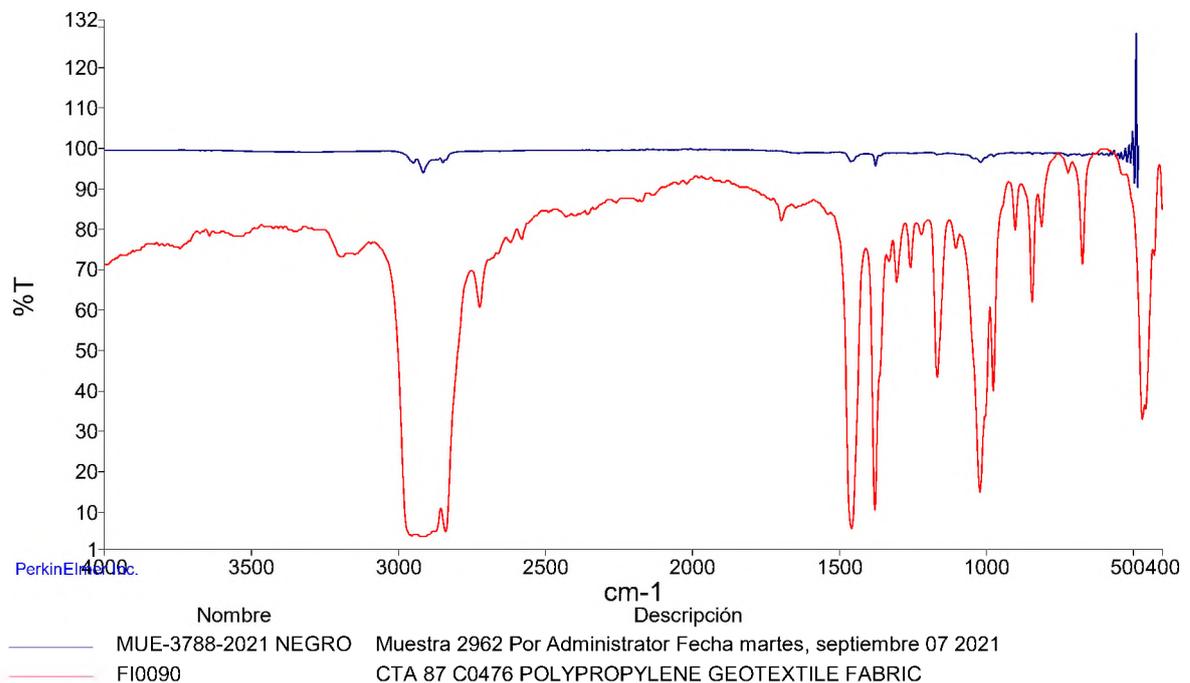
Las figuras que se muestran corresponden a los resultados de los colores que componen la muestra, la cual es una partícula negra que puede estar combinada con colores de otro tipo de plástico y las figuras de las tablas con valores de la base de datos se muestran en la parte de anexos.

Dentro de las pruebas que se le realiza a la muestra de rechazo están, punto de fusión del plástico, dureza y resistencia, la cuales se envían al Grupo Corvi S.A. Las figuras de los resultados se muestran en la parte de anexos.



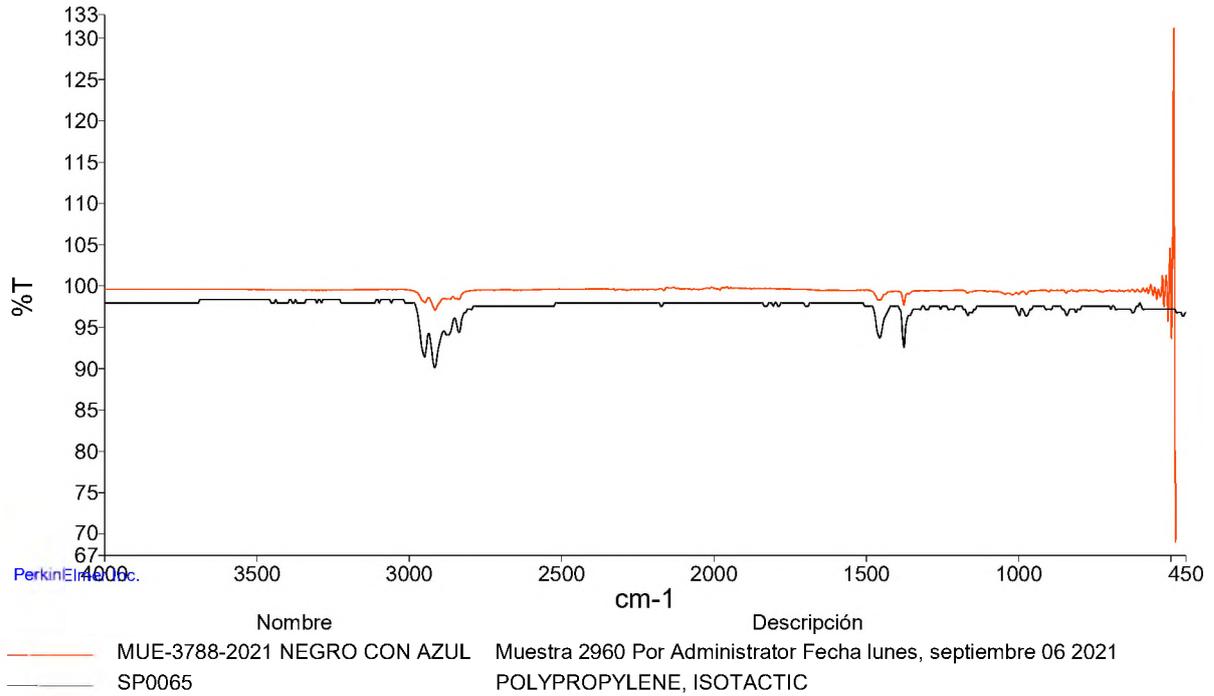
**Figura V.1** Muestra de rechazo

Fuente: Rosario G. I. Rincón G. R. (2021). "Diseño y análisis de factibilidad del proceso de producción de plásticos reciclados a partir de gránulos reclasificados del vertedero de Duquesa". Universidad Nacional Pedro Henríquez Ureña (UNPHU). Departamento de Química, S.D.



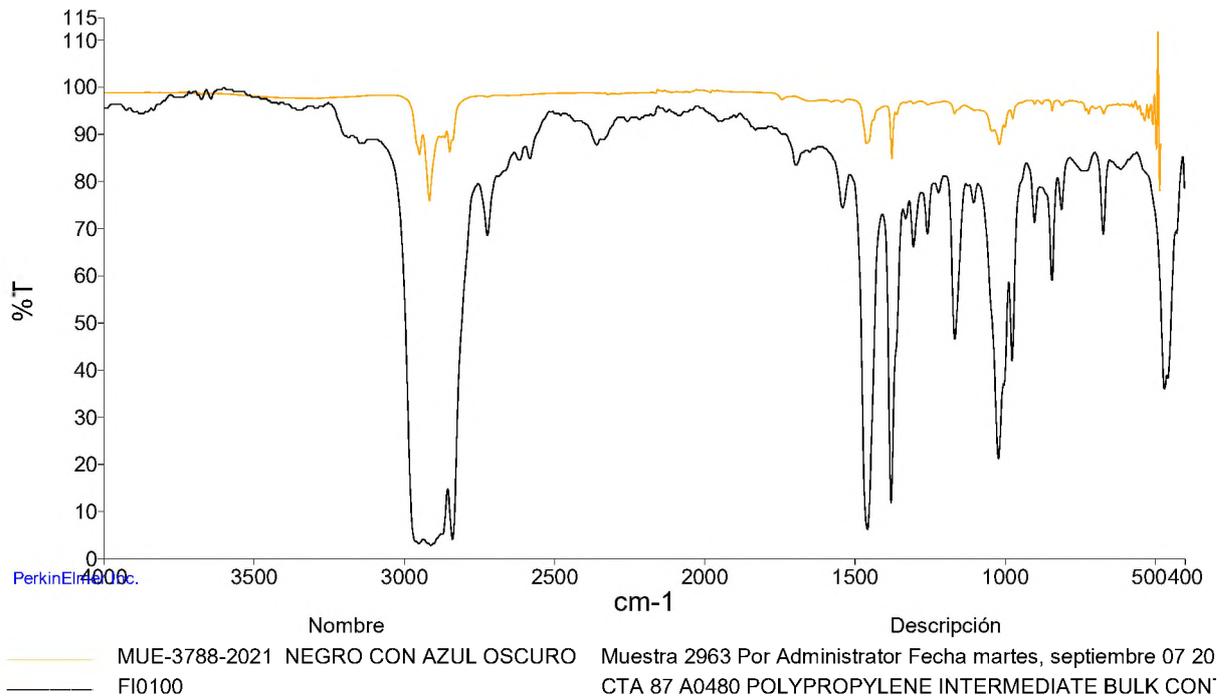
**Figura V.2** Espectro color negro

Fuente: Laboratorio General Dirección de Aduanas (2021). Informe de resultados de muestra de rechazo de plástico del vertedero de Duquesa.



**Figura V.3** Espectro color negro y azul

Fuente: Laboratorio General Dirección de Aduanas (2021). Informe de resultados de muestra de rechazo de plástico del vertedero de Duquesa.



**Figura V.4** Espectro color negro y azul oscuro

Fuente: Laboratorio General Dirección de Aduanas (2021). Informe de resultados de muestra de rechazo de plástico del vertedero de Duquesa.

Luego de analizar estos resultados podemos comprobar que el rechazo del plástico pertenece al polietileno de alta densidad, HDPE. El punto de fusión de este rechazo sobrepasa los 300 grados Celsius aproximadamente, muy contrario al polímero virgen que se funde a los 126-135 grados Celsius aproximado. Esta muestra tiene procesos de fundición, adición de aditivos y demás que provocan que el punto de fusión del rechazo sea más elevado. A modo de conclusión de los resultados podemos determinar que según las características que posee el rechazo, es apto para la fabricación de tinacos a partir de un proceso de rotomoldeo.

Se comprueba luego del análisis de fusión a la muestra que, al desprenderse del molde lo hace en una sola pieza lo que facilita al momento de elaborar el producto que sea de una sola capa. Este rechazo ya tiene proceso de adición de aditivos, entre otros, que le permiten ser una materia prima de alto valor.

## **CAPITULO VI DISEÑO DEL PROCESO DE PRODUCCIÓN DE PLÁSTICOS A PARTIR DE GRANULOS RECLASIFICADOS**

Para el plástico duro proveniente del vertedero de Duquesa y que se clasifica en la industria Risek Vidal Recyclers, que en este caso es el tipo de plástico que se usa para la investigación. Los métodos de transformación de plásticos reciclado son los mismos métodos que se usan en la industria para darle forma al polímero.

La elección del método para la transformación de estos gránulos depende de las características y propiedades que se conocen según el análisis analítico que se les realiza a las muestras del plástico duro.

Los métodos de extrusión en su caso particular son buenos para transformar el tipo de termoplástico como el Propileno, PP. El soplado sirve para darle forma a las botellas como Polietileno de tereftalato, PET y Polivinilo, PVC y el método de inyección sirve para las demás clasificaciones de termoplásticos como los de alta y baja densidad. Según el tipo de plástico que se trabaja en la investigación, plástico duro, que incluye, PVC, PP, PS, HDPE y LDPE. Los métodos potenciales para su transformación son, la extrusión e inyección.

### **VI.1 DISEÑO DEL PROCESO DE PRODUCCIÓN**

Para el diseño del proceso de producción se tiene como materia prima el plástico duro reciclado. Los gránulos del plástico reciclado también se clasifican según el tipo de plástico sea, PP, HDP, LDPE, PVC, entre otros. El rechazo del proceso inicial de cual se obtienen los gránulos del plástico reciclado. El rechazo, que en este caso es la materia prima, se lleva a analizar para conocer qué tipo dentro de la clasificación de plásticos contiene este.

Dentro de las técnicas que existen para la modificación del plástico reciclado, está la técnica del rotomoldeo de plástico. El rotomoldeo es el proceso de transformación del plástico que se emplea para producir piezas huecas, en el que plástico en polvo o líquido se vierte dentro de un molde luego se lo hace girar en dos ejes biaxiales mientras se calienta. El plástico se va fundiendo mientras se distribuye y adhiere en toda la superficie interna. Finalmente, el molde se enfría para permitir la extracción de la pieza terminada.

En la fabricación de ciertas piezas huecas, con geometría de curvas complejas, pared uniforme, y “contrasalidas”, el rotomoldeo es una alternativa con menor costo frente al moldeo por soplado. Sin mencionar que a las bajas presiones empleadas en el moldeo rotacional se producen piezas con tensiones internas mínimas, presentando un buen comportamiento mecánico que se debe a su mayor solidez en comparación con las piezas producidas a través del soplado o la inyección.

Los niveles productivos del rotomoldeo pueden variar de algunas cuantas piezas, a cientos o miles de artículos, también se adecúa para la producción en baja escala con vista a la obtención de prototipos. Además, a causa de la libertad de diseño, este proceso sobresale entre las técnicas de alta velocidad y productividad. Además, el bajo costo de este proceso permite la experimentación con diversos materiales, distribución en el calibre de pared o con el acabado de las piezas.

## VI.2 DESCRIPCIÓN DEL PROCESO DE PRODUCCIÓN

El sistema de bloques que se muestra describe el proceso que se elige para esta materia prima (rechazo), el rotomoldeo cuyo proceso se elige para producir un tinaco o un taque hueco. Se deposita la materia prima pulverizada, dentro del molde, se cierra el molde asegurando su estanqueidad.

El molde cerrado se introduce en un horno a temperaturas entre 250-350° C, donde gira alrededor de dos ejes perpendiculares que pasan por el centro de gravedad de la pieza. El movimiento rotacional provoca que el polímero se adapte a las paredes internas del molde, cubriendo toda la superficie con una pared uniforme, quedando así la pieza hueca.

Cuando el molde en rotación se transfiere a la estación de enfriamiento al final del ciclo de calentamiento, la rotación se mantiene para que el plástico fundido tenga un espesor uniforme en el interior del molde y no fluya o se hunda por la gravedad antes de que ocurra la solidificación.

El molde frío se mueve a la estación de descarga, donde se detiene la rotación. El molde se abre y la pieza acabada se retira sólo después de que está lo suficientemente frío. La extracción es normalmente fácil que se debe a la contracción de la pieza durante el enfriamiento.



**Figura VI.1** Sistema de bloques del diseño de producción. Diseño del proceso.

Fuente: Rosario G. I. Rincón G. R. (2021). “Diseño y análisis de factibilidad del proceso de producción de plásticos reciclados a partir de gránulos reclasificados del vertedero de Duquesa”. Universidad Nacional Pedro Henríquez Ureña (UNPHU). Departamento de Química, S.D.

**CUARTA PARTE**  
**ANALISIS DE FACTIBILIDAD**

## **CAPITULO VII ESTUDIO DE FACTIBILIDAD**

En este capítulo se presentan el análisis de factibilidad al proceso de producción de plásticos granulados reclasificados del vertedero de Duquesa. El estudio de este proceso busca determinar qué tan factible es realizar un producto de plástico reciclado según la creación de un nuevo proceso, comparación de costos, producción y rentabilidad.

### **VII.1 DESCRIPCIÓN**

El proyecto en colaboración con la empresa Risek Vidal Recyclers. Nace con la visión de eliminar la mayor cantidad de desechos inorgánicos del vertedero de Duquesa, con la misión de triturarlos y convertirlos en gránulos de plástico reciclado para venderlos como materia prima a empresas que lo empleen como mezcla con polímero sintético.

La idea del diseño de este proceso surge el 11 de mayo del 2020, donde se propone el tema de grado del diseño de proceso para plástico reciclados del vertedero de Duquesa, buscando dar vida útil a ese plástico que se entiende que una vez de uso ya llega a su límite. A raíz de esta propuesta se comienza a diseñar un proceso que cumpla con las necesidades de la empresa y que sea factible.

## **VII.2 OBJETIVO DEL PROYECTO**

### **VII.2.1 OBJETIVO GENERAL**

Analizar la factibilidad del diseño del proceso de producción de plásticos reciclados a partir de gránulos reclasificados del vertedero de Duquesa, en Santo Domingo.

### **VII.2.2 OBJETIVOS DEL ESTUDIO**

- Determinar la demanda de productos de plásticos reciclados en Santo Domingo.
- Determinar si el proceso que se diseña es viable y factible para invertir, en comparación con los procesos convencionales de polímero sintético.

## **VII.3 DELIMITACIÓN**

Ubicación: El análisis de mercado tiene como centro el mercado de Santo Domingo.

Forma: El proyecto tiene como finalidad determinar la factibilidad del proceso que se elabora para la producción de gránulos plásticos reclasificados del vertedero de Duquesa.

Tiempo: El estudio se realiza desde mayo del 2020 hasta agosto del 2021.

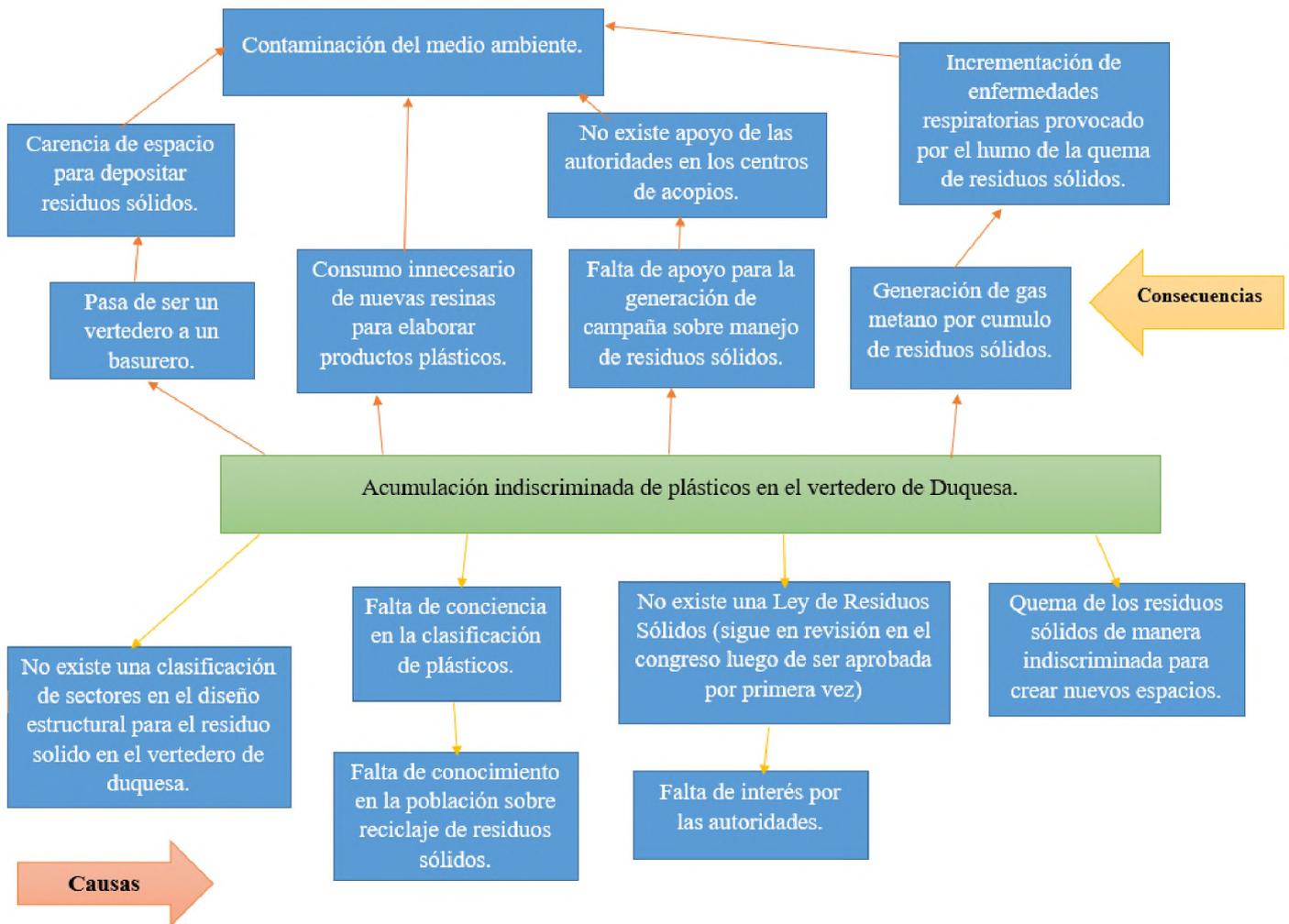
## **VII.4 JUSTIFICACIÓN**

La utilización de plásticos duros reciclados en el mercado de la República Dominicana, no es tan común como el uso de los plásticos PET (botellas de refrescos, entre otras). Se debe a la que la mayoría de los que producen productos de plásticos reciclados prefieren éstos por ser más fáciles de moldear. Lo que nos lleva a crear un nuevo diseño del proceso de producción, pero con plásticos duros reciclados y determinar la factibilidad de dicho proceso.

Se espera que sea factible el diseño del proceso para que sirva de implementación en la empresa Risek Vidal Recyclers, por el poco uso que entiende el mercado que se le puede dar a este tipo de plástico.

## VII.5 ANALISIS ESTRATEGICO

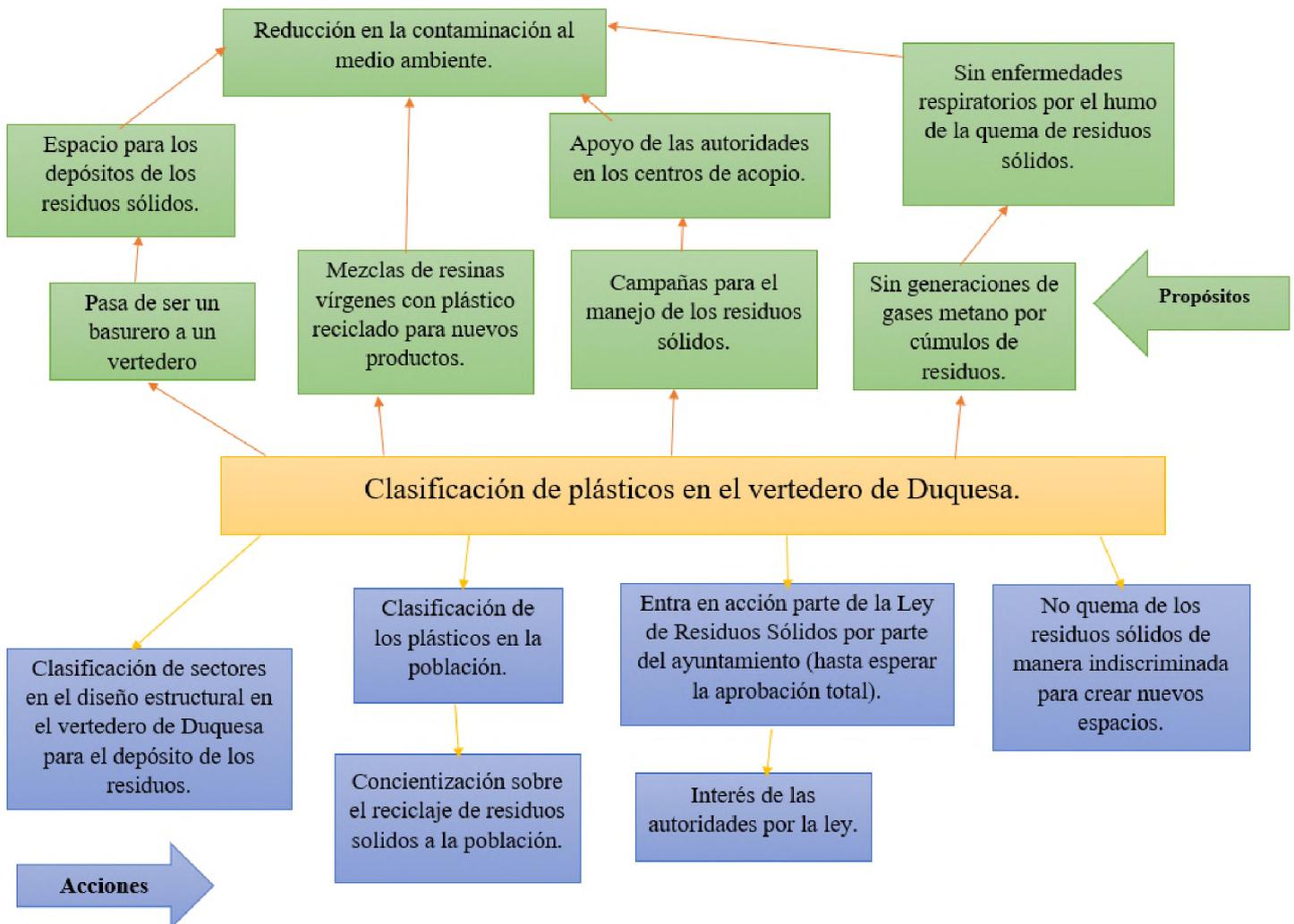
### VII.5.1 ARBOL DE PROBLEMAS



**Figura VII.1** Árbol de problemas.

Fuente: Rosario G. I. Rincón G. R. (2021). "Diseño y análisis de factibilidad del proceso de producción de plásticos reciclados a partir de gránulos reclasificados del vertedero de Duquesa". Universidad Nacional Pedro Henríquez Ureña (UNPHU). Departamento de Química, Santo Domingo.

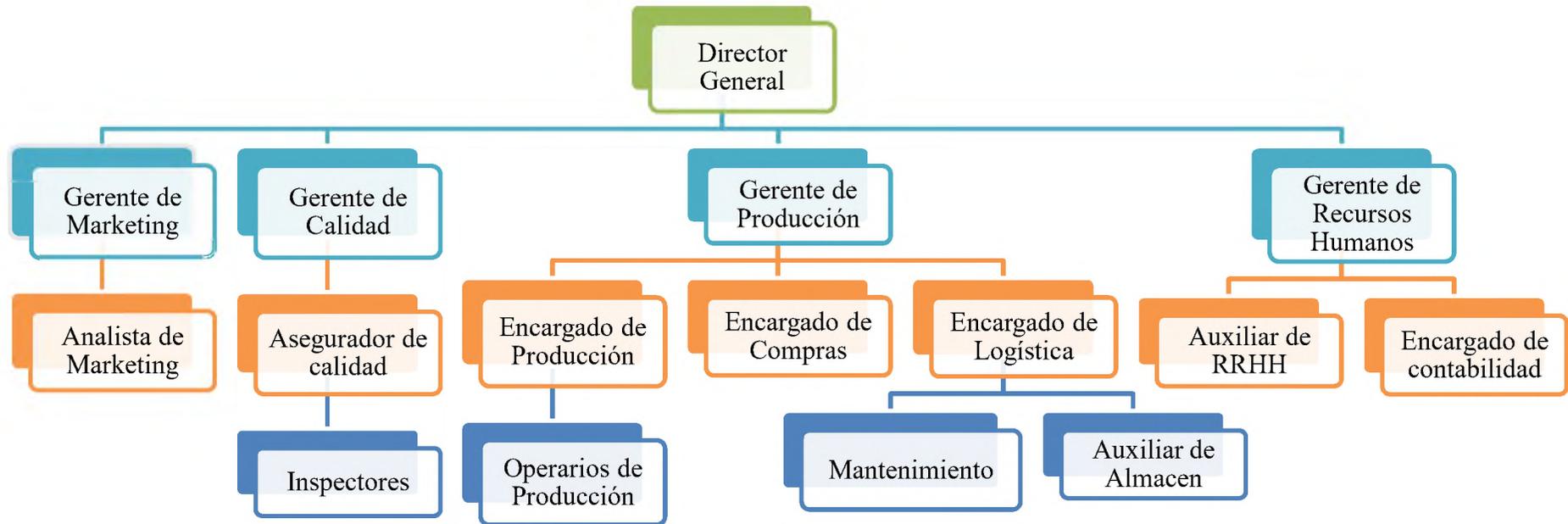
## VII.5.2 ÁRBOL DE OBEJTIVOS



**Figura VII.2** Árbol de objetivos.

Fuente: Rosario G. I. Rincón G. R. (2021). "Diseño y análisis de factibilidad del proceso de producción de plásticos reciclados a partir de gránulos reclasificados del vertedero de Duquesa". Universidad Nacional Pedro Henríquez Ureña (UNPHU). Departamento de Química, Santo Domingo.

## VII.6 ORGANIGRAMA



**Figura VII.3** Organigrama

Fuente: Rosario G. I. Rincón G. R. (2021). "Diseño y análisis de factibilidad del proceso de producción de plásticos reciclados a partir de gránulos reclassificados del vertedero de Duquesa". Universidad Nacional Pedro Henríquez Ureña (UNPHU). Departamento de Química, Santo Domingo.

## **VII.7 ESTUDIO DE MERCADO**

### **VII.7.1 PRODUCTO**

La idea de crear un proceso para el plástico reciclado de Duquesa se debe a que la cantidad de plástico duro que llega al vertedero termina siendo su destino final sin ninguna utilidad.

Luego de investigaciones y análisis de propiedades al plástico reciclado, el producto que se decide elaborar son Tinacos para almacenar agua potable. Los resultados demuestran que el plástico que llega a Duquesa en su mayoría es HDPE, ideal para fabricar este producto. Las propiedades de este tipo de plástico facilitan el moldeo y la elaboración del Tinaco, tomando en cuenta que para esto no se necesitan de aditivos u otro componente que comprometan la calidad del producto.

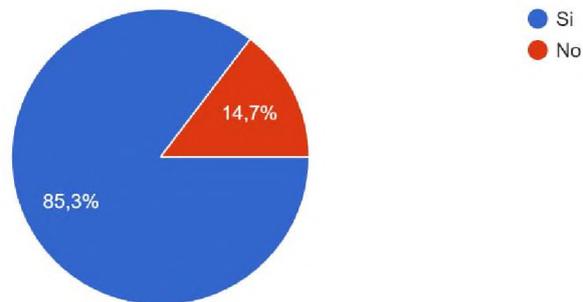
Se eligen tres modelos básicos de tinacos, de 145, 265, 330 galones respectivamente. Según investigaciones en las empresas estos modelos son los que se suelen utilizar en los hogares.

### **VII.7.2 ENCUESTA**

En la siguiente sección, se muestran las respuestas de algunos encuestados acerca de la compra de Tinacos de plástico reciclado, donde se obtuvo la respuesta de aproximadamente 100 encuestados, en edades desde 25-60 años.

Posee Tinacos en su vivienda?

109 respuestas

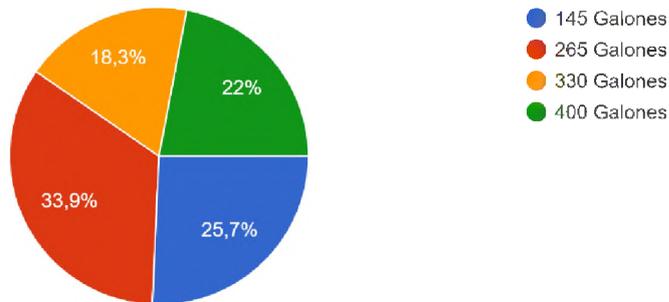


**Figura VII.4** Pregunta 1

Fuente: Rosario G. I. Rincón G. R. (2021). “Diseño y análisis de factibilidad del proceso de producción de plásticos reciclados a partir de gránulos reclasificados del vertedero de Duquesa”. Universidad Nacional Pedro Henríquez Ureña (UNPHU). Departamento de Química, Santo Domingo.

De cuantos Galones es su Tinaco?

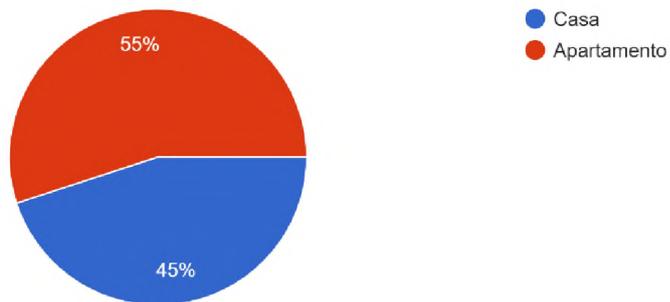
109 respuestas



**Figura VII.5** Pregunta 2

Fuente: Rosario G. I. Rincón G. R. (2021). “Diseño y análisis de factibilidad del proceso de producción de plásticos reciclados a partir de gránulos reclasificados del vertedero de Duquesa”. Universidad Nacional Pedro Henríquez Ureña (UNPHU). Departamento de Química, Santo Domingo.

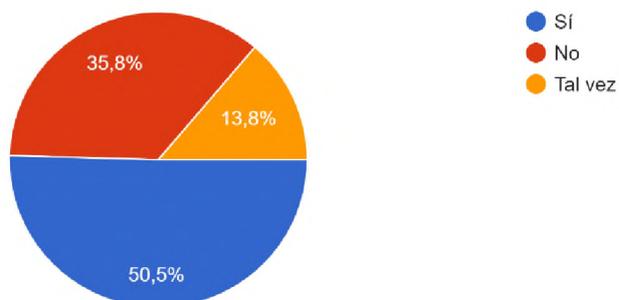
Su vivienda es?  
109 respuestas



**Figura VII.6** Pregunta 3

Fuente: Rosario G. I. Rincón G. R. (2021). "Diseño y análisis de factibilidad del proceso de producción de plásticos reciclados a partir de gránulos reclasificados del vertedero de Duquesa". Universidad Nacional Pedro Henríquez Ureña (UNPHU). Departamento de Química, Santo Domingo.

Esta satisfecho con la calidad de agua de su sector?  
109 respuestas

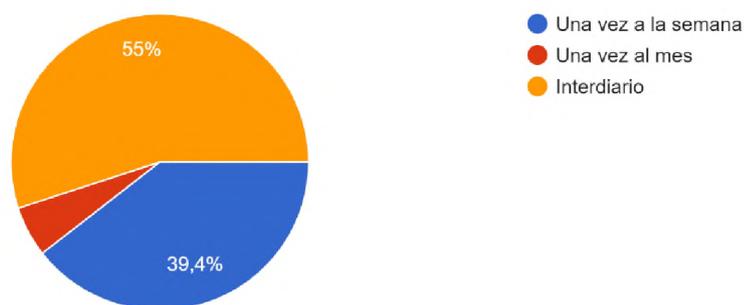


**Figura VII.7** Pregunta 4

Fuente: Rosario G. I. Rincón G. R. (2021). "Diseño y análisis de factibilidad del proceso de producción de plásticos reciclados a partir de gránulos reclasificados del vertedero de Duquesa". Universidad Nacional Pedro Henríquez Ureña (UNPHU). Departamento de Química, Santo Domingo.

Con que frecuencia recibe agua en su sector?

109 respuestas

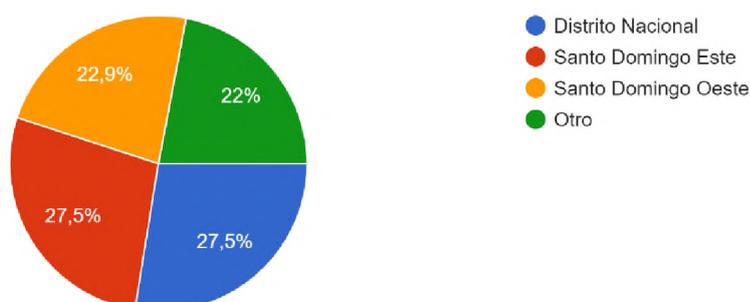


**Figura VII.8** Pregunta 4

Fuente: Rosario G. I. Rincón G. R. (2021). “Diseño y análisis de factibilidad del proceso de producción de plásticos reciclados a partir de gránulos reclasificados del vertedero de Duquesa”. Universidad Nacional Pedro Henríquez Ureña (UNPHU). Departamento de Química, Santo Domingo.

En que parte de Santo Domingo reside?

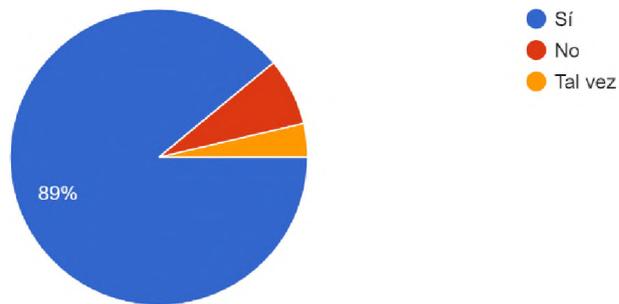
109 respuestas



**Figura VII.9** Pregunta 5

Fuente: Rosario G. I. Rincón G. R. (2021). “Diseño y análisis de factibilidad del proceso de producción de plásticos reciclados a partir de gránulos reclasificados del vertedero de Duquesa”. Universidad Nacional Pedro Henríquez Ureña (UNPHU). Departamento de Química, Santo Domingo.

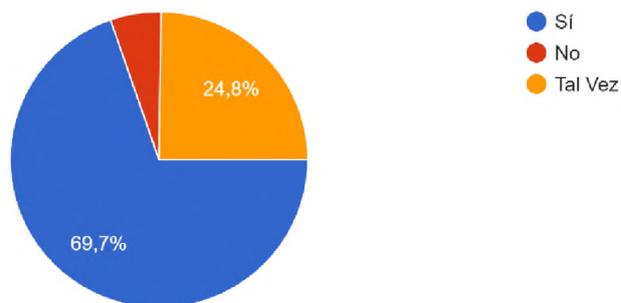
Conoce usted la importancia del reciclaje?  
109 respuestas



**Figura VII.10** Pregunta 6

Fuente: Rosario G. I. Rincón G. R. (2021). "Diseño y análisis de factibilidad del proceso de producción de plásticos reciclados a partir de gránulos reclasificados del vertedero de Duquesa". Universidad Nacional Pedro Henríquez Ureña (UNPHU). Departamento de Química, Santo Domingo.

Compraría un Tinaco de Plástico reciclado?  
109 respuestas



**Figura VII.11** Pregunta 7

Fuente: Rosario G. I. Rincón G. R. (2021). "Diseño y análisis de factibilidad del proceso de producción de plásticos reciclados a partir de gránulos reclasificados del vertedero de Duquesa". Universidad Nacional Pedro Henríquez Ureña (UNPHU). Departamento de Química, Santo Domingo

Cuales serían las razones por las cuales no compraría el producto?

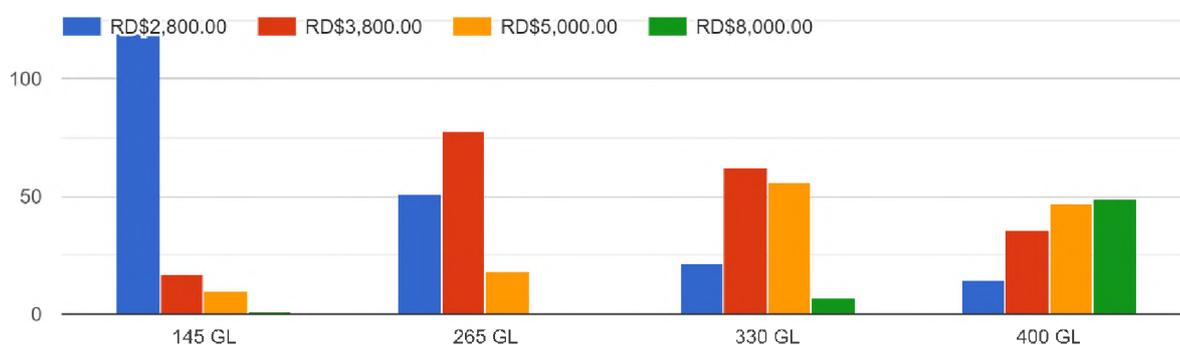
57 respuestas

Promueve la conservación de los recursos naturales
.
Solo si tiene buena calidad
Ninguna
Ninguno
Porque ya lo a usado otra persona
Yo lo compraría
Porque creo que nos beneficiamos y colaboramos con el medio ambiente
Que no sea de buena calidad

**Figura VII.12** Respuestas recurrentes a la pregunta 8

Fuente: Rosario G. I. Rincón G. R. (2021). “Diseño y análisis de factibilidad del proceso de producción de plásticos reciclados a partir de gránulos reclassificados del vertedero de Duquesa”. Universidad Nacional Pedro Henríquez Ureña (UNPHU). Departamento de Química, Santo Domingo

Cuánto estaría dispuesto a pagar por un tinaco de plástico reciclado? \*PUEDE ELEGIR PRECIO POR MODELO\*



**Figura VII.13** Precios por galones a pagar según respuestas

Fuente: Rosario G. I. Rincón G. R. (2021). “Diseño y análisis de factibilidad del proceso de producción de plásticos reciclados a partir de gránulos reclassificados del vertedero de Duquesa”. Universidad Nacional Pedro Henríquez Ureña (UNPHU). Departamento de Química, Santo Domingo.

## VII.8 PLAN DE PRODUCCIÓN

Las estimaciones para el consumo de este producto son de aproximadamente 10,500,000 de habitantes en República Dominicana, de ellos 4,210,121 pertenecen a la ciudad de Santo Domingo. De los cuales el consumo se aproxima de al menos un tinaco por familia, según la información del último censo que realiza la ONE, Oficina Nacional de Estadísticas en el 2020.

Tomando en cuenta la implementación de este nuevo proceso y un nuevo producto al mercado por ser de plástico reciclado, se produce 900 unidades al mes, 45 unidades por día, de tres tamaños diferentes de tinacos, para dar a conocer la innovación de este nuevo proceso.

Según investigaciones adquiridas de la empresa Ochoa en el país, los tinacos frecuentemente vendidos son de 265, 145 y 330 galones respectivamente.

**Tabla VII.1 Estimación de Ganancias.**

Estimación de Ganancias Anuales US\$									
Producto	Unidades Producidas	Precio Por unidad	Total al mes	0	1	2	3	4	5
265GL	300.00	US\$ 83.99	US\$ 25,195.91	US\$ -	US\$ 302,350.94	US\$ 302,350.94	US\$ 317,468.49	US\$ 332,586.04	US\$ 347,703.58
145GL	300.00	US\$ 46.66	US\$ 13,997.73	US\$ -	US\$ 167,972.75	US\$ 167,972.75	US\$ 176,371.38	US\$ 184,770.02	US\$ 193,168.66
330GL	300.00	US\$ 104.98	US\$ 31,494.89	US\$ -	US\$ 377,938.68	US\$ 377,938.68	US\$ 396,835.61	US\$ 415,732.54	US\$ 434,629.48
<b>TOTAL INGRESOS ANUALES</b>					US\$ 848,262.36	US\$ 848,262.36	US\$ 890,675.48	US\$ 933,088.60	US\$ 975,501.72

Fuente: Rosario G. I. Rincón G. R. (2021). "Diseño y análisis de factibilidad del proceso de producción de plásticos reciclados a partir de gránulos reclasificados del vertedero de Duquesa". Universidad Nacional Pedro Henríquez Ureña (UNPHU). Departamento de Química, Santo Domingo.

## VII.9 INVERSIONES DEL PROYECTO

Para las inversiones se realizan los cálculos en dólares, US\$, por motivo de que la cotización del dólar varía mucho en la República Dominicana y todas las maquinarias se encuentran disponibles en dólares. También, por motivo de que se plantean inversiones de millones de pesos dominicanos y para reducir la cantidad de dígitos en las inversiones los cálculos serán expresados en dólares US\$.

### VII.9.1 COSTOS DE MAQUINARIAS Y EQUIPOS DE OFICINA

**Tabla VII.2 Costos de Maquinarias.**

Maquinaria				
Equipo	Unidades	Costo por Unidad	Costo Total	
Rotomoldeo Carrusel-Cooler	3	US\$ 120,000.00	US\$	360,000.00
Molde de rotomoldeo	3	US\$ 3,000.00	US\$	9,000.00
Balanza Analítica	5	US\$ 260.00	US\$	1,300.00
Lámparas led	5	US\$ 33.00	US\$	165.00
Planta eléctrica	1	US\$ 9,463.42	US\$	9,463.42
Aire acondicionado	1	US\$ 59,000.00	US\$	59,000.00
Total en Maquinaria				US\$ 438,928.42

Fuente: Rosario G. I. Rincón G. R. (2021). "Diseño y análisis de factibilidad del proceso de producción de plásticos reciclados a partir de gránulos reclasificados del vertedero de Duquesa". Universidad Nacional Pedro Henríquez Ureña (UNPHU). Departamento de Química, Santo Domingo.

**Tabla VII.3 Costos de equipos de oficina.**

Equipo de Oficina			
Equipo	Unidad	Costo por Unidad	Costo Total
Sillas	15	US\$ 22.43	US\$ 336.38
Escritorio	10	US\$ 320.00	US\$ 3,200.00
Mesa de Reunion	1	US\$ 480.00	US\$ 480.00
Fotocopiadora	2	US\$ 1,800.00	US\$ 3,600.00
Grapadora	5	US\$ 3.45	US\$ 17.25
Hojas de Papel	20 cajas	US\$ 3.66	US\$ 73.28
Computadoras	13	US\$ 244.00	US\$ 3,172.00
Archivador	4	US\$ 10.00	US\$ 40.00
Total en Equipo de Oficina			US\$ 10,918.91

Fuente: Rosario G. I. Rincón G. R. (2021). “Diseño y análisis de factibilidad del proceso de producción de plásticos reciclados a partir de gránulos reclasificados del vertedero de Duquesa”. Universidad Nacional Pedro Henríquez Ureña (UNPHU). Departamento de Química, Santo Domingo.

## VII.9.2 PAGO DE LEGALIDADES, CONSUMO ENERGETICO Y CONSUMO DE AGUA, MATERIA PRIMA

**Tabla VII.3 Pagos de Legalidades.**

Pagos de Legalidad	
Shipping de envios	US\$ 7,000.00
Impuesto Aduanal	US\$ 5,928.75
Permisos Ambientales	US\$ 6,905.10
Permisos de Obras Públicas	US\$ 106.23
ITBII	US\$ 6,403.05
Total	US\$ 26,343.13

Fuente: Rosario G. I. Rincón G. R. (2021). “Diseño y análisis de factibilidad del proceso de producción de plásticos reciclados a partir de gránulos reclasificados del vertedero de Duquesa”. Universidad Nacional Pedro Henríquez Ureña (UNPHU). Departamento de Química, Santo Domingo.

**Tabla VII.4 Consumo de Agua RD/m3.**

Consumo de Agua m3					
Lugar de Consumo	Unidades	Gasto de Agua mensual	Precio por uso del servicio	Total de consumo mensual	Total de consumo anual
Sistema de enfriamiento	3	468	US\$ 0.10	US\$ 46.80	US\$ 561.60
Total				US\$ 46.80	US\$ 561.60

Fuente: Rosario G. I. Rincón G. R. (2021). "Diseño y análisis de factibilidad del proceso de producción de plásticos reciclados a partir de gránulos reclasificados del vertedero de Duquesa". Universidad Nacional Pedro Henríquez Ureña (UNPHU). Departamento de Química, Santo Domingo.

**Tabla VII.4 Consumo Energético Kw/h.**

Costo Energético Kw/h					
Equipo	Unidades	Energía mensual gastada	Precio por uso de energía	Total de Consumo mensual	Total de consumo anual
Rotomoldeo Carrusel-Cooler	3	2250	US\$ 0.08	US\$ 169.31	US\$ 2,031.75
Molde de rotomoldeo	3	0	US\$ 0.08	US\$ -	US\$ -
Balanza Analítica	2	528	US\$ 0.08	US\$ 39.73	US\$ 476.78
Lámparas led	5	150	US\$ 0.08	US\$ 11.29	US\$ 135.45
Aire	1	420	US\$ 0.08	US\$ 31.61	US\$ 379.26
Total				US\$ 251.94	US\$ 3,023.24

Fuente: Rosario G. I. Rincón G. R. (2021). "Diseño y análisis de factibilidad del proceso de producción de plásticos reciclados a partir de gránulos reclasificados del vertedero de Duquesa". Universidad Nacional Pedro Henríquez Ureña (UNPHU). Departamento de Química, Santo Domingo.

**Tabla VII.4 Costos de Materia Prima y Transporte.**

Materia Prima- Transporte				
Distribuidor	Unidades	Precio por Kg- Unidad	Total mensual	Total Anual
Risek Vidal Recyclers	20,000kg	US\$ 0.25	US\$ 5,000.00	US\$ 60,000.00
Transporte			US\$ 1,840.00	US\$ 22,800.00
Total			US\$ 6,840.00	US\$ 82,080.00

Fuente: Rosario G. I. Rincón G. R. (2021). "Diseño y análisis de factibilidad del proceso de producción de plásticos reciclados a partir de gránulos reclasificados del vertedero de Duquesa". Universidad Nacional Pedro Henríquez Ureña (UNPHU). Departamento de Química, Santo Domingo.

### VII.9.3 DEPRECIACION DE EQUIPOS A 5 AÑOS

Tabla VII.5 Depreciación de equipos en dólares.

DEPRECIACIÓN A 5 AÑOS

Descripción	Cantidad	Costo US\$	Vida Útil (Años)	Dep. Anual	0	1	2	3	4	5	Valor Residual
Rotomoldeo Carrusel-Cooler	3	US\$120.000.00	10	US\$12.000.00	US\$120.000.00	US\$108.000.00	US\$ 96.000.00	US\$ 84.000.00	US\$ 72.000.00	US\$ 60.000.00	US\$ 60.000.00
Molde de rotomoldeo	3	US\$ 3.000.00	10	US\$ 300.00	US\$ 3.000.00	US\$ 2.700.00	US\$ 2.400.00	US\$ 2.100.00	US\$ 1.800.00	US\$ 1.500.00	US\$ 1.500.00
Balanza Analítica	5	US\$ 260.00	10	US\$ 26.00	US\$ 260.00	US\$ 234.00	US\$ 208.00	US\$ 182.00	US\$ 156.00	US\$ 130.00	US\$ 130.00
Lámparas led	5	US\$ 33.00	10	US\$ 3.30	US\$ 33.00	US\$ 29.70	US\$ 26.40	US\$ 23.10	US\$ 19.80	US\$ 16.50	US\$ 16.50
Aire acondicionado	1	US\$ 59.000.00	10	US\$ 5.900.00	US\$ 59.000.00	US\$ 53.100.00	US\$ 47.200.00	US\$ 41.300.00	US\$ 35.400.00	US\$ 29.500.00	US\$ 29.500.00
Sillas	15	US\$ 336.38	10	US\$ 33.64	US\$ 336.38	US\$ 302.74	US\$ 269.10	US\$ 235.47	US\$ 201.83	US\$ 168.19	US\$ 168.19
Escritorio	10	US\$ 3.200.00	10	US\$ 320.00	US\$ 3.200.00	US\$ 2.880.00	US\$ 2.560.00	US\$ 2.240.00	US\$ 1.920.00	US\$ 1.600.00	US\$ 1.600.00
Mesa de Reunion	1	US\$ 480.00	10	US\$ 48.00	US\$ 480.00	US\$ 432.00	US\$ 384.00	US\$ 336.00	US\$ 288.00	US\$ 240.00	US\$ 240.00
Fotocopiadora	2	US\$ 3.600.00	10	US\$ 360.00	US\$ 3.600.00	US\$ 3.240.00	US\$ 2.880.00	US\$ 2.520.00	US\$ 2.160.00	US\$ 1.800.00	US\$ 1.800.00
Planta eléctrica	1	US\$ 9.463.42	10	US\$ 946.34	US\$ 9.463.42	US\$ 8.517.08	US\$ 7.570.74	US\$ 6.624.39	US\$ 5.678.05	US\$ 4.731.71	US\$ 4.731.71
Edificación	1	US\$ 26.019.08	45	US\$ 577.62	US\$ 26.019.08	US\$ 25.441.46	US\$ 24.863.83	US\$ 24.286.21	US\$ 23.708.59	US\$ 23.130.96	US\$ 23.130.96
Total				US\$20.514.90	US\$225.391.88	US\$204.876.98	US\$184.362.07	US\$163.847.17	US\$143.332.27	US\$122.817.36	US\$122.817.36

TOTAL RESIDUAL	Uso en 5 años
US\$ 122.817.36	54%

Fuente: Rosario G. I. Rincón G. R. (2021). “Diseño y análisis de factibilidad del proceso de producción de plásticos reciclados a partir de gránulos reclasificados del vertedero de Duquesa”. Universidad Nacional Pedro Henríquez Ureña (UNPHU). Departamento de Química, Santo Domingo.

## VII.9.4 NOMINA

**Tabla VII.6 Estimado de Nomina.**

Nomina													
Cargo	Salario Bruto	2.87%	3.04%	Retenciones	Salario Medio Anual	ISR	Total de Retenciones	Salario Neto Anual	1.10%	7.09%	7.10%	1%	Total
		AFP	SFS						ARL Anual	SFS Empleador	AFP Empleador	INFOTEP Empleador	
Director General	US\$ 2,070.04	US\$ 59.41	US\$ 62.93	US\$ 122.34	US\$ 25,320.06	US\$ 2,655.77	US\$ 2,778.10	US\$ 24,132.37	US\$ 273.24	US\$ 1,761.19	US\$ 1,763.67	US\$ 248.40	US\$ 4,046.51
Gerente de RRHH	US\$ 1,380.02	US\$ 39.61	US\$ 41.95	US\$ 81.56	US\$ 16,880.04	US\$ 2,456.37	US\$ 2,537.93	US\$ 15,402.39	US\$ 182.16	US\$ 1,174.12	US\$ 1,175.78	US\$ 165.60	US\$ 2,697.67
Gerente de Producción	US\$ 1,552.53	US\$ 44.56	US\$ 47.20	US\$ 91.75	US\$ 18,990.05	US\$ 1,073.26	US\$ 1,165.02	US\$ 19,017.84	US\$ 204.93	US\$ 1,320.89	US\$ 1,322.75	US\$ 186.30	US\$ 3,034.88
Gerente de Calidad	US\$ 1,518.03	US\$ 43.57	US\$ 46.15	US\$ 89.72	US\$ 18,568.05	US\$ 967.76	US\$ 1,057.48	US\$ 18,676.87	US\$ 200.38	US\$ 1,291.54	US\$ 1,293.36	US\$ 182.16	US\$ 2,967.44
Gerente de Marketing	US\$ 1,207.52	US\$ 34.66	US\$ 36.71	US\$ 71.36	US\$ 14,770.04	US\$ 837.81	US\$ 909.17	US\$ 14,788.60	US\$ 159.39	US\$ 1,027.36	US\$ 1,028.81	US\$ 144.90	US\$ 2,360.46
Encargado de Contabilidad	US\$ 1,035.02	US\$ 29.71	US\$ 31.46	US\$ 61.17	US\$ 12,660.03	US\$ 415.81	US\$ 476.98	US\$ 12,978.26	US\$ 136.62	US\$ 880.59	US\$ 881.84	US\$ 124.20	US\$ 2,023.25
Asegurador de la Calidad	US\$ 603.76	US\$ 17.33	US\$ 18.35	US\$ 35.68	US\$ 7,385.02	US\$ -	US\$ 35.68	US\$ 7,813.21	US\$ 79.70	US\$ 513.68	US\$ 514.40	US\$ 72.45	US\$ 1,180.23
Encargado de Produccion	US\$ 603.76	US\$ 17.33	US\$ 18.35	US\$ 35.68	US\$ 7,385.02	US\$ -	US\$ 35.68	US\$ 7,813.21	US\$ 79.70	US\$ 513.68	US\$ 514.40	US\$ 72.45	US\$ 1,180.23
Encargado de Compras	US\$ 517.51	US\$ 14.85	US\$ 15.73	US\$ 30.58	US\$ 6,330.02	US\$ -	US\$ 30.58	US\$ 6,697.03	US\$ 68.31	US\$ 440.30	US\$ 440.92	US\$ 62.10	US\$ 1,011.63
Encargado de Logistica	US\$ 517.51	US\$ 14.85	US\$ 15.73	US\$ 30.58	US\$ 6,330.02	US\$ -	US\$ 30.58	US\$ 6,697.03	US\$ 68.31	US\$ 440.30	US\$ 440.92	US\$ 62.10	US\$ 1,011.63
Operario de Produccion	US\$ 379.51	US\$ 10.89	US\$ 11.54	US\$ 22.43	US\$ 4,642.01	US\$ -	US\$ 22.43	US\$ 4,911.16	US\$ 50.09	US\$ 322.88	US\$ 323.34	US\$ 45.54	US\$ 741.86
Operario de Produccion	US\$ 379.51	US\$ 10.89	US\$ 11.54	US\$ 22.43	US\$ 4,642.01	US\$ -	US\$ 22.43	US\$ 4,911.16	US\$ 50.09	US\$ 322.88	US\$ 323.34	US\$ 45.54	US\$ 741.86
Operario de Produccion	US\$ 379.51	US\$ 10.89	US\$ 11.54	US\$ 22.43	US\$ 4,642.01	US\$ -	US\$ 22.43	US\$ 4,911.16	US\$ 50.09	US\$ 322.88	US\$ 323.34	US\$ 45.54	US\$ 741.86
Operario de Produccion	US\$ 379.51	US\$ 10.89	US\$ 11.54	US\$ 22.43	US\$ 4,642.01	US\$ -	US\$ 22.43	US\$ 4,911.16	US\$ 50.09	US\$ 322.88	US\$ 323.34	US\$ 45.54	US\$ 741.86
Auxiliar de Almacen	US\$ 345.01	US\$ 9.90	US\$ 10.49	US\$ 20.39	US\$ 4,220.01	US\$ -	US\$ 20.39	US\$ 4,464.69	US\$ 45.54	US\$ 293.53	US\$ 293.95	US\$ 41.40	US\$ 674.42
Auxiliar de Almacen	US\$ 345.01	US\$ 9.90	US\$ 10.49	US\$ 20.39	US\$ 4,220.01	US\$ -	US\$ 20.39	US\$ 4,464.69	US\$ 45.54	US\$ 293.53	US\$ 293.95	US\$ 41.40	US\$ 674.42
Auxiliar de RRHH	US\$ 431.26	US\$ 12.38	US\$ 13.11	US\$ 25.49	US\$ 5,275.01	US\$ -	US\$ 25.49	US\$ 5,580.86	US\$ 56.93	US\$ 366.91	US\$ 367.43	US\$ 51.75	US\$ 843.02
Asistente de produccion	US\$ 517.51	US\$ 14.85	US\$ 15.73	US\$ 30.58	US\$ 6,330.02	US\$ -	US\$ 30.58	US\$ 6,697.03	US\$ 68.31	US\$ 440.30	US\$ 440.92	US\$ 62.10	US\$ 1,011.63
Inspector de Calidad	US\$ 379.51	US\$ 10.89	US\$ 11.54	US\$ 22.43	US\$ 4,642.01	US\$ -	US\$ 22.43	US\$ 4,911.16	US\$ 50.09	US\$ 322.88	US\$ 323.34	US\$ 45.54	US\$ 741.86
Analista de Marketing	US\$ 345.01	US\$ 9.90	US\$ 10.49	US\$ 20.39	US\$ 4,220.01	US\$ -	US\$ 20.39	US\$ 4,464.69	US\$ 45.54	US\$ 293.53	US\$ 293.95	US\$ 41.40	US\$ 674.42
Vendedores	US\$ 310.51	US\$ 8.91	US\$ 9.44	US\$ 18.35	US\$ 3,798.01	US\$ -	US\$ 18.35	US\$ 4,018.22	US\$ 40.99	US\$ 264.18	US\$ 264.55	US\$ 37.26	US\$ 606.98
Mantenimiento	US\$ 310.51	US\$ 8.91	US\$ 9.44	US\$ 18.35	US\$ 3,798.01	US\$ -	US\$ 18.35	US\$ 4,018.22	US\$ 40.99	US\$ 264.18	US\$ 264.55	US\$ 37.26	US\$ 606.98
Mantenimiento	US\$ 310.51	US\$ 8.91	US\$ 9.44	US\$ 18.35	US\$ 3,798.01	US\$ -	US\$ 18.35	US\$ 4,018.22	US\$ 40.99	US\$ 264.18	US\$ 264.55	US\$ 37.26	US\$ 606.98
Seguridad	US\$ 310.51	US\$ 8.91	US\$ 9.44	US\$ 18.35	US\$ 3,798.01	US\$ -	US\$ 18.35	US\$ 4,018.22	US\$ 40.99	US\$ 264.18	US\$ 264.55	US\$ 37.26	US\$ 606.98
Seguridad	US\$ 310.51	US\$ 8.91	US\$ 9.44	US\$ 18.35	US\$ 3,798.01	US\$ -	US\$ 18.35	US\$ 4,018.22	US\$ 40.99	US\$ 264.18	US\$ 264.55	US\$ 37.26	US\$ 606.98
TOTAL								US\$ 204,335.64					US\$ 32,136.01

Total de nomina	US\$ 32,136.01
-----------------	----------------

Total Nomina mensual de mano de obra para costo y venta del producto	US\$ 2,472.00
--	---------------

Fuente: Rosario G. I. Rincón G. R. (2021). “Diseño y análisis de factibilidad del proceso de producción de plásticos reciclados a partir de gránulos reclasificados del vertedero de Duquesa”. Universidad Nacional Pedro Henríquez Ureña (UNPHU). Departamento de Química, Santo Domingo.

## VII.9.5 COSTO O GASTO DEL PRODUCTO

Para obtener el costo unitario y el precio de venta, se establece los datos correspondientes al costo que requiere producir la cantidad de producto que se desea comercializar mensualmente. Luego de obtener el total de gasto se divide por la cantidad de unidades y se obtiene el costo unitario del producto. Se decide que la industria obtendría un 80% de ganancias con relación al costo unitario y de esta manera se obtuvo el precio de venta.

**Tabla VII.6 Costo del producto.**

Costo o gasto de producción	
Costos Directos	Gasto mensual
Costo mano de obra	US\$ 2,472.00
Costo Materia Prima	US\$ 6,840.00
Costo Energético	US\$ 251.94
Costo de Agua	US\$ 46.80
Costos Indirectos	
Pago legalidades	US\$ 26,343.13
Costo de Transporte de materia prima	US\$ 1,840.00
<b>Total del gasto mensual del proceso</b>	<b>US\$ 37,793.87</b>
Costo Unitario	US\$ 41.99
Precio de Venta 145GL	US\$ 46.66
Precio de Venta 330GL	US\$ 104.98
Precio de Venta 265GL	US\$ 83.99

Fuente: Rosario G. I. Rincón G. R. (2021). "Diseño y análisis de factibilidad del proceso de producción de plásticos reciclados a partir de gránulos reclasificados del vertedero de Duquesa". Universidad Nacional Pedro Henríquez Ureña (UNPHU). Departamento de Química, Santo Domingo.

## VII.9.6 ESTIMACION Y PAGO DEL PRESTAMO

**Tabla VII.7 Préstamo y pagos anuales.**

			Prestamo	Tasa
Prestamo años			US\$ 899,645.48	8%
0	1	2	3	4
US\$ 251,900.73				

Fuente: Rosario G. I. Rincón G. R. (2021). “Diseño y análisis de factibilidad del proceso de producción de plásticos reciclados a partir de gránulos reclasificados del vertedero de Duquesa”. Universidad Nacional Pedro Henríquez Ureña (UNPHU). Departamento de Química, Santo Domingo

## VII.9.7 TASA MINIMA ACEPTABLE DE RENDIMIENTO (TMAR)

TMAR = I+RI+r, donde: I= Inflación; R= Riesgo; r = Premio al riesgo

**Tabla VII.8 TMAR.**

TMAR	I+RI+r
<b>TMAR</b>	<b>17%</b>
Inversion	US\$ 899,645.48
Utilidad	US\$ 408,252.51
Inflacion R.D	8.50%
I	9%
r	5%
R	Utilidad/Inversion
R	45.38%
Costo de Produccion anual	US\$ 445,366.38
Ganancias anuales	US\$ 853,618.89

Fuente: Rosario G. I. Rincón G. R. (2021). “Diseño y análisis de factibilidad del proceso de producción de plásticos reciclados a partir de gránulos reclasificados del vertedero de Duquesa”. Universidad Nacional Pedro Henríquez Ureña (UNPHU). Departamento de Química, Santo Domingo

## VII.9.8 CRONOGRAMA DE INVERSIONES

**Tabla VII.9 Cronograma de Inversión.**

Inversion Fija	Años					
	Costo Total (0)	1	2	3	4	5
Maquinaria	US\$ 438,928.42	US\$ -	US\$ 500.00	US\$ 500.00	US\$ 500.00	US\$ 500.00
Equipos de Oficina	US\$ 10,918.91	US\$ 200.00	US\$ 200.00	US\$ 200.00	US\$ 2.00	US\$ 200.00
<b>Total</b>	<b>US\$ 475,866.41</b>	<b>US\$ 460.00</b>	<b>US\$ 1,220.00</b>	<b>US\$ 960.00</b>	<b>US\$ 1,022.00</b>	<b>US\$ 960.00</b>
<b>Inversion Diferida</b>						
Préstamo	US\$ 256,830.54	US\$ -				
Gastos operacionales y capacitacion	US\$ -	US\$ 885.27	US\$ -	US\$ 885.27	US\$ -	US\$ 885.27
Estudio de Mercado	US\$ 86.25	US\$ -	US\$ 100.00	US\$ -	US\$ 110.00	US\$ -
Costo del Agua	US\$ -	US\$ 561.60	US\$ 617.76	US\$ 617.76	US\$ 673.92	US\$ 673.92
Costo de la Luz	US\$ -	US\$ 3,023.24	US\$ 3,325.57	US\$ 3,325.57	US\$ 3,627.89	US\$ 3,627.89
Nomina	US\$ -	US\$ 32,136.01	US\$ 32,778.73	US\$ 33,434.30	US\$ 34,102.99	US\$ 34,785.05
Materia Prima	US\$ -	US\$ 82,080.00				
<b>Total</b>	<b>US\$ 256,916.79</b>	<b>US\$ 375,516.66</b>	<b>US\$ 375,732.60</b>	<b>US\$ 377,173.44</b>	<b>US\$ 377,425.34</b>	<b>US\$ 122,052.13</b>
<b>Capital de Trabajo</b>	<b>US\$ 150,000.00</b>					
<b>Total</b>	<b>US\$ 882,783.20</b>	<b>US\$ 525,976.66</b>	<b>US\$ 526,952.60</b>	<b>US\$ 528,133.44</b>	<b>US\$ 528,447.34</b>	<b>US\$ 273,012.13</b>

Fuente: Rosario G. I. Rincón G. R. (2021). “Diseño y análisis de factibilidad del proceso de producción de plásticos reciclados a partir de gránulos reclassificados del vertedero de Duquesa”. Universidad Nacional Pedro Henríquez Ureña (UNPHU). Departamento de Química, Santo Domingo

## VII.9.9 FLUJO DE CAJA

**Tabla VII.10 Flujo de caja.**

TMAR	17%
------	-----

Objetivo	Años					
	0	1	2	3	4	5
Ganancias	US\$ -	US\$ 848,262.36	US\$ 848,262.36	US\$ 890,675.48	US\$ 933,088.60	US\$ 975,501.72
Inversiones Fijas	US\$ 475,866.41	US\$ 200.00	US\$ 700.00	US\$ 700.00	US\$ 700.00	US\$ 700.00
Inversiones Diferidas	US\$ 256,916.79	US\$ 375,516.66	US\$ 375,732.60	US\$ 377,173.44	US\$ 377,425.34	US\$ 122,052.13
Capital de Trabajo	US\$ 150,000.00	US\$ 150,000.00	US\$ 150,000.00	US\$ 150,000.00	US\$ 150,000.00	US\$ 150,000.00
Total Flujo de Caja	-US\$ 882,783.20	US\$ 322,545.70	US\$ 321,829.77	US\$ 362,802.04	US\$ 404,963.26	US\$ 702,749.59

N	5
VAN	US\$ 661,941.28
TIR	33%

Fuente: Rosario G. I. Rincón G. R. (2021). "Diseño y análisis de factibilidad del proceso de producción de plásticos reciclados a partir de gránulos reclasificados del vertedero de Duquesa". Universidad Nacional Pedro Henríquez Ureña (UNPHU). Departamento de Química, Santo Domingo.

**QUINTA PARTE**  
**CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

## **CAPITULO VIII CONCLUSIONES**

Luego de una exhaustiva investigación y realizar análisis a las muestras podemos concluir de la siguiente forma:

La mayor proporción de consumo de plástico que genera el Distrito Nacional y la provincia de Santo Domingo y sus municipios tiene como destino final, el vertedero de Duquesa, el cual se constituye en nuestro punto focal para extraer muestras de plásticos reciclados. La empresa Risek Vidal Recyclers que opera alrededor del vertedero, recibe el plástico duro reciclado para su posterior reclasificación en tipos de plásticos y al final de su producción genera, lo que llamamos rechazo y es a partir de este subproducto que nuestra propuesta toma valor, ya que este rechazo se convierte en nuestra materia prima para los diferentes análisis que se realizan.

El rechazo de plástico que genera la trituración del mismo por la empresa Risek Vidal Recyclers, es un tipo de polietileno de alta densidad o HDPE. Los resultados que se obtienen confirman la existencia del polímero de alta densidad por prueba de infrarrojo, que luego se someten a análisis de fundición, donde sus propiedades favorecen al proceso de producción del tinaco.

Una de las limitantes que se encuentran para las propiedades mecánicas es, la realización de pruebas de resistencia e impacto que, aunque se cuenta con equipos y métodos para estos estudios, las empresas se rigen por un certificado del polímero virgen para la realización del producto.

La decisión de diseñar un proceso para la fabricación de tinacos de plástico reciclado se sostiene a partir de los análisis que se les realizan a las muestras de rechazo y por una decisión de mejora de la empresa Risek Vidal Recyclers con la finalidad de que este rechazo del plástico reciclado sirva de materia prima para productos comerciales.

La alta demanda y consumo de agua potable en el gran Santo Domingo es insostenible para el sistema de tuberías obsoleto con que cuenta la CAASD, por lo que la fabricación de tinacos se convierte en una necesidad imperiosa en los residentes de esta urbe, representando nuestra propuesta en la única alternativa que disponen los usuarios del agua potable para paliar sus necesidades.

Esta modalidad de aprovechar el rechazo de plástico cumple con la necesidad de retirar la gran cantidad de contaminante que ocasiona este material disperso y sin ninguna regulación, lo que afecta de manera directa al ambiente junto al cúmulo que presenta la empresa en sus almacenes, lo que fortalece la propuesta de que se convierta en un producto de suma necesidad para acopiar el agua potable.

Los datos obtenidos en el análisis de factibilidad para la implementación de un proceso de producción de plástico reciclado, muestran un TIR mayor a TMAR por lo cual se concluye que la inversión de implementar este nuevo proceso es recomendable. La factibilidad muestra que los gastos o costos son menores en relación a la compra de materia prima, que a una compra de materia prima de polímero virgen. Como el plástico es reciclado y la empresa que supe la materia prima le llama rechazo por ende no tiene ningún destino final o salida, la materia prima se convierte en asequible y con costos alrededor del proceso viables.

## **CAPITULO IX RECOMENDACIONES**

Observando los resultados y las conclusiones que se presentan, de este mismo modo se plantean recomendaciones a considerar:

Se recomienda implementar este tipo de pruebas de dureza, resistencia e impacto, en las empresas de plástico de la República Dominicana, no solo en industrias donde se fabriquen tinacos sino en las demás empresas, ya que esto permite conocer esas propiedades mecánicas del plástico antes de llevarlo a formar un producto terminado.

Se debe tener cuidado en el manejo del producto terminado, pues este material se trabaja a altas temperaturas lo cual puede ser muy peligroso para el operador. De igual forma el proceso es fácil de manejar por requerir solo una maquinaria que gira en torno a su eje.

Se sugiere aplicar este proceso para la fabricación de otros productos huecos realizando el cambio del molde al equipo.

Al momento de ejecutar la evaluación económica del proyecto, teniendo en cuenta los indicadores que miden el retorno de la inversión y la factibilidad de la misma, observamos que el  $TIR > TMAR$  de manera que, al tener estas condiciones a favor, se recomienda la inversión en su totalidad.

## **REFERENCIA**

## BIBLIOGRAFÍA

### **Libros**

Calbido Miranda, P., Perez Esteban, J., Lopez Garcia, C., Perez Torralba, M., & Sanz del Castillo, D. (2008). *Reciclado Y Tratamiento de Residuos* (2nd ed., pp. 290- 300). Madrid: Editorial UNED.

Dodiuk, H., & Goodman, S. (1997). *Handbook cf thermoset plastics* (1st ed., pp.643-646). New York: MARCEL DEKKER, INC.

Dodiuk, H., & Goodman, S. (2016). *Handbook cf thermoset plastics* (2nd ed., pp.320-325). New York: Olagoke Olabisi, Kolapo Adewale.

Gomis, A., & Beltran, M. (2012). *Tecnología de Polímeros* (1st ed., pp. 44-58). España: Universidad de Alicante.

Hanna, D., & Goodman, S. (2013). *Handbook cf Thermoset Plastics* (3rd ed., pp. 63-187). Burlington: Elsevier Science.

Seymour, R., & Carraher Jr, C. (1995). *Introducción a la química de los polímeros (3a. ed.)* (2nd ed., pp. 258-260). Barcelona: Editorial Reverté.

Scheirs, J., & Priddy, D. (2003). *Modern styrenic polymers* (1st ed., pp. 3-23). New York: J. Wiley.

Warren, D. (2001). *Chemists in a social and historical context* (2nd ed., pp. 39- 42). London: Royal Society of Chemistry.

Young, R., & Lovell, P. (2011). *Introduction to polymers* (3rd ed., pp. 3-19). Boca Raton: CRC Press.

## **Tesis y trabajos de investigación**

García F., J., & García G., F. (2010). *Síntesis y modificación de la estructura de una copoliámida aromática fluorescente: estudio de su aplicación como sensor de cianuro*. (Máster). UNIVERSIDAD DE BURGOS.

Muñoz, M. (2011). *Residencial Estudiantil con Materiales Reciclables*. (Arquitecto). Universidad San Francisco de Quito.

Rueda Lillo, F. (2016). *Absorción de contaminantes inorgánicos de un gas de gasificación de RDF mediante sosa caustica* (Máster en Ingeniería Ambiental). Universidad de Sevilla.

Rivera, R. (2004). *PROPUESTA DE RECICLAJE MECÁNICO DE PLÁSTICOS EN LA CIUDAD DE PIURA* (Ingeniero). UNIVERSIDAD DE PIURA.

Universidad de APEC. (s.f.). *EDIFICIO AUTÓNOMO SOSTENIBLE*. Recuperado de [https://www.researchgate.net/profile/William-Ernesto-Camilo-Reynoso/publication/280733573\\_Propuestas\\_para\\_la\\_innovacion\\_en\\_el\\_Disenio\\_y\\_Construccion\\_de\\_Edificios\\_Autonomos\\_Ecologicos\\_Sostenibles\\_e\\_Inteligentes/links/55c3dc0908aea2d9bdc1c84a/Propuestas-para-la-innovacion-en-el-Disenio-Construccion-de-Edificios-Autonomos-Ecologicos-Sostenibles-e-Inteligentes.pdf](https://www.researchgate.net/profile/William-Ernesto-Camilo-Reynoso/publication/280733573_Propuestas_para_la_innovacion_en_el_Disenio_y_Construccion_de_Edificios_Autonomos_Ecologicos_Sostenibles_e_Inteligentes/links/55c3dc0908aea2d9bdc1c84a/Propuestas-para-la-innovacion-en-el-Disenio-Construccion-de-Edificios-Autonomos-Ecologicos-Sostenibles-e-Inteligentes.pdf)

## **Manuales**

Lund, H. (1996). *Manual McGARW-HILL DE RECICLAJE* (1st ed., pp. 1.1-1.10). España: Litográfica Ingramex.

Para El Reciclaje, C. (1998). *MANUAL DE GESTION INTEGRAL DE RESIDUOS SOLIDOS URBANOS* (1st ed., pp. 220-221). Uruguay: CEMPRE.

## Periódicos

Ecoticias. (2010). Reciclado de Plásticos ¿Cómo se Reciclan?, p. 1. Retrieved from <https://www.ecoticias.com/residuos-reciclaje/21178/Reciclado-de-Plasticos-Como-se-Reciclan>

Bohío News. (2015). ¿Cómo se lleva el reciclaje en RD?, p. 1. Retrieved from <https://bohionews.com/como-se-lleva-el-reciclaje-en-rd/>

Contreras, D. (2014). El reciclaje en República Dominicana mueve más de US\$100 millones al año. *Diario Libre*, p. 1. Retrieved from <https://www.diariolibre.com/actualidad/el-reciclaje-en-repblica-dominicana-mueve-ms-de-us100-millones-al-ao-DIDL885071>

Fernandez Ortiz, J. (2018). El reciclaje. *El Acento*, p. 1. Retrieved from <https://acento.com.do/2018/opinion/8566046-el-reciclaje/>

León, S. (2020). Duquesa, una historia llena de conflictos. *El Caribe*, p. 1. Retrieved from <https://www.elcaribe.com.do/2020/05/05/duquesa-una-historia-llena-de-conflictos/>

## Revistas

Arandes, J., Bilbao, J., & López Valerio, D. (2004). RECICLADO DE RESIDUOS PLASTICOS. *Revista Iberoamericana De Polímeros Arandes*, (5), 28-35. Retrieved from <http://files.juventudargentinasolidaria.webnode.com.ar/200000182-a7dd5a8d64/RECICLADO%20DE%20RESIDUOS%20PL%3%81STICOSpdf.pdf>

Arandes, J., & Valerio, D. (2004). RECICLADO DE RESIDUOS

PLÁSTICOS. *Revista Iberoamericana De Polímeros Arandes*, (5), 1-15. Retrieved from <http://files.juventudargentinasolidaria.webnode.com.ar/200000182a7dd5a8d64/RECICLADO%20DE%20RESIDUOS%20PL%C3%81STICOSpdf.pdf>

## WEBGRAFÍA

ADN: Ayuntamiento del Distrito Nacional. (2020). Retrieved 20 May 2020, from [http://adn.gob.do/index.php?option=com\\_content&view=article&id=217&Itemid=695](http://adn.gob.do/index.php?option=com_content&view=article&id=217&Itemid=695)

Bolívar, G. (2019). Monómeros: características, tipos y ejemplos - Lifeder. Retrieved 4 July 2020, from [https://www.lifeder.com/monomeros/#Tipos\\_de\\_monomeros](https://www.lifeder.com/monomeros/#Tipos_de_monomeros)

CONCIENCIA ECO. (2020). Retrieved 20 May 2020, from <https://www.concienciaeco.com/2012/08/21/que-es-el-reciclaje/>

ESPINOSA LLORENS, M., LÓPEZ, M., PELLÓN, A., ROBERT, M., DIAZ, S., & GONZÁLEZ, A. et al. (2020). Análisis del comportamiento de los lixiviados generados en un vertedero de residuos sólidos municipales de la ciudad de la Habana. Retrieved 4 July 2020, from [http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0188-49992010000400006](http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0188-49992010000400006) polyvinyl chloride | Definition, Synthesis, & Uses. (2020). Retrieved 27 May 2020, from <https://www.britannica.com/science/polyvinyl-chloride>

¿Qué es el Reciclaje? - Gestión de residuos - Soluciones Globales para el Reciclaje. (2020). Retrieved 20 May 2020, from <https://www.recytrans.com/blog/que-es-el-reciclaje/>

Fourth in a Series: Pioneers of Polymer Processing Alexander Parkes. (2020). Retrieved 27 May 2020, from <https://www.hanser-elibrary.com/doi/pdf/10.3139/217.980326>

John Wesley Hyatt | Biography & Facts. (2020). Retrieved 27 May 2020, from <https://www.britannica.com/biography/John-Wesley-Hyatt>

Poletto, J., & da Silva, C. (2009). Influencia de la Separación de Residuos Sólidos Urbanos para Reciclaje en el Proceso de Incineración con Generación de Energía. Retrieved 1 June 2020, from [https://scielo.conicyt.cl/scielo.php?pid=s0718-07642009000200013&script=sci\\_arttext](https://scielo.conicyt.cl/scielo.php?pid=s0718-07642009000200013&script=sci_arttext)

Reginald Gibson – Historias de Empaques. (2020). Retrieved 1 June 2020, from <https://historiasdeempaques.wordpress.com/tag/reginald-gibson/>

Robert Banks – Historias de Empaques. (2020). Retrieved 1 June 2020, from <https://historiasdeempaques.wordpress.com/tag/robert-banks/>

Tipos de plásticos – CAIP. (2019). Retrieved 4 July 2020, from <https://www.caip.org.ar/tipos-de-plasticos/>

Tipos de reciclaje - Gestión de residuos - Soluciones Globales para el Reciclaje. (2015). Retrieved 4 July 2020, from <https://www.recytrans.com/blog/tipos-de-reciclaje/>

**SEXTA PARTE**

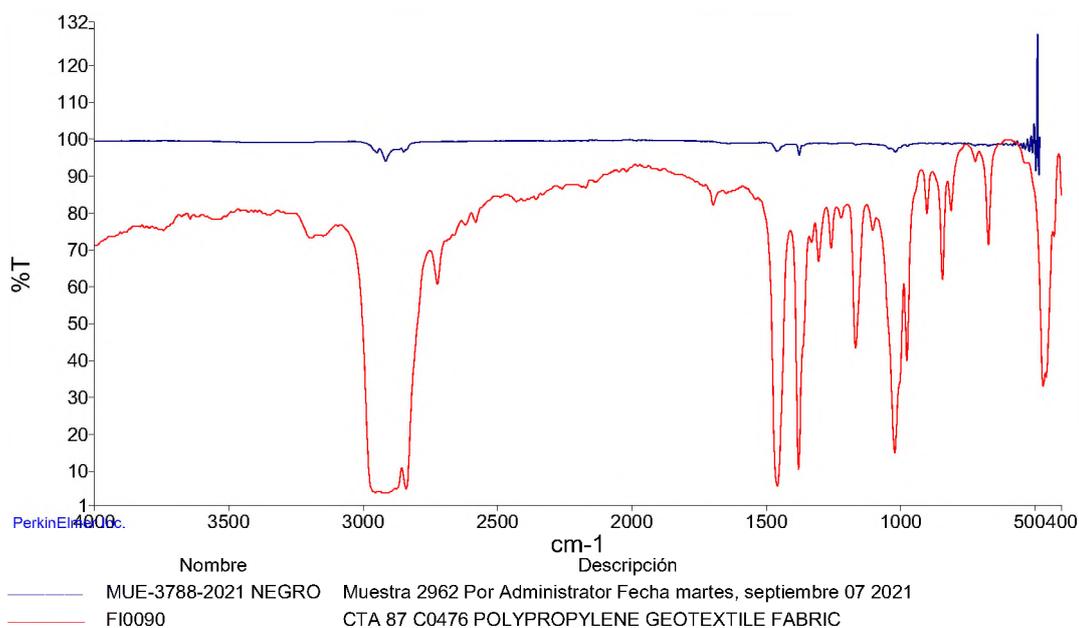
**ANEXOS**

## Anexo 1. Tabla y espectro color negro

Índice	Descripción de la mejor coincidencia de búsqueda
1	CTA 87 C0476 POLYPROPYLENE GEOTEXTILE FABRIC

Índice	Nombre de la muestra	Rango
1	MUE-3788-2021 NEGRO	4000.00 - 650.00

Puntuación de búsqueda	Referencia de biblioteca	Descripción del espectro de referencia de búsqueda
0.774615	FI0137	CTA 87 A0341 RUBBER RIBBON ROUND
0.792648	F89710	TOLUENE-4-SULFONIC ACID LITHIUM SALT
0.805823	SP0039	POLY(1-BUTENE), ISOTACTIC
0.822032	SP0065	POLYPROPYLENE, ISOTACTIC
0.827821	FI0094	CTA 87 C0477 POLYPROPYLENE GEOTEXTILE FABRIC
0.886469	FI0090	CTA 87 C0476 POLYPROPYLENE GEOTEXTILE FABRIC



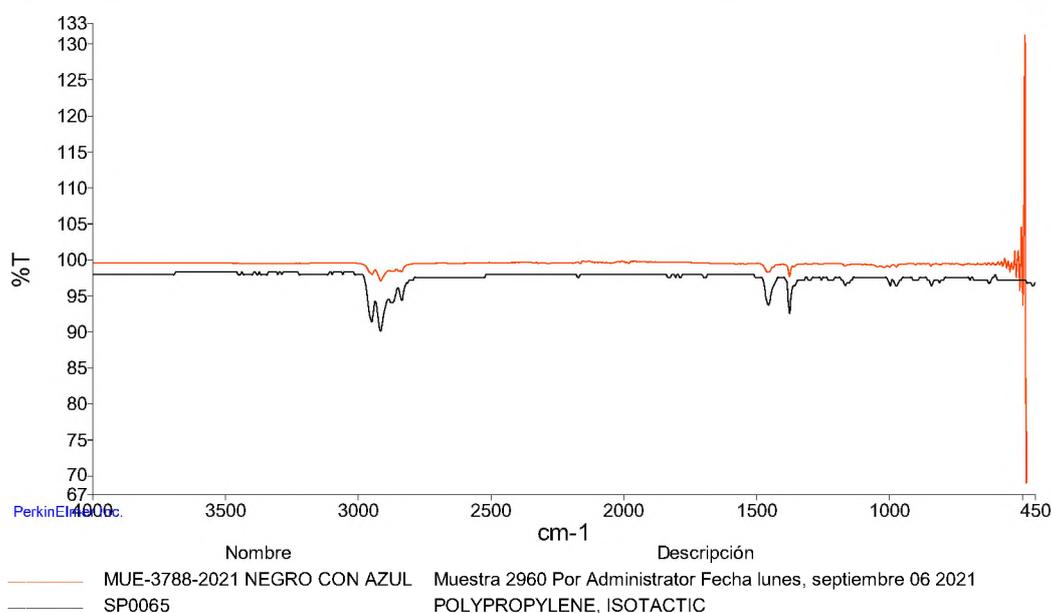
Fuente: Laboratorio General Dirección de Aduanas (2021). Informe de resultados de muestra de rechazo de plástico del vertedero de Duquesa.

## Anexo 2. Tabla y espectro color negro con azul

Índice	Nombre de la muestra	Rango
1	MUE-3788-2021 NEGRO CON AZUL	4000.00 - 650.00

Índice	Descripción de la mejor coincidencia de búsqueda
1	POLYPROPYLENE, ISOTACTIC

Puntuación de búsqueda	Referencia de biblioteca	Descripción del espectro de referencia de búsqueda
0.854341	FI0086	CTA 87 C0475 POLYPROPYLENE GROUND COVER FILL
0.854726	FI0099	CTA 87 C0479 POLYPROPYLENE SILT FENCE WRAP
0.858624	DA3104	CHEVRON CHEMICAL(VECTRA) / POLYLoom(OLEFIN) GREEN NBS-K0033
0.866376	FI0100	CTA 87 A0480 POLYPROPYLENE INTERMEDIATE BULK CONTAINER
0.898149	AP0065	POLYPROPYLENE, ISOTACTIC



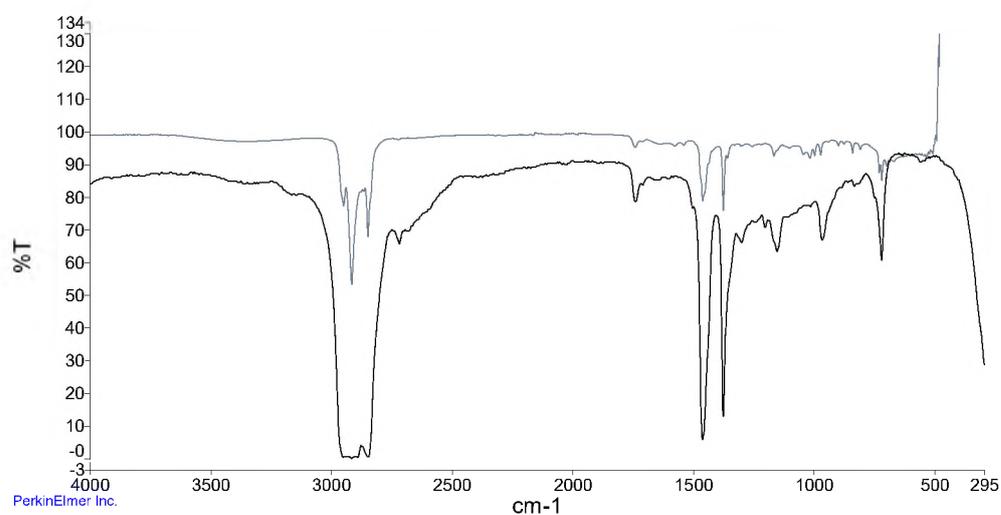
Fuente: Laboratorio General Dirección de Aduanas (2021). Informe de resultados de muestra de rechazo de plástico del vertedero de Duquesa.

### Anexo 3. Tabla y espectro color gris

Índice	Nombre de la muestra	Rango
1	MUE-3788-2021 COLOR GRIS	4000.00 - 650.00

Índice	Descripción de la mejor coincidencia de búsqueda
1	POLY(1-BUTENE), ISOTACTIC

Puntuación de búsqueda	Referencia de biblioteca	Descripción del espectro de referencia de búsqueda
0.882099	LU036B	HYDROCARBON "WHITE" OIL, MEDICINAL GRADE
0.884288	LU007A	2,6,10,14-TETRAMETHYLPENTADECANE
0.887056	LU029A	LIGROINE, PETROLEUM DISTILLATE (90-120 deg.C)
0.88745	LU076A	OLEFIN COPOLYMER, OCP
0.894439	RA0064	RA_066.DX FIXODENT(R) DENTURE ADHESIVE CREAM, PROCTOR AND GAMBLE
0.89839	LU076B	ETHYLENE/PROPYLENE/DIENE TERPOLYMER, OIL FREE
0.904693	SP0039	POLY(1-BUTENE), ISOTACTIC



PerkinElmer Inc. Nombre Descripción  
 MUE-3788-2021 COLOR GRIS Muestra 2959 Por Administrator Fecha lunes, septiembre 06 2021  
 LU076B ETHYLENE/PROPYLENE/DIENE TERPOLYMER, OIL FREE

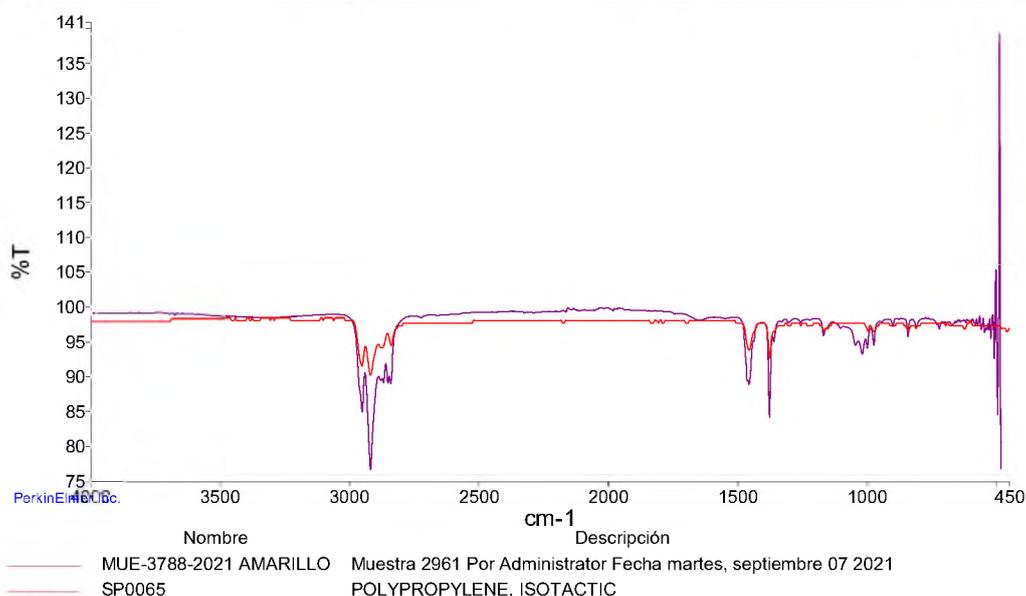
Fuente: Laboratorio General Dirección de Aduanas (2021). Informe de resultados de muestra de rechazo de plástico del vertedero de Duquesa.

#### Anexo 4. Tabla y espectro color amarillo

Índice	Descripción de la mejor coincidencia de búsqueda
1	POLYPROPYLENE, ISOTACTIC

Índice	Nombre de la muestra	Rango
1	MUE-3788-2021 AMARILLO	4000.00 - 650.00

Puntuación de búsqueda	Referencia de biblioteca	Descripción del espectro de referencia de búsqueda
0.866908	DA3104	CHEVRON CHEMICAL(VECTRA) / POLYLOOM(OLEFIN) GREEN NBS-K0033
0.866957	FI0099	CTA 87 C0479 POLYPROPYLENE SILT FENCE WRAP
0.877199	FI0086	CTA 87 C0475 POLYPROPYLENE GROUND COVER FILL
0.880151	FI0090	CTA 87 C0476 POLYPROPYLENE GEOTEXTILE FABRIC
0.898411	FI0100	CTA 87 A0480 POLYPROPYLENE INTERMEDIATE BULK CONTAINER
0.922348	SP0065	POLYPROPYLENE, ISOTACTIC



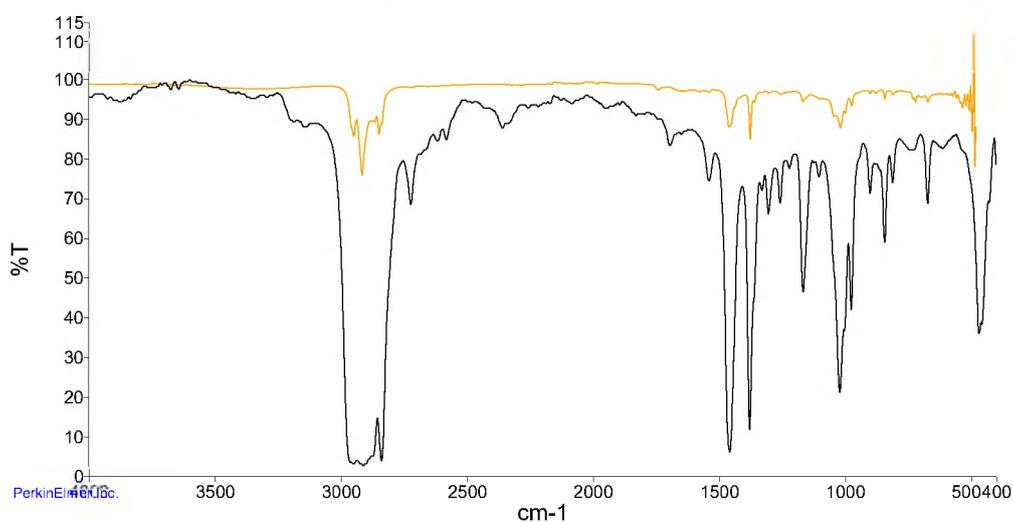
Fuente: Laboratorio General Dirección de Aduanas (2021). Informe de resultados de muestra de rechazo de plástico del vertedero de Duquesa.

## Anexo 5. Tabla y espectro color negro y azul oscuro

Índice	Nombre de la muestra	Rango
1	MUE-3788-2021 NEGRO CON AZUL OSCURO	4000.00 - 650.00

Índice	Descripción de la mejor coincidencia de búsqueda
1	CTA 87 A0480 POLYPROPYLENE INTERMEDIATE BULK CONTAINER

Puntuación de búsqueda	Referencia de biblioteca	Descripción del espectro de referencia de búsqueda
0.789621	F40050	3,5-DIMETHYLCYCLOHEXANOL
0.804173	SP0061	POLY(4-METHYL-1-PENTENE)MELT INDEX 70
0.818303	F89710	TOLUENE-4-SULFONIC ACID LITHIUM SALT
0.828711	FI0094	CTA 87 C0477 POLYPROPYLENE GEOTEXTILE FABRIC
0.835011	SP0065	POLYPROPYLENE, ISOTACTIC
0.83562	SP0039	POLY(1-BUTENE), ISOTACTIC
0.893351	FI0090	CTA 87 C0476 POLYPROPYLENE GEOTEXTILE FABRIC
0.895263	FI0100	CTA 87 A0480 POLYPROPYLENE INTERMEDIATE BULK CONTAINER



— MUE-3788-2021 NEGRO CON AZUL OSCURO      Muestra 2963 Por Administrator Fecha martes, septiembre 07 20  
— FI0100      CTA 87 A0480 POLYPROPYLENE INTERMEDIATE BULK CON

Fuente: Laboratorio General Dirección de Aduanas (2021). Informe de resultados de muestra de rechazo de plástico del vertedero de Duquesa.

## Anexo 6. Rechazo de plástico del vertedero de Duquesa



Fuente: Rosario G. I. Rincón G. R. (2021). “Diseño y análisis de factibilidad del proceso de producción de plásticos reciclados a partir de gránulos reclasificados del vertedero de Duquesa”. Universidad Nacional Pedro Henríquez Ureña (UNPHU). Departamento de Química, Santo Domingo.

## Anexo 7. Peso de muestra para fundir



Fuente: Rosario G. I. Rincón G. R. (2021). “Diseño y análisis de factibilidad del proceso de producción de plásticos reciclados a partir de gránulos reclasificados del vertedero de Duquesa”. Universidad Nacional Pedro Henríquez Ureña (UNPHU). Departamento de Química, Santo Domingo.

**Anexo 8.** Muestra al horno por 180 grados Celsius



Fuente: Rosario G. I. Rincón G. R. (2021).

“Diseño y análisis de factibilidad del proceso de producción de plásticos reciclados a partir de gránulos reclasificados del vertedero de Duquesa”. Universidad Nacional Pedro Henríquez Ureña (UNPHU).  
Departamento de Química, Santo Domingo.

**Anexo 9.** Muestra luego de 10 minutos en el horno, intento de probeta para prueba de resistencia.



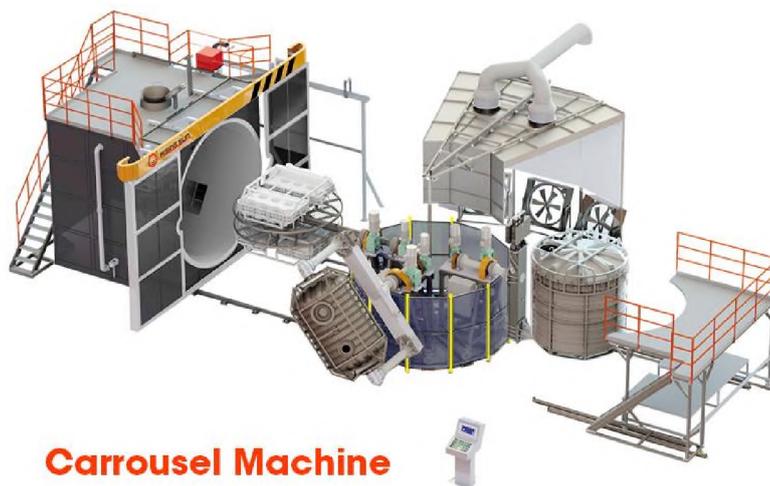
Fuente: Rosario G. I. Rincón G. R. (2021). “Diseño y análisis de factibilidad del proceso de producción de plásticos reciclados a partir de gránulos reclasificados del vertedero de Duquesa”. Universidad Nacional Pedro Henríquez Ureña (UNPHU). Departamento de Química, Santo Domingo.

**Anexo 10.** Muestra con un peso de 43gramos en bandeja plana para fundir a 300 grados Celsius para prueba de fundición. Muestra después de 30 minutos al horno



Fuente: Rosario G. I. Rincón G. R. (2021). “Diseño y análisis de factibilidad del proceso de producción de plásticos reciclados a partir de gránulos reclasificados del vertedero de Duquesa”. Universidad Nacional Pedro Henríquez Ureña (UNPHU). Departamento de Química, Santo Domingo.

## Anexo 11. Máquina Rotomoldeo carrusel.



### Detalles rápidos

Lugar del origen:	Zhejiang, China	Marca:	XUTIAN
Condición:	Nuevo	Video saliente de inspección:	Siempre
: Informe de prueba:	Siempre	Marketing tipo:	Nuevo Producto 2020
Garamía de los componentes principales.:	1 año	Los componentes principales.:	PLC, Motor, Rodamiento, Caja de cambios, Motor, Equipo
Energía (W):	75KW	Voltaje:	380V
Garamía:	1 año	Peso:	25000
Industrias aplicables:	Hoteles en, De las tiendas, Material de construcción de tien...	Clave de puntos de venta:	De ahorro de energía
Después de servicio de ventas se:	Ingenieros disponibles al servicio de máquinas en el extranj...	Exposición de ubicación:	Egipto, Canadá, Los Estados Unidos, Filipinas, Brasil, Perú, ...
Color:	Color personalizado	Nombre:	3A-3000
Horno:	Cilindro	Función:	Fabricación de productos de plástico
El brazo de estilo:	Offset brazo	Tipo de:	Totalmente automática
Controlador:	SIMENS	Más grande tanque:	4000L
		Operación:	Tocar pantalla

Fuente: [www.alibaba.com](http://www.alibaba.com) Máquina De Rotomoldeo Carrusel 3a-3000, Fabricación De Tanques De Agua Y Refrigeradores - Buy Water Tank Making Machine, Rotomolding Machine For Water Tanks, Roto Moulding Machine Product on Alibaba.com. Spanish.alibaba.com. (2021). Retrieved 17 November 2021, from <https://spanish.alibaba.com/product-detail/carousel-rotomolding-machine-3a-3000-making-water-tanks-and-coolers-1600072239552.html>.

## Anexo 12. Molde de Máquina Rotomoldeo.



### Quick Details

Place of Origin:	Jiangsu, China	Brand Name:	yingchuang
Condition:	New	Voltage:	400V
Power:	Advisory Service	Dimension(L*W*H):	Advisory Service
Weight:	Advisory Service	Warranty:	1 Year
Key Selling Points:	Automatic	Applicable Industries:	Manufacturing Plant, water tank make machine
Showroom Location:	None	After-sales Service Provided:	Video technical support, Free spare parts, Field installation, ...
After Warranty Service:	Video technical support, Online support, Spare parts	Local Service Location:	None
Certification:	CE	Name:	water tank make machine
Function:	Water storage tank making	Type:	Open flam swing
MOQ:	1 Set	Color:	Customized Color
Production time:	45 days	Control system:	Touch Interface
Packing:	STANDARD EXPORTED PACKING	Speed:	8-20 pcs per day
Service:	Lifetime after sale service		

Fuente: Alibaba.com. Used In Water Tank Manufacturing Rock & Roll Rotomolding Machine For Sale - Buy Rock & Roll Rotomolding Machine, Water Tank Manufacturing Rock Rotomolding Machine, Rotomolding Machine Product on Alibaba.com. Alibaba.com. (2021). Retrieved 17 November 2021, from [https://www.alibaba.com/product-detail/Used-in-water-tank-manufacturing-Rock\\_62199905112.html?spm=a2700.details.0.0.2fcd47200sY7R5](https://www.alibaba.com/product-detail/Used-in-water-tank-manufacturing-Rock_62199905112.html?spm=a2700.details.0.0.2fcd47200sY7R5).

## Anexo 13. GLOSARIO

PE: Polietileno.

PP: Polipropileno.

PS: Poliestireno.

EPS: Poliestireno expandido.

PVC: Policloruro de vinilo.

PET: Polietileno tereftalato.

HDPE: Polietileno de alta densidad.

LDPE: Polietileno de baja densidad.



HOJA DE EVALUACIÓN

**SUSTENTANTES**

---

**Isaury M. Rosario G.**

---

**Rossalis M. Rincón G.**

**ASESORES**

---

Ing. Maribel Espinosa

**Asesora**

---

Ing. Ramón Pérez Romero

**Asesor**

**JURADOS**

---

**Jurado**

---

**Jurado**

---

**Jurado**

**Calificación:** \_\_\_\_\_

**Fecha:** \_\_\_\_\_

---

**Ing. Maribel Espinosa.**

**Directora Escuela de Química**