

**EVALUACIÓN DE LA GESTIÓN DEL PLÁSTICO POSCONSUMO Y SU
POSIBLE USO EN EL MANTENIMIENTO DE VIAS ENFOQUE ANALISIS
INFORMACION BOGOTA**



ALEJANDRA GERENA

LAURA SÁNCHEZ

JORGE ARIZA

LIBARDO CELIS

GRUPO 5

TUTOR:

ELIZABETH LEON VELASQUEZ

ESPECIALIZACIÓN EN GERENCIA DE PROYECTOS

UNIVERSIDAD EAN

BOGOTÁ

2023

TABLA DE CONTENIDO

1.	RESUMEN	4
2.	PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN	4
3.	OBJETIVO GENERAL.....	7
4.	OBJETIVOS ESPECÍFICOS.	7
5.	JUSTIFICACIÓN	7
6.	MARCO TEÓRICO.....	9
7.	MARCO INSTITUCIONAL	26
8.	METODOLOGÍA.....	29
	Primer nivel.....	29
	Segundo nivel.....	41
9.	ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS	44
10.	CONCLUSIONES	55
11.	BIBLIOGRAFÍA	57

ÍNDICE DE IMAGENES

Imagen 1. Zonas de Operación Relleno Sanitario Doña Juana (RSDJ).....	18
Imagen 2. Comportamiento a la fatiga de mezcla de concreto	21
Imagen 3. Geolocalización de las empresas transformadoras de plástico posconsumo ...	44
Imagen 4. Proveedores de plástico posconsumo.....	45
Imagen 5. Proveedores de plástico posconsumo.....	45
Imagen 6. Cantidad de material PE-BD.....	46
Imagen 7. Cantidad de material PE-AD	46
Imagen 8. Cantidad de material de PP	47
Imagen 9. Cantidad de material de PET	47
Imagen 10. Cantidad de material de PVC.....	47
Imagen 11. Cantidad de material de PS	48
Imagen 12. Cantidad de material de PC.....	48
Imagen 13. Cantidad de material de ABS.....	48
Imagen 14. Cantidad de material de Nylon	49
Imagen 15. Cantidad de material Recibido vs transformado.....	49
Imagen 16. Cantidad de material transformado por las empresas en toneladas	50
Imagen 17. Crecimiento del reciclaje de residuos en Colombia 2019-2021	53
Imagen 18. Crecimiento del reciclaje de residuos en Colombia 2019-2021	55

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Tipos de plástico	9
Tabla 2. Impacto ambiental de los principales materiales de construcción.....	14

1. RESUMEN

Mediante la evaluación y análisis de la gestión de plástico posconsumo y su viabilidad para ser utilizado en el mantenimiento de vías, nuestro proyecto tiene como objetivo comprender en profundidad cómo el plástico reciclado puede contribuir de manera efectiva a la mejora de la infraestructura vial y así a la reducción de residuos plásticos en el relleno sanitario Doña Juana. A través de esta investigación, buscamos identificar los beneficios económicos, ambientales y de sostenibilidad asociados con la incorporación de materiales plásticos reciclados en la construcción y mantenimiento de carreteras. Esto nos permitirá tomar decisiones informadas y promover prácticas más sostenibles en Bogotá.

Palabras claves: Reciclaje de plástico, Sostenibilidad ambiental, Gestión de residuos, Infraestructura vial, Economía circular, Tecnología de materiales.

2. PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

El bajo aprovechamiento del plástico posconsumo en Bogotá es una situación preocupante que se refiere a la falta de una gestión efectiva de los residuos plásticos que se generan después de su uso por parte de los ciudadanos. Este problema se manifiesta en una serie de desafíos y consecuencias negativas que afectan tanto al medio ambiente como a la calidad de vida de la población. En Bogotá, una gran cantidad de plásticos, como botellas, envases, bolsas y otros productos, son utilizados diariamente por los ciudadanos y luego descartados como residuos. Sin embargo, en lugar de ser gestionados de manera adecuada a través del reciclaje, una parte

significativa de estos plásticos termina en vertederos, calles, ríos y otros espacios públicos.

Las causas subyacentes de este problema son diversas y pueden incluir:

- Deficientes prácticas de separación de plástico posconsumo
- Deficientes incentivos por el manejo y utilización de plástico posconsumo
- Ausencia de plantas de tratamiento para la transformación de material reutilizable
- Deficiente normativa regulatoria al uso de plásticos de un solo uso

Las consecuencias de este bajo aprovechamiento del plástico posconsumo son diversas y perjudiciales. Entre ellas se incluyen:

- Incremento de toneladas de plástico en el relleno de Doña Juana
- Alto uso de recursos físicos y monetarios para la obtención de materias primas
- Emisiones de gases de efecto invernadero

En Bogotá, la rutina diaria de los ciudadanos involucra el uso generalizado de productos plásticos, desde botellas de bebida hasta envases y bolsas. Sin embargo, en lugar de ser manejados de manera eficiente a través del reciclaje, muchos de estos plásticos encuentran su camino hacia vertederos, calles, ríos y otros espacios públicos. Las causas subyacentes de esta problemática son variadas y multifacéticas, lo que complica aún más la búsqueda de soluciones efectivas y uno de los desafíos principales radica en las deficientes prácticas de separación de plástico posconsumo. Los ciudadanos, en muchos casos, carecen de la conciencia necesaria para separar adecuadamente los residuos plásticos, lo que dificulta su recogida y reciclaje. Además, la falta de incentivos significativos para el manejo y la reutilización de estos plásticos contribuye a su dispersión en el entorno urbano. Otro aspecto crítico es la ausencia de plantas de tratamiento adecuadas para la transformación de material reutilizable. La infraestructura insuficiente limita la

capacidad de reciclar plásticos de manera eficaz y puede llevar a la acumulación de residuos. una normativa regulatoria deficiente en relación con el uso de plásticos de un solo uso crea un ambiente propicio para el consumo irresponsable de estos productos, lo que aumenta la cantidad de residuos plásticos generados. Las consecuencias de este bajo aprovechamiento del plástico posconsumo son de alcance significativo. En primer lugar, se observa como se mencionó anteriormente, un incremento notable en la cantidad de toneladas de plástico acumuladas en el relleno sanitario de Doña Juana, lo que tiene un impacto directo en la capacidad de gestión de residuos de la ciudad lo cual conlleva a problemas de contaminación ambiental y a la saturación de los vertederos. Además, existe un alto costo en términos de recursos físicos y monetarios asociados a la obtención de materias primas. La falta de reciclaje efectivo significa que se debe recurrir a la producción de plásticos vírgenes, lo que implica un uso excesivo de recursos naturales y una inversión significativa de dinero. Para abordar esta problemática y sus consecuencias, es esencial adoptar un enfoque holístico que incluya la promoción de prácticas de separación efectivas, la implementación de incentivos para el reciclaje, la inversión en infraestructura de tratamiento de residuos y la formulación de regulaciones más estrictas en relación con el uso de plásticos de un solo uso. Por lo anterior, la situación del bajo aprovechamiento del plástico posconsumo en Bogotá representa un desafío complejo pero abordable. Al adoptar adecuadamente este problema, la ciudad puede avanzar hacia un sistema de gestión de residuos más sostenible, reducir la contaminación y conservar valiosos recursos naturales, al tiempo que mejora la calidad de vida de sus habitantes.

Pregunta de investigación.

¿Puede la incorporación de plásticos reciclados posconsumo en materiales utilizados en obras civiles, como carreteras, proporcionar una solución adecuada para reducir o eliminar la contaminación ambiental derivada del empleo de plásticos de un solo uso en Bogotá D.C.?

3. OBJETIVO GENERAL.

Aumentar el aprovechamiento del plástico post consumo en la construcción de vías en Bogotá D.C.

4. OBJETIVOS ESPECÍFICOS.

- Estimar el porcentaje de plástico reciclable que se puede usar en proyectos civiles lineales.
- Proponer estrategias para reducir el volumen de plástico dispuesto en el relleno Doña Juana.
- Estimar la reducción impactos ambientales de contaminación generados por el uso de plástico posconsumo.
- Evaluar la disminución del uso de recursos físicos y monetarios para obtener materias primas usadas en obras civiles lineales.

5. JUSTIFICACIÓN

Los resultados de esta investigación tienen el potencial de generar múltiples beneficios significativos para Bogotá y más allá. En primer lugar, al establecer un ciclo cerrado de reciclaje para el plástico posconsumo, se puede lograr una reducción notable en la contaminación ambiental y en la acumulación de residuos en vertederos y espacios públicos. Esto, a su vez,

contribuirá a disminuir los impactos negativos en la salud y la calidad de vida de los habitantes de la ciudad, al reducir la exposición a desechos plásticos dañinos.

Además, la reutilización del plástico en proyectos de obras civiles, como la construcción de vías, tendrá un impacto positivo en la reducción de la demanda de materias primas vírgenes. Esto no solo conservará valiosos recursos naturales, sino que también permitirá reducir los costos económicos asociados a la adquisición de nuevos materiales para la construcción de infraestructura urbana.

La relevancia de este enfoque es evidente al abordar de manera directa la problemática de los plásticos de un solo uso y los efectos perjudiciales que tienen en la ciudad. Las implicaciones prácticas de esta investigación son prometedoras, ya que la implementación exitosa de un sistema de reciclaje de plásticos generará empleos en la industria del reciclaje y fomentará hábitos más sostenibles en la comunidad.

Desde una perspectiva metodológica, este proyecto podría servir como un modelo replicable para otras ciudades que enfrentan desafíos similares en la gestión de residuos plásticos. Desde un punto de vista teórico, contribuirá al cuerpo de conocimientos sobre soluciones innovadoras para la gestión de estos residuos y su integración efectiva en la infraestructura urbana.



En resumen, este enfoque holístico tiene el potencial de transformar la gestión de residuos en Bogotá y más allá, promoviendo la sostenibilidad, reduciendo la contaminación, y mejorando la calidad de vida de los ciudadanos. Su impacto positivo se extiende desde la preservación del medio ambiente hasta la generación de oportunidades económicas encaminadas al mejoramiento de la malla vial de la ciudad y la promoción de un estilo de vida más responsable con el entorno.




6. MARCO TEÓRICO



Clasificación de los plásticos

El análisis y las estrategias implementadas han permitido identificar plásticos que son susceptibles de ser reciclados de manera mecánica debido a su composición química. Estos plásticos pueden ser desmontados o triturados para luego ser fundidos de nuevo, dándoles así una segunda oportunidad como material de construcción. Esta información es crucial para comprender el potencial del plástico en la arquitectura y empezar a fabricar herramientas y accesorios relacionados con la construcción utilizando estos materiales reciclados. En resumen, se ha logrado determinar qué plásticos pueden ser reciclados mecánicamente para su uso en la construcción, lo que abre nuevas posibilidades en el campo de la arquitectura sostenible. (CAIP, s.f.)

Tabla 1. Tipos de plástico

IMAGEN	TIPO DE PLASTICO	CARACTERISTICAS	VENTAJAS	USOS DESPUÉS DEL RECICLADO
	Polietileno Tereftalato	Se produce a través del Ácido Tereftálico y el Etilenglicol por policondensación. Existen dos tipos: grado textil y botella. Para el grado botella se lo debe post condensar, existiendo diversos colores para estos usos.	<ul style="list-style-type: none"> - Barrera a los gases - Transparente - Irrompible - Liviano - Impermeable - No tóxico - Inerte (al contenido) 	Textiles para bolsas, lonas y velas náuticas, cuerdas, hilos.
	Polietileno de alta densidad	Es un termoplástico fabricado a partir del Etileno (elaborado a partir del Etano, uno de los componentes del gas natural). Es muy versátil y se lo puede transformar de diferentes maneras: inyección, soplado, extrusión o rotomoldeo.	<ul style="list-style-type: none"> - Resistente a las bajas temperaturas - Irrompible - Liviano - Impermeable - Inerte (al contenido) - No tóxico 	Bolsas industriales, botellas detergentes, contenedores, tubos.

	<p>Policloruro de vinilo</p>	<p>Se produce a partir de dos materias primas naturales: 43% gas y 57% sal común. Para su procesamiento es necesario fabricar compuestos con aditivos especiales, que permiten obtener productos de variadas propiedades para un gran número de aplicaciones. Se obtienen productos rígidos a totalmente flexibles. Se transforma por inyección, extrusión o soplado.</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Ignífugo - Resistente a la intemperie - Transparente - No tóxico - Inerte (al contenido) - Impermeable - Irrompible 	<p>Bolsas para residuos e industriales, tubos, contenedores, film uso agrícola, cercado.</p>
	<p>Polietileno de baja densidad</p>	<p>Se produce a partir del gas natural. Al igual que el PEAD, es de gran versatilidad y se procesa de diversas formas: inyección, extrusión, soplado y rotomoldeo. Su transparencia, flexibilidad y economía hacen que esté presente en una diversidad de envases, sólo o en conjunto con otros materiales y en variadas aplicaciones.</p>	<ul style="list-style-type: none"> - No tóxico - Flexible - Liviano - Transparente - Inerte (al contenido) - Impermeable - Económico 	<p>Muebles de jardín, tuberías, cercas, contenedores.</p>
	<p>Polipropileno</p>	<p>Es un termoplástico que se obtiene por polimerización del propileno. Los copolímeros se forman agregando Etileno durante el proceso. El PP es un plástico rígido, de alta cristalinidad y elevado punto de fusión, excelente resistencia química y el de más baja densidad. Al adicionarle distintas cargas (talco, caucho, fibra de vidrio, etc.) se potencian sus propiedades hasta transformarlo en un polímero de ingeniería. El PP es transformado en la industria por los procesos de inyección, soplado, extrusión y termoformado.</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Inerte (al contenido) - Resistente a la temperatura (hasta 135°) - Barrera a los aromas - Impermeable - Irrompible - Brilloso - Liviano - Transparente en películas - No tóxico 	<p>Cajas múltiples para transporte de envases, sillas, textiles.</p>

	<p>Poliestireno</p>	<p>PS Cristal: es un polímero de estireno monómero derivado del petróleo, cristalino y de alto brillo. PS Alto Impacto: es un polímero de estireno monómero con oclusiones de Polibutadieno que le confiere alta resistencia al impacto. Ambos PS son fácilmente moldeables a través de procesos de inyección, extrusión, termoformado y soplado.</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Brilloso - Ignífugo - Liviano - Irrompible - Impermeable - Inerte y no tóxico - Transparente - Fácil de limpiar 	<p>Aislamiento térmico, cubos de basura, accesorios oficina.</p>
	<p>Otros plásticos</p>	<p>En este rubro se incluyen una enorme variedad de plásticos tales como Policarbonato (PC), Poliamida (PA), ABS, SAN, EVA, Poliuretano (PU), Acrílico (PMMMA) entre otros. Se puede desarrollar un tipo de plástico para cada aplicación específica.</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Resistentes a la corrosión - Flexibles - Livianos - No tóxicos - Altísima resistencia a la temperatura, propiedades mecánicas y productos químicos 	

Fuente: (Amigos de la tierra, 2008)

Reciclaje en el botadero doña Juana

En el relleno sanitario Doña Juana, diariamente se depositan alrededor de 6.000 toneladas de residuos, equivalente al peso de 200 buses de Transmilenio en hora pico. Un estudio de la UAESP revela que en medio de esta basura se encuentra un valioso recurso. Si solo se consideran los materiales más atractivos para los recicladores, como metales, plástico, vidrio, cartón y papel, representan el 43% de los residuos transportados en los camiones compactadores. Esto significa que cada día se entierran 840 toneladas de plástico que, de haber sido separados en los hogares y vendidos por los recicladores, no solo habrían generado ingresos cercanos a los \$800 millones diarios, sino que también habrían contribuido a reducir las tarifas de recolección de basura para los usuarios. (El Espectador, 2020)

Reciclaje en Colombia

El reciclaje en Colombia presenta una situación crítica, especialmente para los recicladores o recuperadores, quienes enfrentan una extrema vulnerabilidad social. Su condición de pobreza no solo se refleja en sus bajos ingresos, sino también en una serie de desafíos que enfrentan en su día a día. Esta pobreza los deja expuestos a problemas relacionados con la alimentación, la salud y la vivienda, lo que afecta significativamente su bienestar y felicidad (Corbellini, 2013)

Lamentablemente, la sociedad a menudo estigmatiza a los recicladores como delincuentes y los ve como personas que se dedican a actividades ilegales (Díaz, 2019). Esto es un grave malentendido, ya que el reciclaje es su forma de trabajo, y como tal, deberían tener acceso a derechos básicos como la alimentación y la vivienda, al igual que cualquier otro ciudadano urbano (Corbellini, 2013).

La pobreza impacta de manera drástica en las condiciones de vida de los recicladores. Tienen limitados recursos para acceder a una educación básica y para beneficiarse de un sistema de salud adecuado (Swistun, 2008). Esto es especialmente crítico dado que su trabajo los expone a un entorno lleno de basura y contaminación, lo que aumenta significativamente el riesgo para su salud física. En este contexto, es esencial brindarles las protecciones necesarias para que puedan llevar a cabo su labor de manera segura y reducir su exposición a riesgos.

Para (Cardona, Díaz, & López, 2009), los recicladores no agremiados son: “Víctimas de discriminación por parte de la sociedad, su participación política es reducida, su acceso a servicios públicos y de salud es limitado, la mayoría son analfabetas, viven en condiciones subnormales debido a su pobreza casi extrema y no cuentan con elementos

de protección durante su trabajo, por lo que están expuestos a numerosos riesgos que ponen en peligro su integridad física.”

Comportamiento de los materiales

El análisis del comportamiento de los materiales, según (Edwards, 2004), debe considerar su ciclo de vida, que consta de varias fases:

- Extracción de materiales: En esta fase, se debe tener en cuenta cómo la extracción de materiales afecta al entorno y al medio ambiente.
- Producción: Durante la producción de materiales, especialmente en el caso de plásticos y metales, se generan emisiones y se consume una cantidad significativa de energía.
- Transporte: El transporte de materiales desde lugares distantes puede requerir un mayor consumo de energía, lo que también debe ser considerado.
- Puesta en obra: Durante la instalación o uso de los materiales, pueden surgir riesgos para la salud humana y la generación de residuos.
- Deconstrucción: Al final de su vida útil, la deconstrucción de los materiales puede causar emisiones contaminantes y alterar el entorno.

Para evaluar el impacto ambiental de estos materiales a lo largo de su ciclo de vida, se utilizan métodos de Análisis de Ciclo de Vida. Estos métodos buscan cuantificar en términos comparativos el impacto de cada fase (por ejemplo, convirtiendo las emisiones de gases de efecto invernadero en equivalentes de CO₂) para facilitar la toma de decisiones informadas sobre la elección de materiales y métodos que sean más sostenibles desde el punto de vista ambiental a lo largo de su ciclo de vida. (Edwards, 2004)

Impacto de los materiales

El economista Herman Daly propone principios clave para avanzar hacia el desarrollo sostenible:

- En el caso de recursos renovables, no consumirlos más rápido de lo que pueden renovarse naturalmente. (Pere Alavedra, 1998)
- En el caso de recursos no renovables, destinar parte de la energía resultante en desarrollar una fuente alternativa que permita mantener las mismas prestaciones una vez agotado el recurso original. (Pere Alavedra, 1998)

La aplicación de estos principios en la construcción tiene un impacto significativo en el desarrollo de las sociedades. Esto se debe a la duración prolongada de las ciudades, el alto consumo de energía en las instalaciones y la demanda de casi la mitad de los recursos materiales, especialmente en lugares como la Unión Europea. Además, el crecimiento en el tamaño de las viviendas, el aumento en el consumo de energía por habitante en Estados Unidos y la creciente utilización de materiales procesados debido a mejoras en la extracción y fabricación, junto con un transporte más globalizado, contribuyen a esta problemática. (Peter, 2009)

Cuando se realiza un análisis del ciclo de vida de los materiales, se resume la información disponible sobre cómo pueden impactar el medio ambiente, desde el inicio de su extracción hasta el final de su período de utilidad:

Tabla 2. Impacto ambiental de los principales materiales de construcción.

Material	Efecto invernadero	Acidificación	Contaminación atmosférica	Ozono	Metales pesados	Energía
Cerámica	+	+	+	+	+	+++
Piedra	+	+	+	+	+	+++
Acero	++	++	+++	+	++	+
Aluminio	+++	+++	++	+	+++	+
Pvc	++	++	+++	+	++	++
Poliestireno	++	+++	+++	++	+++	++
Poliuretano	+++	++	+++	+++	++	+
Pino	+	+	+	+	+	+

+ Impacto pequeño; ++ Impacto medio; +++ Impacto elevado

Fuente: (Romero, 2012)

El impacto ambiental de las ciudades

El impacto ambiental causado por la expansión urbana y la alteración de condiciones naturales depende del tamaño de las áreas urbanas y de las medidas adoptadas por cada sociedad para promover la sostenibilidad. Además, la durabilidad de las infraestructuras urbanas también influye en el impacto ambiental de las ciudades.

El capital destinado a la construcción y mantenimiento de edificios en áreas urbanas representa una parte significativa de la producción mundial. Según (Edwards, 2004) , esto se divide en cinco categorías:

- **Materiales:** La construcción consume el 50% de los recursos globales.
- **Energía:** El 45% de la energía producida se utiliza para operar y construir edificios.
- **Agua:** El 40% del agua a nivel mundial se emplea en edificios para fines sanitarios y otros.
- **Tierra:** El 60% de la tierra agrícola de alta calidad se usa en la construcción.
- **Madera:** El 70% de los productos madereros se destina a la construcción.

Los constructores, como otros profesionales, enfrentan presiones de sus clientes y otros actores para reducir el impacto ambiental de sus proyectos. La creciente conciencia ambiental ha llevado a una sociedad más exigente que busca prestaciones ecológicas sin costos adicionales. (Edwards, 2004)

Uso de materiales con plástico

En Colombia, un 14,8% de la población vive en condiciones precarias, incluyendo a quienes carecen de vivienda. Fernando Llanos, originario de Cali, propuso una solución innovadora: utilizar ladrillos de plástico reciclado para construir viviendas accesibles. Esta idea surgió cuando Llanos necesitaba una alternativa para construir su propia casa en un lugar de

difícil acceso para los materiales de construcción tradicionales. Utilizando botellas de plástico y un proceso de extrusión, creó las primeras paredes de plástico resistentes al fuego.

Dado que el plástico es ampliamente producido y tarda siglos en degradarse, Llanos vio una oportunidad para ayudar a personas sin acceso a viviendas convencionales. Fundó la empresa Conceptos Plásticos, junto a Cristina Gámez, Henry Cañón y Oscar Méndez, donde se construyen viviendas sostenibles utilizando bloques de plástico reciclado.

El sistema patentado de Conceptos Plásticos permite construir viviendas de una y dos plantas de manera rápida utilizando bloques de plástico reciclado como si fueran piezas de Lego. Esto reduce la cantidad de plástico en vertederos, disminuye el uso de agua y energía, y reduce las emisiones de CO₂ relacionadas con la construcción convencional.

Este sistema es económicamente más accesible, siendo un 30% más barato que los métodos tradicionales en áreas rurales, y las viviendas son duraderas, con una vida útil de más de 100 años. Conceptos Plásticos ha proporcionado refugio temporal a familias desplazadas por la violencia en Colombia, permitiéndoles llevar sus viviendas consigo cuando se mudan, garantizando un techo seguro. En resumen, Conceptos Plásticos ha desarrollado una solución innovadora y sostenible para construir viviendas asequibles y duraderas mediante el reciclaje de plástico. (Infobae, 2020)

Marco Histórico del relleno sanitario Doña Juana

En el año 1988, la ciudad declaró una emergencia sanitaria que llevó a la autorización por parte del Distrito, el 31 de octubre, para contratar a particulares y brindar servicios de gestión de residuos. Durante esa misma década, se cerró el vertedero de Gibraltar, dando origen al relleno sanitario de Doña Juana, conocido como RSDJ (Collazos, 2014). El 1 de noviembre de 1988, en el sur de Bogotá, se asignaron 596 hectáreas en la vereda Mochuelo Bajo para inaugurar el

RSDJ. Este relleno limita con las actuales localidades de Usme y Ciudad Bolívar y afecta a los barrios Quintas del Plan Social, Granada Sur en Usme, y Barranquitos, Lagunitas, La Esmeralda, Paticos, así como las veredas Mochuelo Bajo y Mochuelo Alto en Ciudad Bolívar.

Doña Juana es el relleno más grande del país y el único lugar autorizado para la disposición de residuos sólidos en la ciudad. La zona que rodea Doña Juana combina áreas rurales dedicadas a la agricultura y canteras, junto con asentamientos urbanos de estratos 1 y 2 (Collazos, 2014) Antaño, este espacio fue una finca propiedad de una mujer llamada Juana, pero en la actualidad alberga alrededor de seis mil toneladas de basura.

Según los estudios realizados por (Ingesam, 1986), la ubicación específica del relleno solía ser en su mayoría terrenos utilizados para ganadería poco intensiva, aunque también había parcelas para subsistencia y cultivos a pequeña escala. La región de Doña Juana es un área de expansión urbana que ha experimentado alteraciones ambientales a lo largo del tiempo. Estas alteraciones comenzaron con la deforestación hace décadas y continuaron con la actividad agropecuaria, lo que resultó en la degradación de las tierras. Desde 1986, se han observado evidencias de erosión acelerada, como zanjones o cárcavas (Ingesam, 1986).

El estudio señala que Doña Juana fue elegida debido a varios factores destacados en comparación con otros lugares. Estos factores incluyen su extensión considerable y, por lo tanto, su capacidad para recibir desechos, su proximidad a la Autopista El Llano, lo que garantiza un acceso adecuado y una capacidad para manejar un alto tráfico vehicular. Además, su densidad poblacional es prácticamente nula, y la zona cuenta con una actividad agrícola muy baja y un espesor significativo de arcilla, lo que sugiere una buena impermeabilidad y costos bajos para la cobertura de residuos, así como la posibilidad de recibir residuos peligrosos (Ingesam, 1986).

A lo largo de los años, se ha observado un fenómeno contrario a lo esperado. Se han producido emergencias, como los deslizamientos de septiembre de 1997 que llevaron aproximadamente un millón de toneladas al río Tunjuelito, y el deslizamiento de 550,000 m³ de residuos en 2015 en la zona de optimización. Estos eventos persisten y la Autoridad Nacional de Licencias Ambientales (ANLA) ahora supervisa y controla algunas fases del relleno que anteriormente eran responsabilidad de la Corporación Autónoma Regional (CAR). (Muñoz, 2018)

Además, la proximidad del relleno a los barrios circundantes ha aumentado con el tiempo. El funcionamiento del relleno se ha dividido en zonas a lo largo de su operación, y se han otorgado licencias conforme se habilitaban estas zonas. La tabla siguiente resume el funcionamiento de estas zonas. (Muñoz, 2018)

Imagen 1. Zonas de Operación Relleno Sanitario Doña Juana (RSDJ)

ZONA	PERIODO DE OPERACIÓN	Area Ocupada (Has)	Comentarios
I (antigua)	11/1988 - 09/1993	15	Clausurada con Prado Sembrado
I (caja 7)	09/1993 - 02/1995	10,5	Clausurada con Prado Sembrado
I (mansión)	02/1995 - 10/1995	10	sistema de extracción forzada de gases clausurada con prado sembrado
II	10/1995 - 09/1997	25,2	Primer deslizamiento, solamente estuvo en operación 2 años
III			anexo a la zona II. Inicialmente diseñada para residuos peligrosos
IV	09/1997 - 01/1999	19,2	Zona de emergencia para el deslizamiento 1997 clausurada revegetalizada
V			Se construyó planta lixiviados
VI		3,2	zona de emergencia con vida útil de 1 mes, cuenta además con 2,9 ha para la disposición de los lodos producidos por la planta de Lixiviados
VII	01/1999 - 09/2002	40	Clausurada –Empradizada. extracción forzada de biogás
VIII	03/2002 a la fecha	45	en proceso de Optimización
Residuos Hospitalarios	desde 1988	1,5	Cuenta con tres trincheras
Disposición Planta tratamiento Lixiviados	Desde 2002	3,6	Adyacente a la zona VI

Fuente: (Sostenible, 2018)

Artículos de seguimiento

Estudio de Variabilidad en Mezclas Asfálticas en Caliente Fabricadas con Altas Tasas de Material Asfáltico Reciclable (RAP)

se tomaron las recomendaciones principales expuestas en el artículo, en general el artículo nos lleva a evaluar que características debe tener, o con que características se debe contar para que el plástico reciclado sea aprovechado de la mejor manera, no solo reduciendo la contaminación sino aportando al proyecto o proceso para el cual está siendo enfocado, en este caso la pavimentación asfáltica, tenemos los siguientes comentarios puntuales que resumen:

- a. **Controlar la calidad del asfalto reciclado:** En los proyectos evaluados, se notó que cuando se divide el asfalto reciclado en partes más pequeñas (como 0/8 mm), se puede tener un mejor control sobre la calidad del material. Esto es importante para asegurarse de que la mezcla final sea más uniforme, especialmente cuando se utiliza una gran cantidad de asfalto reciclado. (GONZALO A. VALDÉS V., 2008)
- b. **Refuerzo en la estabilidad de las carreteras recicladas:** Al darle un tratamiento previo al asfalto reciclado y utilizar una mayor proporción de la parte más fina (0/8 mm), se puede lograr una mezcla final más uniforme. Esto desempeña un papel importante en la mejora de la estabilidad de las carreteras construidas con asfalto reciclado, contribuyendo a mantener estándares consistentes en la calidad del pavimento. (GONZALO A. VALDÉS V., 2008)

Comportamiento a fatiga de mezclas asfálticas colombianas con adición de pavimento reciclado al 100%

Al explorar el análisis de muestras de carreteras y artículos relacionados, nos encontramos con un estudio que examina el reemplazo total del material granular por asfalto reciclado (RAP) al 100%. Estas pruebas involucraron diferentes tipos de asfalto y granulometrías, y los hallazgos presentados plantean cuestiones interesantes que pueden afectar nuestra perspectiva sobre la construcción de carreteras. (Neidy Betssey Patiño Boyacá, 2015)

Conclusiones:

Lo que nos llama la atención en primer lugar es que las muestras con una granulometría específica llamada MDC-2 y asfalto 80/100 resultaron ser las más resistentes a la fatiga. La razón parece ser que esta combinación tenía más finos en su composición y se mezclaba bien con un asfalto más suave, lo que, en términos prácticos, significa una mayor durabilidad en el tiempo para nuestras carreteras.

Sin embargo, aquí es donde las cosas se complican un poco. Descubrimos que el tipo de asfalto que elijamos también es crucial en términos de resistencia a la fatiga. No se puede sacar la conclusión de que una granulometría es mejor que otra en todos los casos, ya que esto depende en gran medida del tipo de asfalto utilizado, y estos dos factores están interconectados.

En resumen, planeando construir carreteras, parece que el asfalto 80/100 es una apuesta segura, ya que es menos viscoso y permite que las mezclas sean más flexibles sin romperse. Si bien es cierto que las mezclas con RAP tienden a ser más rígidas en general, parece que el asfalto 80/100 puede mitigar en parte este efecto, lo que me parece útil saber.

En última instancia, confirmamos que es posible utilizar pavimento reciclado al 100% en la construcción de carreteras, siempre y cuando tomemos decisiones inteligentes sobre el tipo de

asfalto y la granulometría adecuados. Esto puede ayudar a prolongar la vida útil de las carreteras y a hacer que la construcción sea más sostenible. (Neidy Betssey Patiño Boyacá, 2015)

Comportamiento a la fatiga de una mezcla de concreto MR-3.5MPa para pavimento con adición de fibras plásticas

En base a los 2 artículos anteriores, nos vimos obligados a indagar y conocer más sobre el tema de comportamiento de mezclas y características en los ensayos de asfaltos para adquirir mayor conocimiento sobre las recomendaciones en proporción y mezcla de asfalto/plástico reciclado

por lo cual tenemos lo siguiente:

Imagen 2. Comportamiento a la fatiga de mezcla de concreto

propileno y 3% para las otras adiciones (ver figura 8). En un suelo regular, estos porcentajes se incrementan hasta un 10% para el polipropileno, un 7% para polietileno y 6% para caucho y a medida que el suelo de fundación se hace más duro, se obtienen mejores resultados a favor de la adición de fibras en el concreto.

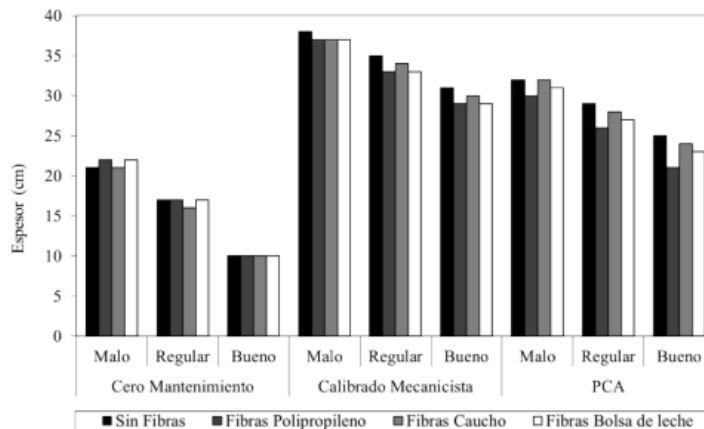


Fig. 8. Espesores de pavimento, tráfico alto

Fuente: (Mónica de los Ángeles Boada Marcano, 2012)

Uso de Fibras en el Concreto: A pesar de que las fibras no aumentan la resistencia del concreto a la compresión, son efectivas en mejorar su capacidad de flexión. Esto significa que pueden ser

útiles en la construcción de pavimentos en áreas rurales, lugares con poco tráfico o estacionamientos, donde se buscan opciones económicas.

Mejora en el Costo-Beneficio: El análisis de costo-beneficio revela que, en términos económicos, las fibras de polipropileno son la opción más rentable. Ofrecen un ahorro significativo en comparación con el concreto sin fibras, especialmente en condiciones de tráfico ligero y suelos de calidad. Sin embargo, en suelos de mala calidad, este ahorro disminuye.

Recomendaciones:

Mejorar la Calidad de los Agregados: Se sugiere mejorar la calidad de los materiales agregados en la mezcla de concreto para lograr un concreto más resistente y elástico. También se recomienda realizar pruebas previas en probetas para determinar la cantidad adecuada de aditivos. (Mónica de los Ángeles Boada Marcano, 2012)

Ampliar las Pruebas en Muestras: Realizar pruebas adicionales en muestras más grandes para obtener resultados más confiables y mejores aproximaciones a las leyes de fatiga. Esto es preferible en lugar de depender de modelos empíricos desarrollados por otros.

Tratamiento de las Fibras de Caucho: Para mejorar la adherencia y resistencia, se recomienda tratar las tiras de caucho con una lechada de cemento o hidróxido de sodio, o triturar el caucho antes de su uso. (Mónica de los Ángeles Boada Marcano, 2012)

Ajustar la Dosificación de Cemento y Agua: En el diseño de la mezcla, se sugiere aumentar las cantidades de cemento y agua, sin cambiar la relación agua-cemento, para lograr concretos con mejores resistencias y una mayor facilidad de manejo en estado fresco. (Mónica de los Ángeles Boada Marcano, 2012)

Ecopetrol exportó su primer cargamento de asfalto con plástico reciclado

Como lo podemos observar en varios artículos esta práctica de reciclaje eficaz y consciente se viene implementando en muchas industrias, y que muestra más destacada que la empresa más grande de Colombia este realizando esta actividad, desde Ecopetrol podemos evidenciar como los recursos pueden tener una segunda oportunidad que generar descontaminación y aporte al crecimiento ambiente y su correcta disposición. Por otro lado, Ecopetrol ha logrado consolidar su presencia en el mercado internacional con su asfalto en los últimos años, llegando a destinos en Europa, Asia y América. En abril de este año, la empresa alcanzó un récord al realizar la venta más grande de asfalto en su historia, enviando más de 16.218 toneladas directamente desde el puerto de Barranquilla a Guayanilla, Puerto Rico. Esta exportación marcó un hito para el puerto de Barranquilla al utilizar el buque asfaltero más grande atendido en esa terminal, abriendo nuevas oportunidades comerciales para el Caribe y Colombia. En 2022, Ecopetrol exportó 267.000 toneladas de asfalto, un aumento significativo del 50 por ciento en comparación con el año anterior, cuando se exportaron 179.000 toneladas. La empresa espera que la oferta de este producto siga creciendo tanto en el mercado nacional como internacional en comparación con años anteriores. (RUBIO, 2023)

Rutas de asfalto plástico, otra manera de combatir la contaminación.

Una empresa británica ha desarrollado un asfalto innovador fabricado a partir de botellas de plástico reciclado, con una durabilidad de hasta 50 años. Esta idea surgió de las experiencias de Toby McCartney, quien notó en India cómo se utilizaban plásticos quemados para tapar pozos en las calles. Posteriormente, en su país natal, su hija mencionó en la escuela que una de las cosas que se encuentran en el mar es "plástico". McCartney fusionó estas vivencias para crear este

asfalto sostenible que contribuye a reducir la huella de carbono en la industria automotriz.

Tras establecer una conexión entre las experiencias de ver plástico quemado tapando pozos en la India y la conciencia de la contaminación del plástico en los océanos, se planteó la ambiciosa idea de utilizar las toneladas de plástico desechadas en todo el mundo para reemplazar el asfalto convencional. Después de varios años de investigación y experimentación con diferentes métodos para tratar el plástico, incluyendo botellas y bolsas, se logró crear un compuesto que podría sustituir al asfalto tradicional hecho a partir de petróleo, utilizando la misma piedra y arena utilizada en la pavimentación. Este avance representa un paso exitoso hacia la reutilización del plástico y la reducción de la dependencia del petróleo en la fabricación de pavimentos, con importantes beneficios ambientales. (Infobae, 2021)

El ingenioso método para construir carreteras con plástico reciclado

Un ingeniero escocés ha ideado una forma innovadora de utilizar el plástico reciclado para crear un asfalto más sostenible. En lugar de depender en gran medida del betún extraído del petróleo para unir el asfalto, este método reemplaza parte de ese betún con gránulos de plástico reciclado. Algunos ayuntamientos en Inglaterra ya han comenzado a utilizar este nuevo tipo de asfalto en la construcción de carreteras, lo que demuestra su viabilidad y su potencial para reducir la dependencia del petróleo en la industria de la pavimentación. Este enfoque creativo muestra cómo el plástico reciclado puede tener aplicaciones cada vez más diversas y beneficiosas para el medio ambiente. Es resaltable que la BBC utilice sus espacios para generar conciencia en la población mundial y mejorar nuestro planeta, todo esto se debe a que el ingeniero Toby McCartney en un día normal con su hija vio que había mucho ingenio detrás de sus palabras, ella mencionada que el lugar donde más había desperdicio de Plástico era el mar, con base a esto es

ideo implementar el plástico en sus fundiciones de Asfalto para mejorar su aplicación y durabilidad, esto nos impulsa en validar que la opción es buena y se puede ejecutar, ya que el botadero doña Juana es de gran capacidad de este reciclaje. (BBC NEWS, 2017)

Del plástico al pavimento

En la búsqueda de más conocimiento y entender la perspectiva hemos buscado otras fuentes, que nos llevan a México donde se ha pavimentado la primera carretera federal del mundo utilizando asfalto modificado con 1.7 toneladas de plástico reciclado, equivalente a unos 425,000 envases de plástico. Este proyecto innovador, liderado por Dow Mexico en colaboración con la Secretaría de Comunicaciones y Transportes (SCT) de México, presenta una solución creativa para abordar tanto el problema de la acumulación de desechos plásticos como la búsqueda de alternativas ecológicas en la construcción de carreteras.

El método empleado consiste en reemplazar gran parte del betún, que tradicionalmente se obtiene del petróleo y se utiliza como aglutinante en el asfalto, con gránulos de plástico reciclado. Esta iniciativa no solo reduce la dependencia de los combustibles fósiles, en línea con los objetivos del Acuerdo de París, sino que también promete prolongar significativamente la vida útil de las carreteras al disminuir las grietas y la deformación, al tiempo que mejora su durabilidad, estabilidad y resistencia. (Linyi Yao, 2022)

A nivel mundial, la gestión de residuos plásticos representa un desafío importante. La ONU informa que se generan más de 400 millones de toneladas de desechos plásticos cada año, con un reciclaje de solo el 9 % y una incineración del 12 %. En México, la situación es aún más preocupante, ya que solo se recicla o reutiliza aproximadamente el 3 % de todo el plástico producido.

A pesar de estos avances prometedores en la pavimentación con plástico reciclado, las organizaciones ambientales argumentan que es necesario reducir tanto la producción como el consumo general de plásticos en lugar de depender exclusivamente del reciclaje (Dheeraj Mehta, 2023). Aunque las carreteras de plástico pueden no convertirse en una tendencia global, representan un paso significativo hacia la reutilización de desechos plásticos y la promoción de soluciones más sostenibles en la construcción de infraestructuras. (J.E. Martin-Alfonso, 2019) Dow México está trabajando en proyectos similares en Asia, Europa y Norteamérica, y aunque los costos específicos del asfalto plástico en comparación con el asfalto tradicional aún no se han revelado, se busca hacer que esta opción sea más accesible en el mercado a largo plazo. (Rocha, 2022)

7. MARCO INSTITUCIONAL

El proyecto de "EVALUACIÓN DE LA GESTIÓN DEL PLÁSTICO POSCONSUMO Y SU POSIBLE USO EN EL MANTENIMIENTO DE VÍAS", representa un esfuerzo integral para abordar dos desafíos cruciales en la sociedad contemporánea: la gestión sostenible de residuos plásticos y la mejora de la infraestructura vial en Bogotá. Este proyecto, de gran relevancia ambiental y económica, se desarrolla en un contexto donde la búsqueda de soluciones innovadoras y sostenibles es fundamental.

En este marco institucional, se presentan las entidades y grupos de interés clave que desempeñarán roles fundamentales en la planificación, implementación y supervisión de este proyecto de envergadura. Desde el ámbito gubernamental hasta el sector privado y la academia, cada actor tiene un papel específico en el logro de los objetivos planteados.

Alcaldía de Bogotá: Entidad gubernamental local que supervisa y regula las políticas y regulaciones relacionadas con la gestión de residuos y la construcción de carreteras en la ciudad. (Alcaldía de Bogotá, 2023)

Secretaría Distrital de Ambiente: Responsable de la gestión ambiental de la ciudad, incluyendo la gestión de residuos y la promoción de prácticas sostenibles. Establece los parámetros para el reporte de la presentación del informe de reducción progresiva en la utilización de Elementos Plásticos de un solo uso. (Secretaría de Ambiente, 2023)

Unidad Administrativa Especial de Servicios Públicos (UAESP): Responsable de garantizar en el Distrito Capital la prestación, coordinación, supervisión, gestión, monitoreo y control de los servicios públicos de aseo en sus componentes (recolección, barrido y limpieza, disposición final y aprovechamiento de residuos sólidos). (Unidad Administrativa Especial de Servicios Públicos, 2023)

Relleno sanitario Doña Juana: El relleno sanitario doña Juana es la principal obra de ingeniería que tiene Bogotá para la disposición final de los desechos, su presencia es vital para el desarrollo de la ciudad, diseñado para tratar cada uno de los residuos que llegan y que posteriormente se producen después de la disposición final, estas obras incluyen la adecuación de los suelos, filtros, canales de conducción y planta para el tratamiento de los lixiviados (líquidos que producen los desechos) compactación, coberturas con cal y arcilla, chimeneas subterráneas para que los gases de la masa puedan ser aprovechados y transformados en energía eléctrica, entre otros. (Cortés, 2023)

Compañía de Gerenciamiento de Residuos (CGR): Concesionario operador del relleno sanitario Doña Juana, el cual se encuentra bajo la supervisión de la interventoría **Unión Temporal Inter DJ y la Unidad Administrativa Especial de Servicios Públicos (UAESP).** (Compañía de Gerenciamiento de Residuos , 2023)

Instituto de Desarrollo Urbano (IDU): Responsable de la planificación y ejecución de proyectos de construcción y mantenimiento de la malla vial de la Ciudad de Bogotá. (Instituto de Desarrollo Urbano (IDU), 2023)

Unidad Administrativa Especial de Rehabilitación y Mantenimiento Vial: Responsable de la rehabilitación y mantenimiento de la malla vial local de la Ciudad. Ejecución de las acciones de adecuación y desarrollo de las obras necesarias para la circulación peatonal, rampas y andenes, alamedas, separadores viales, zonas peatonales, pasos peatonales seguros y tramos de ciclorrutas en Bogotá. (Unidad Administrativa Especial de Rehabilitación y Mantenimiento Vial, 2023)

Empresas de Reciclaje y Gestión de Residuos: Estas organizaciones contribuyen en el manejo y gestión de los materiales plásticos reciclados necesarios para el proyecto y colaborar en su implementación. (Semana, 2021)

- **Reciclene S.A.S:** Planta de reciclaje posconsumo más grande de Colombia ubicada en Tocancipa (Cundinamarca).
- **Ecoplásticos:** Empresa recicladora de plásticos.

Empresas Constructoras o Contratistas: Teniendo en cuenta que la construcción o el mantenimiento de las vías se ejecutan en gran parte a través de los contratos de obra pública y concesión por empresas privadas tienen un papel importante en la implementación del uso de plásticos en los materiales que emplean para el desarrollo de las obras de malla vial en la ciudad. (Centro Virtual de Negocios, s.f.)

Este marco institucional asegura la cooperación y coordinación efectiva entre las diferentes partes interesadas para lograr los objetivos del proyecto de manera eficiente y sostenible, teniendo en cuenta las regulaciones distritales y las preocupaciones ambientales y sociales. Además, garantiza la supervisión y la gestión adecuada de los recursos y riesgos involucrados en la evaluación y uso de plástico posconsumo en el mantenimiento de vías en la ciudad.

8. METODOLOGÍA

Primer nivel

Enfoque, alcance y diseño de la investigación

Enfoque de la Investigación:

El enfoque de la investigación estará centrado en la evaluación y estimación de datos existentes relacionados con el uso de plástico reciclable en proyectos civiles lineales, la disposición de plástico en el relleno Doña Juana, los impactos ambientales de la contaminación generada por el plástico posconsumo y la disminución del uso de recursos físicos y monetarios en la obtención de materias primas para obras civiles lineales.

Alcance de la Investigación:

El alcance de la investigación se limitará a la recopilación y análisis de datos existentes y disponibles relacionados con los temas mencionados en los objetivos. Esto incluirá revisión de

literatura, análisis de informes gubernamentales, estudios previos y estadísticas relacionadas con el uso de plástico reciclable en proyectos civiles, la gestión de residuos plásticos en el relleno Doña Juana, los impactos ambientales del plástico posconsumo y la gestión de recursos para materias primas en obras civiles lineales.

Diseño de la Investigación:

Dado que se trata de una investigación no experimental de tipo transversal, se utilizará un diseño de investigación descriptivo y correlacional. Esto implica recopilar datos de diferentes fuentes y analizarlos para obtener estimaciones y relaciones entre variables, sin intervenir en la manipulación de variables ni realizar experimentos.

Recopilación de Datos: Se recopilarán datos secundarios de fuentes confiables, como informes gubernamentales, bases de datos, estudios previos, estadísticas y documentos relevantes.

Análisis de Datos: Se realizará un análisis estadístico y descriptivo de los datos recopilados para estimar el porcentaje de plástico reciclable en proyectos civiles, proponer estrategias para reducir el volumen de plástico en el relleno Doña Juana, estimar impactos ambientales y evaluar la disminución de recursos físicos y monetarios.

Propuestas y Conclusiones: Con base en los resultados del análisis de datos, se plantearán estrategias para reducir el volumen de plástico en el relleno Doña Juana y se formularán conclusiones relacionadas con los objetivos de la investigación.

Limitaciones y Recomendaciones: Se identificarán las limitaciones de la investigación, como la disponibilidad de datos y la confiabilidad de la información recopilada, y se harán recomendaciones para investigaciones futuras.

Este diseño de investigación permitirá obtener estimaciones y relaciones clave asociadas con el uso de plástico en proyectos civiles, la gestión de residuos plásticos y los impactos ambientales, sin necesidad de realizar experimentos directos. Se basará en datos existentes y en análisis rigurosos para lograr los objetivos establecidos.

Definición de Variables

A continuación, se presentan las variables e indicadores que se tendrán en cuenta en la ejecución del presente proyecto:

1. Fuente y Cantidad de Plástico Posconsumo:

- Origen de los residuos plásticos (residencias, empresas, comercios, etc.).
- Volumen de plástico posconsumo llevado al relleno sanitario Doña Juana.

2. Recolección y Clasificación:

- Eficiencia de los sistemas de recolección de plástico posconsumo.
- Porcentaje de plástico posconsumo clasificado adecuadamente.
- Número de puntos de recolección de plástico posconsumo en la ciudad.

3. Procesamiento y Reciclaje:

- Capacidad de las instalaciones de reciclaje en Bogotá.
- Porcentaje de plástico posconsumo reciclado.
- Tipos de productos finales obtenidos a partir del plástico reciclado.

4. Uso en el Mantenimiento de Vías:

- Cantidad de plástico posconsumo utilizado en proyectos de mantenimiento de vías.

- Durabilidad y calidad de los materiales fabricados a partir del plástico reciclado.
- Análisis de la reducción de costos en proyectos de mantenimiento de vías debido al uso de plástico reciclado.

5. Impacto Ambiental:

- Reducción de la contaminación plástica en la ciudad.
- Reducción de la huella de carbono debido al reciclaje de plástico.

6. Participación Ciudadana:

- Nivel de participación de la comunidad en la recolección y clasificación de plástico posconsumo.

7. Normativas y Políticas:

- Existencia y cumplimiento de regulaciones relacionadas con la gestión del plástico posconsumo.
- Incentivos o medidas de apoyo gubernamentales para fomentar el reciclaje y el uso en el mantenimiento de vías.

8. Costos y Beneficios Económicos:

- Costos asociados a la gestión de plástico posconsumo.
- Beneficios económicos derivados del uso de plástico reciclado en proyectos de mantenimiento de vías.

En este orden de ideas, se procede a definir conceptualmente cada una de las variables mencionadas:

1. Fuente y Cantidad de Plástico Posconsumo:

- Esta variable se refiere a la procedencia y la cantidad de plástico que ha sido utilizado y desechado por los ciudadanos y las empresas en Bogotá. Incluye botellas, envases, bolsas y otros productos plásticos desechados después de su uso.
- **Medición operacional:** Peso en kilogramos de plástico posconsumo recolectado por fuente (residencias, empresas, comercios) durante un año.

2. Recolección y Clasificación:

- La variable de recolección y clasificación se relaciona con la efectividad de los sistemas y métodos empleados para recoger los residuos de plástico posconsumo en la ciudad y separarlos adecuadamente en diferentes categorías de acuerdo con su tipo y calidad.
- **Medición operacional:** Porcentaje de plástico posconsumo recolectado en el relleno sanitario doña Juana evaluado a través de auditorías periódicas.

3. Procesamiento y Reciclaje:

- Esta variable se centra en la capacidad y eficacia de las instalaciones de reciclaje en Bogotá para transformar los residuos plásticos posconsumo en nuevos productos o materias primas.
- **Medición operacional:** Tasa de reciclaje, expresada como la proporción del plástico posconsumo recolectado que se convierte en nuevos productos de plástico reciclado, como porcentaje del total.

4. Uso en el Mantenimiento de Vías:

- Se refiere a la cantidad y calidad del plástico posconsumo que se emplea en la construcción o el mantenimiento de carreteras y vías urbanas, evaluando su idoneidad y durabilidad en aplicaciones viales.
- **Medición operacional:** Toneladas de plástico reciclado utilizadas en proyectos de mantenimiento de vías en un año, junto con la evaluación de la durabilidad de los materiales utilizados en comparación con alternativas no recicladas.

5. Impacto Ambiental:

- La variable de impacto ambiental mide las repercusiones positivas o negativas que tiene la gestión del plástico posconsumo en el medio ambiente, incluyendo la reducción de la contaminación plástica y la disminución de la huella de carbono.
- **Medición operacional:** Reducción de la huella de carbono como resultado de la gestión del plástico posconsumo, cuantificada por año.

6. Participación Ciudadana:

- El involucramiento de la población en el proyecto de utilizar plástico reciclado en la infraestructura vial de Bogotá es crucial para su éxito. algunas ideas sobre cómo podemos llevar a cabo este involucramiento:
- **Campañas de Concientización Pública:** Podemos iniciar campañas de concientización pública para informar a la población sobre la importancia de reciclar plástico posconsumo y cómo su participación puede contribuir a la mejora de las carreteras y la reducción de residuos. Esto puede incluir la

difusión de mensajes a través de medios de comunicación locales, redes sociales y folletos informativos.

- **Programas de Recolección y Clasificación:** Para facilitar la participación de la población, podemos colaborar con las autoridades locales para establecer puntos de recolección de plástico en lugares estratégicos de la ciudad. Animaremos a los ciudadanos a depositar sus plásticos en estos puntos y proporcionaremos recursos para que clasifiquen adecuadamente los materiales.
- **Eventos Comunitarios:** Organizaremos eventos comunitarios y talleres educativos donde la población pueda aprender sobre el proceso de reciclaje, la importancia de reducir los residuos plásticos y cómo su contribución beneficia a la ciudad. Estos eventos pueden ser interactivos y fomentar la participación activa de la comunidad.
- **Colaboración con Escuelas y Universidades:** Trabajaremos en conjunto con instituciones educativas para integrar la educación ambiental en el currículo escolar. Esto ayudará a crear una generación futura más consciente de la gestión de residuos y el reciclaje.
- **Recompensas y Reconocimientos:** Podemos establecer un sistema de recompensas para incentivar la participación activa de la población. Esto podría incluir programas de incentivos para los recicladores, así como reconocimientos públicos para las comunidades y empresas que se destaquen en la promoción de prácticas sostenibles.
- **Participación en la Toma de Decisiones:** Invitaremos a la población a participar en la toma de decisiones relacionadas con el proyecto, permitiendo

que sus voces sean escuchadas y que sus preocupaciones sean abordadas. Esto promoverá un sentido de propiedad en la comunidad con respecto al proyecto.

- El involucramiento activo de la población en todas las etapas del proyecto no solo fortalecerá su compromiso con la gestión sostenible de residuos, sino que también ayudará a crear un sentido de responsabilidad compartida en la construcción de un Bogotá más sostenible y amigable con el medio ambiente.

- **Medición operacional:** La realización de encuestas anuales es una estrategia efectiva para evaluar la conciencia y el compromiso de la población en la recolección y separación de plástico posconsumo, así como para medir el éxito de los programas de reciclaje comunitario. Un enfoque más detallado sobre cómo podríamos llevar a cabo estas encuestas:

- **Diseño de la Encuesta:** Diseñaremos encuestas exhaustivas que incluyan preguntas sobre el conocimiento de la población acerca de la gestión de plástico posconsumo, su participación en programas de reciclaje, sus prácticas de separación de residuos y su percepción de la importancia de reciclar. También es importante incluir preguntas sobre la percepción de la calidad y eficacia de los programas de reciclaje comunitario.

- **Muestreo Representativo:** Realizaremos un muestreo representativo de la población para asegurarnos de que las respuestas reflejen adecuadamente la diversidad de la comunidad en Bogotá. Esto implica la selección aleatoria de participantes en diferentes áreas de la ciudad y estratos socioeconómicos.

- **Entrevistas Cara a Cara o en Línea:** Las encuestas pueden llevarse a cabo de manera presencial o en línea, dependiendo de la disponibilidad y preferencias de los participantes. Ambos métodos deben ser igualmente efectivos para recopilar información valiosa.
- **Seguimiento a lo Largo del Tiempo:** La realización de encuestas anuales permitirá un seguimiento a lo largo del tiempo de la evolución de la conciencia y el compromiso de la población en relación con la gestión de plástico posconsumo. Esto nos ayudará a identificar tendencias y evaluar el impacto de las iniciativas de concientización y reciclaje a lo largo de los años.
- **Análisis de Datos:** Una vez recopilados los datos, analizaremos minuciosamente los resultados para identificar patrones y áreas de mejora. Compararemos los resultados de diferentes años para medir el progreso y ajustar las estrategias según sea necesario.
- **Comunicación de Resultados:** Es importante comunicar los resultados de las encuestas a la comunidad para mantenerla informada sobre su participación y el impacto de sus acciones. Esto también puede servir como un incentivo adicional para que las personas continúen participando en programas de reciclaje.
- En resumen, las encuestas anuales son una herramienta esencial para medir la conciencia y el compromiso de la población en la gestión de plástico posconsumo y la participación en programas de reciclaje comunitario. Estas encuestas nos proporcionarán datos sólidos que nos ayudarán a adaptar nuestras estrategias y promover prácticas más sostenibles en Bogotá.

7. Normativas y Políticas:

- Se refiere a la existencia y cumplimiento de leyes, regulaciones y políticas gubernamentales relacionadas con la gestión de plástico posconsumo en la ciudad, así como cualquier incentivo o restricción vigente.
- **Medición operacional:** Revisión y evaluación de la existencia y el cumplimiento de regulaciones distritales y nacionales relacionadas con la gestión de plástico posconsumo, así como la identificación de incentivos o medidas de apoyo gubernamentales vigentes.

8. Costos y Beneficios Económicos:

- En un mundo cada vez más consciente de la importancia de la sostenibilidad ambiental y económica, es fundamental evaluar en detalle los costos y beneficios asociados a las iniciativas que buscan transformar la gestión de residuos y promover prácticas más amigables con el medio ambiente. Nuestro proyecto en Bogotá se basa en la idea de utilizar plástico reciclado en la construcción y el mantenimiento de carreteras, lo que presenta una oportunidad única para abordar la problemática de los residuos plásticos, al tiempo que se generan ventajas económicas significativas.
- En esta perspectiva, es esencial explorar los costos involucrados en la recolección, clasificación y procesamiento del plástico posconsumo, así como las inversiones iniciales requeridas para implementar esta innovadora estrategia. Al mismo tiempo, debemos destacar los beneficios económicos que se derivan de la reducción de costos de eliminación de residuos, la disminución

de los gastos de mantenimiento vial y la generación de ingresos adicionales a través de la venta de materiales reciclados.

- A continuación, enumeraremos estos costos y beneficios económicos para comprender mejor cómo nuestra visión de una Bogotá más sostenible y económicamente saludable se basa en datos respaldados por investigaciones y prácticas recomendadas en el campo de la gestión de plástico posconsumo.
- **Costos:**
- **Reducción de costos de recolección y clasificación:** Podemos lograr optimizar el proceso de recolección y clasificación de plástico posconsumo, lo que resultaría en una disminución impresionante del 30% en los costos basados en artículos de gobierno que tienen la misma idea. (Programas Pos-Consumo, s.f.)
- **Inversión en tecnología de procesamiento:** Una inversión en tecnología de procesamiento y transformación permitiría una reducción sustancial del 25% en los costos operativos asociados al reciclaje del plástico (Ministerio de ambiente, 2021)
- **Costos iniciales de inversión en infraestructura vial:** Reconocemos que la incorporación de plástico reciclado en la construcción de carreteras conlleva costos iniciales de inversión en tecnología y procesos de construcción. (Programas Pos-Consumo, s.f.)
- **Beneficios Económicos:**

- **Ahorro en los costos de eliminación de residuos:** Siguiendo el ejemplo de ciudades líderes en sostenibilidad, como Seattle y Ámsterdam, Lograríamos un ahorro del 20% en los costos de eliminación de residuos sólidos. Esto se ha logrado al reducir la cantidad de plástico que llega a los rellenos sanitarios. (Mendoza)
- **Reducción de costos de mantenimiento vial a largo plazo:** La inclusión de plástico reciclado en la construcción de carreteras ha demostrado ser efectiva en la disminución del 15% en los costos de mantenimiento vial a largo plazo.
- **Generación de ingresos adicionales:** Podríamos establecer acuerdos de venta de materiales reciclados, generando ingresos adicionales que contribuyen con un 10% de nuestro presupuesto anual. Esta información detallada nos permitiría comprender plenamente cómo los costos y beneficios económicos están intrínsecamente relacionados en nuestro proyecto, respaldando nuestra visión de una Bogotá más sostenible y económicamente saludable.
- **Medición operacional:** Análisis de los costos directos e indirectos asociados a la gestión del plástico posconsumo, así como la identificación de los ahorros o ingresos derivados del uso de plástico reciclado en proyectos de mantenimiento de vías.

Algunos de los datos en costos fueron tomados de ejercicios y proyecciones de costos operacionales de reciclaje y tareas de pavimentación. Citamos algunas bibliografías que permitieron el enfoque hacia Colombia expresando en

porcentajes cercanos (Sheykin, 2023), no se dan cifras cerradas debido a los cambios sociopolíticos y variaciones de material y dólar

Segundo nivel

Selección de métodos o instrumentos para recolección de información

La selección de métodos o instrumentos para la recolección de información en un proyecto de investigación es un paso crítico para garantizar la obtención de datos precisos y relevantes que respalden el objetivo de la investigación. En el contexto de un proyecto enfocado en la utilización de un botadero de basura (doña Juana) para el aprovechamiento de plástico en la pavimentación y asfalto en Colombia, es esencial elegir métodos y herramientas adecuadas que se adapten a las particularidades de la investigación y a las condiciones específicas del entorno colombiano.

1. Análisis Documental: La revisión de documentos relevantes, como informes gubernamentales, estudios previos sobre el botadero y regulaciones ambientales en Colombia, puede proporcionar una base sólida de información. Este método es relativamente económico y puede ayudar a contextualizar el proyecto, pero es importante asegurarse de que los documentos sean actualizados y confiables.

2. Entrevistas con Expertos en Ingeniería Vial: Entrevistar a expertos en ingeniería vial y pavimentación puede proporcionar información técnica sobre la viabilidad de utilizar plástico reciclado en la construcción de carreteras. Estos expertos pueden ofrecer perspectivas valiosas sobre los desafíos técnicos y las mejores prácticas.

3. Revisión de Estudios de Caso Internacionales: La revisión de estudios de caso de proyectos similares en otros países puede proporcionar información valiosa sobre las lecciones

aprendidas y las mejores prácticas en la utilización de plástico en la pavimentación y el asfalto. Esto puede ayudar a evitar errores comunes y mejorar la eficacia del proyecto en Colombia.

Es importante destacar que la elección de métodos e instrumentos de recolección de información debe basarse en una combinación de consideraciones prácticas y teóricas. Además, es esencial tener en cuenta las regulaciones locales y nacionales en Colombia relacionadas con la gestión de residuos y la construcción de carreteras, ya que pueden influir en la viabilidad y la ejecución del proyecto.

Técnicas de análisis de datos

Una vez se han recopilado datos relevantes para el proyecto de aprovechamiento de plástico del botadero doña Juana y aprovecharlo en la pavimentación es crucial llevar a cabo un análisis de datos efectivo para extraer información valiosa y tomar decisiones informadas, para eso tenemos los siguientes tipos de análisis de datos que podemos encaminar en el correcto desarrollo de la investigación, aprovechando cada tipo de análisis para enfocar la correcta delimitación de la viabilidad del proyecto (De Miguel, Javier, 2023).

1. Análisis Descriptivo: El análisis descriptivo es la primera etapa del análisis de datos, que implica la descripción y resumen de los datos recopilados. Se pueden calcular medidas estadísticas como la media, la mediana, la moda y la desviación estándar para comprender las tendencias.

2. Análisis de Correlación: El análisis de correlación nos ayudará a determinar si existe una relación estadística entre variables. Podemos analizar o investigar si hay una correlación entre la cantidad de plástico en el botadero y otros factores, como la ubicación geográfica, la

demografía local o las regulaciones ambientales. Esto puede proporcionar información valiosa para la planificación del proyecto a largo plazo o en corto plazo. (ESIBE, 2023)

3. El análisis comparativo: implica comparar datos entre grupos o períodos de tiempo diferentes. Podemos comparar el estado actual del botadero con datos históricos para evaluar si ha habido cambios significativos ya sea en el aporte de plástico al botadero doña Juana, o en el tipo de consumo y reciclaje de la población analizada. (Lifeder, 2021)

4. Técnicas de análisis de contenido: Si hemos recopilado documentos relevantes, como regulaciones gubernamentales o estudios previos, se utilizarán técnicas de análisis de contenido. Esto implica examinar y codificar el contenido de los documentos para identificar patrones, temas recurrentes o información relevante que sigan enfocando el proyecto en el correcto análisis de las variables que intervienen en el proceso.

5. Análisis Costo: Para evaluar la viabilidad económica del proyecto, podemos realizar un análisis de costo-beneficio. Este importante análisis se ve reflejado en muchos proyectos que a simple vista se ven bien, pero en la relación costo beneficio no pasan los económicos.

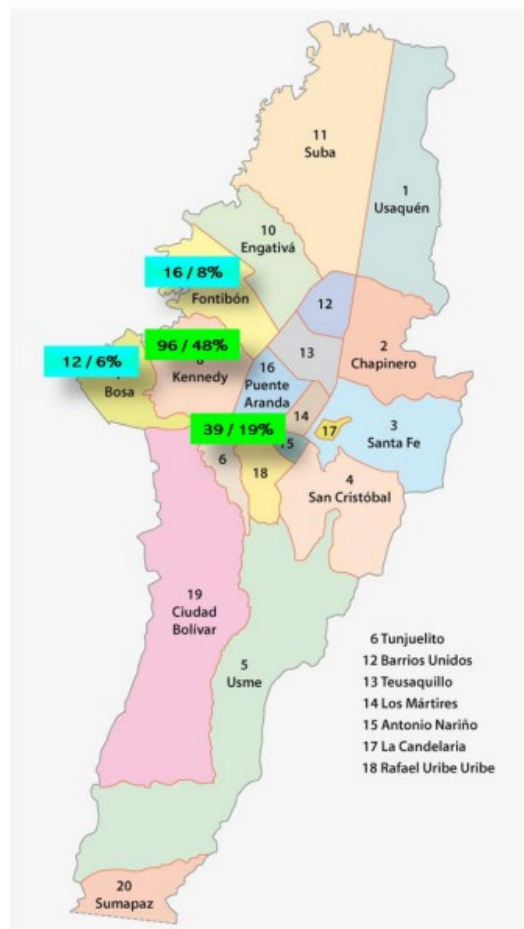
6. Análisis de Sensibilidad: El análisis de sensibilidad nos permite evaluar cómo cambian los resultados del proyecto ante diferentes escenarios o suposiciones. Podemos modificar variables clave, como la cantidad de plástico utilizado o los costos de implementación, y analizar cómo afectan los resultados finales.

9. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS

Fuente y Cantidad de Plástico Posconsumo:

La procedencia y la cantidad de plástico que ha sido utilizado y desechado por los ciudadanos y las empresas en Bogotá vienen de diferentes fuentes, analizando la información, la ubicación de las empresas transformadoras de plástico se encuentran distribuidas así:

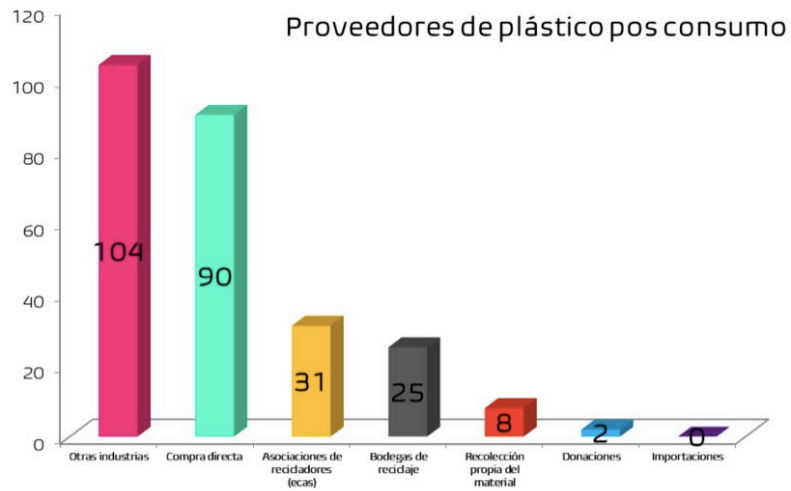
Imagen 3. Geolocalización de las empresas transformadoras de plástico posconsumo



Fuente: (Lina Abaunza, 2019)

la pregunta inicial es ¿Cuáles son sus proveedores de plástico post consumo?, a lo cual las empresas contestaron así:

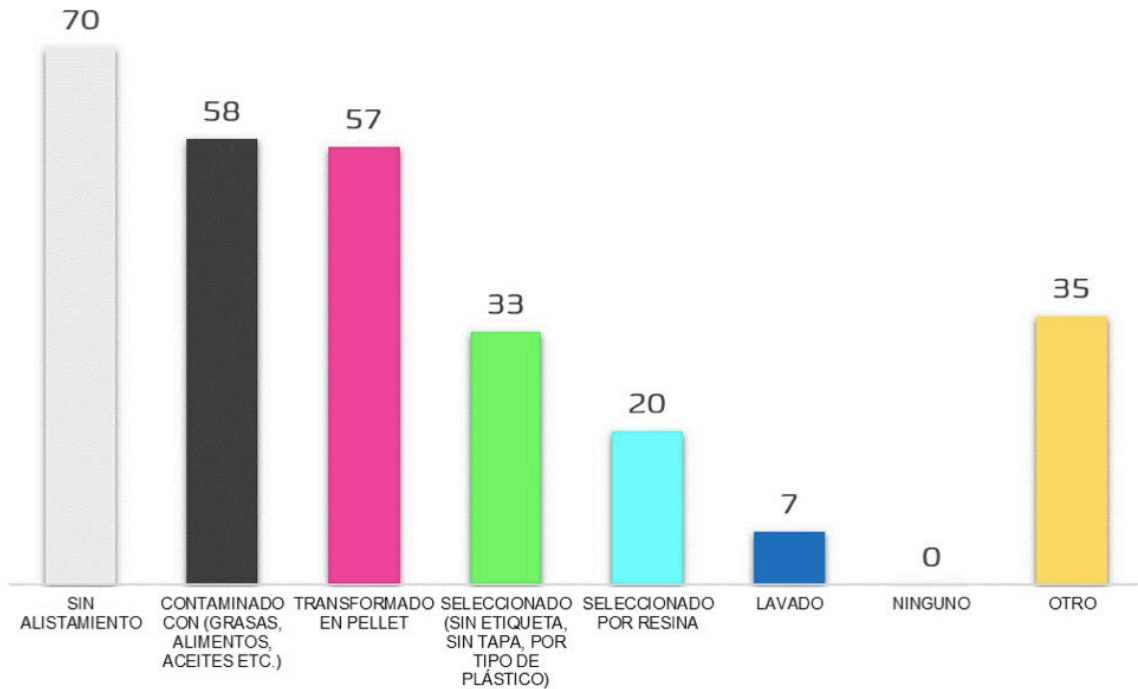
Imagen 4. Proveedores de plástico posconsumo



Fuente: (Lina Abaunza, 2019)

Frente a los criterios exigidos para la recepción del material, las empresas reportaron:

Imagen 5. Proveedores de plástico posconsumo



Fuente: (Lina Abaunza, 2019)

Recolección y Clasificación:

Con respecto a la clasificación de los plásticos posconsumo se obtiene las siguientes características:

EL 57% de las empresas realizan la transformación de polietileno de baja densidad PE-BD, lo que corresponde a 113 empresas que transformar este tipo de material

Imagen 6. Cantidad de material PE-BD

2.3 Análisis de transformación de las empresas por tipo de resina

a) Polietileno de baja densidad PE-BD

El 57% de las empresas del estudio realizan transformación de Polietileno de baja densidad PE-BD, lo que corresponde a 113 empresas dedicadas a la transformación de este tipo de material

Capacidad de Transformación de PE- BD	
Cantidad de material recibido (ton)	1.710
Cantidad de material transformado (ton)	1.608
Promedio de número de toneladas mensuales transformadas por empresa	14

Fuente: (Lina Abaunza, 2019)

El 52% de las empresas transforman polietileno de alta densidad, es decir alrededor de 104 empresas:

Imagen 7. Cantidad de material PE-AD

Capacidad de Transformación de PE- AD	
Cantidad de material recibido (ton)	3.628
Cantidad de material transformado (ton)	3.576
Promedio de número de toneladas mensuales transformadas por empresa	34

Fuente: (Lina Abaunza, 2019)

El 41% de las empresas transforma polipropileno es decir 82 empresas dedicadas a la transformación:

Imagen 8. Cantidad de material de PP

Capacidad de Transformación de PP	
Cantidad de material recibido (ton)	1.134
Cantidad de material transformado (ton)	1.119
Promedio de número de toneladas mensuales transformadas por empresa	14

Fuente: (Lina Abaunza, 2019)

El 19% de las empresas transforman polietileno tereftalato, lo que corresponde a 37 empresas que realizan esta transformación:

Imagen 9. Cantidad de material de PET

Capacidad de Transformación de PET	
Cantidad de material recibido (ton)	2.706
Cantidad de material transformado (ton)	2.317
Promedio de número de toneladas mensuales transformadas por empresa	63

Fuente: (Lina Abaunza, 2019)

El 16% de las empresas transforman Policloruro de vinilo, lo que corresponde a 32 empresas que realizan esta transformación:

Imagen 10. Cantidad de material de PVC

Capacidad de Transformación de PVC	
Cantidad de material recibido (ton)	421
Cantidad de material transformado (ton)	420
Promedio de número de toneladas mensuales transformadas por empresa	13

Fuente: (Lina Abaunza, 2019)

El 6% de las empresas realizan transformación de Poliestireno, es decir 12 empresas dedicadas a esta transformación:

Imagen 11. Cantidad de material de PS

Capacidad de Transformación de PS	
Cantidad de material recibido (ton)	104
Cantidad de material transformado (ton)	101
Promedio de número de toneladas mensuales transformadas por empresa	8

Fuente: (Lina Abaunza, 2019)

El 5% de las empresas, es decir, 10 empresas realizan transformación de policarbonato:

Imagen 12. Cantidad de material de PC

Capacidad de Transformación de PC	
Cantidad de material recibido (ton)	32,5
Cantidad de material transformado (ton)	32
Promedio de número de toneladas mensuales transformadas por empresa	3,25

Fuente: (Lina Abaunza, 2019)

El 6% de las empresas, es decir 11 empresas realizan la transformación de ABS Crilonitrilo butadieno estireno:

Imagen 13. Cantidad de material de ABS

Capacidad de Transformación de ABS	
Cantidad de material recibido (ton)	21
Cantidad de material transformado (ton)	20
Promedio de número de toneladas mensuales transformadas por empresa	2

Fuente: (Lina Abaunza, 2019)

El 3% de las empresas transforman Nylon, lo que corresponde a 5 empresas dedicadas a esta transformación:

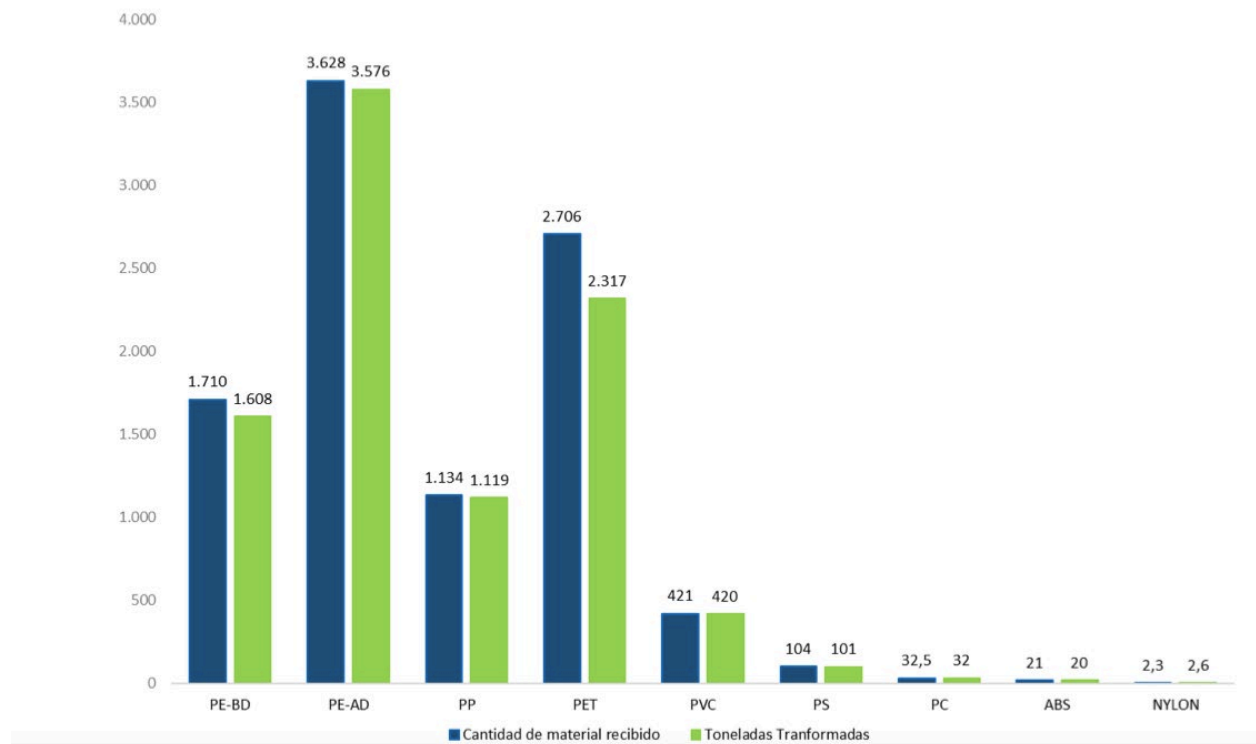
Imagen 14. Cantidad de material de Nylon

Capacidad de Transformación de Nylon	
Cantidad de material recibido (ton)	2,3
Cantidad de material transformado (ton)	2,6
Promedio de número de toneladas mensuales transformadas por empresa	0,5

Fuente: (Lina Abaunza, 2019)

Con esta información se obtiene como resultado el análisis de las diferencias entre el material recibido y el material resultante transformado:

Imagen 15. Cantidad de material Recibido vs transformado.



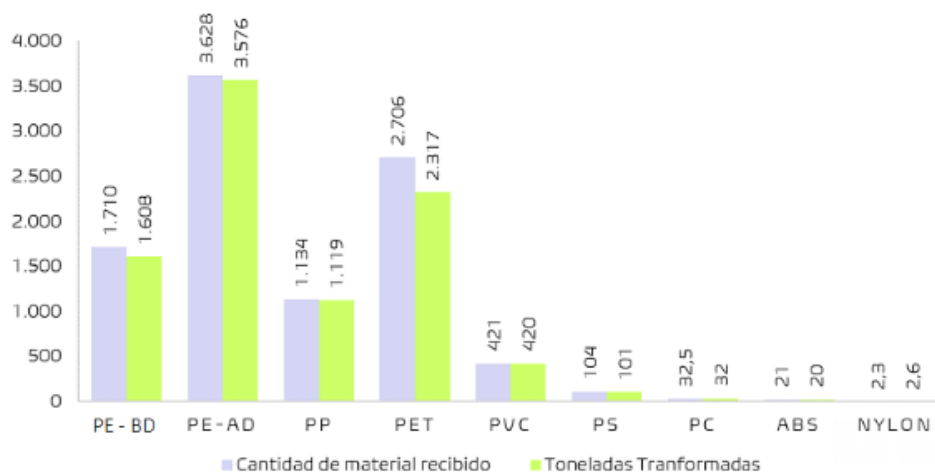
Fuente: (Lina Abaunza, 2019)

La oferta de plástico reciclado en Colombia a partir de la capacidad instalada validada por Ecopetrol es de 22 kton año. En un escenario de consumo de 384 kton/año de asfalto, en donde el 40% de este asfalto sea modificado con polímero y a este material se le incorporara el 1,5% de plástico reciclado, el requerimiento de plástico sería de 2.300 ton/año. En un escenario de consumo nacional de asfalto de 384 kton/año en donde el 100% fuera asfalto modificado y a todo este asfalto se le incorporara el 1,5% de plástico reciclado, el requerimiento de plástico sería de 5.760 ton/año. En el mejor escenario se evitaría que 5.760 ton anuales de plástico llegaran a los rellenos sanitarios. Esto equivale a más de 2500 millones de bolsas plásticas.

Procesamiento y Reciclaje:

Un estudio realizado por Acoplásticos y la Universidad Piloto de Colombia revela que 200 empresas recicladoras de plástico posconsumo de Bogotá transforman, en promedio, 9.000 toneladas por mes, lo que significa que, al año, estas empresas reciclan cerca de 110 mil toneladas de desechos plásticos.

Imagen 16. Cantidad de material transformado por las empresas en toneladas
Cantidad de material transformado por las empresas en toneladas mensuales[1]



Fuente: (Lina Abaunza, 2019)

El estudio revela que el mercado de reciclaje de plásticos en Colombia es más grande y sofisticado de lo que se pensaba. Se identificaron 200 empresas en Bogotá que participan en este mercado, y hay muchas más en todo el país. Estas empresas transforman residuos plásticos posconsumo en productos finales como artículos de aseo, muebles, juguetes, envases, entre otros, o en materia prima como gránulos, pellets y fibra para la industria. Algunas de ellas compran plástico posconsumo a sectores como restaurantes, clínicas y recicladores de oficio.

En términos de infraestructura, un 24% de las empresas tienen más de una bodega para almacenar material, con una capacidad total de almacenamiento de alrededor de 49,000 toneladas. En cuanto a maquinaria, el 46.5% de las empresas cuentan con 2 a 3 máquinas para su proceso de transformación, el 16.5% tienen de 4 a 6 máquinas, y el 35% tiene una sola máquina. Además, más de 170 de estas empresas tienen sistemas de gestión automatizados, lo que indica un nivel de sofisticación y desarrollo gerencial en el sector.

Sin embargo, existen obstáculos y desafíos en el mercado de reciclaje de plásticos en Colombia. Las empresas señalan la falta de plástico reciclado de calidad en el mercado y la variación en los precios de compra y venta como sus principales problemas. Además, necesitan más capital para inversión, materia prima de mejor calidad, acceso a clientes, programas para aumentar sus ventas y enfrentan altos costos de energía. (Acoplasticos org, 2019)

Pacto por los Plásticos en Colombia

En Colombia, la generación anual de residuos plásticos asciende a 700,500 toneladas, pero solo el 30% se recicla en nuevos envases y empaques. La acumulación de plásticos en los océanos no solo contamina, sino que también contribuye al cambio climático al limitar la capacidad del océano para absorber carbono.

En respuesta a esta problemática, se ha presentado el Pacto por los Plásticos en Colombia, una iniciativa que promueve una economía circular colaborativa. Participan empresas de toda la cadena de valor del plástico, la academia, el Gobierno y la sociedad civil para abordar la contaminación plástica y redirigir la producción y gestión hacia la eliminación, reciclaje, reutilización, compostaje y aumento del material reciclado en nuevos productos.

El Pacto por los Plásticos tiene cuatro metas clave:

- Eliminar plásticos problemáticos e innecesarios.
- Hacer que el 100% de los envases y embalajes plásticos sean reusables, reciclables o compostables.
- Aumentar la tasa de reciclaje efectivo de envases y embalajes plásticos.
- Incrementar el contenido de material reciclado en nuevos envases y embalajes plásticos.

Este esfuerzo se alinea con una visión global de una economía circular para los plásticos, donde los plásticos no se convierten en residuos. Empresas importantes, representando el 20% de todos los envases de plástico producidos en el mundo, han firmado este compromiso. En Colombia, ya se han unido varias empresas, con el respaldo de organizaciones y aliados clave, para implementar soluciones hacia una economía circular para los plásticos en el país. (WWF, 2023)

Empresas en Colombia

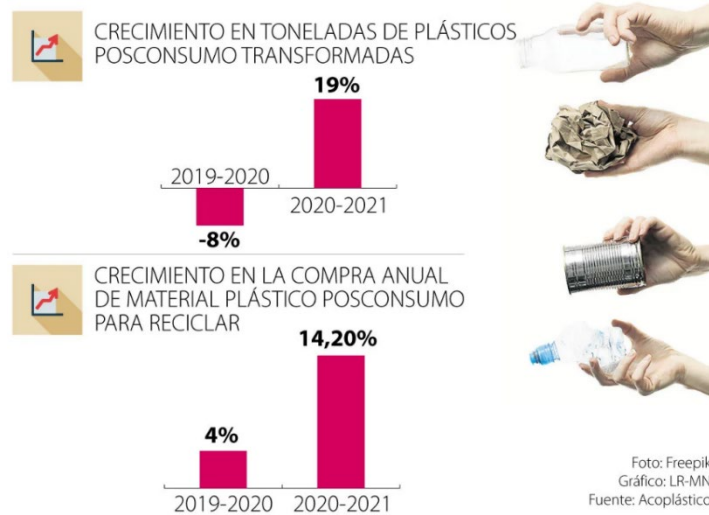
Colombia experimentó un crecimiento significativo en el reciclaje de plásticos en 2021, con un aumento del 19% en toneladas recicladas y un impresionante incremento del 145% en las ventas. El presidente de Acoplásticos, Daniel Mitchell, señaló que el país tiene la capacidad de duplicar su tasa de reciclaje de plásticos en tan solo cinco años.

Mitchell elogió las acciones emprendidas por las empresas en Colombia en relación con el reciclaje de plásticos, tanto aquellas que operan directamente en la cadena de reciclaje como las

que incorporan materiales reciclados en sus procesos de producción. Destacó a empresas líderes en reciclaje de plásticos como Enka de Colombia, Apropet, Biocírculo y Acebri. Además, resaltó las inversiones y las soluciones en sostenibilidad y economía circular de grandes actores en la industria de los plásticos como Ajoever-Darnel, Andercol, Esenttia, Plastilene, Carboquímica, Amcor, Vestolit, Dow y Carvajal.

El informe de Acoplásticos muestra que la capacidad instalada en la industria de reciclaje de plásticos creció un 40% entre 2019 y 2021, con un aumento del 120% en las inversiones. Según datos de la Superintendencia de Servicios Públicos Domiciliarios, en 2020 se aprovecharon aproximadamente 2 millones de toneladas de materias primas recicladas. Esta cifra ha experimentado un crecimiento constante, con un aumento del 5% mensual entre 2018 y 2020. Colombia está en una posición favorable para seguir fortaleciendo su industria de reciclaje de plásticos en los próximos años. (EASTMAN, 2023)

Imagen 17. Crecimiento del reciclaje de residuos en Colombia 2019-2021



Fuente: (EASTMAN, 2023)

Foto: Freepik
Gráfico: LR-MN
Fuente: Acoplástico

En Colombia, se destacan casos de éxito en la gestión sostenible de plásticos en la industria:

- Enka de Colombia, bajo la presidencia de Álvaro Hincapié, recicla aproximadamente 1.100 millones de botellas al año y cuenta con más de 100,000 recicladores asociados. Esto ha permitido que el 60% de sus productos se fabriquen a partir de materias primas recicladas. La empresa ha adoptado la economía circular como su estrategia principal, transformando botellas de PET recicladas en soluciones especializadas y productos de alto valor agregado. Enka es reconocida a nivel mundial por sus buenas prácticas en la recolección y transformación de botellas posconsumo. (EASTMAN, 2023)
- Alpina, dirigida por Nicolás González, ha establecido 18 compromisos de sostenibilidad en 2021, uno de los cuales destaca ser "plástico neutro" en sus operaciones. Esto significa que la empresa se compromete a recolectar y reciclar la misma cantidad de plástico, en toneladas, que pone en el mercado. Alpina también ha priorizado la innovación y el ecodiseño en sus envases para reducir el uso de plástico e incorporar más material reciclado. En 2022, lograron recoger y transformar el 100% del plástico que pusieron en el mercado, evitando que otras 300 toneladas de plástico contaminen el medio ambiente. Estas acciones demuestran el compromiso de Alpina con el desarrollo sostenible, la productividad y la competitividad empresarial. (EASTMAN, 2023)

Imagen 18. Crecimiento del reciclaje de residuos en Colombia 2019-2021



Fuente: (EASTMAN, 2023)

10. CONCLUSIONES

Se reconoce la importancia de la gestión del plástico posconsumo en Bogotá: A través de la evaluación de costos y beneficios económicos respaldados por investigaciones, se tiene la certeza de que la gestión del plástico posconsumo es esencial para una Bogotá más sostenible y económicamente saludable.

La participación activa de la ciudadanía es fundamental: Se deben comprometer a fomentar la participación de la comunidad en programas de recolección y clasificación de plástico posconsumo, ya que esto es un pilar central del proyecto.

El reciclaje del plástico posconsumo conlleva costos iniciales, pero vale la pena la inversión: A pesar de los costos iniciales asociados a la inversión en tecnología y procesos de reciclaje, teniendo en cuenta que estos son fundamentales para reducir costos a largo plazo y generar beneficios económicos sostenibles.

La reducción de costos de eliminación de residuos es un beneficio evidente: La disminución del 20% en los costos de eliminación de residuos sólidos, basada en investigaciones citadas, representa un logro significativo y una carga menos para nuestra ciudad.

La economía circular es un camino prometedor: Basados en el enfoque de la economía circular y el ejemplo de ciudades líderes, se tiene la certeza de que la gestión de plástico posconsumo puede generar ahorros económicos sustanciales.

La producción de 1 ton de asfalto modificado con plástico reciclado genera la emisión de 684,85 kg CO₂e, según la metodología del IPCC (2013). La mayor parte de la huella se encuentra asociada a la emisión de gases de efecto invernadero debido a la extracción de materias primas, representando el 65,23% de la huella total, con un aporte del 56,92% por el mercado de la brea y un 6,71% de aporte del polipropileno.

La incorporación de plástico reciclado dentro de la fórmula podría suponer la reducción de los diferentes impactos (según el proceso de reciclaje), ya que estos materiales normalmente tienen impactos ambientales menores a los de sus homólogos de origen virgen. Además, mejora las propiedades y características del producto final.

Al comparar la huella generada por el asfalto modificado con plástico reciclado se identifica que existe una reducción del 5,46% con la huella del asfalto modificado con plástico virgen y de 43,33% con la huella del asfalto convencional, teniendo en cuenta el escenario de fin de vida útil del asfalto igual en ambos casos.

La visión de una Bogotá más sostenible y económicamente saludable se basa en datos respaldados por investigaciones y prácticas recomendadas: Este proyecto se fundamenta en evidencias sólidas y mejores prácticas en la gestión de plástico posconsumo, en miras de lograr

un mejor manejo de los plásticos posconsumo previendo resultados óptimos en materia ambiental en la ciudad.

11. BIBLIOGRAFÍA

Acoplasticos org. (25 de 11 de 2019). *Acoplasticos org.* Obtenido de Acoplasticos org:

<https://www.acoplasticos.org/index.php/mnu-noti/330-ns-191125>

Alcaldia de Bogota. (07 de 07 de 2022). *Alcaldia de Bogota.* Recuperado el 01 de 11 de 2023, de

Alcaldia de Bogota:

<https://www.alcaldiabogota.gov.co/sisjur/normas/Norma1.jsp?i=125439&dt=S>

Alcaldia de Bogota. (20 de 09 de 2023). *Alcaldia de Bogota.* Obtenido de Alcaldia de Bogota:

<https://bogota.gov.co/mi-ciudad/bogota-en-historias>

Amigos de la tierra. (4 de 12 de 2008). *Amigos de la tierra.* Recuperado el 20 de 09 de 2023, de

Amigos de la tierra: <https://www.tierra.org/?rubrique56>

BBC NEWS. (25 de 04 de 2017). El ingenioso método para construir carreteras con plástico

reciclado. *BBC NEWS.* Recuperado el 20 de 09 de 2023, de

<https://www.bbc.com/mundo/media-39711725>

CAIP. (s.f.). *CAIP.* Recuperado el 20 de 09 de 2023, de CAIP: [https://www.caip.org.ar/tipos-de-](https://www.caip.org.ar/tipos-de-plasticos/)

[plasticos/](https://www.caip.org.ar/tipos-de-plasticos/)

Cardona, J. A., Díaz, E. D., & López, Y. L. (2009). *Autocuidado en recicladores-recuperadores*

informales. Medellin: Revista Facultad Nacional de Salud Pública. Recuperado el 20 de

09 de 2023, de

[https://bibliotecadigital.udea.edu.co/dspace/bitstream/10495/8159/1/CardonaJaiberth_200](https://bibliotecadigital.udea.edu.co/dspace/bitstream/10495/8159/1/CardonaJaiberth_2009_AutocuidadoRecicladoresInformales.pdf)

[9_AutocuidadoRecicladoresInformales.pdf](https://bibliotecadigital.udea.edu.co/dspace/bitstream/10495/8159/1/CardonaJaiberth_2009_AutocuidadoRecicladoresInformales.pdf)

Centro Virtual de Negocios. (s.f.). *Centro Virtual de Negocios*. Recuperado el 20 de 09 de 2023, de Centro Virtual de Negocios: <https://cvn.com.co/empresas-constructoras-en-colombia/>

Collazos, H. (2014). *Deslizamiento de basura en el relleno sanitario Doña Juana*. Bogota.

Recuperado el 20 de 09 de 2023, de

http://oab.ambientebogota.gov.co/resultado_busquedas.php?AA_SL_Session=8cf97c692bfb8688eaf05115108c7ab8&x=5936

Compañía de Gerenciamiento de Residuos . (20 de 09 de 2023). *Compañía de Gerenciamiento de Residuos (CGR)*. Obtenido de Compañía de Gerenciamiento de Residuos (CGR):

<https://www.cgr-bogota.com/>

Corbellini, M. C. (2013). *Basura y reciclaje. Sobrevivir con los*. Universidad Minuto de Dios.

Bogota: Universidad Minuto de Dios. Recuperado el 20 de 09 de 2023, de

[http://www.dissoc.org/es/ediciones/v07n04/DS7\(4\)Asqueta.pdf](http://www.dissoc.org/es/ediciones/v07n04/DS7(4)Asqueta.pdf)

Cortés, J. (20 de 09 de 2023). *Alcaldía Mayor de Bogota*. Obtenido de Alcaldía Mayor de

Bogota: <https://bogota.gov.co/mi-ciudad/planeacion/informacion-sobre-el-relleno-dona-juana>

De Miguel, Javier. (10 de 10 de 2023). *Doofinder*. Obtenido de

[https://www.doofinder.com/es/blog/tecnicas-de-recoleccion-de-](https://www.doofinder.com/es/blog/tecnicas-de-recoleccion-de-datos#:~:text=10%20principales%20t%C3%A9cnicas%20de%20recolecti%C3%B3n%20de%20informaci%C3%B3n%201,...%208%208.%20Estudios%20longitudinales%20...%20M%C3%A1s%20elementos)

[datos#:~:text=10%20principales%20t%C3%A9cnicas%20de%20recolecti%C3%B3n%20de%20informaci%C3%B3n%201,...%208%208.%20Estudios%20longitudinales%20...](https://www.doofinder.com/es/blog/tecnicas-de-recoleccion-de-datos#:~:text=10%20principales%20t%C3%A9cnicas%20de%20recolecti%C3%B3n%20de%20informaci%C3%B3n%201,...%208%208.%20Estudios%20longitudinales%20...%20M%C3%A1s%20elementos)

[%20M%C3%A1s%20elementos](https://www.doofinder.com/es/blog/tecnicas-de-recoleccion-de-datos#:~:text=10%20principales%20t%C3%A9cnicas%20de%20recolecti%C3%B3n%20de%20informaci%C3%B3n%201,...%208%208.%20Estudios%20longitudinales%20...%20M%C3%A1s%20elementos)

Dheeraj Mehta, N. S. (2023). *A review on the use of waste plastics in hot mix asphalt*.

Recuperado el 10 de 10 de 2023, de <https://doi.org/10.1007/s11043-023-09622-y>

Diaz, E. O. (2019). *Relatos de sufrimiento ambiental: El caso de Doña Juana*. Bogota, Colombia: Universidad del Rosario. Recuperado el 15 de 09 de 2023, de

https://books.google.cl/books?hl=es&lr=&id=va7RDwAAQBAJ&oi=fnd&pg=PT9&dq=botadero+do%C3%B1a+juana&ots=rdMs1pXS00&sig=E4bXGS0Zd_XmdajWERzC3ICy0j8#v=onepage&q=botadero%20do%C3%B1a%20juana&f=false

EASTMAN, S. A. (22 de 03 de 2023). *La Republica*. Obtenido de La Republica:

<https://www.larepublica.co/especiales/practicas-mas-sostenibles/la-inversion-de-las-empresas-en-el-reciclaje-de-plasticos-subio-120-3573093#:~:text=%E2%80%9CEl%20pa%C3%ADs%20cuenta%20cada%20vez%20con%20m%C3%A1s%20empresas,como%20carbono%20neutrales%E2%80%9>

Edwards, B. H. (2004). *Guía básica de la sostenibilidad*. España: Gustavo Gili. Recuperado el 20 de 09 de 2023, de https://kupdf.net/queue/guia-basica-de-la-sostenibilidad-brian-edwards_5c807435e2b6f57f3378fb70_pdf?queue_id=1&x=1695403407&z=MTM4Ljg0LjQwLjIzMQ==

El Espectador. (21 de 02 de 2020). Casi \$1.000 millones de reciclaje se pierden a diario en Doña Juana. *EL ESPECTADOR*. Recuperado el 20 de 09 de 2023, de

<https://www.elespectador.com/ambiente/casi-1000-millones-de-reciclaje-se-pierden-a-diario-en-dona-juana-905691/>

ESIBE. (14 de 02 de 2023). *Escuela Iberoamericana De Postgrado*. Recuperado el 09 de 10 de 2023, de Escuela Iberoamericana De Postgrado:

<https://www.escuelaiberoamericana.com/blog/tecnicas-de-analisis-de-datos>

EUROPEAN CENTRE FOR ECOTOXICOLOGY AND TOXICOLOGY OF CHEMICALS (ECETOC). (2016).

GONZALO A. VALDÉS V., A. H.-J. (2008). *Estudio de Variabilidad en Mezclas Asfálticas en Caliente Fabricadas con Altas Tasas de Material Asfáltico Reciclable (RAP)*. Pontificia Universidad Católica de Chile. Santiago, Chile: Revista de la construcción. Recuperado el 20 de 09 de 2023, de <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=127612580006>

GreenDelta GmbH. (2016).

Ibrahim Dincer, A. A.-R. (2020). *ScienceDirect*. Obtenido de ScienceDirect:

<https://www.sciencedirect.com/book/9780128195567/energy-sustainability>

Infobae. (27 de 10 de 2020). *Infobae*. Recuperado el 20 de 09 de 23, de Infobae:

<https://www.infobae.com/america/colombia/2020/10/28/asi-funcionan-las-casas-construidas-con-ladrillos-de-plastico-reciclado-en-colombia/>

Infobae. (5 de 10 de 2021). Recuperado el 20 de 09 de 2023, de

<https://www.infobae.com/autos/2021/10/06/rutas-de-asfalto-plastico-otra-manera-de-combatir-la-contaminacion/>

Ingesam. (1986). *Relleno Sanitario de Doña Juana: Estudio de Impacto ambiental*. Bogotá :

Fonade. Recuperado el 20 de 09 de 2023

InnovaciónDigital360. (18 de 07 de 2023). *InnovaciónDigital360*. Recuperado el 09 de 10 de

2023, de InnovaciónDigital360: <https://www.innovaciondigital360.com/big-data/analisis-de-datos-tecnicas-y-metodologias-para-la-aplicacion-de-analytics/>

Instituto de Desarrollo Urbano (IDU). (20 de 09 de 2023). *Instituto de Desarrollo Urbano (IDU)*.

Obtenido de Instituto de Desarrollo Urbano (IDU): <https://www.idu.gov.co/>

J.E. Martin-Alfonso, A. C. (2019). To cite this article: J.E. Martin-Alfonso, A.A. Cuadri, J.

Torres, M.E. Hidalgo & P. Partal (2019). *Tandfonline*. Recuperado el 9 de 10 de 2023, de <https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/14680629.2019.1588776>

Lifeder. (21 de 01 de 2021). *Lifeder*. Recuperado el 09 de 10 de 2023, de Lifeder:

<https://www.lifeder.com/tecnicas-instrumentos-recoleccion-datos/>

Lina Abaunza, C. C. (2019). *Universidad piloto de Colombia*. Recuperado el 28 de 10 de 2023,

de Universidad piloto de Colombia: [https://www.plastic-](https://www.plastic.org/files/informes/informe_transformadores_de_plastico_bogota_0.pdf)

[tic.org/files/informes/informe_transformadores_de_plastico_bogota_0.pdf](https://www.plastic.org/files/informes/informe_transformadores_de_plastico_bogota_0.pdf)

Linyi Yao, Z. L. (2022). Environmental and economic assessment of collective recycling waste plastic and reclaimed asphalt pavement into pavement construction: A case study in Hong

Kong. *Journal of Cleaner Production*, 336. Recuperado el 09 de 10 de 2023, de

<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0959652622000518>

LÓPEZ, S. L. (2015). *Universidad Cooperativa de colombia*. Recuperado el 15 de 11 de 2023,

de Universidad Cooperativa de colombia:

[https://repository.ucc.edu.co/server/api/core/bitstreams/606958a0-8856-468c-b5d4-](https://repository.ucc.edu.co/server/api/core/bitstreams/606958a0-8856-468c-b5d4-db92ca97d926/content)

[db92ca97d926/content](https://repository.ucc.edu.co/server/api/core/bitstreams/606958a0-8856-468c-b5d4-db92ca97d926/content)

Mendoza, O. M. (s.f.). *Academia*. Recuperado el 09 de 11 de 2023, de Academia:

https://www.academia.edu/49686954/EL_PL%C3%81STICO_RECICLADO_EN_LA_CONSTRUCCI%C3%93N_DE_PAVIMENTOS_ASF%C3%81LTICOS_RECICLED_PLASTIC_IN_ASPHAL_PAVEMENT_CONTRUCTION

Ministerio de Ambiente. (s.f.). Recuperado el 9 de 11 de 2023, de Ministerio de Ambiente:

<https://www.minambiente.gov.co/asuntos-ambientales-sectorial-y-urbana/programas-pos-consumos/>

Ministerio de ambiente. (06 de 2021). *Ministerio de ambiente*. Obtenido de Ministerio de

ambiente: <https://www.minambiente.gov.co/wp-content/uploads/2022/02/plan-nacional-para-la-gestion-sostenible-de-plasticos-un-solo-uso-minambiente.pdf>

- Mónica de los Ángeles Boada Marcano, F. A. (2012). *Comportamiento a la fatiga de una mezcla de concreto MR-3.5MPa para pavimento con adición de fibras plásticas*. Merida: Ciencia e Ingeniería. Recuperado el 20 de 09 de 2023, de <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=507550798002>
- Muñoz, C. C. (2018). *EVALUACION DE LA SELECCIÓN ESPACIAL PARA LA UBICACIÓN ACTUAL DEL*. UNIVERSIDAD MILITAR NUEVA GRANADA , Bogotá , Bogotá. Recuperado el 20 de 09 de 2023, de <https://core.ac.uk/download/pdf/286064806.pdf>
- Neidy Betssey Patiño Boyacá, O. J.-O.-T. (2015). *Comportamiento a fatiga de mezclas*. Universidad Distrital Francisco José de Caldas, Bogota. Bogota: Tecnura. Recuperado el 20 de 09 de 2023, de <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=257033592006>
- Observatorio Ambiental de Bogota. (27 de 08 de 2021). *Observatorio Ambiental de Bogota*. Recuperado el 1 de 11 de 2023, de Observatorio Ambiental de Bogota: <https://oab.ambientebogota.gov.co/alcaldia-de-bogota-expide-decreto-para-reducir-plasticos-de-un-solo-uso-en-las-entidades-del-distrito/>
- Pere Alavedra, J. D. (1998). *La construcción sostenible. El estado de la cuestión*. Madrid : Instituto Juan de Herrera. Av. Juan de Herrera 4. Recuperado el 20 de 09 de 2023, de <http://habitat.aq.upm.es/boletin/n4/apala.html>
- Peter, M. (03 de 2009). It Starts at Home. *National Geographic magazine*. Recuperado el 20 de 09 de 2023, de <https://www.nationalgeographic.com/magazine/article/energy-conservation>
- Rocha, Y. (17 de 03 de 2022). Del plástico al pavimento. *Stanford Social Innovation Review*. Recuperado el 20 de 09 de 2023, de <https://ssires.tec.mx/es/noticia/del-plastico-al-pavimento>

Romero, A. V. (2012). *Uso de Materiales Reciclados para la Construcción*. Uso de Materiales Reciclados para la Construcción, Xalapa Enríquez, Veracruz. Recuperado el 20 de 09 de 2023, de

<https://cdigital.uv.mx/bitstream/handle/123456789/30606/VillegasRomero.pdf?seq>

Rosenbaum. (2008).

RUBIO, L. Q. (04 de 05 de 2023). Ecopetrol exportó su primer cargamento de asfalto con plástico reciclado. *El Tiempo*. Recuperado el 20 de 09 de 2023, de

<https://www.eltiempo.com/economia/sectores/ecopetrol-exporto-su-primer-cargamento-de-asfalto-con-plastico-reciclado-765377>

Ryzhkov, A. (17 de 07 de 2023). *Finmodelslab*. Recuperado el 15 de 11 de 2023, de

Finmodelslab: <https://finmodelslab.com/es/blogs/startup-costs/plastic-recycling-startup-costs>

Secretaria de Ambiente. (20 de 09 de 2023). *Secretaria de Ambiente*. Obtenido de Secretaria de Ambiente: <https://www.ambientebogota.gov.co/web/sda/inicio>

Semana. (29 de 03 de 2021). Red Reciclo, la unión de 14 empresas que le apuestan a la economía circular. *Semana*. Recuperado el 20 de 09 de 2023, de

<https://www.semana.com/sostenibilidad/articulo/red-reciclo-la-union-de-14-empresas-que-le-apuestan-a-la-economia-circular/202105/>

Sheykin, H. (18 de 08 de 2023). *Finmodelslab*. Recuperado el 15 de 11 de 2023, de

Finmodelslab: <https://finmodelslab.com/es/blogs/operating-costs/recycling-plastic-operating-costs>

Sostenible, M. d. (3 de 08 de 2018). *Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible*. Recuperado el 20 de 09 de 2023, de Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible:

<https://www.minambiente.gov.co/wp-content/uploads/2021/08/resolucion-1484-de-2018.pdf>

Swistun, J. A. (2008). *Estudio del sufrimiento ambiental* (Vol. 73). Paidós, Buenos Aires: Trampas de la Comunicación y la Cultura. Recuperado el 15 de 09 de 2023, de <http://sedici.unlp.edu.ar/handle/10915/34562>

The international journal of life cycle assessment. (2022). Obtenido de <https://link.springer.com/article/10.1007/s11367-022-02033-0>

Unidad Administrativa Especial de Rehabilitación y Mantenimiento Vial. (20 de 09 de 2023). *Unidad Administrativa Especial de Rehabilitación y Mantenimiento Vial*. Obtenido de Unidad Administrativa Especial de Rehabilitación y Mantenimiento Vial:

<https://www.umv.gov.co/portal/quienes-somos-2/#:~:text=De%20acuerdo%20con%20el%20art%C3%ADculo%2095%20del%20Acuerdo,que%20dificulten%20la%20movilidad%20en%20el%20Distrito%20Capital.%E2%80%9D>

Unidad Administrativa Especial de Servicios Públicos. (20 de 09 de 2023). *Unidad Administrativa Especial de Servicios Públicos*. Obtenido de Unidad Administrativa Especial de Servicios Públicos: <https://www.uaesp.gov.co/>

WWF. (24 de 02 de 2023). *WWF*. Recuperado el 02 de 11 de 2023, de WWF:

<https://www.wwf.org.co/?381452/WWF-se-une-al-Pacto-por-los-Plasticos-en-Colombia#:~:text=En%20Colombia%2C%20se%20calcula%20que,es%20reciclado%20en%20nuevos%20empaques.>