



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA

**ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA
AMBIENTAL**

**“Plan de gestión de residuos sólidos para el
poliestireno tereftalato, en la ciudad de Bambamarca
2017.”**

TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

Ingeniero Ambiental

AUTORES:

Bach. López Vargas, Miguel Ángel (ORCID: 0000-0001-7282-1359)

Bach. Vásquez Díaz, Héctor (ORCID: 0000-0001-5265-9737)

ASESOR:

Dr. Ponce Ayala, José Elías (ORCID: 0000-0002-0190-3143)

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:

Tratamiento y Gestión de los Residuos

CHICLAYO – PERÚ

2020

Dedicatoria

A nuestro Dios creador, que nos guía y hace posible cada una de nuestras acciones y nos regala la oportunidad de hacer realidad nuestros sueños.

A nuestra familia, que con su amor y aliento nutren el espíritu de ser cada día mejores personas.

A los amigos y los que no lo son, por estimularnos en cada momento a vencer los retos que ellos y la vida nos ponen por delante.

Miguel y Héctor

Agradecimiento

Nuestro profundo agradecimiento a todas aquellas personas que han colaborado de manera espontánea y desinteresada para la realización del presente trabajo; así como al personal de la Gerencia del Ambiente y Saneamiento de la Municipalidad Provincial de Hualgayoc – Bambamarca, por brindarnos las facilidades para la obtención de información base, para el presente estudio.

Miguel y Héctor

Índice de contenidos

Carátula	i
Dedicatoria	ii
Agradecimiento	iii
Índice de contenidos	iv
Índice de tablas	v
Índice de figuras	vi
Resumen.....	vii
Abstract	viii
I. INTRODUCCIÓN	1
II. MARCO TEÓRICO	4
III. MÉTODOLÓGÍA	12
3.1 Tipo y diseño de investigación	12
3.2 Categorías, sub categorías y matriz de categorización.....	12
3.3 Escenario de estudio.....	12
3.4 Participantes	14
3.5 Técnicas e instrumentos de recolección de datos.....	14
3.6 Procedimiento	14
3.7 Rigor científico	15
3.8 Método de análisis de datos.....	15
3.9 Aspectos éticos.....	15
IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	21
V. CONCLUSIONES	32
VI. RECOMENDACIONES	34
REFERENCIAS.....	35
ANEXOS	42
Acta de aprobación de originalidad de tesis.....	52
Reporte turnitin.....	53
Autorización de publicación de tesis en repositorio institucional UCV.....	54
Autorización de la versión final del trabajo de investigación	55

Índice de tablas

Tabla 01. <i>Generación de residuos sólidos domiciliarios en la ciudad de Bambamarca</i>	25
Tabla 02. <i>Densidad suelta y compactada de residuos sólidos domiciliarios</i>	26
Tabla 03. <i>Cantidades de PET recuperados durante ejecución del plan piloto en la ciudad de Bambamarca.</i>	27
Tabla 04. <i>Detalle comparativo de precios por Kg de residuos en Bambamarca.</i> ..	29
Tabla 05. <i>Estimación de los costos de producción y utilidad en el aprovechamiento de PET en la ciudad de Bambamarca 2017.</i>	30

Índice de figuras

<i>Figura 01.</i> Mapa de proceso del sistema de gestión de residuos sólidos municipales	17
<i>Figura 02.</i> Mapa de proceso para la fabricación de escobas con fibra de PET ...	20
<i>Figura 03.</i> Residuos que más se desechan al tacho de RRSS.....	22
<i>Figura 04.</i> Reaprovechamiento de las botellas de plástico.	23
<i>Figura 05.</i> Respuestas de las viviendas del porque no segregan.	24
<i>Figura 06.</i> Población informada sobre el manejo adecuado de los RRSS.	25
<i>Figura 07.</i> Composición porcentual de residuos domiciliarios obtenidos en el EC-RRSS 2016 Bambamarca.	27

Resumen

El problema de investigación en el presente trabajo fue la contaminación ambiental por residuos sólidos; donde destaca, por su gran volumen y propiedades físicas casi inalterables en el tiempo, el Poliestireno Tereftelato; conocido por sus siglas como PET, este tipo de plástico compone gran parte de envases, en un sin número de bebidas y productos alimenticios, y que luego de su consumo terminan siendo quemados o dispuestos de manera inadecuada en diversas fuentes de agua, áreas de cultivo, etc; alterando diversos sistemas ecológicos y paisajísticos, demandando un costo elevado en su disposición final y afectando la calidad de vida de la población debido a su inadecuada gestión. Por ello, el objetivo de esta investigación fue la de generar una propuesta sostenible, no solo para disminuir las cantidades de este tipo de desechos que son depositados inadecuadamente en el ambiente, sino que también consideró generar consciencia ambiental en los ciudadanos a través de la valorización de este tipo de residuo.

De esta manera, el presente trabajo, plantea una propuesta de gestión para el PET en estado de desecho, basado justamente, en el aprovechamiento de sus propiedades físicas (resistencia a la degradación y gran maleabilidad), para ser transformado en elementos de limpieza de buena durabilidad, generando un valor económico significativo y favoreciendo la auto empleabilidad y mejoramiento de la actividad económica del reciclaje

Palabras claves: PET, aprovechamiento, auto empleabilidad, reciclaje.

Abstract

The research problem in the present work was environmental contamination by chemical residues; where it stands out, due to its large volume and almost unalterable physical properties over time, Polystyrene Terephthalate; known by its initials as PET, this type of plastic composed of a large part of containers, in a number of drinks and food products, and which after consumption ends up being burned or containers inadequately in various water sources, areas of cultivation etc. altering various ecological and landscape systems, demanding a high cost in its final disposal and affecting the quality of life of the population due to its inadequate management. Therefore, the objective of this research was the generation of a sustainable proposal, not only to reduce the amounts of this type of waste that are improperly deposited in the environment, but also what it considers to generate environmental awareness in citizens through recovery of this type of waste.

In this way, this work presents a management proposal for waste PET, based precisely on the use of its physical properties (resistance to degradation and great malleability), to be transformed into cleaning elements of good durability, generating significant economic value and promoting self-employability and improving the economic activity of recycling.

Keywords: PET, use, self-employability, recycling

I. INTRODUCCIÓN

Se dice que en la actualidad no se tiene precisión sobre el volumen de plásticos que se generan cada año y que son vertidos directamente en el ambiente de manera directa como desechos a nivel mundial, revista Science (2015). En cambio, existe un antecedente de caracterización de residuos sólidos en el que se estima que se generaron unos 275 millones de toneladas métricas de desechos plásticos en 192 países costeros durante el año 2010 Jenna R. et al, (2015).

Por otro lado, un estudio más reciente denominado “What Waste 2.0”, devela que de los 2,01 mil millones de toneladas de desechos anuales que se generaron durante 2016, pasarán a ser unos 3,4 mil millones de toneladas de desechos para el año 2050. De igual manera este mismo estudio devela que el 33 % de éstos se deposita en el ambiente sin ningún tratamiento o son quemados y que de acuerdo a la caracterización de estos residuos el 12 % está representado por materiales plásticos. Se estima que para el año dos mil veinticinco el volumen de generación de residuos se duplicará en el mundo, lo cual implica que los espacios destinados para darle adecuado fin a los residuos sólidos serán cada vez más limitados en espacio y disponibilidad y con menor duración, Banco Mundial (2018).

Según datos del Ministerio del Ambiente de Perú, solamente entre 2010 y 2011 la generación de residuos municipales del ámbito urbano pasó de 6,0 a 7,2 millones de toneladas anuales; sin tener contar la generación de RRSS en espacios rurales; en este reporte ocupa el segundo lugar en importancia, en el análisis de composición de residuos, con un 8,7 % en 2010, y 9,48% en 2011 los residuos plásticos. SINIA – MINAM, (2012).

Además, cabe mencionar que los gastos realizados en el manejo de residuos en el Perú pueden representar una verdadera preocupación para las municipalidades de nuestro país, ya que les significa un egreso cercano al 50% de sus recursos. Hernández V., (2014).

Así, la ejecución del presente trabajo se hace necesario porque, si bien hay un sin número de estudios publicados en este campo, la mayoría de los mismos que han sido realizados en nuestro país, mayormente tienen una perspectiva netamente comercial de recuperación y venta, (desde la visión de disciplinas como ciencias contables y administrativas e Ingeniería industrial, que anecdóticamente son quienes más han realizado investigaciones en gestión de residuos sólidos); mas no se enfocan a una perspectiva integral, ambiental, dirigida al aprovechamiento racional de nuestros recursos.

Por ello es necesario es necesario poner al alcance de la población y grupos de interés, alternativas tecnológicas y operativas viables, capaces de aprovechar el PET como material de desecho y convertirlo en una oportunidad de desarrollo especialmente para aquellas personas quienes lo recolectan para sobrevivir con su venta; la mayor parte de veces en condiciones inadecuadas de salubridad. Además, hay que tener en cuenta que en nuestro país el uso de PET se ha posicionado como parte ya de nuestra cultura de consumo, por lo que resulta necesario pensar que será difícil prescindir de este material en los próximos años y, por consiguiente, se tendrán volúmenes cada vez más crecientes de PET como residuo.

La problemática en la gestión de los residuos municipales, constituye un aspecto social cada vez más creciente, ya que en la actualidad solo el cuatro por ciento de los residuos sólidos se reciclan. Diario El Peruano, (2020), lo cual significa que a este ritmo, pronto muchas de las principales ciudades no solo a nivel de América latina, sino de nuestro país se verán con la triste realidad de no tener donde disponer sus crecientes volúmenes de residuos, ocasionando una serie de alteraciones en el ambiente, el equilibrio de diversos ecosistemas e incluso la salud de las personas, donde los principales afectados serán los grupos más vulnerables como los niños, ancianos, personas con la salud quebrantada, entre otros.

En nuestra visión académica, este trabajo aporta conocimientos sobre el estado actual de la gestión de residuos a nivel de la provincia de Bambamarca Cajamarca y también del país, y enfoca la aplicación de conocimientos para la generación de una alternativa ambientalmente sostenible.

A nivel de social y económico, la presente propuesta genera una alternativa de solución para este desecho contaminante, el mismo que tiene como características principales su alta persistencia en el ambiente; un alto volumen de ocupación entre los residuos sólidos, por su baja densidad y presentación; pero que también si se gestiona adecuadamente de manera participativa puede generar consciencia sobre las ventajas que ofrece este material para convertirlo en una oportunidad de crecimiento.

A nivel ambiental, la presente propuesta plantea el retiro y aprovechamiento de un significativo volumen de residuos, que actualmente va a parar en significativa cantidad a botaderos, lechos de agua, quebradas, campos de cultivo, drenajes y por último a quemarse de manera indiscriminada contaminando el ambiente.

De esta manera, tenemos que el fin que busca esta tesis es plantear un plan de gestión de residuos sólidos para el Poliestireno Tereftelato en la ciudad de Bambamarca; de manera específica, analizar información relevante referida al tema de investigación, contenida en el EC-RRSS de la ciudad de Bambamarca 2016; así como implementar un plan de gestión de residuos sólidos para el Poliestireno Tereftelato y ejecutarlo como un plan piloto para el aprovechamiento sostenible del PET.

II. MARCO TEÓRICO

A nivel de América Latina y otros países del mundo existen diversos antecedentes sobre diversas iniciativas de estudio, con respecto al PET, sin embargo, entre las más cercanas podemos citar las siguientes:

JO Mujica et al. (2017), hace un análisis sobre las potencialidades de negocio dirigidas hacia el plástico PET y plantea diversas estrategias a corto y largo plazo para posicionarse en el mercado ecuatoriano en relación a otros países de la región, visualizando este negocio como atractivo y competitivo.

Por otro lado, L. Mansilla et al (2009). Señala que, en el mercado de bebidas gaseosas peruano, el PET ocupa el 65% de todos los envases; y que en la actualidad la mayor parte de este insumo se importa, debido a las limitaciones en el desarrollo de tecnología en nuestro país, dependiendo su costo de las fluctuaciones de este insumo a nivel de mercado internacional.

Además, este mismo estudio señala que las empresas que se ocupan de elaborar más de 1.300 millones de envases PET al año son: San Miguel Industrial y Amcor Pet Packaging, con una producción definida por el fuerte incremento de demanda de sus clientes durante en verano. Un dato importante de este documento, es que da a conocer la cantidad aproximada de gaseosas en nuestro país, que se consume, que es menor a 50 litros/persona/año y que en los últimos diez años el crecimiento en este sector industrial ha sido estable; por lo que la alternativa de producción de fibra de poliéster sería una gran alternativa.

Correlativo a esto la Agencia de Noticias ANDINA (2014). Publicó un artículo, en el que hace mención de un estudio sobre el consumo de bebidas gaseosas en Perú, denotando que, a nivel de la capital, Lima, se consume un promedio de 75 litros de esta bebida per cápita, mientras que a nivel de provincia este consumo era de 35 litros, y además señala que dicho consumo está en aumento.

ÁA Quispe Boado, M Mego, J Leyneker (2018); en su estudio de tesis, hace referencia a las buenas características mecánicas al usar PET molido como un insumo añadido en cierta proporción en el concreto, aumentando sus cualidades físicas de resistencia.

JJG Bolaños Zea (2019) En su trabajo de investigación "Reciclando PET" según datos de Bardales (2016); citados por el autor, un 3% de los desechos generados diariamente se vierten a un río, laguna o mar, un 12% se quema al aire libre y un 61% se deja a cielo abierto; un 21% en rellenos sanitarios y solo el 2% se recicla. A partir de esto, dicho estudio plantea como una opción de emprendimiento crear una empresa que se dedique al reciclaje de PET.

En un artículo publicado en la web de RPP NOTICIAS, el 02 de octubre de 2018, se hace mención a la empresa PAMOLSA, situada en la provincia del Callao, el Gerente General de esta empresa señala: "Los pequeños acopiadores van a unos acopiadores medianos, y luego estos medianos van a unas más grandes, quienes hacen un tema de segregación y nos lo entregan a nosotros"; dicha empresa procesa hasta 220 toneladas de PET al mes.

Un estudio realizado por IPES en el año 2002, citado en la Guía Nacional para la Implementación de Bolsas de Residuos, muestra que en Lima metropolitana existen cerca de 250 empresas dedicadas a la recuperación de residuos sólidos de las cuales 105 se dedican a metales; 68 a papel y cartón; 52 a materiales plásticos, 13 a vidrios y 11 a residuos textiles, red RRSS. Ministerio del Ambiente (2020).

Teniendo en cuenta que el manejo de residuos sólidos es un proceso de responsabilidad compartida, de competencia municipal; se pudo constatar que existe información ambiental, así como normativa diversa sobre la trayectoria últimos años de la gestión de RRSS a cargo del estado peruano, tal como se describe a continuación:

El Informe Anual de residuos Sólidos Municipales y No Municipales, Gestión 2009; hace referencia sobre los precios de los residuos, obtenidos entre julio a diciembre de 2009, donde se puede observar que los precios de los metales fluctúan entre los 0.80 céntimos hasta los 10 soles por kilogramo, dependiendo del tipo de metal; en

segundo lugar le sigue el precio de los cartones y papel con precios de entre 0.30 a 0.50 céntimos por kilogramo, mientras que en el caso de los materiales plásticos se indican parámetros entre los 0,30 céntimos a 1.00 sol por kilogramo

Según la matriz de indicadores de brecha del sector ambiental en materia de Gestión Integral de Residuos Sólidos del Ministerio del Ambiente 2017; a nivel nacional, se tuvo una generación municipal de RRSS en el año 2014, de 7,497,482 toneladas/año; de esto 3,444,948 toneladas son dispuestas en rellenos sanitarios, mientras que unas 4,036,669 toneladas se depositan en botaderos u otros destinos; es decir que hasta ese momento se tenía un déficit para una adecuada disposición final del 53,84%; o dicho de otra manera más de la mitad de residuos sólidos van a contaminar directamente el ambiente.

Para tratar de paliar este problema, en los últimos años el estado, a través del MINAM viene implementando una serie de dispositivos orientados a “establecer derechos, obligaciones, atribuciones y responsabilidades de los gobiernos municipales y de la sociedad en su conjunto, con la finalidad garantizar una gestión y manejo de los residuos sólidos, sanitaria y ambientalmente adecuada, con sujeción a los principios de minimización, prevención de riesgos ambientales y protección de la salud y el bienestar de la persona humana” (Ley de Residuos Sólidos, Ley N° 27314 - 2004).

Lo cual implica una cadena de responsabilidades y actitudes a nivel de funcionarios municipales de las diversas áreas y principalmente con los demás actores como instituciones educativas, a través de las UGEL, Ministerio de Salud, Organizaciones de Base, empresas privadas y finalmente las asociaciones de recicladores y/o recicladores informales, que son en mayoría los que tienen mayor contacto con este problema. Además, la Norma 29419, Ley de los recicladores, en su Artículo 9°, numeral 9.1 describe la obligación de organismos como MINAM, Municipalidades, MINSA, MINEDU, ONGs, etc; a estimular el desarrollo de eventos de capacitación a recicladores.

Según el Ministerio del Ambiente, en Perú únicamente el 1.9 % se reaprovecha del total de RRSS; según el artículo publicado el 18 de mayo de 2018, día mundial del reciclaje, en 2016 se registró 7,005,576 toneladas de RRSS urbanos y de esos, el 18,7% son residuos inorgánicos reaprovecharles con potencial para generar empleo a mediante de emprendimientos innovadores con papel, cartón, PET, etc. (MINAM.gob.pe. 2017).

La Ley 28611 Ley General del Ambiente detalla los objetivos de prioridad, los lineamientos, principales contenidos y estándares de cumplimiento obligatorio. Propone la política de gobierno en lo ambiental, la misma que define a las políticas sectoriales, regionales y locales; además en el Artículo 119 se establece la responsabilidad de los gobiernos locales sobre el adecuado manejo, ya sea de origen doméstico, comercial o incluso, que siendo de distinto origen, tengan características similares a aquellos. Estableciéndose de acuerdo a la ley el régimen de gestión y manejo de RRSS. Ministerio del ambiente (2020).

Así, el 25 de diciembre de 2015, se publicaron, en el diario “El Peruano”, mediante Decreto Supremo N° 400-2015-EF; los procedimientos para el cumplimiento de metas y la asignación de los recursos del Programa de Incentivos a la mejora de la Gestión Municipal del Año 2016, habiendo destinado para este fin un monto de mil millones de soles; cuyo fin fue establecer las metas y procedimientos para de esta manera, lograr la asignación de recursos del programa de incentivos a la mejora de la gestión municipal del año 2016, denominado “Programa de Incentivos”; dirigido a facilitar las condiciones de crecimiento y la sostenibilidad del desarrollo en la economía local, tratando de dirigir el rumbo de las municipalidades hacia la mejora continua de todas las municipalidades del país; y la provisión de servicios públicos prestados por los gobiernos locales, los mismos que son descritos en la Ley N° 27972, Ley Orgánica de Municipalidades (Diario El Peruano 2015).

También, se dio a conocer la guía para apoyar el cumplimiento de dicha Meta, la denominada “Meta 36”: “Implementar la Disposición Final Segura de Residuos Sólidos Recolectados por el Servicio Municipal de Limpieza Pública”. En este documento se consideró entre las principales actividades a cumplir dentro del área urbana del distrital con un EC-RRSS, como N° 2; contar con un PIGARS, como

actividad N°3 y el diseño de un Plan de Segregación en la Fuente y Recolección Selectiva, como actividad N°4. (MEF, 2016).

De igual forma, para el año 2017, el estado designó un monto equivalente al del año anterior (mil millones de soles), en el mismo Plan para Mejorar la Gestión Municipal; mediante Decreto Supremo N° 397-2016-EF, publicado en el diario “El Peruano” del 29 de diciembre 2016; se lanzó la denominada Meta 17: “Implementación de un Sistema Integrado de Manejo de Residuos Sólidos Municipales”, donde, menciona el de lograr mejorar la prestación de servicios públicos prestados por las municipalidades en el marco de la Ley N° 27972, Ley Orgánica de Municipalidades. (Diario El Peruano, 2016).

Asimismo, el Decreto Legislativo N° 1278, Ley de gestión integral de residuos sólidos y su respectivo Reglamento, dado por Decreto Supremo N° 014 – 2017 – MINAM; establecen claros mecanismos de responsabilidad compartida entre los gobiernos municipales y la comunidad para lograr la maximización constante del uso de materiales y el aseguramiento del manejo adecuado de los residuos, teniendo como fin la prevenir y asimismo minimizar éstos en su origen, antes que considerar cualquier otra opción. Y en luego lograr recuperarlos como desecho y aprovecharlos ya sea en forma material o energética.

Todas estas acciones se fueron desarrollando en un contexto de transición normativa que data desde el 21 de julio el año 2000, cuando se promulga la Ley N° 27314 Ley General de Residuos sólidos, cuyo reglamento se publicó recién el 18/06/2004, mediante Decreto Supremo N° 057-2004-PCM, en esta norma tuvo por objetivo, el de un mecanismo de responsabilidad que fuera compartida entre el estado y la sociedad en su conjunto, para asegurar el manejo de los RRSS de manera sanitaria y adecuada para el ambiente, sujetos en todo momento a minimizar, prevenir los riesgos ambientales y proteger la salud y el bienestar de la persona humana”; sin embargo, a lo largo de 13 años esta Ley fue modificada en diversas oportunidades, tratando de ajustar su contenido al cumplimiento de los lineamientos que la definieron; dirigiendo su aplicación principalmente; todas las etapas en la gestión y manejo de RRSS, desde el inicio de este proceso, donde se da la generación hasta la parte final donde se tiene que depositar de manera

adecuada en su fase final, además de incluir los diferentes sectores sociales generadores de residuos. Diario (El Peruano, 2016).

Paralelamente a este proceso se buscó dar una solución más acertada, que pudiera operativizar de manera efectiva los aspectos que definieron a la Ley 27314 Ley General de Residuos Sólidos, dando énfasis en minimizar la generación, prevenir la posibilidad de que se presenten riesgos para el ambiente y proteger la salud y el bienestar de las personas.

Es así, con el 23/12/2016, se aprobó el Decreto Legislativo N° 1278, Ley de Gestión Integral de Residuos Sólidos, en el contexto de las atribuciones conferidas por el congreso al poder ejecutivo mediante Ley 30506 para que pueda legislar por un periodo de 90 días calendarios, entre otros temas, el de agua y saneamiento; de conformidad de lo dispuesto en el Artículo 104 de nuestra carta magna; y que a su vez deroga la Ley N° 27314, Ley General de Residuos, desde que entró la vigencia de su Reglamento; el cual se publicó en el diario oficial El Peruano el día 21 de diciembre de 2017, es decir, al año siguiente de la aprobación del Decreto Ley 1278 y que plantea una nueva posición frente a la problemática del buen manejo de residuos, poniendo énfasis en aprovechar al máximo el uso de los materiales y también de establecer la regulación de su gestión y el manejo de residuos y su etapa final en su disposición y por otro lado lograr que los servicios de limpieza pública sean sostenibles. (Diario El Peruano, 2017).

También, se publicó una guía para hacer posible el cumplimiento de esta meta, proponiendo para esto, entre sus principales actividades, las de: Implementación del Plan Ambiental de Gestión Integral de Residuos Sólidos (actividad N° 3) y Segregación en la Fuente (actividad N° 4); esta última con especificaciones que consideran aspectos de inclusión de recicladores, los que tienen que estar previamente formalizados, así como de que éstos, una vez que ya estén debidamente incluidos deban encargarse también de alcanzar reportes de las cantidades de residuos recuperados. Así también dentro de las actividades que se consideraban estaba la de identificar diferentes áreas para implementar espacios para almacenar residuos inorgánicos reciclables. Guía para el Cumplimiento de la Meta 17 Versión 2 (MEF, 2017).

De acuerdo a los datos encontrados en el último censo 2017 del INEI, para el año 2015, un total de 126, de los 127 municipios de la región Cajamarca, declararon información sobre el destino final de los residuos sólidos recolectados de éstas 91 señalan que disponen sus residuos a cielo abierto en botaderos y que un total de 21 aceptan que sus residuos son quemados. (Censo INEI, 2017, p.29).

En cuanto a las características técnicas del PET, analizadas desde sus propiedades como material, resultan siendo muy variadas, teniendo principalmente las siguientes, para su consideración.

En cuanto a sus propiedades físicas, de manera particular, el Poliestireno Tereftelato (PET) o Tereftelato de Etileno; es un material termoplástico con una gran variedad de usos, el cual se obtiene cuando se realiza una reacción de policondensación del ácido Tereftálico y el Etilen Glicol, perteneciente a un grupo de materiales llamados poliésteres, de cadena cíclica o también llamada aromática; cuya densidad varía entre 1,29 y 1,4 g/cm³; con una resistencia mecánica a la compresión de 62,2 a 68,5 Mpa y resistencia mecánica a la flexión de 48,3 a 72,4 Mpa; temperatura de transición vítrea de 67,9 a 79,9 °C y una temperatura de fusión de 212 a 265°C, de resistencia a los ácidos débiles y mediana a los ácidos fuertes, lo mismo que a los álcalis; media a los disolventes orgánicos y resistencia frente a la oxidación a 500°C es muy pobre, resistencia media a la radiación ultravioleta y muy buena tolerancia con agua dulce y también salada.

Así que, gracias a sus características, su aplicación en la industria es muy amplia y se emplea en la fabricación de múltiples artículos como: botellas, bases para las antenas, entre una multiplicidad de objetos que son útiles en la casa, en la construcción y un sin número de actividades cotidianas en los cuales sin darnos cuenta tomamos contacto, etc. (CME Materials, 2020) Universitat de Barcelona.

Pues bien, así como se han mencionado algunas de las principales características físicas y de uso a nivel industrial del PET; es justamente debido a éstas, que a nivel ambiental dichas características, como desecho, deben ser analizadas, pues pueden tener significativos impactos para la salud, el paisaje, el equilibrio de diversos ecosistemas, si no se manejan adecuadamente, ya que tiene mucha estabilidad en el ambiente.

Solo a nivel de Lima y Callao se producen unas 430 toneladas de botellas de bebidas de plástico PET recicladas al mes; así, una de las dos fábricas que existen en Perú para poder transformar nuevas botellas a partir de botellas recicladas de PET es la empresa San Miguel Industrias PET, con una capacidad para procesar 1200 toneladas al mes (Diario Perú21. 2016).

Para la realización del presente trabajo se realizó una exhaustiva revisión de los instrumentos de gestión municipal, a nivel de residuos sólidos municipales, situando la atención principalmente en el EC-RRSS 2016, como fundamento de análisis del problema central y del diseño de una alternativa de solución para elaborar un plan de gestión de residuos sólidos para el PET en la ciudad de Bambamarca, ejecutando luego un piloto de prueba para verificar la viabilidad, habiendo llegado a la conclusión de que desde todo punto de vista, es viable la aplicación de la estrategia planteada, recomendando que hay muchas iniciativas de este tipo que se pueden implementar, siempre y cuando se tenga el apoyo de las municipalidades para mantener la articulación y acompañamiento técnico de las organizaciones de recicladores; así como también hace falta estimular a los estudiantes de Ingeniería ambiental de las universidades a ahondar sobre esta problemática tan grande como diversa.

III. METODOLOGÍA

3.1 Tipo y diseño de investigación

Desde un punto de vista metodológico, el presente trabajo tiene una aproximación a la realidad de tipo cualitativo, entendiendo por este término, el “estudio de la gente a partir de lo que dicen y hacen las personas en el escenario social y cultural”. Por ello cuando preguntamos qué es lo que la investigación cualitativa busca, podemos decir, que es el de proporcionar una forma de investigación que permita comprender el complejo mundo de la experiencia vivida desde el punto de vista de las personas que la viven (Taylor y Bogdan, 1984), citado por cualitativowww.ujaen.es (2020).

Por otro lado, tiene un diseño basado en el análisis documental; Además para el presente caso debe señalarse que se trata de un trabajo con un enfoque de investigación aplicada, ya que está enfocado no a la generación de conocimiento sino a la aplicación del mismo para dar, en este caso, una alternativa de solución a un problema socio – ambiental. Sin embargo, cabe señalar que la investigación aplicada nos puede conducir a conocimientos científicos básicos importantes. Revista de la Sociedad Química del Perú (2010).

3.2 Categorías, sub categorías y matriz de categorización

Para el caso del presente estudio, el cual no tiene por objeto la manipulación de variables, dado que es de tipo cualitativo enfocado en la revisión documental y de investigación aplicada, centrando su fundamentación en la revisión de documentos normativos, aspectos técnicos e instrumentos de gestión municipal de residuos sólidos.

3.3 Escenario de estudio

Espacialmente, la provincia de Hualgayoc se encuentra ubicada en las coordenadas UTM: 774277, 9260988; formando parte de la Cuenca del Río Llaucano y el Chancay. Cuenta con una superficie de 777.15 Km² y con una densidad poblacional de 121.1 Hab/Km².

Limites:

- Norte: Con la Provincia de Chota.
- Sur: Con la Provincia de Cajamarca.
- Este: Con la Provincia de Celendín.
- Oeste: Con la Provincia de Santa Cruz.

La ciudad de Bambamarca forma parte de la jurisdicción de la provincia de Hualgayoc, está ubicada en la parte centro del departamento de Cajamarca; tiene como capital a la ciudad de Bambamarca, importante centro económico de acopio y comercialización de diferentes productos, hacia y desde las comunidades aledañas; constituyendo una ruta comercial obligatoria entre Chota, Cajamarca y Chiclayo. Además, la municipalidad de Hualgayoc – Bambamarca es una de las beneficiarias de un significativo canon minero ya que está rodeada de importantes proyectos de extracción aurífera, lo que implica una intensa actividad comercial.

Estos aspectos implican que también existan abismos sociales en cuanto al desarrollo social y económico, ya que no toda la población recibe por igual los beneficios de este crecimiento; existiendo sectores de población donde la pobreza es bastante evidente, teniendo en algunos casos, que hay mucha gente que dadas las circunstancias de sus magros recursos económicos no han tenido otra opción que verse obligados a buscar sustento en las calles a través de la recuperación de materiales reciclables directamente de los contenedores o incluso de los montículos de residuos que dejan los comerciantes apostados en las inmediaciones del mercado municipal.

Así, presente trabajo se desarrolló específicamente dentro del espacio urbano que es atendido a través del servicio de limpieza pública de la Municipalidad de Bambamarca, para lo cual se utilizó como ayuda el plano catastral actualizado, facilitado por la oficina de catastro urbano de dicha municipalidad.

3.4 Participantes

Durante la ejecución del presente trabajo se consideró la participación coordinada de los trabajadores de limpieza de la ciudad de Bambamarca, quienes fueron un importante apoyo para la articulación con los recicladores; así también se contó con la participación de los recicladores para la ejecución de la propuesta de gestión sobre el PET.

3.5 Técnicas e instrumentos de recolección de datos

Para llevar a cabo la ejecución de la presente tesis, se tuvo como eje central la revisión documental, por lo cual las unidades de análisis fueron las fuentes bibliográficas, debidamente validadas por las instituciones de origen, en las cuales se fundamentan las acciones o estrategias que conforman la alternativa de solución denominada “Plan de Gestión de Residuos Sólidos para el Poliestireno Tereftalato, en la ciudad de Bambamarca 2017”.

3.6 Procedimiento

Para hacer posible la realización del presente trabajo se hizo la verificación de documentación existentes en la municipalidad Bambamarca, con la finalidad de establecer el estado del arte, con relación al manejo de los residuos sólidos en esta institución; paralelamente se hizo un levantamiento de otras fuentes como por ejemplo, normas legales, artículos y publicaciones de otras experiencias realizadas en calidad de tesis o trabajos similares, extrayendo información que pudiera nutrir la elaboración de la presente propuesta.

Asimismo, se verificó in situ la realidad situacional sobre el manejo de residuos sólidos en esta ciudad, para luego proceder a realizar coordinaciones tanto con funcionarios como trabajadores de limpieza, para establecer contacto con los principales recicladores de esta ciudad e invitarlos a una reunión informativa y realizar un piloto sobre la recolección en fuente de PET y su transformación en artículos de limpieza.

3.7 Rigor científico

Para la ejecución de la presente tesis, se consideró las coordinaciones y autorizaciones respectivas por la Gerencia del Ambiente y Saneamiento de la Municipalidad Provincial de Hualgayoc – Bambamarca, así como de la autorización de una asociación de recicladores de esta ciudad, quienes fueron previamente convocados, sensibilizados y capacitados; además de las evidencias fotográficas que son parte del anexo del presente trabajo.

3.8 Método de análisis de datos

Tratándose de un estudio de investigación aplicada basado en la fundamentación de tipo documental, no se aplicó un modelamiento estadístico basado en la manipulación de variables; sino más bien se pretendió plasmar en la práctica la utilización de ciertos conocimientos tecnológicos para la construcción de una alternativa de gestión para el PET, que signifique una opción sostenible a nivel social y ambiental.

Para esto se ahondó en la revisión de los resultados arrojados en el respectivo EC-RRSS de la ciudad de Bambamarca 2016; como punto de partida y fundamento de acciones planteadas.

3.9 Aspectos éticos.

Principio de beneficencia: Uno de los aspectos primordiales en los cuales se basa el presente trabajo es el de lograr un beneficio significativo en las condiciones de vida de los trabajadores recicladores y de los pobladores de la ciudad de Bambamarca, buscando en todo momento el acceso a la igualdad de oportunidades en un contexto de inclusión social, reflejado en un impacto positivo de la gestión ambiental y de la salud.

Principio de no maleficencia: A su vez, el presente estudio busca evitar generar el mínimo daño tanto a los participantes como al ambiente mismo, de manera que las acciones previstas se encuentren completamente controladas.

Principio de autonomía: Bajo la aplicación de este principio se buscó tener el consentimiento informado, comprensivo, competente y voluntario de los participantes con la finalidad de obtener los mejores resultados y el empoderamiento de ellos.

Principio de justicia: Tanto a nivel individual como comunitario, el presente trabajo se dirige a que los beneficios que genere puedan alcanzar a la mayor cantidad de personas.

Descripción del Plan de Gestión de Residuos Sólidos para el Poliestireno Tereftelato en la ciudad de Bambamarca.

- **Consideraciones Generales.** La municipalidad de Bambamarca, mediante la Gerencia del Ambiente y Saneamiento viene implementando una serie de medidas orientadas a elevar la calidad en el manejo de sus residuos sólidos, dentro del ámbito de su jurisdicción; con este objeto, durante el año 2016 se logró realizar la actualización de su EC-RRSS, esto, con miras a establecer mecanismos a nivel operativo de prevención, minimización y reaprovechamiento de residuos; lo cual resulta siendo una urgencia, dada la realidad problemática en cuanto a este aspecto, principalmente por un creciente movimiento de la actividad comercial y la insuficiente disponibilidad de espacio para realizar la disposición final de estos residuos.

- Por otro lado, cabe señalar que la Municipalidad Provincial de Hualgayoc - Bambamarca, realiza estas acciones a través de la Unidad de Residuos Sólidos, dependiente de la Sub Gerencia de Medioambiente adscrita a la mencionada Gerencia.

En cuanto a maquinaria y equipos, la Unidad de Residuos Sólidos tiene a disposición dos compactadores de 8 metros cúbicos de capacidad, un compactador de 12 metros cúbicos de capacidad y un camión volquete de 15 metros cúbicos de capacidad, ambos administrados por el área de maquinaria y equipos. Además de dos motos lineales y tres motos cargueras. Además, cabe señalar que cuenta con un número de 35 trabajadores de barrido y recolección que laboran en 3 turnos por día, dando cobertura al

cien por ciento de la ciudad de manera diaria. Recolectando un total de 10.467 toneladas diarias de residuos sólidos. ECRRSS - Bambamarca (2016).

- A continuación, se puede visualizar un esquema sobre el mapa que describe el proceso que sigue el manejo de residuos municipales en la ciudad de Bambamarca.

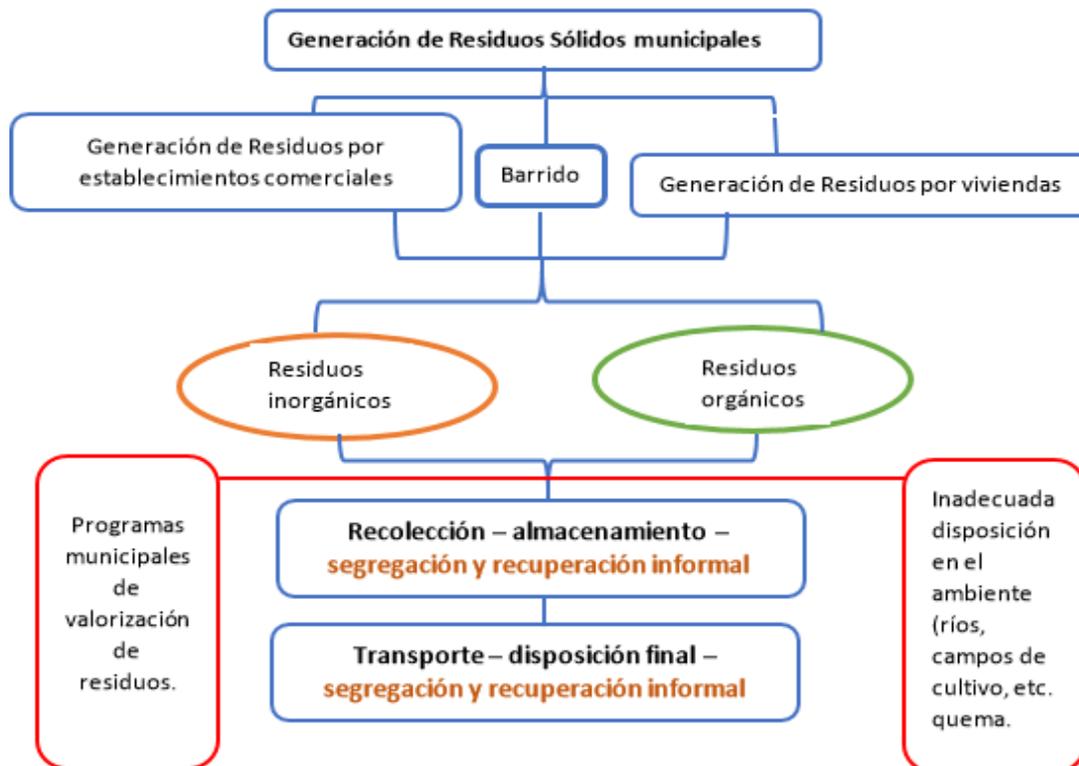


Figura 01. Mapa de proceso del sistema de gestión de residuos sólidos municipales de la ciudad de Bambamarca 2017.

Fuente: Elaboración propia

Como se muestra en la figura 01, en el manejo de los residuos sólidos tiene tres niveles de generación importantes, los establecimientos comerciales tanto formales como de comercio ambulatorio, las viviendas y en este caso y de manera particular en el barrido, donde existe una forma de disposición irregular de residuos sólidos en diferentes espacios y vías públicas.

En este proceso los residuos tanto orgánicos como inorgánicos van a parar a dispositivos de almacenamiento temporal dispuestos en algunos lugares, anteriormente identificados como puntos críticos, por parte de los vecinos y algunos comerciantes y es a partir de las 6 a 7 de la noche donde se desarrolla principalmente la actividad de los recuperadores o recicladores, quienes de manera informal e inadecuada realizan sus actividades, expuestos a los residuos ya contaminados (como se muestra en la figura, en color rojo, a este nivel se sitúan los puntos críticos del proceso), sin embargo existe una pequeña proporción de recicladores que busca recuperar ciertos envases de bebidas en la misma fuente, con la finalidad de obtenerlos sin mayor deterioro, para volverlos a vender como envases para aguardiente, chicha de jora o miel de caña.

En la plaza de armas de la ciudad de Bambamarca, existen contenedores educativos identificados con el respectivo código de colores y rótulos de identificación para una adecuada disposición de residuos por parte de la población, sin embargo, éstos son utilizados indistintamente a falta de educación y conciencia ambiental.

Luego todos estos residuos son recolectados por medio de dos motos cargueras y dos compactadoras, tanto de los puntos de acopio como de las aproximadamente 32 papeleras ubicadas en las áreas verdes de la ciudad; para finalmente ser todos estos residuos conducidos a un botadero situado a unos 15 minutos al este de la ciudad de Bambamarca en un terreno privado de la comunidad denominada Maihuás, donde a común acuerdo el propietario de dicho predio accedió a disponer residuos a cambio de que le permitan realizar la recuperación de materiales reciclables para generar ingresos con su venta.

Para hacer realidad la presente propuesta se consideraron los siguientes aspectos:

Tiempo estimado de ejecución : 5 meses

Grupo de trabajo : asociación de recicladores

Tipo de residuo a trabajar : Poliestireno Tereftalato

Promedio de PET por día : 8.6 KG

- Marco legal: El presente trabajo ha sido fundamentado teniendo en cuenta el marco normativo vigente.
- Metodología de trabajo. Coordinaciones preliminares: Para hacer posible la realización del piloto, se vio necesario el apoyo del personal de la gerencia del ambiente y saneamiento, quienes facilitaron la socialización del plan para el establecimiento de contacto con los recicladores, coordinación, capacitación y sensibilización y el apoyo con movilidad (moto carguera), para el recojo y traslado del PET recuperado hasta el almacén de la asociación.

Acondicionamiento del centro de operaciones. Gracias a la voluntad de los miembros de la asociación se logró habilitar el centro de operaciones en el primer piso de una vivienda, donde se acondicionó un espacio para la recepción, pesaje y almacenado de PET.

A partir de allí se procedió a realizar la construcción de herramientas de corte, hilado y templado, así como la preparación de cabezales para la fabricación de escobas como se ilustra en el anexo fotográfico correspondiente.

Finalmente se procedió a realizar la ejecución del plan, para esto se realizó la recolección del PET en estado de desecho, de preferencia en la fuente, para evitar contaminación y deterioro de los envases, registrándose de manera diaria y semanal los pesos durante 3 meses para tener un estimado más cercano sobre la cantidad disponible de este material.

En la figura 02 se presenta el mapa de proceso para la ejecución del piloto, para la fabricación de escobas con fibra de PET recuperado.

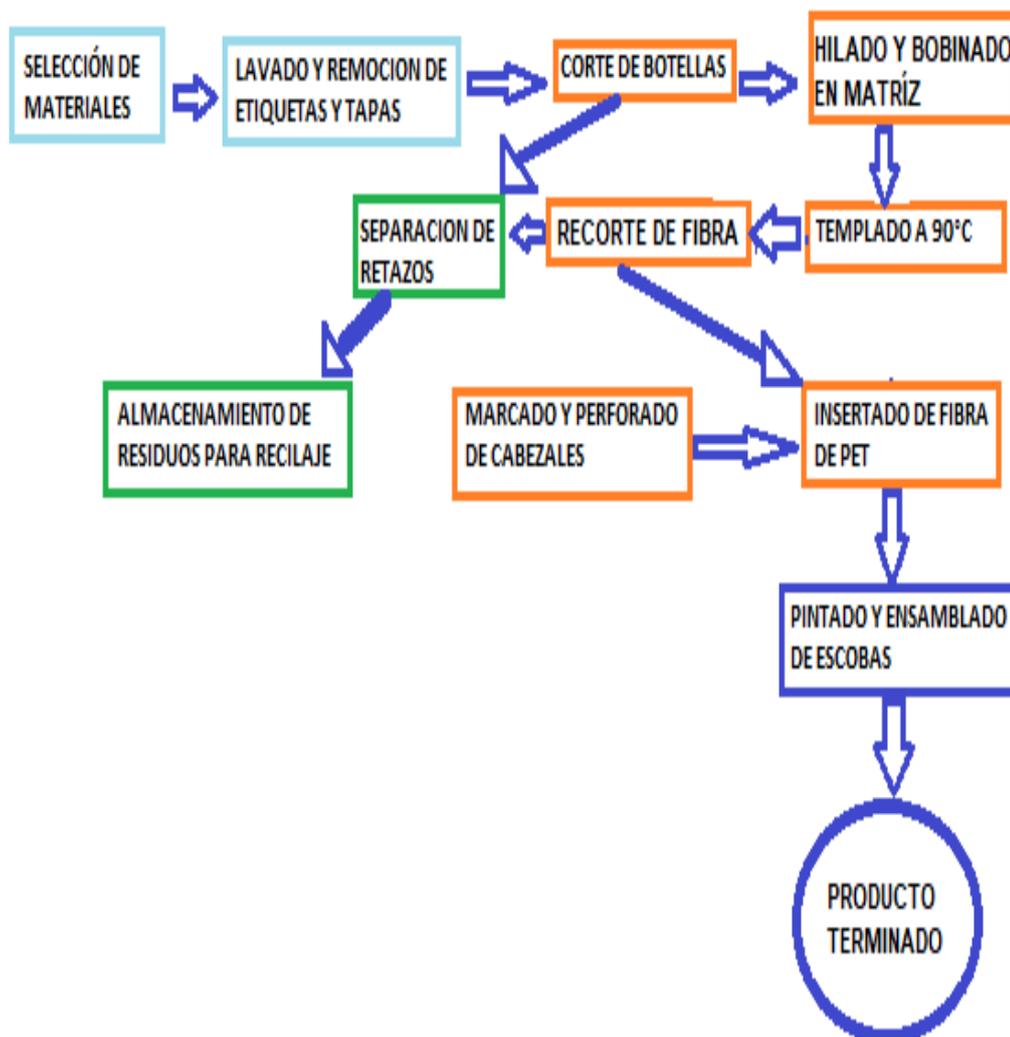


Figura 02. Mapa de proceso para la fabricación de escobas con fibra de PET

Fuente: Elaboración propia

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Como producto de la realización del presente estudio, se pudo obtener información relevante para retroalimentar la propuesta de gestión para el PET como desecho, planteada como idea central del presente trabajo, la misma que se desarrolla a continuación:

De acuerdo al EC-RRSS 2016, debemos analizar algunas consideraciones:

En primer lugar, que este documento, constituye un instrumento directriz para la fundamentación los criterios de mejora o modificación en los diferentes aspectos que definen un PIGARS de una municipalidad, (circuito de recolección, frecuencia, sectorización, ubicación de medios de almacenamiento temporal, cantidad de trabajadores, tecnologías, etc); los mismos que permitirán aplicar un criterio de mejora para el proceso de gestión de residuos sólidos. Además, es oportuno precisar que este instrumento se encuentra validado por el MINAM, por lo que la metodología empleada para la obtención de resultados resulta siendo confiable.

A partir de ello, se tiene una clasificación en donde se identifica de manera específica al PET, que considera aquellos residuos conformados por botellas de bebidas gaseosas y aceites; lo cual denota la importancia de este material como uno de los desechos destacados por su importancia no solo ambiental sino también con un gran potencial, como lo demuestran varios trabajos de investigación a nivel de América latina, como lo manifestado por JO Mujica et all (2017).

Sin embargo estos trabajos solo enfocan el negocio de PET desde la perspectiva de su recuperación y venta, pero en concordancia con lo que manifiesta la revista CME (2020) en “cuanto a sus propiedades físicas, de manera particular, el Poliestireno Tereftelato (PET) o Tereftelato de Etileno; es un material termoplástico con una gran variedad de usos”; a esto cabe sumarle que es un material sorprendente, ya que mantiene sus propiedades físicas en estado de desecho, incluso después de mantenerse por varios meses a la intemperie.

Otro dato importante que arroja este EC-RRSS 2016, de la ciudad de Bambamarca, es el testimonio de las personas encuestadas sobre; el tipo de residuos que más desecha, destacando entre otros un 8.33% que declara que los residuos que más desechan estarían compuestos por materiales plásticos, pero si como menciona Mansilla et all (2009), el 65% de todos los envases de gaseosa son PET, y a esto se añade que en concordancia con lo manifestado por la Agencia Peruana de Noticias ANDINA (2014), el consumo de bebidas gaseosas es de 35 litros por cada persona en provincias, que hay que pensar cuanto de estos envases van a parar a los residuos sólidos cada año.

El detalle social de esta realidad en la ciudad de Bambamarca se evidencia en la figura 03.

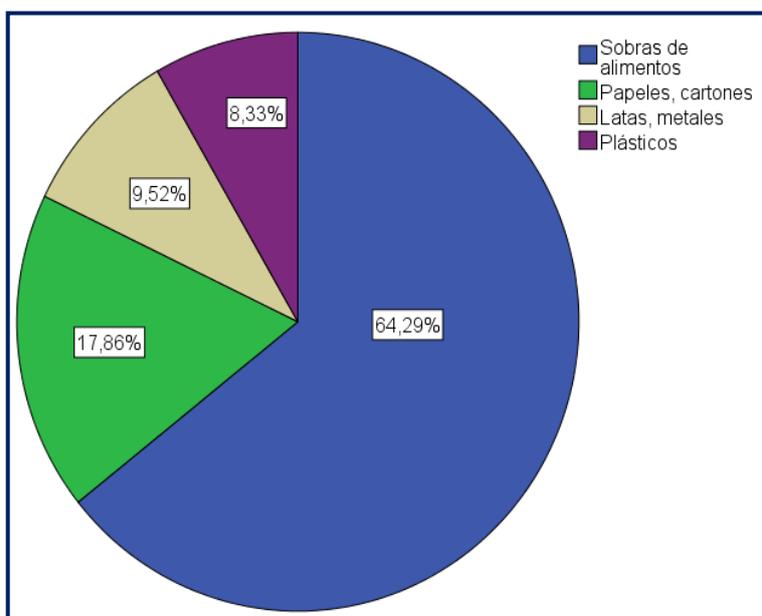


Figura 03. Residuos que más se desechan al tacho de RRSS.

Fuente: Estudio de Caracterización de RRRSS Bambamarca 2016.

En la figura 04 se puede mostrar las prácticas de la población, con respecto al aprovechamiento de las botellas de plástico. El 76.67% de los encuestados declaró arrojar al tacho de la basura dicho material, siendo éste un claro indicador del desconocimiento a cerca de las cualidades de este material y su potencial económico, además de denotarse un bajo del nivel de conciencia ambiental en la población en general, mientras que un 11.67 y un 10% que dice venderlas; aquí cabe citar algunos aspectos básicos sobre las propiedades físicas del PET, publicados en la revista CME Materiales (2020), como son; su densidad, la cual varía entre 1.29 a 1.4 g/cm³ su gran resistencia mecánica a la compresión de entre 62.2 a 68.5 MPa; gran tolerancia a los ácidos débiles y media con los ácidos fuertes, y también la resistencia a la oxidación y a los rayos ultravioleta, agua dulce y salada, entre otros; es decir, que el PET como desecho es un verdadero desastre ambiental, considerando que este material estará sometido a todas estas pruebas una vez dentro de los residuos.

La realidad se puede evidenciar en la figura 04.

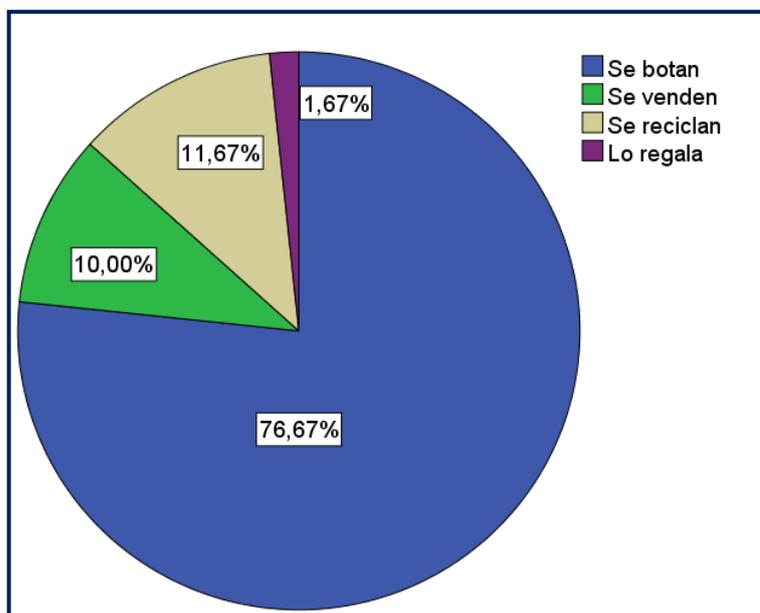


Figura 04. Reaprovechamiento de las botellas de plástico.

Fuente: Estudio de Caracterización de RRRSS Bambamarca 2016.

Otro de los aspectos que resaltan en este estudio realizado en 2016 es lo relacionado con la segregación de sus residuos en la fuente, el 85.71% de la población encuestada no realiza separación alguna de sus residuos, por lo que ese 8.33% de plásticos que estos mismos manifiestan eliminar, lo harían mezclados con otros tipos de residuos, generando un gran impacto sobre su gestión.

Con respecto a la pregunta de ¿Por qué no segregan sus residuos? El 40.85% de encuestados contestó que no lo hacen porque no tienen tiempo y un 7.04% manifestó que se debe a la falta de costumbre, lo cual se puede interpretar como que estas personas no segregan sus residuos por considerar que es una actividad que no es importante para dedicarle una fracción de su tiempo a realizarlo y el otro 7.04% que dice no hacerlo por costumbre, deja ver que hay también un vacío en aspectos de educación ambiental.

El detalle se evidencia en la figura 05 siguiente.

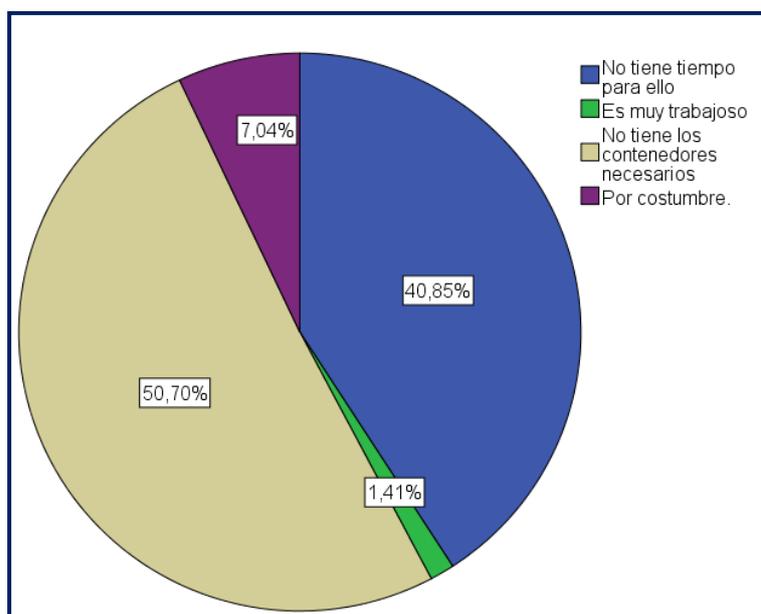


Figura 05. Respuestas de las viviendas del porque no segregan.

Fuente: Estudio de Caracterización de RRRSS Bambamarca 2016.

En cuanto la pregunta de ¿cuán informada está la población sobre el adecuado manejo de sus residuos sólidos?, el 79.76% declaró no tener conocimiento suficiente sobre este punto, haciendo necesario el desarrollo de estrategias educativas y de emprendimiento, con la finalidad de generar consciencia ambiental en la población y disminuir los volúmenes de residuos sólidos que van a parar a la disposición final municipal o directamente al ambiente.

Los datos mencionados se muestran en la figura 06.

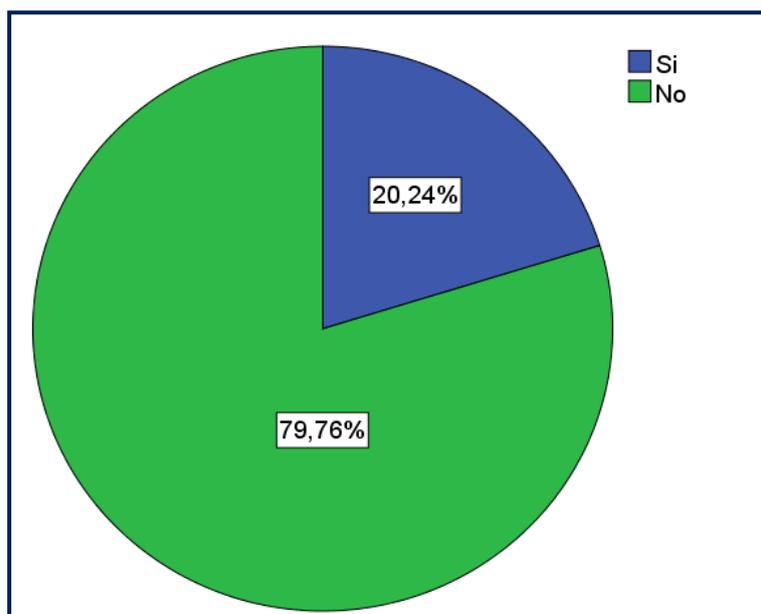


Figura 06. Población informada sobre el manejo adecuado de los RRSS.

Fuente: Estudio de Caracterización de RRRSS Bambamarca 2016.

En lo referido a la generación individual de residuos sólidos municipales, el EC-RRSS 2016 menciona una generación de 0,319 Kg/hab/día; cifra que multiplicada por el número de habitantes de la ciudad de Bambamarca que son 22675, nos da un total de 7.242 T/día de residuos sólidos. Como se puede observar en la tabla 01.

Tabla 01. Generación de residuos sólidos domiciliarios en la ciudad de Bambamarca

Población (hab)	GPC (Kg/hab/día)	Generación total			
		(Kg/día)	(T/día)	(T/mes)	(T/año)
22675	0.319	7241.948	7.242	217.258	2643.311

Fuente: Estudio de Caracterización de RRRSS Bambamarca 2016.

Teniendo en cuenta que la ciudad de Bambamarca genera, según su EC-RRSS 2016, un total de 7.242 toneladas por día, hay que tener en cuenta que si llevamos esta cifra en términos de volumen, esto significa que tendremos por lo menos unos 9.9 metros cúbicos de residuos de los cuales su índice de compactación puede ser variable, gracias a sus propiedades mecánicas, “resistencia mecánica a la compresión de 62,2 a 68,5 Mpa y resistencia mecánica a la flexión de 48,3 a 72,4 Mpa”; como manifiesta CME Materials (2020).

Otro dato interesante mostrado en este EC-RRSS 2016, es la densidad de los residuos sólidos municipales, según se muestra, se puede observar que se tiene un grado de compactación de 1,37 Kg/m³, siendo su densidad suelta de 113.04 y su densidad compactada de 155.07 Kg/m³. Lo cual nos hace pensar en que existen algunos componentes existentes en los residuos sólidos que estarían influyendo significativamente en este aspecto y que podría tener correlación con la presencia de PET, ya que es un material de baja densidad y por su presentación (en botellas), resulta poco compresible, cuando está mezclado con otros residuos.

En la tabla 02 se puede observar lo mencionado.

Tabla 02. *Densidad suelta y compactada de residuos sólidos domiciliarios*

Densidad de Residuos Sólidos Domiciliarios	Kg/m³
Densidad Suelta	113.04
Densidad Compactada	155.07
Grado de compactación de residuos sólidos	1.37

Fuente: Estudio de Caracterización de RRRSS Bambamarca 2016.

La composición porcentual de los residuos de la ciudad de Bambamarca denota de manera clara la presencia importante de PET con un 2,15% del total de residuos, es decir que, de las 7.242 toneladas diarias, unos 155.7 kg corresponden a PET; como se muestra en la figura 07

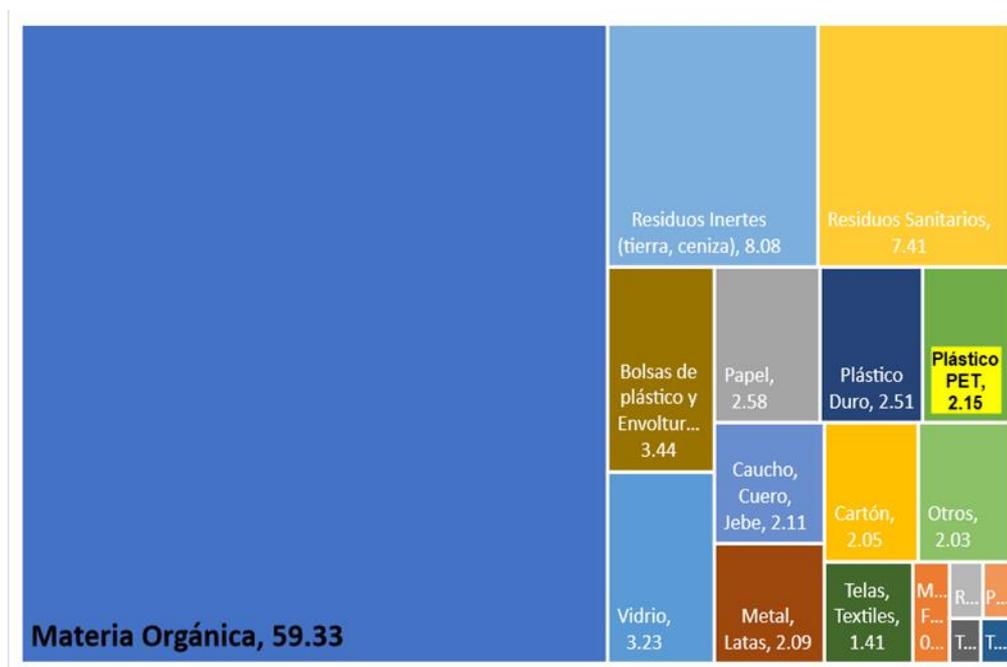


Figura 07. Composición porcentual de residuos domiciliarios obtenidos en el EC-RRSS 2016 Bambamarca.

Fuente: EC-RRSS 2016 Bambamarca.

4.1 Resultados obtenidos en la aplicación del plan piloto.

A continuación, se pueden mostrar los resultados obtenidos durante la ejecución de dicho piloto, con la intención de analizar las dos realidades, lo cual se muestra a continuación.

Tabla 03. Cantidades de PET recuperados durante ejecución del plan piloto en la ciudad de Bambamarca.

Semana	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	Promedio
Peso kg	44	45	37	48	45	47	43	47	46	48	45	47	45.17
Acumulado		174				182				186			180.67
Total							542						

Fuente: Elaboración propia.

La ejecución del presente plan a manera de piloto, permitió conocer las cantidades de PET aptas para su procesamiento que se podían recuperar en fuente y de esta manera conocer en términos reales sobre el potencial de este material a ser valorizado; como se muestra en la presente tabla se tiene un promedio semanal de 45.17 Kg. y un promedio mensual de 180 Kg.

Este resultado es muy importante porque nos muestra que con la implementación de un plan piloto municipal, en donde se llegaran a recolectar en la fuente, cantidades similares a lo manifestado en el presente estudio; y teniendo en cuenta que para construir una escoba para barrido de tipo industrial, se requiere de un promedio de 180 a gramos de botellas de PET; podemos decir que fácilmente se podrían fabricar unas 1000 escobas de este tipo al mes, con una utilidad estimada de 25.00 soles por unidad, como se muestra más adelante

Otro aspecto importante que vale destacar como producto de la ejecución de este estudio es que se pudo constatar la viabilidad de realizar la transformación de PET de estado de desecho a un nuevo producto, con buenas características de calidad, utilizando y adaptando tecnología sencilla; basada en características físicas de este material y en la construcción de herramientas caseras de fácil obtención o construcción y bajo precio.

4.2 Análisis económico de la actividad del reciclaje en la ciudad de Bambamarca.

En la ciudad de Bambamarca, la actividad de reciclaje o mejor dicho de recuperación de materiales reciclables se circunscribe, principalmente, a los residuos de carácter inorgánico; especialmente metales que son los que tienen mayor valor de venta, seguidos de papel y cartón y luego los plásticos, que mayormente son recuperados de los contenedores de residuos, vías públicas y del mismo lugar de disposición final, estos son luego comercializados al peso por algunos acopiadores intermediarios, quienes llevan dichos residuos a ciudades como Chiclayo y Trujillo, según informan los recuperadores.

Los precios de estos materiales generalmente no sufren variaciones significativas de precios a excepción de los plásticos como el PET, ya que a veces son comprados a los recuperadores en un promedio de treinta céntimos y ocasionalmente se alcanzan picos de hasta en cincuenta céntimos de sol.

Normalmente los precios por kilogramo de residuos que se manejan en la ciudad de Bambamarca están dentro de los promedios que se manejan a nivel de la ciudad capital, Lima, lugar a donde se moviliza el mayor volumen de materiales recuperados tanto para su procesamiento o su exportación; y son como se devala en la tabla 04.

Tabla 04. *Detalle comparativo de precios por Kg de residuos en Bambamarca.*

Comparativo de precios de residuos en soles		
Categoría de residuo	Bambamarca	Lima
Plásticos en general	0,40	0,60 -2,70
PET lavado, picado, clasificado por color	0,40	7,0
Papel y Cartón (color, blanco y mixto)	0,30	0,13 -0,87
Metales (Al, Cu, Fe, Pb, Bronce).	0,60	0,80 - 13,0

Fuente: Elaboración propia.

Como se muestra, para el PET en la ciudad de Bambamarca, no importa realmente si los recuperadores pueden añadir algunas operaciones al proceso para mejorar la presentación (lavado, clasificado, picado), y así aumentar sus ingresos; ya que los acopiadores intermediarios compran estos residuos al mismo precio, independientemente de ello, advirtiéndose que, a nivel de la ciudad de Lima, en el caso del PET, existe una variación significativa de precio con respecto a su presentación.

A continuación, se muestra un análisis de estimación de los costos de producción y utilidad que se tendría en el aprovechamiento del PET, mediante su transformación.

Tabla 05. *Estimación de los costos de producción y utilidad en el aprovechamiento de PET en la ciudad de Bambamarca 2017.*

Estimación de costos de producción y utilidad para 100 escobas de PET para barrido industrial				
Tarea	Unidad med	Cant	Costo	Sub total
Selección y preparación de materiales (selección, lavado, hilado, templado y corte)	jornal	3	30.00	90.00
Mercado de cabezales, perforación, embutido de cerda, razado, armado y pintado.	jornal	20	30.00	600.00
Electricidad	Kw/hora	2	27.11	54.22
PET	KG	10	1.00	10.00
Cabezales de madera habilitados	Pie3	11.3	1.80	20.34
Herramientas	glb	1	10.00	10.00
Movilidad	glb	1	20.00	20.00
Almacenamiento	glb	1	20.00	20.00
				824.56
Imprevistos	glb	1	0.05	41.23
SUNAT	IGV	1	0.18	148.42
			Costo Total	1014.21
			Costo Unit	10.14
			Precio Unit	25.00
			Utilidad Unit	14.86
			Utilidad Total	1485.79

Fuente: Elaboración propia.

En la tabla 05. Se puede observar, en base a una estimación aproximada, el impacto social (fuentes de trabajo); económico (generación de ingresos económicos) y ambiental (minimización y valorización de residuos de PET), que tiene el presente Plan, siendo en todo momento orientado hacia la sostenibilidad y mejorar las condiciones de vida los pobladores y de alguna forma lograr algo de inclusión social.

V. CONCLUSIONES

Las conclusiones a las que se arribó con la ejecución del presente trabajo de investigación son las siguientes:

- 1.** El PET como insumo en la cadena de reciclaje ofrece un gran potencial para su transformación, pudiendo obtener debido a sus características mecánicas y químicas una gran variedad de nuevos productos, a partir de envases de este material recuperados en la fuente.
- 2.** La implantación de este trabajo de investigación u otros similares, como iniciativa municipal, podría ser de muy bajo costo económico y un alto impacto social.
- 3.** Es posible desarrollar y aplicar tecnologías sencillas para lograr recuperar y aprovechar los residuos sólidos y transformarlos en oportunidades de desarrollo social, especialmente en aquellas personas que desarrollan labores de reciclaje en condiciones poco seguras para su salud y poco rentables como actividad económica.
- 4.** Si fue posible desarrollar un plan gestión de residuos sólidos para el aprovechamiento del PET, con visión sostenible, en la ciudad de Bambamarca.
- 5.** Desde la antigua norma, La Ley General de Residuos Sólidos, Ley N° 27314 y su reglamento; DS 057-2004-PCM, que data de hace unos 16 años atrás, hasta la nueva Ley de Gestión Integral de los Residuos Sólidos, los lineamientos de Política Ambiental Nacional, han sido siempre dirigidos a la mejora permanente, en búsqueda de la eficiencia en el aprovechamiento de los materiales, la prevención de impactos negativos en el ambiente y la adecuada gestión de riesgos ambientales y para la salud.
- 6.** A pesar del esfuerzo del estado en implementar mecanismos de incentivos para los municipios que demuestren una adecuada gestión de sus residuos sólidos, es realmente poco lo que se ha avanzado, debido a la falta de educación, consciencia y ciudadanía ambiental en la población.

7. Hace falta fortalecer la participación activa y articulada de instituciones educativas, institutos y universidades en la búsqueda y desarrollo de propuestas que generen cambios positivos sobre el adecuado manejo de residuos sólidos y la adopción de acciones amigables con nuestro ambiente en nuestro país.
8. Debido a las propiedades físicas, y químicas el PET resulta ser un material de mucha resistencia mecánica y alta persistencia en el ambiente, resultando ser un gran contaminante para éste, si no es gestionado adecuadamente.
9. Es necesario poner mucho énfasis en la educación ambiental, de manera articulada, interinstitucionalmente como pilar fundamental para la mejora y sostenibilidad de las acciones dirigidas mantener el equilibrio del ambiente desde el quehacer municipal.

VI. RECOMENDACIONES

Las recomendaciones para futuras investigaciones son las siguientes:

- 1.** Fomentar el campo de investigación hacia el campo de la gestión integral de los residuos porque representan un creciente problema que deteriora nuestra calidad de vida y el equilibrio ambiental poniendo en riesgo la existencia de muchas especies.
- 2.** Establecer convenios de investigación en manejo de residuos sólidos, con la mayor cantidad de municipalidades, con el fin de generar conocimiento, alternativas tecnológicas y mejoramiento de las condiciones de equilibrio del ambiente.
- 3.** Generar programas de educación ambiental como parte de una política de extensión social de la facultad de Ingeniería Ambiental, tanto a la comunidad como con instituciones educativas.
- 4.** Crear un centro de investigación para la gestión de residuos sólidos, con la finalidad de desarrollar conocimientos y tecnologías adecuadas para su adecuada gestión.
- 5.** Fomentar la participación activa de las facultades de Ingeniería Ambiental, como representantes de las universidades en las Comisiones Ambientales Municipales, como entes propositivos para la generación de políticas ambientales locales.

REFERENCIAS

Jenna R. et all (2015). Plastic waste inputs from land into the ocean. Science 13 feb 2015, vol 347, issue 6223 pag 768 – 771, DOI 10.1126/science.1260352. Disponible en: <https://science.sciencemag.org/content/347/6223/768>

Hernandez V. (2014). Costos de operación como estrategia para la recolección de residuos sólidos y sus efectos en la gestión financiera de la región Ancash. Tesis maestral Fac. Ciencias Económicas y Financieras Repositorio Académico USMP. Pag 07 Disponible en: http://www.repositorioacademico.usmp.edu.pe/bitstream/handle/usmp/1910/hernandez_cvm.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Cuarto Informe Nacional de Residuos Sólidos Municipales y no Municipales Gestión 2010 – 2011.pag 12. SINIA - MINAM (2012). Disponible en: <https://sinia.minam.gob.pe/download/file/fid/39726>

Silpa Kaza et all (2018). What a waste 2.0: A Global Snapshot of Solid Waste Management to 2050. World Bank Group. Pag 18 – 29. Disponible en: <https://datatopics.worldbank.org/what-a-waste/>

Ortega, Natalia et all (2011). El reciclaje del PET está en su mejor momento. Revista digital Tecnología del Plástico. Disponible en: <https://www.plástico.com/temas/El-reciclaje-de-PET-esta-en-su-mejor-momento+3084014>

Diario El Peruano (2020). Solo el 4% de residuos se recicla. Publicación on line disponible en: <https://elperuano.pe/noticia-solo-se-recicla-4-residuos-90236.aspx>

Ministerio del Ambiente (2020). Guía Nacional para la implementación de Bolsas de Residuos Red de residuos Pag. 20. redrrss. MINAM. Disponible en: <https://redrrss.minam.gob.pe/material/20090128192215.pdf>

Ministerio del Ambiente (2020). Sistema Nacional de Información Ambiental. Informe Anual de Residuos Sólidos Municipales y no Municipales, Gestión 2009, pag. 77. MINAM. Disponible en: <https://sinia.minam.gob.pe/sites/default/files/archivos/public/docs/2093.pdf>

Ministerio del Ambiente del Perú. Matriz de indicadores de brecha (2017). Disponible en: <http://www.minam.gob.pe/wp-content/uploads/2017/06/MATRIZ-BRECHA-INDICADOR.pdf>

Universitat de Barcelona. CME Materials (2020). Poli tereftelato de etileno. Disponible en <http://www.ub.edu/cmematerials/es/content/poli-tereftalato-de-etileno>

Bustos D. (2016). Centro de Información y Comunicación Ambiental de Norte América, Reciclaje de PET Disponible en: <http://www.ciceana.org.mx/contenido.php?cont=407>

Municipalidad Provincial de Hualgayoc – Bambamarca (2016). Estudio de Caracterización de Residuos Sólidos Municipales. pags. 121 -124.

Diario Perú21 (2016). 16 noviembre de 2016. Perú produce 1200 toneladas de botellas plásticas recicladas al mes. Disponible en <https://peru21.pe/economia/peru-produce-1-200-toneladas-botellas-plasticas-recicladas-mes-233548-noticia/>

Ministerio del Ambiente. (2017). Perú solo se recicla el 1,9% del total de residuos sólidos reaprovechables. Disponible en <http://www.minam.gob.pe/notas-de-prensa/en-el-peru-solo-se-recicla-el-1-9-del-total-de-residuos-solidos-reaprovechables/>

M. López. RPP NOTICIAS. (2018). La ruta del plástico: Así se reciclan las botellas en el Perú. Disponible en <https://rpp.pe/vital/salud/la-ruta-del-plastico-asi-se-reciclan-las-botellas-en-el-peru-noticia-1153615>

Ministerio del Ambiente. (2013) Cuarto Informe Nacional de Residuos Sólidos Pg 80. Disponible en: <http://redrrss.minam.gob.pe/material/20140129092851.pdf>

JO Mujica Alvarado, Q Ríos, WS Alonso. (2017). El mercado ecuatoriano como oportunidad de negocio para la exportación de plástico Pet en el periodo 2017 - 2021 (Tesis parcial). Repositorio UPN.edu.pe Disponible en: <http://repositorio.upn.edu.pe/handle/11537/13428>

L Mansilla-Pérez, M Ruiz-Ruiz. (2009). Reciclaje de botellas de PET para obtener fibra de poliéster. Páginas 125; 127; 129; 130 Recuperado de: http://revistas.ulima.edu.pe/index.php/Ingenieria_industrial/article/view/627

Agencia Peruana de Noticias (2014). Al año se consumen 75 litros de gaseosas per cápita en Lima y 35 litros en provincias. Artículo recuperado de: <https://andina.pe/agencia/noticia-al-ano-se-consumen-75-litros-gaseosas-per-capita-lima-y-35-litros-provincias-301219.aspx#:~:text=En%20Lima%20se%20consumen%20aproximadamente,la%20corporaci%C3%B3n%20Lindley%2C%20Johnny%20Lindley.>

ÁA Quispe Boado, M Mego, J Leyneker (2018). Influencia en la resistencia a la compresión del concreto convencional al sustituir agregado fino por plástico PET y caucho de llantas recicladas. repositorio.upn.edu.pe Disponible en: <http://repositorio.upn.edu.pe/handle/11537/13597>

JJG Bolaños Zea (2019). "Reciclado de plástico PET" repositorio.ucsp.edu.pe. paginas Disponible en: <http://repositorio.ucsp.edu.pe/handle/UCSP/16146>

Ministerio del Ambiente (2020). Ley 281611 Ley General del Ambiente. Disponible en: <http://www.minam.gob.pe/wp-content/uploads/2013/06/ley-general-del-ambiente.pdf>

Diario El Peruano (2015). Decreto Supremo N° 400-2015- EF. Aprueban procedimientos para el cumplimiento de metas y la asignación de los recursos del Programa de Incentivos para la Mejora de la Gestión Municipal del Año 2016. Disponible en: <https://busquedas.elperuano.pe/normaslegales/aprueban-los-procedimientos-para-el-cumplimiento-de-metas-y-decreto-supremo-n-400-2015-ef-1327255-1/>

MEF (2016). Guía para el Cumplimiento de meta 25; Implementación de un Sistema Integrado de Manejo de Residuos sólidos municipales Versión 2. Página 7; actividades 2; 3 y 4. Disponible en: https://www.mef.gob.pe/contenidos/presu_publ/migl/municipalidades_pmm_pi/guia_cumplimiento_meta36.pdf

Diario El Peruano. (2016). Decreto Supremo N° 394-2016-EF. Aprueban los procedimientos para el cumplimiento de metas y la asignación de los recursos del Programa de Incentivos a la Mejora de la Gestión Municipal del año 2017 y aprueba otras medidas. Disponible en: <https://busquedas.elperuano.pe/normaslegales/aprueban-los-procedimientos-para-el-cumplimiento-de-metas-y-decreto-supremo-n-394-2016-ef-1468956-3/>

Sistema Nacional de Información Ambiental (2020). Ley 27314 Ley General de Residuos Sólidos. Disponible en: <https://sinia.minam.gob.pe/normas/ley-general-residuos-solidos>

Sistema Nacional de Información Ambiental (2020). Decreto Legislativo N° 1278 Ley de Gestión Integral de Residuos Sólidos. Disponible en: <https://sinia.minam.gob.pe/normas/ley-gestion-integral-residuos-solidos>

Diario El Peruano. (2017). Normas legales. Aprueban el Reglamento del Decreto Supremo 1278, Decreto Legislativo que aprueba la Ley de Gestión Integral de Residuos Sólidos N° 014-2017-MINAM. Disponible en: <file:///C:/Users/Miguel/Downloads/1599663-10.pdf>

MEF (2017). Guía para el Cumplimiento de la Meta 17 versión 2. Implementación de un Sistema Integrado de Manejo de Residuos Sólidos Municipales. Disponible en: https://www.mef.gob.pe/contenidos/presu_publ/migl/municipalidades_pmm_pi/guia_cumplimiento_meta17.pdf

Instituto Nacional de Estadística e Informática - INEI. Censo 2017. p.29. disponible en: <http://censos2017.inei.gob.pe/redatam/>

Chinguel. A. (2009). Reciclaje de Residuos Sólidos Urbanos Botellas PET. Disponible en: <http://reciclajedebotellaspet-mic.blogspot.pe/>

Diario Gestión (2016), MTPE aprueba plan para capacitación de recicladores, ¿cuántos hay en el Perú? Disponible en: <http://gestion.pe/economia/mtpe-aprueba-plan-capacitacion-recicladores-cuantos-hay-peru-2161391>

Diario El Comercio (2016), Reciclaje, la llave para la diversificación de los envases PET. Disponible en: <http://elcomercio.pe/economia/dia-1/reciclaje-llave-diversificacion-envases-pet-noticia-1927742>

Diario Panorama Cajamarquino 30 /08/ 2013. Antecedentes Históricos del Reciclaje (PARTE 3)

Ministerio del Ambiente. (2016). Guía para el cumplimiento de la META 36, Pg 08. Disponible en: https://www.mef.gob.pe/contenidos/presu_publ/migl/municipalidades_pmm_pi/guia_cumplimiento_meta36.pdf

Hernandez M. (2016). Revista-Sophimania -Perú: el 90% del reciclaje de plásticos es informal. Disponible en: <https://sophimania.pe/medio-ambiente/contaminacion-y-salud-ambiental/pera-el-90-del-reciclaje-de-plasticos-es-informal/>

Historia del PET (2016) Disponible en: <http://www.eis.uva.es/~macromol/curso04-05/pet/historia.html>

Ley de Residuos Sólidos, Ley 27314 – 2004 Disponible en: <http://sinia.minam.gob.pe/normas/ley-general-residuos-solidos>

Ley que regula la actividad de los recicladores, Ley 29419 – 2009. Disponible en: <http://www.minam.gob.pe/wp-content/uploads/2013/08/Recicladores-29419.pdf>

Ley Orgánica de Municipalidades, Ley N° 27972 – 2007. Disponible en: [http://www2.congreso.gob.pe/sicr/cendocbib/con3_uibd.nsf/6FB6BC171E0F6830052579140073B7C2/\\$FILE/27972.pdf](http://www2.congreso.gob.pe/sicr/cendocbib/con3_uibd.nsf/6FB6BC171E0F6830052579140073B7C2/$FILE/27972.pdf)

Ministerio del Ambiente. (2014). Red de residuos sólidos del MINAM Disponible en: <http://redrrss.minam.gob.pe/estadisticas/sigersol>

Proceso de Reciclaje del PET (2011). Tecnología de los Plásticos Disponible en: <http://tecnologiadelosplasticos.blogspot.pe/2011/05/proceso-de-reciclaje-del-pet.html>

UNE (2015). United Nations Environment Programme. UNEP NEWS CENTRE. The Mounting Problem: World's Cities Produce up to 10 Billion Tonnes of Waste Each Year, UN Study Estimates. Disponible en: <http://www.unep.org/newscentre/Default.aspx?DocumentID=26844&ArticleID=35410&l=en>

D. Alexis et al (2013). Degradación Natural del PET. Recuperado de: <http://mambiental8.blogspot.pe/2013/09/degradacion-natural-del-pet.html>

Metodología cualitativa (2020). Recuperado de: http://www.ujaen.es/investigaticas_tfg/enfo_cuali.html

Revista de la Sociedad Química del Perú (2010). Investigación aplicada o solo investigación. Versión digital. Recuperado de:
http://www.scielo.org.pe/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1810-634X2010000100001

Vicerrectorado de Investigación UCV (2020). Guía de elaboración de productos observables.

ANEXOS

Anexo 01

Autorizaciones



MUNICIPALIDAD PROVINCIAL DE HUALGAYOC - BAMBAMARCA



AUTORIZACION PARA EJECUCIÓN DE ESTUDIO DE TESIS

El Biólogo, FRANCISCO GUILLERMO SILVA ALDÁZ, Gerente del Ambiente y Saneamiento de la Municipalidad Provincial de Hualgayoc - Bambamarca, deja constancia de lo siguiente:

Que, habiéndose presentado ante mi despacho, los ex alumnos de la escuela profesional de Ingeniería Ambiental de la Universidad "Cesar Vallejo"; Sr. Miguel Angel López Vargas y el Sr. Héctor Vásquez Diaz, con el objeto de solicitar autorización para la ejecución de su estudio de tesis denominado "Plan de Gestión de Residuos Sólidos para el Poliestireno Tereftalato, en la ciudad de Bambamarca" y luego de haber sido informado sobre el alcance y objetivos del mismo, se consideró por conveniente; otorgar la autorización y facilidades necesarias, para su ejecución, dentro del alcance de esta gerencia.

Para dejar constancia de esto, se firma el presente a solicitud de los interesados para los fines que estimen por convenientes.

Bambamarca, 02 de diciembre de 2016.

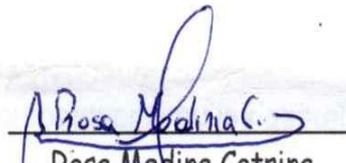
MUNICIPALIDAD PROVINCIAL DE HUALGAYOC
BAMBAMARCA
BIOG. Francisco Guillermo Silva Aldaz
GERENTE DEL AMBIENTE Y SANEAMIENTO

"ASOCIACION DE RECICLADORES ECOLÓGICOS DE BAMBAMARCA"

AUTORIZACION

Mediante el presente documento, yo Rosa Medina Cotrina, identificada con D.N.I. N° 27578176, en calidad de Presidenta de la "ASOCIACION DE RECICLADORES ECOLÓGICOS DE BAMBAMARCA", autorizo al Sr Miguel López Vargas y al Sr Héctor Vásquez Diaz, exalumnos de la "Universidad Cesar Vallejo" a realizar el desarrollo de su estudio de tesis "PLAN DE GESTION DE RESIDUOS SOLIDOS PARA EL POLIESTIRENO TEREFTALATO" haciendo mención de que hemos sido debidamente informados sobre el alcance de su trabajo a desarrollar y de la importancia de éste para el desarrollo de la ciudad de Bambamarca.

Bambamarca, 25 de mayo de 2017.


Rosa Medina Cotrina
DNI 27578176

Anexo 02

Registro fotográfico

Registro 01. Coordinaciones preliminares con trabajadores de limpieza pública y recicladores identificados



Registro 02. Acopio de materiales reciclables extraídos de los residuos para disposición final



Registro 03. Inadecuada disposición de residuos contenedores educativos de Bambamarca 2017



Registro 04. Inadecuado manejo de residuos por parte de trabajadores municipales de limpieza pública



Registro 05. Recolección de PET y preparación de materiales para su transformación en artículos de limpieza



Registro 06. Selección y lavado de materiales para su recorte e hilado



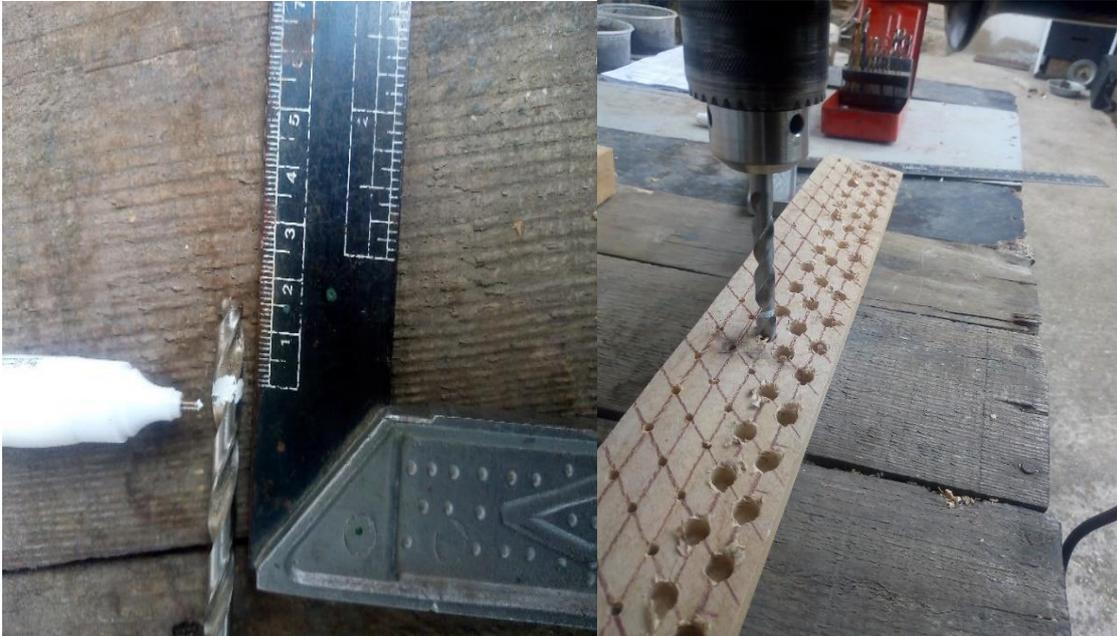
Registro 07. Preparación de cabezales para escobas



Registro 08. Perforación de cabezales para escoba PET



Registro 09. Estableciendo el tamaño del alvéolo que alojará los penachos de cerda de PET



Registro 10. Inserción de cerda elaborada de PET



Registro 11. Productos casi terminados a base de fibra PET



Anexo 12. Presentación de productos terminados de PET



Registro 13. Puesta a prueba del nuevo producto a base de PET



Anexo 03

Plano urbano de Bambamarca

