

PROPUESTA DE ARREGLOS ESTRUCTURALES QUE PROMUEVAN LA INICIATIVA DE BASURA CERO EN CIUDADES INTERMEDIAS DE COLOMBIA, ESTUDIO DE CASO PEREIRA (RISARALDA)

Proyecto presentado como requisito para optar al título de Doctor en Ciencias Ambientales

Doctorado en Ciencias Ambientales - Universidad Tecnológica de Pereira



Presentado por: Darwin Hernández Sepúlveda. Administrador Ambiental MSc.
darwinh@utp.edu.co

Director: Jhoniers Guerrero Erazo. Ingeniero MSc. PhD.

Grupo de Investigación: Grupo de Investigación en Agua y Saneamiento (GIAS).
Facultad de Ciencias Ambientales. Universidad Tecnológica de Pereira

Pereira, Risaralda, Colombia.

Junio de 2019

TABLA DE CONTENIDO

CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN	10
1.1 Resumen	10
1.2 Introducción	10
1.3 Justificación	11
1.4 Marco teórico	12
1.4.1 Enfoque de Basura Cero	12
1.4.2 Enfoque de Economía circular	14
1.5 Objetivos	16
1.5.1 Objetivo General	16
1.5.2 Objetivos Específicos	16
1.5.2.1 Objetivo específico 1	16
1.5.2.2 Objetivo específico 2	16
1.5.2.3 Objetivo específico 3	16
1.5 Metodología	16
1.5.5 Objetivo específico 1	17
1.5.5.1 Identificar el potencial de aprovechamiento de los RSUOR, mediante la determinación de la producción y la composición física	18
1.5.5.2 Conocer los hábitos actuales de comportamiento, percepciones y nivel de conocimiento de los generadores frente al aprovechamiento y manejo en la fuente de RSUOR	18
1.5.5.3 Caracterizar los aspectos técnicos, económicos, sociales e impacto ambiental de los procesos de aprovechamiento de RSUOR	19
1.5.5.4 Describir los actuales procesos recolección, transporte y disposición final de RSUR no aprovechados, mediante la determinación de aspectos técnicos, sociales, económicos e impacto ambiental.	20
1.5.5.5 Análisis de flujo asociado al actual manejo de los RSUOR	20
1.5.5.6 Valoración del impacto ambiental y eficiencia del actual sistema de manejo de RSUOR ...	20
1.5.6 Objetivo específico 2	43
1.5.6.1 Alternativas para mejorar el manejo en la fuente de RSUOR y manejo de RSUORA (papeles, plásticos, vidrios y metales)	43
1.5.6.2 Alternativas para mejorar el manejo de RSUORO (orgánicos de rápida degradación)	44
1.5.6.3 Alternativas para mejorar el manejo de RSUORNA (no aprovechables)	44
1.5.6.4 Valoración ambiental de escenarios y alternativas de manejo de RSUOR	45
1.5.7 Objetivo específico 3	46
1.5.7.1 Transformaciones a la actual estructura de manejo de RSUOR	46
1.5.7.2 Modelo matemático para la medir el impacto de posibles transformaciones del sistema .	46
1.5.7.3 Propuesta de sistema administrativo para el manejo de RSUOR en el municipio de Pereira .	52
.....	52
CAPÍTULO II. EVALUACIÓN DE LAS CONDICIONES ACTUALES DE GENERACIÓN Y MANEJO DE RESIDUOS SÓLIDOS URBANOS ORDINARIOS DE ORIGEN RESIDENCIAL (RSUOR) EN EL MUNICIPIO DE PEREIRA	54
2.1 Potencial de aprovechamiento de los RSUOR en el municipio de Pereira.	54
2.1.1 Generación de RSUOR en el municipio de Pereira	54
2.1.2 Composición física de los RSUOR del municipio de Pereira	54
2.1.3 Potencial de aprovechamiento de materiales reciclables presentes en el flujo de RSUOR	54
2.2 Hábitos actuales de comportamiento, percepciones y nivel de conocimiento de los generadores frente al aprovechamiento y manejo en la fuente de RSUOR.	56

2.3 Aspectos sociales, económicos y operativos de los actuales procesos de aprovechamiento de RSUOR.....	57
2.3.1 Caracterización de la comunidad de recicladores de oficio que realizan su labor a partir de RSUOR, desde aspectos sociales, económicos y operativos (recolección, transporte, clasificación, acopio y comercialización).....	57
2.3.1.1 Aspectos sociales de la comunidad de recicladores de oficio de la zona urbana del municipio de Pereira	58
2.3.1.2 Aspectos económicos de la comunidad de recicladores de oficio de la zona urbana del municipio de Pereira	61
2.3.1.3 Aspectos operativos de la comunidad de recicladores de oficio de la zona urbana del municipio de Pereira	63
2.3.1.4 Perfil de la comunidad de recicladores de oficio en condición de habitante de calle.....	75
2.3.2 Caracterización de las organizaciones de recicladores de oficio existentes, estableciendo capacidades organizacionales.	77
2.3.2.1 Organizaciones existentes.....	77
2.3.2.2 Áreas de cobertura	78
2.3.2.3 Capacidad organizacional	79
2.3.3 Dinámicas actuales y condiciones de mercado para el aprovechamiento de RSUOR biodegradables y no biodegradables con potencial de comercialización (papeles, plásticos, vidrios y metales).....	79
2.3.3.1 Aprovechamiento de residuos orgánicos de rápida degradación (RUORO)	79
2.3.3.2 Aprovechamiento de residuos sólidos urbanos ordinarios de origen residencial no biodegradables con potencial de comercialización (RSUORA)	79
2.4 Procesos de recolección, transporte y disposición final de RSUOR en el actual servicio público de aseo.....	83
2.4.1 Coberturas, macro y microrutas para la recolección de RSUOR	84
2.4.2 Frecuencias y horarios de recolección de RSUOR	84
2.4.3 Actividades operativas de recolección y transporte de RSUOR	85
2.4.4 Disposición final de RSUOR	86
2.4.5 Aspectos económicos del manejo de RSUOR.....	86
2.4.6 Relación entre los patrones de comportamiento por parte de los generadores, con los aspectos operativos, económicos y ambientales del manejo de los RSUOR en el servicio público de aseo.....	87
2.5 Análisis de flujo de los RSUOR en el municipio de Pereira.....	87
2.6 Sistema de indicadores ambientales asociados a la generación y manejo de RSUOR en el municipio de Pereira.	90
2.6.1 Indicador de Flujo de RSUOR asociado a la generación y manejo de RSUOR (IFR).....	90
2.6.2 Indicador de Basura Cero asociado a la generación y manejo de RSUOR (IBC).....	91
2.6.3 Indicador de Huella de Carbono asociada a la generación y manejo de RSUOR (IHC)	93
2.6.4 Indicador de Reciclaje Inclusivo asociada a la generación y manejo de RSUOR (IRI).....	96
2.6.4.1 Dimensión normativa	96
2.6.4.2 Dimensión organizativa	98
2.6.4.3 Dimensión de mercado.....	99
2.6.5 Indicador de Aspectos Sociales y Económicos asociados a la generación y manejo de RSUOR (IASE)	100
2.6.6 Índice Agregado de Economía Circular asociado a la generación y manejo de RSUOR (IAEC)....	102
CAPÍTULO III. EVALUACIÓN DE ALTERNATIVAS QUE CONDUZCAN A LA MINIMIZACIÓN DE IMPACTOS AMBIENTALES ASOCIADOS AL ACTUAL MANEJO DE RSUOR EN EL MUNICIPIO DE PEREIRA.....	104
3.1 Alternativas para mejorar el manejo en la fuente de RSUOR	104
3.2 Alternativas para mejorar el manejo de RSUORA (papeles, plásticos, vidrios y metales)...	107

3.2.1	Alternativas para mejorar la recolección, clasificación y transporte de RSUORA – Residuos con potencial de comercialización (papeles, plásticos, vidrios y metales)	107	
3.2.2	Alternativas para mejorar el mercado de RSUORA (papeles, plásticos, vidrios y metales), desde aspectos organizacionales.....	110	
3.3	Alternativas para mejorar el manejo de RSUORO de rápida degradación.....	112	
3.3.1	Tipología del municipio de Pereira	112	
3.3.2	Barreras para el tratamiento de RSUORO.....	113	
3.3.3	Viabilidad financiera, económica y social para tratamiento de RSUORO.....	115	
3.4	Alternativas para mejorar el manejo de RSUORNA.....	118	
3.4.1	Tipología del municipio de Pereira	118	
3.4.2	Barreras para el tratamiento de RSUORNA	119	
3.4.3	Viabilidad financiera, económica y social para tratamiento de RSUORNA	120	
3.5	Resumen de alternativas para mejorar el manejo de RSUOR.	122	
3.6	Valoración ambiental de escenarios y alternativas de manejo de RSUOR.....	124	
3.6.1	Resultados y análisis de la valoración de impacto ambiental de escenarios y alternativas definidos a partir de la huella de carbono	124	
3.6.1.1	HC del aprovechamiento de RSUORA (papeles, plásticos, vidrios y metales).....	126	
3.6.1.2	HC del tratamiento con fines de aprovechamiento de RSUORO	126	
3.6.1.3	HC de la disposición final en relleno sanitario	126	
3.6.1.4	HC de la incineración	127	
3.6.2	Identificación y valoración de alternativas de menor impacto ambiental en términos de HC ...	128	
CAPÍTULO IV. MODELO ADMINISTRATIVO DE ARREGLOS ESTRUCTURALES, QUE DESDE UN ENFOQUE DE ECONOMÍA CIRCULAR CONDUZCAN A UN ESCENARIO DE CERO DISPOSICIÓN FINAL EN CIUDADES INTERMEDIAS DE COLOMBIA TOMANDO COMO ESTUDIO DE CASO EL MUNICIPIO DE PEREIRA			130
4.1	Transformaciones a la actual estructura de manejo de RSUOR en el municipio de Pereira	130	
4.1.1	Mantener relaciones fuertes y formales.....	130	
4.1.2	Transformar relaciones informales y débiles.....	131	
4.1.3	Eliminar relaciones ilegales	131	
4.1.4	Corregir conflictos y evitar rupturas de procesos	131	
4.2	Modelo matemático para la valoración de impactos ambientales, económicos y sociales de alternativas y escenarios de manejo de RSUOR en el municipio de Pereira.....	133	
4.3	Propuesta de sistema administrativo para el manejo de RSUOR en el municipio de Pereira	134	
4.3.1	Aspectos operativos, sociales y económicos.....	137	
4.3.2	Aspectos institucionales y normativos.....	139	
4.3.2.1	Aspectos institucionales.....	139	
4.3.2.2	Aspectos normativos	140	
4.4	Propuesta de un método hacia arreglos estructurales que promuevan la cero disposición final de RSUOR en ciudades intermedias de Colombia.....	140	
4.4.1	Esquema conceptual de primer nivel	141	
4.4.2	Esquema conceptual de segundo nivel.....	142	
5.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	148	
BIBLIOGRAFÍA.....		149	

LISTADO DE TABLAS

Tabla 1. Tamaño de la muestra, según estratos socioeconómicos y número de suscriptores. Encuesta de comportamiento, percepciones y nivel de conocimiento de los generadores frente al aprovechamiento y manejo en la fuente de RSUOR en el municipio de Pereira. 2017.....	19
Tabla 2. Taxonomía de metodologías de índices básicos, como criterio para la estructuración de un sistema de indicadores de economía circular asociado a la generación y manejo de RSUOR en el municipio de Pereira. 2017.	23
Tabla 3. Elementos para el cálculo del Indicador de Flujo asociado a la generación y manejo de RSUOR (IFRSUOR). 2017.....	26
Tabla 4. Elementos para el cálculo del Indicador de Huella de Carbono (IHC) asociado a la generación y manejo de RSUOR en el municipio de Pereira. 2017.	31
Tabla 5. Factores de emisión para el cálculo de la huella de carbono asociada a la generación y manejo de RSUOR en el municipio de Pereira, según etapas del ciclo de vida y fuentes de información. 2017.	31
Tabla 6. Elementos para el cálculo del Indicador de Aspectos Sociales y Económicos (IASE) asociados a la generación y manejo de RSUOR en el municipio de Pereira. 2017.....	39
Tabla 7. Relación de los principios de la Economía Circular con indicadores asociados a la generación y manejo de RSUOR, según puntuaciones y rangos entre 1 y 100, siendo 100 la relación máxima. 2017.	41
Tabla 8. Relación de los indicadores de Economía Circular propuesto por COTEC (2017) con indicadores asociados a la generación y manejo de RSUOR, según puntuaciones y rangos entre 1 y 100, siendo 100 la relación máxima. 2017.....	42
Tabla 9. Elementos para el cálculo del Índice Agregado de Economía Circular (IAEC) asociado a la generación y manejo de RSUOR. 2017.	43
Tabla 10. Elementos para el análisis comparativo de escenarios de generación y manejo de RSUOR en el municipio de Pereira, a partir del sistema de indicadores de Economía Circular. 2017.....	48
Tabla 11. Elementos del modelo matemático para medir aspectos relacionados con la generación y manejo de RSUOR en el municipio. 2017.	49
Tabla 12. Composición de los residuos sólidos urbanos ordinarios de origen residencial en el municipio de Pereira, según materiales y fracciones. 2017.....	54
Tabla 13. Valor comercial de papeles, plásticos y vidrios presentes en el flujo de lo RSUOR en el municipio de Pereira durante el año 2017.....	56
Tabla 14. Ingreso de los recicladores de oficio en el municipio de Pereira, según ponderación de ingresos y número de recicladores. 2017.....	62
Tabla 15. Organizaciones de recicladores de oficio, según número de integrantes, bodegas y ECA. 2017.	78
Tabla 16. Organizaciones de recicladores de oficio, según número de integrantes, bodegas y ECA. 2017.	81
Tabla 17. Número de suscriptores del servicio público de aseo en la zona urbana del municipio de Pereira durante el año 2017, según prestadores y estratos socioeconómicos.....	84
Tabla 18. Vida útil proyectada para el relleno sanitario regional “La Glorita” de Pereira, según capacidad y vida útil. 2017.....	86
Tabla 19. Manejo de los RSUOR en el municipio de Pereira durante el año 2017, según materiales, generación, composición, aprovechamiento y disposición final.....	88
Tabla 20. Aprovechamiento de RSUORA con potencial de comercialización en el municipio de Pereira durante el año 2017, según tipo de materiales e índices de recuperación.....	89
Tabla 21. Ingreso promedio de los recicladores de oficio del municipio de Pereira, según aprovechamiento de RSUORA con potencial de comercialización y precios de mercado durante el año 2017.	90

Tabla 22. Indicador de Flujo de RSUOR (IFR) en el municipio de Pereira durante el 2017.	90
Tabla 23. Indicador de Basura Cero (BC) en el municipio de Pereira durante el 2017.	91
Tabla 24. Índice de “Basura Cero” en la ciudad de Pereira durante el 2017.....	92
Tabla 25. Sustitución y reducción potencial de materia virgen, consumo de energía, emisiones y consumo de agua por aprovechamiento de RSUOR en el municipio de Pereira durante el 2017.	92
Tabla 26. Impacto ambiental en términos de Huella de Carbono asociado al manejo de los RSUOR del municipio de Pereira durante el 2017, según etapas de ciclo de vida.....	93
Tabla 27. Indicador de huella de carbono (IHC) asociado a la generación y manejo de RSUOR en el municipio de Pereira durante el 2017.....	96
Tabla 28. Indicadores de la dimensión normativa del IRI en el municipio de Pereira, 2017.	96
Tabla 29. Fases para la formalización progresiva de los recicladores de oficio en Colombia, según Decreto 596 de 2016.....	97
Tabla 30. Indicadores de la dimensión organizativa, del IRI en el municipio de Pereira, 2017.....	98
Tabla 31. Indicadores de la dimensión de mercado del IRI en el municipio de Pereira, 2017.....	99
Tabla 32. Indicador de aspectos sociales y económicos (IASE) del IRI en el municipio de Pereira, 2017.....	101
Tabla 33. Índice Agregado de Economía Circular (IAEC) asociado a la generación y manejo de RSUOR en el municipio de Pereira en el 2017, según indicadores.....	102
Tabla 34. Tamaños de plantas de tratamiento de RSUORO, según tipo. Análisis de viabilidad para el tratamiento de RSUORO en el municipio de Pereira, 2017.....	116
Tabla 35. Valores de referencia para la viabilidad financiera del tratamiento de RSUORO en el municipio de Pereira, 2017.....	116
Tabla 36. Costos y beneficios de los tratamientos de RSUORO analizados. 2017.....	117
Tabla 37. Relación Beneficio / Costo de alternativas de tratamiento de RSUORO analizadas. 2017.....	118
Tabla 38. Tamaños de sistemas de tratamiento de RSUORNA, según tipo. Análisis de viabilidad para el tratamiento de RSUORNA en el municipio de Pereira, 2017.	120
Tabla 39. Valores de referencia para la viabilidad financiera del tratamiento de RSUORNA en el municipio de Pereira. 2017.....	121
Tabla 40. Costos y beneficios de los tratamientos de RSUORNA analizados. 2017.....	121
Tabla 41. Relación Beneficio / Costo de alternativas de tratamiento de RSUORNA analizadas. 2017.....	122
Tabla 42. Resumen de viabilidad financiera de referencia para el tratamiento de RSUOR en el municipio de Pereira. 2017.....	123
Tabla 43. Resumen de la relación Beneficio / Costo de referencia para el tratamiento de RSUOR en el municipio de Pereira. 2017.....	123
Tabla 44. Ponderación de alternativas de tratamiento de RSUORO y RSUORNA en el municipio de Pereira. 2017.	123
Tabla 45. Huella de carbono según escenarios y reducción potencial del impacto ambiental asociada al manejo de RSUOR en el municipio de Pereira. 2017.	124
Tabla 46. Reducción de la generación de GEI asociada al aprovechamiento del 70% de RSUORA (papeles, plásticos, vidrios y metales) en el municipio de Pereira. 2017.	126
Tabla 47. Generación de GEI asociada al tratamiento con fines de aprovechamiento del 50% de los RSUORO (biodegradables) en el municipio de Pereira. 2017.....	126
Tabla 48. Aspectos tenidos en cuenta para el cálculo de la generación de GEI para la disposición final en relleno sanitario, bajo el escenario 2 de manejo de RSUOR en el municipio de Pereira. 2017.	127

Tabla 49. Generación de GEI asociada a la disposición final en relleno sanitario, bajo el escenario 2 de manejo de RSUOR en el municipio de Pereira. 2017.	127
Tabla 50. Comparación de emisiones de GEI asociadas a la incineración bajo el escenario 2 de manejo de RSUOR en el municipio de Pereira. 2017.	128
Tabla 51. Impacto ambiental de alternativas de manejo de RSUOR del municipio de Pereira, tomando como referencia la huella de carbono. 2017.	129
Tabla 52. Impacto esperado de las transformaciones propuestas a la actual estructura de generación y manejo de RSUOR en el municipio de Pereira. 2017.	133
Tabla 53. Elementos esquema conceptual de segundo nivel (ver anexo 1) a partir de los subsistemas relevantes del sistema de interés. Propuesta de un método hacia arreglos estructurales que promuevan la cero disposición final de RSUOR en ciudades intermedias de Colombia. 2017.	143

LISTADO DE FIGURAS

Figura 1. Esquema conceptual de primer nivel. Subsistemas relevantes del sistema de interés. 2017.....	17
Figura 2. Estructura y elementos para la estimación de la huella de carbono asociada a la generación y manejo de RSUOR en el municipio de Pereira. 2017.	30
Figura 3. Definición alternativa óptima para el tratamiento de RSUORO en el municipio de Pereira. 2017.....	44
Figura 4. Escenarios y alternativas de manejo de RSUOR definidos para la valorar el impacto ambiental. 2017.	45
Figura 5. Flujo de los residuos sólidos urbanos ordinarios de origen residencial (RSUOR) en el municipio de Pereira durante el año 2017, según materiales y fracciones.	55
Figura 6. Áreas de cobertura organizaciones de recicladores de oficio en la zona urbana de Pereira. 2017.....	78
Figura 7. Ubicación bodegas de reciclaje en la zona Urbana de Pereira. 2017.	81
Figura 8. Flujo de los RSUOR en el municipio de Pereira durante el año 2017, según materiales, generación, composición, aprovechamiento y disposición final.....	87
Figura 9. Impacto ambiental en términos de Huella de Carbono asociado al manejo actual de RSUOR en el municipio de Pereira durante el 2017, según etapas de ciclo de vida.	94
Figura 10. Impacto ambiental en términos de huella de carbono asociado al actual manejo de los RSUOR del municipio de Pereira durante el 2017, según etapas del ciclo de vida.	95
Figura 11. Sistema de indicadores de Economía Circular (EC) asociado a la generación y manejo de RSUOR en el municipio de Pereira en el año 2017.	102
Figura 12. Valoración del impacto ambiental (Huella de Carbono), de escenarios de manejo de RSUOR en el municipio de Pereira, según alternativas. 2017.	125
Figura 13. Sistema de relaciones de las partes interesadas en el marco de una propuesta de un sistema administrativo de manejo de RSUOR en el municipio de Pereira. 2017.	130
Figura 14. Sistema administrativo propuesto para el manejo de los RSUOR en el municipio de Pereira. 2017.	136
Figura 15. Decreto 270 de 2019 de la Alcaldía de Pereira y documento técnico con el Esquema de Aprovechamiento de residuos sólidos, y su relación con la presente investigación.	137

LISTADO DE IMAGENES

Imagen 1. Sacos (“estopas”) usados en el transporte del material recuperado en el municipio de Pereira. 2017.	58
Imagen 2. Labor de las mujeres recicladoras de oficio en el municipio de Pereira. Pereira, 2017.	59
Imagen 3. Recicladores de oficio adultos mayores en el municipio de Pereira. Pereira, 2017.....	60
Imagen 4. Reuniones de acercamiento y coordinación con recicladores de oficio. Pruebas piloto de reciclaje, Alcaldía de Pereira. 2017.....	62
Imagen 5. Recuperación de residuos sólidos en andenes y acera por parte de los recicladores de oficio del municipio de Pereira. 2017.	64
Imagen 6. Recuperación de residuos sólidos en el municipio de Pereira, simultáneamente con la recolección del vehículo recolector. 2017.....	65
Imagen 7. Entrega de material reciclable a los recicladores de oficio por parte de los generadores en el municipio de Pereira. 2017.....	66
Imagen 8. Recuperación de residuos sólidos en unidades de almacenamiento colectivo en el municipio de Pereira. 2017.....	67
Imagen 9. Elementos usados para la recuperación de residuos sólidos por los recicladores de oficio en el municipio de Pereira. 2017.	68
Imagen 10. Clasificación de residuos sólidos por recicladores de oficio en espacios públicos del municipio de Pereira. 2017.....	69
Imagen 11. Clasificación de residuos sólidos por recicladores de oficio en sitios de recuperación del municipio de Pereira. 2017.....	70
Imagen 12. Clasificación de residuos sólidos por recicladores de oficio en bodegas de reciclaje o ctarrerías del municipio de Pereira. 2017.	70
Imagen 13. Almacenamiento en viviendas, de residuos recuperados por recicladores de oficio del municipio de Pereira. 2017.....	71
Imagen 14. Transporte de residuos recuperados por recicladores de oficio en el municipio de Pereira 2017....	72
Imagen 15. Sitios de comercialización de residuos recuperados por recicladores de oficio en el municipio de Pereira 2017.....	73
Imagen 16. Venta de material reciclable en el municipio de Pereira en el mismo sitio de la clasificación 2017.	74
Imagen 17. Manejo de RSUOR no aprovechados en el municipio de Pereira.	83
Imagen 18. Jornadas de trabajo, discusión y análisis con las partes interesadas en el manejo de los RSUOR en el municipio de Pereira, 2017	135

CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN

1.1 Resumen

El auge de la economía, la rápida urbanización y el aumento del nivel de vida, han acelerado significativamente la generación de residuos sólidos, convirtiéndolos en uno de los aspectos de interés ambiental más relevantes en el mundo. La demanda de productos en el planeta tiene asociado el consumo de aproximadamente 130 mil millones de toneladas de recursos naturales anuales, con una generación estimada entre 3,4 a 4 millones de toneladas de residuos sólidos urbanos. Según la Organización de las Naciones Unidas - ONU, la gestión de residuos sólidos en los países en desarrollo se caracteriza por prácticas de manejo inadecuadas, con altos impactos ambientales asociados. En el municipio de Pereira (Colombia), donde se producen diariamente 410 toneladas de Residuos Sólidos Urbanos, se tiene como práctica de manejo predominante la disposición final en el relleno sanitario “La Glorita”, siendo el reciclaje una actividad marginal realizada por recicladores de oficio que recuperan el 7,7% de los residuos urbanos generados.

Con el presente trabajo se proponen arreglos de carácter técnico, económico, social, legal e institucional en el manejo de los Residuos Sólidos Urbanos Ordinarios de origen Residencial (RSUOR) del municipio de Pereira, que promuevan una nueva estructura hacia el cumplimiento de los principios de Basura Cero (BC), como referencia para su aplicación en ciudades intermedias de Colombia.

Para esto se evaluaron las condiciones actuales de generación y manejo de los RSUOR, mediante un análisis con enfoque sistémico en las diferentes etapas del ciclo de vida asociado a la generación y manejo de estos residuos. Posteriormente se seleccionaron alternativas que conduzcan al cumplimiento de los principios de la estrategia Basura Cero (BC), y el enfoque de la Economía Circular (EC). Finalmente se priorizaron las alternativas seleccionadas mediante el diseño y aplicación de un modelo conceptual holístico que permitió valorar y analizar el impacto de los arreglos estructurales propuestos, ante escenarios con transformaciones sistémicamente deseables y culturalmente factibles.

1.2 Introducción

Según la ONU (2000), la gestión de residuos sólidos en países en desarrollo se caracteriza por prácticas de manejo altamente ineficientes, debido a los recursos limitados, la falta de sistemas de control ambiental y los bajos niveles de conciencia de los actores involucrados. En la mayoría de las áreas urbanas de los países en desarrollo, a pesar de los altos costos de prestación del servicio de aseo (Altaf y Deshazo, 1996; Henry et al., 2006), la disposición final se lleva a cabo de manera insegura (Buenrostro y Bocco, 2003; Henry et al., 2006; Kaseva, Mbuligwe, 2005), con altos contenidos de materiales aprovechables, y la presencia de residuos de rápida degradación cuya disposición final en vertederos representa aproximadamente el 5% de la generación global de gases efecto invernadero (GEI) (IPCC, 2006; Attenborough, Gregory y McGeochan, 2002). Por su parte el reciclaje sigue siendo vulnerable y fuertemente dependiente de la disponibilidad de mercados para los productos reciclables (DEAT, 1996). Lo anterior, tiene origen en la dependencia del enfoque tradicional que considera los residuos sólidos como materiales en la etapa final de su vida útil, demostrando ser insuficiente dada la creciente complejidad frente a su manejo (Murphy, Pincetl, 2013).

Colombia no es ajena a esta situación, ya que en el periodo 2013 fueron manejados dentro del servicio público de aseo un promedio de 26.726 toneladas diarias de residuos sólidos urbanos ordinarios (SSP, 2013), de los cuales el 96% fueron dispuestos en rellenos sanitarios. Por su parte, en el municipio de Pereira, como una de las 57 ciudades intermedias de Colombia (Torres y Caicedo, 2015), se generan 410 toneladas diarias de residuos sólidos urbanos ordinarios, de las cuales 174 corresponden a residuos de rápida degradación, 157 a residuos no biodegradables de fácil comercialización (papeles, plásticos, vidrios y metales) y 79 a residuos ubicados en la categoría de otros (Empresa de Aseo de Pereira, 2014). Los actuales patrones y procesos de manejo de estos residuos constituyen una

estructura ineficiente en términos ambientales, ya que el 97% son dispuestos en el relleno sanitario “La Glorita” (Alcaldía de Pereira, 2015a), con una generación promedio de 3,8 L/s de lixiviados (ATESA, 2011) y 54.278 toneladas equivalentes de CO₂ al año (ETEISA, 2006), además de la pérdida del potencial aprovechable de materiales reciclables por mezcla en la fuente y el uso de suelos con potencial agropecuario para la disposición final de residuos.

Frente a lo anterior surge la necesidad de desarrollar sistemas alternativos con enfoques holísticos, que promuevan principios y estrategias que maximicen el aprovechamiento y minimicen tanto el uso de materias primas vírgenes como la disposición final (Ekanem, Ekanem, Eyenaka y Isaiah, 2013), mediante una propuesta de ajustes o arreglos a los patrones y procesos que representan la actual estructura de manejo de los Residuos Sólidos Urbanos Ordinarios de origen Residencial (RSUOR) del municipio de Pereira, planteando un modelo basado en la gobernabilidad (Colon y Fawcett, 2006), que incorpore aspectos técnicos, económicos, sociales, legales e institucionales.

1.3 Justificación

En el informe UN-HABITAT (2010) sobre gestión integral de residuos sólidos y reciclaje en 20 ciudades del mundo, se consideró que en los sistemas tradicionales de gestión los residuos son considerados un producto en la última fase del proceso de producto-consumo, convirtiéndolo en un enfoque lineal con soluciones al “final del tubo”. Después de tres décadas de aplicación de este concepto, el problema de los residuos no ha sido resuelto, y al contrario se ha vuelto más difícil de manejar (WCED, 1987), siendo cada vez más complejo para las autoridades municipales (Zaman, 2014b) y haciendo necesario pensar en la búsqueda de alternativas que desafíen el concepto tradicional de gestión de residuos.

Frente a esta necesidad surge como posible alternativa el concepto de Basura Cero (BC), que reconoce las dinámicas asociadas a la generación y manejo de residuos urbanos como un sistema complejo (Meadows, 1999), que debe ser abordado de manera holística en contextos sociales, económicos, políticos, tecnológicos y ambientales. El enfoque holístico de BC incorpora siete fases (Zaman, 2015): 1) Extracción y procesamiento de recursos, 2) Diseño de productos, 3) Fabricación o producción, 4) Generación y manejo en la fuente, 5) Gestión para el aprovechamiento, 6) Tratamiento y 7) Disposición final (eliminación). Sin embargo, teniendo en cuenta las realidades de cada población, dichas fases deben ser proyectadas a través de la evaluación y selección de estrategias de corto y largo plazo. Los procesos que impliquen cambios de comportamiento y pensamiento de los generadores deben ser estrategias de largo plazo, mientras que aspectos relacionados con regulación y gestión para el reciclaje pueden abordarse a partir de selección de alternativas y estrategias de corto plazo (Zaman y Lehmann, 2013).

Frente a las posibilidades de aplicación inmediata, los estudios reconocen que BC es todavía un concepto emergente que está en constante desarrollo (Song, Li y Zeng, 2015), y que el logro de una tasa de desvío del 100% no es posible bajo los actuales sistemas de producción, consumo y gestión de residuos de la sociedad, justificando el re-direccionamiento de las estructuras actuales desde las condiciones propias de cada población.

Las experiencias y estudios de BC realizados hasta la fecha han abordado sólo algunas de las fases, y en ningún caso la totalidad de ellas (Zaman, 2015). Por ejemplo, algunas poblaciones han incorporado, en el marco de los objetivos de BC, el uso de residuos para generar energía a través de la incineración, como forma de tratamiento y aprovechamiento (Abbasi et al., 2012; Björk, 2012; Premalatha et al., 2013), a pesar de que BC restringe la incineración y la disposición final (ZWIA, 2009). Dos experiencias de aplicación efectiva de BC como Estocolmo en Suecia y Adelaida en Australia, han aplicado el concepto de dos maneras diferentes. En Adelaida han aplicado reciclaje (54%), compostaje (8%) y disposición final (38%), mientras que en Estocolmo han aplicado reciclaje (31%), incineración (59%) y disposición final (10%) (Zaman y Lehmann, 2011b). En Africa del Sur, en las poblaciones de Mariannahill y Nazaret en Durban, desarrollaron un modelo de BC a partir de procesos de separación en la fuente, recolección selectiva, aprovechamiento y disposición final en el vertedero de Mariannahill (Matete y

Trois, 2008). Taiwan inició la “Política Basura Cero” en 2003, cambiando la filosofía de manejo hacia la minimización y el reciclaje, con metas de reducción en la disposición final e incineración de residuos municipales del 25%, 40% y 75% para 2007, 2011 y 2020 respectivamente (Ho, Lee y Lai, 2007).

Las posibilidades de aplicación de alternativas que conduzcan al cumplimiento de los principios BC, dependerán de las características de cada población y del potencial de aprovechamiento o manejo asociado a la composición física de los residuos generados. Esto nos lleva a concluir que los objetivos de “Basura Cero” no son reales, indicando sólo una tendencia, un ideal o una meta de referencia.

Bajo la actual estructura de manejo de RSUOR en el municipio de Pereira, llama la atención el contraste que representa el alto potencial de aprovechamiento de los materiales presentes (81%), con los bajos índices de aprovechamiento (3%) (Alcaldía de Pereira, 2015b), lo que permite tomar el enfoque de BC como una herramienta conceptual válida para la evaluación y análisis de posibles arreglos estructurales, con el fin de reducir los impactos ambientales a través de la minimización y la optimización del aprovechamiento de RSUOR, mediante una propuesta de transformación de los patrones y procesos existentes.

Teniendo en cuenta que la estructura de un sistema es la forma como el patrón se manifiesta y se refleja en sus componentes (Ossa, 2016), que los patrones son la organización o configuración de las relaciones entre los componentes que regulan y definen dicha estructura (Capra, 1996), y que los procesos son las actividades que constituyen el vínculo entre los patrones y la estructura, en el presente trabajo se entenderá como arreglos estructurales a las posibles modificaciones de los actuales patrones de carácter técnico, económico, legal, social e institucional, en los procesos de generación, manejo en la fuente, aprovechamiento y disposición final, que conduzcan a escenarios de minimización de impactos ambientales, tomando como referencia los principios de BC.

1.4 Marco teórico

1.4.1 Enfoque de Basura Cero

El enfoque BC se considera una innovación holística del siglo XXI, planteado como un concepto emergente de gestión sostenible de residuos (Zaman y Lehmann, 2011a), de modo que no se considera a la naturaleza como una fuente ilimitada de recursos (Tennant-Wood, 2003).

Los principios de BC, en condiciones ideales, buscan la reducción de la generación y el desvío del 100% de los residuos con respecto a la disposición final, conduciéndolos hacia ciclos productivos a través de la reutilización de materiales, reciclaje, y el compostaje del resto (USEPA, 2002). Sin embargo, se debe reconocer que el logro de una tasa de desvío del 100% no es posible en las condiciones actuales de la sociedad en términos de producción, consumo y gestión de residuos (Zaman, 2015), por lo que en el marco de BC se debe considerar en última instancia la eliminación de residuos a través de prácticas de aprovechamiento, incluida la incineración (Abbasi et al.; 2012; Björk, 2012; Premalatha et al., 2013) y la eliminación de la disposición final en vertederos (ZWIA, 2009). Al respecto, la Alianza Internacional Basura Cero (ZWIA, 2015) considera que en el marco de esta iniciativa la disposición final en vertederos no debe superar el 10% de los residuos generados. Por lo tanto, debe ser entendido como un objetivo hipotético hacia el cual propendan los modelos de producción y consumo (Morató, 2017) en el marco de un concepto de “vertido cero” o “cero disposición final” (Pizarro et al, 2009).

Uno de los rasgos más importantes de BC, que lo diferencia del concepto tradicional de gestión de residuos sólidos, es que considera el manejo de residuos como un sistema complejo y dinámico (Meadows, 1999), cuyo desarrollo implica un rediseño del sistema urbano (ZWIA, 2004). Lo anterior implica un enfoque holístico (Zaman, 2014a) que permita identificar y comprender patrones, procesos y estructuras asociadas a las dinámicas propias del flujo de los residuos sólidos urbanos, constituyéndose como posible alternativa de análisis la metodología de los sistemas blandos (MSB) de Peter. B. Checkland (Checkland, 2000), como otra manera de enfrentar situaciones complejas del mundo real.

En la última década se han realizado investigaciones basadas en los conceptos de BC, destacándose las realizadas por Mason et al. (2003), Colón et al y Fawcett (2006), Braungart et al. (2007), Fujita et al (2007), Matete y Trois (2008), Kinuthia Nidzam (2011), Phillips et al (2011), Zaman y Lehmann (2011b) y Curran y Williams (2012).

En cuanto a los antecedentes de ejecución de BC, se puede identificar la adopción o aplicación en provincias y naciones del mundo con diferentes niveles de ingresos económicos, como Nueva Escocia en Canadá (Greyson, 2007), China (Greyson, 2007), Taiwan (Young, et al., 2010), Masdar en Emiratos Arabes Unidos (Nader, 2009), Grecia (Zotos, 2008), Inglaterra (Phillips, 2011), Adelaida en Australia (Zaman, 2014a), Victoria en Australia (Clay y Ward, 2007), Los Angeles en EEUU (Murphy y Pincetl, 2013), Vancouver en Canadá (Connett, 2006; SF-Environment, 2013), Canberra (Zaman, 2015), Nueva Zelanda (Tennant-Wood, 2003), California EEUU (Connett, 2013p. 307), Líbano (Greyson, 2007), Tshwane en Sudáfrica (Snyman y Vorster, 2010), India (Colon, 2006), Mariannahill y Nazaret en Africa del Sur (Matete y Trois, 2008), Chennai y Hyderabad en la India (Anand, 1999; Haan, Coad, y Lardinois, 1998; Maqsood Sinha y Enayetullah, 2000), Nigeria (Ekanem, et al., 2013), y Santa Fe en Argentina (Provincia de Santa Fe, 2008).

Otro aspecto importante de BC es su propuesta de conversión de un metabolismo urbano lineal a un metabolismo circular (Zaman y Lehmann, 2013). El metabolismo urbano se puede definir como “la suma total de los procesos técnicos y socioeconómicos que se producen en las ciudades, lo que resulta en el crecimiento, la producción de energía, y la eliminación de residuos” (Kennedy et al., 2008). La mayoría de las ciudades tienen un metabolismo con flujo lineal, donde los materiales, la energía y el agua que se consumen son producidos después en forma de residuos sólidos, aguas residuales y emisiones atmosféricas (Zaman y Lehmann, 2013). Si se logra caracterizar y medir el flujo de los residuos sólidos urbanos (Marmolejo, et al., 2009), será posible analizar y comparar los impactos derivados de la estructura actual con escenarios asociados a la ejecución de los principios de BC (estructura propuesta).

Como posible herramienta para dicho análisis surge la posibilidad de elaborar un modelo holístico que proporcione información útil y criterios de análisis, para la selección de alternativas frente a la minimización de impactos ambientales para el manejo de RSUOR. Al respecto, se puede tomar como referencia el modelo matemático que incorpora programación lineal utilizado en Hong Kong para optimizar la gestión de los residuos sólidos urbanos, que permitió simular y priorizar diferentes escenarios de gestión (Lee et al, 2016). Por su parte Costi et al. (2004) elaboraron un modelo con programación no lineal entera mixta, que fue aplicado en Génova (Italia), identificando los flujos de residuos y las combinaciones óptimas para reducir al máximo los costos de gestión de residuos, evaluando las alternativas de incineración, reciclaje y disposición final. Badran y El-Haggar (2006) también elaboraron un modelo para optimizar la gestión de residuos sólidos urbanos en Port Said (Egipto).

Para lo anterior es necesario formular un sistema de indicadores que permita medir las variables de interés y los elementos de salida del sistema. Aunque existen indicadores como la producción per cápita, tasas de recolección e índices de reciclaje para medir el desempeño frente al aprovechamiento de residuos (Song, Li y Zeng, 2015); en la última década se ha diseñado un sistema de indicadores para BC, que surgieron tomando como referencia la investigación realizada por Siemens (2012), en su proyecto “Índice de Ciudad Verde”, que mide la tasa de desempeño ambiental de ciudades de Asia, Europa, África y Norteamérica. En este estudio, Siemens considera 9 indicadores ambientales, incluyendo el rendimiento de residuos sólidos, basado principalmente en el desvío de residuos que se determina mediante el cálculo de la cantidad de residuos desviados de los vertederos. Este indicador, usado para medir el desempeño de los sistemas de gestión de residuos (Fehr y Santos, 2009; Yoshida et al., 2012), que incorpora aspectos socioeconómicos y ambientales (Mazzanti et al., 2009), ha recibido críticas (Mueller, 2013) debido a su capacidad limitada de pronóstico. En su estudio, Zaman y Lehmann (2013) propusieron el “Índice de Residuos Cero” (ZWI por sigla en inglés), como un

instrumento alternativo de evaluación del desempeño. Este índice permite valorar los impactos evitados por la sustitución de materiales vírgenes, en términos de consumo de materiales, agua, energía y emisiones atmosféricas. Por su parte (Zaman, 2014b), identificó 238 posibles indicadores de BC de los cuales priorizó 56 como los indicadores BC más importantes, clasificándolos en siete categorías; geoadministrativos, socioculturales, de gestión, económicos, ambientales, políticos y organizativos. El principal reto del diseño de los indicadores para BC es que deben ser aplicados en sistemas complejos con enfoque sistémico (Dahl, 2012) que reflejen la realidad y faciliten la toma de decisiones (Shields et al., 2002) en cualquiera de las fases de BC (Zaman, 2015). Como complemento para la elaboración de indicadores de BC, es posible utilizar el indicador de “Análisis de Ciclo de Vida” aplicado al análisis de impacto en el manejo de residuos sólidos, propuestos por la Unión Europea y aplicado en países como Alemania (Manfredi y Goralczyk, 2013), que abarca varios flujos de residuos y una amplia gama de categorías de impacto ambiental, generando un indicador para cada flujo de residuos y determinando el impacto ambiental potencial asociado a la generación y gestión de cada corriente analizada. Esta herramienta toma valor si se tiene en cuenta que permite considerar todas las fases de manejo de los residuos, incluyendo aquellas de interés para la presente investigación, como generación, aprovechamiento, recuperación energética (incineración) y disposición final.

Otro tipo de indicadores que pueden contribuir a la medición de los impactos asociados al manejo de RSUOR son los de espacio ecológico y los indicadores de dependencia ecológica, que son en última instancia la versión comensuralista de la sostenibilidad ecológica (Agudelo, 2010). Una buena aproximación conceptual a este tipo de indicadores de tercera generación son la Huella de Carbono y la Huella Ecológica, que permiten medir el impacto de una población o actividades (individuales o colectivas) a través del cálculo de la generación de toneladas equivalentes de CO₂ y de la superficie de terreno ecológicamente productivo necesario para producir los recursos consumidos y asimilar los desechos producidos como consecuencia de éstas (Rees y Wackernagel, 1996).

1.4.2 Enfoque de Economía circular

Durante los últimos años, la Economía Circular (EC) fue re-introducida a nivel europeo a partir de la influencia ejercida por la Fundación Ellen MacArthur (2013), que logró que esta idea fuese aceptada totalmente por la Comisión Europea y las juntas directivas de grandes corporaciones multinacionales (Morató, 2017). La integralidad de este concepto se soporta en los siguientes aspectos:

- Incorporación de las diferentes fases del ciclo de vida de productos, procesos o servicios (EEA, 2016) con enfoque de minimización, reciclaje y uso de energías limpias: materias primas, ecodiseño, producción, consumo, transporte y fin de vida de bienes de consumo obsoletos.
- Aplicación en los niveles macro (Ciudades, regiones o naciones), meso (eco parques industriales) y micro (empresas individuales o clientes) (Ghisellini et al., 2016).
- Integración de dinámicas ambientales desde dimensiones biofísicas y socioeconómicas. Esta integración se logra mediante la evaluación de la sostenibilidad del sistema evaluado, a través de la medición de factores de ofertas y demandas ambientales, representadas en el impacto y la presión sobre elementos naturales de la estructura ecológica y las dinámicas sociales y económicas entorno a factores institucionales, de producción, consumo y generación y manejo de residuos.

Estos aspectos están presentes en los siguientes principios rectores de la economía circular (Ellen MacArthur Foundation, 2013 y Morató, 2017):

Diseñar para la prevención de residuos: Productos y servicios se pueden concebir y diseñar de manera que se reduzca radicalmente la creación de desechos, a través de una mejor integración con los ciclos materiales biológicos y tecnológicos. Se debe pensar como dar una segunda vida al objeto a partir del diseño, con nuevos valores añadidos, para reducir drásticamente ulteriores insumos de materiales y energía.

Construir resiliencia a través de la diversidad: Adaptar los productos y servicios a distintas utilidades a lo largo de su ciclo de vida. Los productos, aun manteniendo su eficiencia, tendrán que ser más simples, modulares y versátiles. La resiliencia de los productos propone reducir la obsolescencia e incrementar drásticamente la funcionalidad y el uso.

Usar energías renovables: La producción, el consumo y el uso de un producto necesita recursos energéticos. La economía circular propone utilizar solamente recursos renovables, por su disponibilidad virtualmente ilimitada, para reducir drásticamente el impacto negativo en el ambiente (emisiones de gases invernadero, vertidos tóxicos en ríos y mares, etc.) y la salud humana.

Pensar en sistemas: Donde las diferentes partes se relacionan entre sí y con el sistema, a diferentes escalas espacio-temporales y en relaciones con variables múltiples. Todo esto, utilizando un enfoque de flujos y reservas, orientado a la circularidad y la transformación social y del medio natural. Un ejemplo muy claro es lo que hacen algunas empresas locales: reaprovechando ropa vieja como cortinas, sábanas, manteles, etc., para transformarlas en objetos de actualidad (bolsos, mochilas, monederos, etc.), dándoles un nuevo uso y revalorizándolos para ser reincorporados en los flujos de bienes consumo de la sociedad actual.

Enfoque de residuos como comida. Este principio cambia radicalmente la manera de entender los desechos, que ya no son rechazados, sino que se pueden transformar en un recurso muy importante de los ciclos biológicos. Por ejemplo, con su reutilización bio-restaurativa, en ciclos de materiales tecnológicos a través de simbiosis industrial, reutilizando los residuos descartados por una industria, en otra.

Pensar localmente: Las organizaciones y comunidades están influenciadas por su contexto y, por eso, tienen una relación dinámica de proximidad. En los ecosistemas ocurre de forma similar, y eso puede dar las pautas para que los grupos de personas puedan aprovechar al máximo los recursos, y al mismo tiempo podrán favorecer y fortalecer la capacidad creativa e innovadora local.

Pensar en cascadas: Se basa en la posibilidad de incrementar el valor de una materia prima o secundaria a través de la definición de sus funciones concretas, e intentar reintroducirla en una parte del ciclo de vida de su mismo uso o en la de otros usos distintos.

Enfoque de rendimiento: El rendimiento tiene que ser sinérgico y basado en la creación de beneficios múltiples, incluyendo la creación de valores añadidos, de puestos de trabajo y la reducción del consumo de recursos. Eso supondría la reducción de los impactos negativos a partir de sistemas naturales y socio-económicos.

A pesar de la claridad conceptual del enfoque de la EC, es necesario fortalecer la capacidad para medir la “circularidad” asociada a las dinámicas de generación y manejo de residuos municipales. Al respecto Ghisellini et al. (2016) después de revisar 155 estudios, pudo establecer que solo 10 de ellos se centraron en el diseño y discusión de indicadores para evaluar la EC, a pesar de la importancia estratégica de las herramientas de evaluación y el monitoreo de este enfoque, evidenciando un vacío en este aspecto. Frente a la evaluación y seguimiento de procesos de EC asociados específicamente a la generación y manejo de residuos municipales, se tiene como referencia la propuesta de Geng et al. (2013) para evaluar el progreso frente a la EC en la ciudad de Dalian (China), a partir de cuatro categorías centradas principalmente en gestión de residuos.

En el presente documento se propone un sistema de indicadores de Economía Circular (EC) asociados a la generación y manejo de RSUOR, soportado en los principios de este concepto, en el enfoque de ciclo de vida y en los indicadores de circularización propuestos en el estudio “Situación y evolución de la economía circular en España” (Morató, 2017).

1.5 Objetivos

1.5.1 Objetivo General

Proponer arreglos de carácter técnico, económico, social, legal e institucional en los procesos de generación, manejo en la fuente, aprovechamiento y disposición final de los Residuos Sólidos Urbanos Ordinarios de origen Residencial (RSUOR) del municipio de Pereira, que promuevan la minimización de impactos ambientales asociados a su actual manejo, bajo los principios de Basura Cero, como referencia para su aplicación en ciudades intermedias de Colombia.

1.5.2 Objetivos Específicos

1.5.2.1 Objetivo específico 1

Evaluar las condiciones actuales de generación y manejo de los RSUOR del municipio de Pereira, mediante la caracterización de aspectos técnicos, económicos, sociales, institucionales, legales e impacto ambiental en los procesos de generación, manejo en la fuente, aprovechamiento y disposición final.

1.5.2.2 Objetivo específico 2

Evaluar alternativas que conduzcan a la minimización de impactos ambientales asociados al actual manejo de los RSUOR del municipio de Pereira, a partir de criterios técnicos, económicos, sociales, institucionales y legales, en los procesos de generación, manejo en la fuente, aprovechamiento y disposición final, bajo los principios de la estrategia Basura Cero.

1.5.2.3 Objetivo específico 3

Formular un modelo holístico de BC que permita evaluar el impacto de posibles arreglos desde alternativas sociales, económicos, técnicas e institucionales, en los procesos de generación, manejo en la fuente, aprovechamiento y disposición final de RSUOR en el municipio de Pereira, priorizando aquellas que conduzcan a la minimización del impacto ambiental.

1.5 Metodología

Teniendo en cuenta que las dinámicas de generación y manejo de RSUOR constituyen un sistema complejo, en el cual las partes interesadas pueden presentar objetivos o intereses diferentes en términos económicos, sociales o ambientales (Meadows, 1999), para el presente estudio se utilizó la Metodología para sistemas blandos (Soft Systems Methodology: SSM) de Peter. B. Checkland (Ossa, 2016), que se constituye en una metodología holística que surge como otra manera de enfrentar situaciones problemáticas propias de los sistemas de la actividad humana, es decir, sistemas complejos. Basado en esta metodología, se elaboró el modelo conceptual de primer nivel, que permite identificar los elementos metodológicos para el desarrollo de los objetivos del presente trabajo (Figura 1).

Cada subsistema relevante del esquema conceptual de primer nivel se desagregó en tareas relevantes que conforman el esquema conceptual de segundo nivel (Anexo 1) definido en el marco de la interacción con las partes interesadas durante el presente trabajo, y cuyo desarrollo se describe metodológicamente a continuación desde cada uno de los objetivos específicos, aclarando que para el presente estudio se tomó el 2017 como el año base para los análisis.

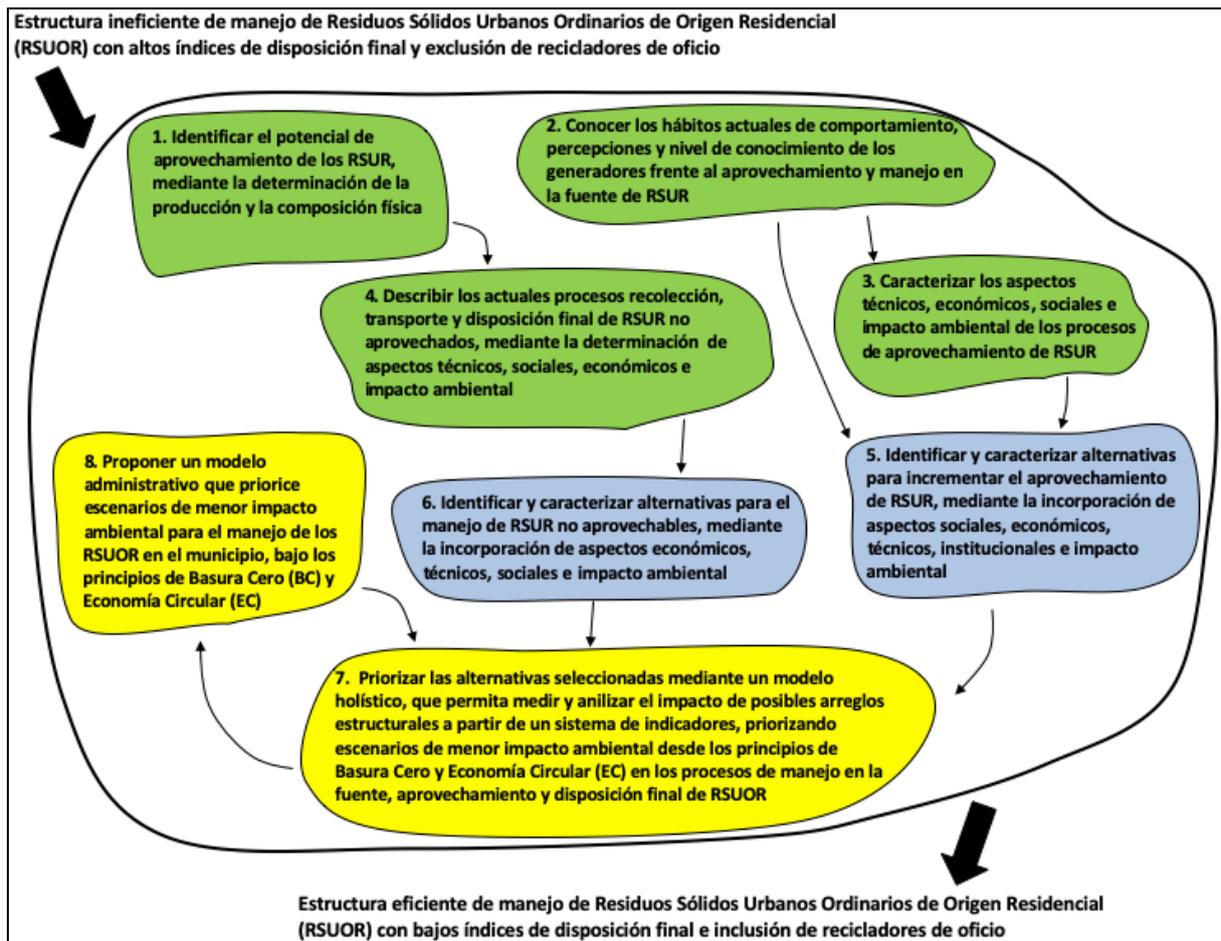


Figura 1. Esquema conceptual de primer nivel. Subsistemas relevantes del sistema de interés. 2017.

1.5.5 Objetivo específico 1

Evaluar las condiciones actuales de generación y manejo de los RSUOR del municipio de Pereira, mediante la caracterización de aspectos técnicos, económicos, sociales, institucionales, legales e impacto ambiental en los procesos de generación, manejo en la fuente, aprovechamiento y disposición final.

Para el logro de este objetivo se identificaron cuatro subsistemas relevantes:

- Identificar el potencial de aprovechamiento de los RSUOR, mediante la determinación de la producción y la composición física.
- Conocer los hábitos actuales de comportamiento, percepciones y nivel de conocimiento de los generadores frente al aprovechamiento y manejo en la fuente de RSUOR.
- Caracterizar los aspectos técnicos, económicos, sociales e impacto ambiental de los procesos de aprovechamiento de RSUOR.
- Describir los actuales procesos recolección, transporte y disposición final de RSUR no aprovechados, mediante la determinación de aspectos técnicos, sociales, económicos e impacto ambiental.

1.5.5.1 Identificar el potencial de aprovechamiento de los RSUOR, mediante la determinación de la producción y la composición física.

El potencial de aprovechamiento se determinó definiendo las categorías de residuos que conforman el flujo de los RSUOR, la cantidad generada y la composición física.

a) Generación de RSUOR: Para determinar la generación de residuos sólidos en el área urbana se tomó como referencia la cifra oficial para el año base (2017) registrada por la Alcaldía de Pereira en el Plan de Gestión de Residuos Sólidos (Alcaldía de Pereira, 2016) y posteriormente se estimó la cantidad de residuos sólidos urbanos generados en el sector residencial, tomando como referencia el criterio del área operativa de la empresa ATESA de Occidente quien presta el servicio público al aseo al 96% de los suscriptores. La estimación se hizo teniendo en cuenta que la recolección se realiza a partir de macrorutas que incorporan fuentes de generación comercial, industrial institucional y residencial, mezclando estos residuos e impidiendo la medición particular de cada una de ellas. De acuerdo al criterio del área operativa de ATESA de Occidente S.A E.S.P, se estima que el 65% de los residuos recolectados en el área urbana, corresponden a residuos residenciales, es decir, residuos sólidos urbanos de origen residencial RSUOR.

b) Composición física de los RSUOR: La composición física fue tomada de la única caracterización oficial de residuos en la fuente, realizada por la Alcaldía de Pereira a través de la Empresa de Aseo de Pereira (2014) (Anexo 2).

Una vez definidas la generación y la composición física, se procedió a establecer el potencial de aprovechamiento mediante el uso de la herramienta STAN 2.6 (2013) que permite estimar los flujos de los materiales que componen el flujo de los RSUOR generados. Para el presente trabajo se definieron las siguientes categorías que corresponden a los flujos de interés:

- **RSUORO:** Residuos Sólidos Urbanos Ordinarios de origen Residencial Orgánicos de rápida degradación, susceptibles de tratamiento con fines de aprovechamiento.
- **RSUORA:** Residuos Sólidos Urbanos Ordinarios de origen Residencial Aprovechables no biodegradables o de lenta degradación, con potencial de comercialización de acuerdo a las condiciones del mercado local (papeles, plásticos, vidrios y metales).
- **RSUORNA:** Residuos Sólidos Urbanos Ordinarios de origen Residencial No Aprovechables, sin demanda en el mercado (textiles, madera, tetrabrick, etc).

1.5.5.2 Conocer los hábitos actuales de comportamiento, percepciones y nivel de conocimiento de los generadores frente al aprovechamiento y manejo en la fuente de RSUOR.

Para el análisis de esta parte del estudio se recopiló información primaria a través de una encuesta que fue aplicada en viviendas distribuidas en los seis estratos socioeconómicos.

a) Formato: El formato de la encuesta se encuentra en el anexo 3 y permitió recopilar información relacionada con los siguientes aspectos:

- Información del encuestado.
- Preguntas relacionadas con las condiciones de la vivienda y sus ocupantes.
- Preguntas relacionadas con hábitos de comportamiento y manejo de residuos por parte de los generadores.
- Preguntas asociadas al aprovechamiento o reciclaje.
- Preguntas relacionadas con el nivel de conocimiento frente a la prestación del servicio público de aseo.
- Preguntas relacionadas con la composición de los residuos.
- Preguntas relacionadas con la percepción de los generadores.

b) Tamaño de la muestra: Se diseñó un muestreo aleatorio simple estratificado con la aplicación de la siguiente fórmula:

$$n = \frac{N \times Z^2 \times P \times Q}{((N - 1) \times E^2) + (Z^2 \times P \times Q)}$$

Donde:

- n : Tamaño de la muestra de cada estrato.
- N : Número de suscriptores de cada estrato. Se tomó como referencia los suscriptores registrados en el Fondo de Solidaridad y Redistribución del Ingreso (FSRI), administrado por la Secretaría de Planeación Municipal de la Alcaldía de Pereira para el año 2017.
- Z : Parámetro asociado a un nivel de confianza del 95% (1,96).
- E : Error esperado (5%).
- P : Probabilidad de éxito (respuestas positivas). Para este parámetro se utilizó como referencia las respuestas positivas de la pregunta No.26: “¿La empresa que presta el servicio público de aseo, recoge los residuos siempre en los mismos días?”, teniendo en cuenta que no es una pregunta de percepción, arrojando un valor de 91,1%.
- Q : $1-p$ (8,9%)

Lo anterior arroja un total de 745 encuestas a aplicar, distribuidas en los siguientes tamaños de muestras (Tabla 1):

Tabla 1. Tamaño de la muestra, según estratos socioeconómicos y número de suscriptores. Encuesta de comportamiento, percepciones y nivel de conocimiento de los generadores frente al aprovechamiento y manejo en la fuente de RSUOR en el municipio de Pereira. 2017.

Estrato socioeconómico	Número de suscriptores (N)	Tamaño de la muestra (n)
Estrato 1	24.107	124
Estrato 2	45.599	125
Estrato 3	28.097	124
Estrato 4	23.250	124
Estrato 5	15.199	124
Estrato 6	7.488	123
Total	143.740	745

1.5.5.3 Caracterizar los aspectos técnicos, económicos, sociales e impacto ambiental de los procesos de aprovechamiento de RSUOR.

La información relacionada con el sistema de aprovechamiento de RSUOR en el municipio de Pereira fue tomada a partir de las siguientes fuentes:

- a) Censo oficial de recicladores de oficio, bodegas y estaciones de clasificación y aprovechamiento (ECA), registrados en el Plan de Gestión Integral de Residuos Sólidos (PGIRS) para el año 2017 (Alcaldía de Pereira, 2017) (Anexo 4).
- b) Trabajo de campo con recicladores de oficio (Anexo 5).
- c) Entrevista con la psicóloga social Carmen Elena Echeverri, quien se desempeñó por más de diez años como funcionaria de la Secretaría de Desarrollo Social y Político de la Alcaldía de Pereira, en el direccionamiento de las políticas públicas y procesos relacionados con habitante de calle (Anexo 6).
- d) Estudios de la Secretaría de Desarrollo Social y Político de la Alcaldía de Pereira, relacionados con la población de habitantes de calle que realizan labores de reciclaje en el municipio de Pereira (Anexo 7):
 - Documento de caracterización del consumo de sustancias psicoactivas en la ciudad, desde la georreferenciación y caracterización de la población de habitantes de calle en la ciudad de Pereira (Secretaría de Desarrollo Social y Político, 2013).
 - Documento de acercamiento a la problemática de las personas que ejercen labor de reciclaje en la ciudad de Pereira (Secretaría de Desarrollo Social y Político, 2014).

d) Jornadas de trabajo en la Universidad Tecnológica de Pereira (Anexo 8). Se adelantaron cuatro jornadas de trabajo (13 de junio, 22 de junio, 24 de agosto y 19 de octubre de 2017) y un foro con las partes interesadas, en las instalaciones de la Facultad de Ciencias Ambientales de la Universidad Tecnológica de Pereira, con el fin de identificar sensaciones de inconformidad de las partes interesadas y al mismo tiempo concertar posibles transformaciones de la estructura actual. A estas jornadas de trabajo asistieron representantes de:

- Corporación Autónoma Regional de Risaralda (CARDER) como autoridad ambiental.
- Secretaría de Desarrollo Rural y Gestión Ambiental (Alcaldía Municipal).
- Secretaría de Planeación Municipal (Alcaldía de Pereira).
- Área Metropolitana del Centro Occidente (AMCO).
- Representantes de las organizaciones de recicladores de oficio en proceso de formalización (Infinity Recycle, ECOEJES, ASORPEREIRA, EMAUS, FUNDAMBIENTE, PRECOEMSOL).
- Representantes de las empresas prestadoras del servicio público de aseo (ATESA de Occidente, Aseo Plus y Tribunales Córcega).
- Grupo e Investigación en Agua y Saneamiento de la Facultad de Ciencias Ambientales de la Universidad Tecnológica de Pereira, como facilitador del proceso en el marco del presente trabajo de grado y de la estructuración del esquema de aprovechamiento de residuos sólidos del municipio.

1.5.5.4 Describir los actuales procesos recolección, transporte y disposición final de RSUR no aprovechados, mediante la determinación de aspectos técnicos, sociales, económicos e impacto ambiental.

Este componente fue analizado a partir de información secundaria suministrada por las empresas prestadoras del servicio público de aseo de no aprovechables, (Atesa de Occidente, Aseo Plus y Tribunales Córcega), analizando aspectos técnicos, económicos y la relación entre los patrones de comportamiento por parte de los generadores, con los aspectos operativos, económicos y ambientales del manejo de los RSUOR en el servicio público de aseo, en las etapas de recolección, transporte y disposición final.

1.5.5.5 Análisis de flujo asociado al actual manejo de los RSUOR

Con el fin de medir los impactos ambientales derivados del actual manejo de RSUOR, se cuantificó el actual flujo de los RSUOR de acuerdo a su generación y manejo. Posteriormente y tomando como referencia este flujo, se valoró el impacto ambiental y la eficiencia del actual sistema de manejo a partir de un sistema de indicadores y un índice agregado de economía circular.

El análisis de flujo de los RSUOR en el municipio de Pereira se hizo utilizando la herramienta STAN 2.6 (2003), determinando la dinámica del flujo de los RSUOR, según generación, composición, aprovechamiento y disposición final de los materiales que componen cada una de las siguientes categorías seleccionadas, a partir de la composición física reportada oficialmente por la Empresa de Aseo de Pereira (2014).

1.5.5.6 Valoración del impacto ambiental y eficiencia del actual sistema de manejo de RSUOR

Para valorar el impacto y la eficiencia del actual sistema de manejo de RSUOR en el municipio de Pereira, se consolidó un sistema de cinco indicadores y un índice agregado de economía circular. A continuación se describe el sistema de indicadores y los criterios de aplicación que permitieron evaluar la eficiencia del actual sistema de generación y manejo de residuos sólidos urbanos ordinarios de origen residencial (RSUOR) en el municipio de Pereira, desde aspectos ambientales, económicos, técnicos, sociales e institucionales. Para esto se definieron inicialmente los marcos ordenadores que permitieron agrupar los indicadores en función de la posibilidad de ser utilizados como herramienta de análisis en un sistema de generación y manejo de RSUOR. Posteriormente se seleccionaron y estructuraron los siguientes indicadores; 1) Indicador de Flujo de RSUOR (IF), 2) indicador de Basura

Cero (IBC), 3) Indicador de Huella de Carbono (IHC), 4) Indicador de Reciclaje Inclusivo (IRI) y 5) Indicador de Aspectos Sociales y Económicos (IASE). Finalmente, se estructuró el Índice Agregado de Economía Circular (IEC) que agrupó los anteriores y que permite consolidar el sistema de indicadores de circularidad asociado a la generación y manejo de RSUOR en el municipio de Pereira, permitiendo determinar la eficiencia del actual sistema de generación y manejo de RSUOR del municipio de Pereira, desde aspectos biofísicos y socioeconómicos (Anexo 9).

1.5.5.6.1 Marcos ordenadores de indicadores como herramienta para medir la eficiencia en la generación y manejo de RSUOR:

Un indicador se entiende como una variable que en función del valor que asume en determinado momento, despliega significados que no son aparentes inmediatamente y que los usuarios decodificarán más allá de lo que muestren directamente, porque existe un constructo cultural y de significado social que se asocia al mismo (Quiroga, 2001). De acuerdo con el enfoque de sostenibilidad, los marcos ordenadores se pueden agrupar en Indicadores de Desarrollo Sostenible (IDS) y en Indicadores de Sostenibilidad Ecológica (ISE). De acuerdo con Quiroga (2001), existen nueve marcos ordenadores que se pueden clasificar en estas dos categorías:

- Presión – Estado – Respuesta.
- Fuerza Motriz – Estado – Respuesta.
- Temas y subtemas.
- Modelo – Flujo – Calidad.
- Agregados.
- Familias.
- Espacio ecológico.
- Presión – Estado – Impacto / Efecto – Respuesta.
- Pirámides lógicas o jerárquicas: Principios – Criterios – Indicadores.

Tanto los Indicadores de Desarrollo Sostenible (IDS) como los indicadores de sostenibilidad ecológica (ISE) se ocupan de medir los logros de una sociedad en cuanto al mejoramiento de las condiciones de vida, y entre ellas la calidad ambiental (perspectiva del DS), o bien la restauración y conservación de los ecosistemas, con los costos y beneficios sociales y económicos que esto acarrea (perspectiva de la SE) (Agudelo, 2010). Quiroga (2007) en el documento *“Indicadores ambientales y de desarrollo sostenible: avances y perspectivas para América Latina y el caribe”*, plantea la existencia de tres tipos de indicadores de acuerdo con la evolución que ha tenido el tema:

- **Indicadores de primera generación:** Se refiere a indicadores ambientales clásicos, emparentados con los indicadores de calidad ambiental modernos, pero sin incorporar más que temas ecológicos.

- **Indicadores de segunda generación:** Dan un paso adelante al incorporar otras dimensiones como económica, social e institucional.

- **Indicadores de tercera generación:** Aunque aún se encuentran en construcción, representan un avance sobre los anteriores, ya que se trata de indicadores sinérgicos que bajo una expresión agregada tipo índice, incorporarían simultáneamente varios atributos o dimensiones. El sistema de indicadores propuestos se ubica en esta categoría.

Este enfoque permite identificar la condición individual o agregativa como criterio de clasificación y selección frente a un posible sistema de indicadores, incorporando indicadores individuales que hacen referencia a una sola variable de interés e indicadores o índices agregados que se encargan de integrar o desplegar diferentes aspectos de interés ambiental, desde dinámicas biofísicas y socioeconómicas.

Uno de los factores claves para medir la efectividad ambiental de las estructuras de manejo de RSUOR, es la posibilidad de contar con herramientas de medición que constituyan criterios válidos y confiables para la toma de decisiones. Al respecto se puede evidenciar una amplia gama de índices e indicadores

que dan claridad frente a la posibilidad de medir aspectos técnicos, económicos, y ambientales asociados a las diferentes etapas del ciclo de vida de los materiales que conforman el flujo de los RSUOR. Sin embargo, se observa debilidad frente a la incorporación de variables y factores socioeconómicos. Esta circunstancia hace pensar en el enfoque de Economía Circular, cuya claridad conceptual y principios permiten estructurar un sistema de indicadores que incorporen de manera holística las variables de interés en un índice agregado.

Elia et al. (2017) expone la posible conformación de un sistema de indicadores para evaluar el cumplimiento de los principios de la Economía Circular (EC). Su propuesta se basa en la necesidad de medir el desacople del crecimiento económico con respecto a las presiones ambientales derivadas del consumo de recursos y la generación de residuos, en el marco de la transición de sistemas lineales a sistemas circulares, resaltando el esfuerzo de autores como Di Maio y Rem (2015), Geng *et al.* (2013); Genovese *et al.* (2015), Guogang y Chen (2011), Moriguchi (2007) y Zhijun y Nailing (2007). Igualmente, ratifica la necesidad de estructurar indicadores que incorporen la minimización en la generación de residuos sólidos, su reincorporación en ciclos de reciclaje (Ghisellini et al, 2016), y la eficiencia y uso sostenible de los recursos (Heck, 2006) a través de la incorporación de las diferentes etapas del ciclo de vida de bienes de consumo: materias primas, ecodiseño, producción, consumo y reciclaje de residuos (EEA, 2016).

A continuación se presenta la taxonomía de un sistema de indicadores para medir la efectividad ambiental de los principios de la estrategia de Economía Circular (EC) a partir de los parámetros a medir y la tipología de los índices propuestos (sintéticos y múltiples), propuesta por *Elia et al.* (2017) (Tabla 2).

Tabla 2. Taxonomía de metodologías de índices básicos, como criterio para la estructuración de un sistema de indicadores de economía circular asociado a la generación y manejo de RSUOR en el municipio de Pereira. 2017.

Parámetros	Indicador sintético (único)*	Indicador múltiple*
Flujos de materiales	<p>Huella del Agua (WF): Desarrollado en 2002 por Hoekstra y Hung (2002). Permite identificar las etapas de mayor impacto ambiental durante el ciclo de vida de productos, procesos o servicios, en términos del recurso hídrico. Puede ser aplicado en diferentes niveles:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Macro: Ciudades, regiones o naciones. - Meso: Eco parques industriales. - Micro: Empresas individuales o clientes. <p>No considera otras categorías de impacto, por lo que su adopción es efectiva solamente en procesos centrados en el consumo y contaminación potencial del agua.</p>	<p>Análisis de flujos de materia (MFA): Se define como "una evaluación sistemática de los flujos y stocks de materiales dentro de un sistema definido en el espacio y el tiempo" (Brunner y Rechberger, 2004). También es utilizado por el Sistema de Contabilidad Ambiental y Económica, que proporciona estadísticas internacionales de comparación medioambiental y su relación con la economía. Su principal limitación es que no todos los impactos ambientales son explícitamente contabilizados. Igualmente el MFA proporciona información sobre la cantidad de materiales utilizado, no sobre su calidad (Moriguchi, 2007). Por esta razón, el uso de MFA como único índice no es suficiente para un análisis completo de evaluación ambiental (Brunner y Rechberger, 2004).</p>
	<p>Entradas de materiales por unidad de servicio (MIPS): Permite medir los impactos de flujos específicos de materiales en productos, procesos o servicios, basado en un enfoque de la cuna a la cuna (Spangenberg et al., 1999), estimando todas las entradas materiales requeridas en las etapas de producción, distribución, uso, redistribución y disposición. Puede ser aplicado por las empresas para delinear ahorros potenciales y medir impactos ambientales, igualmente se puede aplicar a niveles más estratégicos. Algunos autores (Angelakoglou y Gaidajis, 2015; Herva et al., 2011; Spangenberg et al., 1999) sugieren adoptar el cálculo MIPS cuando se requiere de un análisis comparativo.</p>	<p>Análisis de flujos de sustancias (SFA): Se centra en la estimación de flujos y existencias de sustancias que implican un riesgo para el ambiente y la salud, a través de un sistema definido en el espacio y el tiempo (Huang et al., 2012). A diferencia del MFA, se enfoca solo en sustancias en lugar de materiales y productos. Sin embargo, el SFA puede ser más eficaz para identificar flujos nocivos de sustancias, así como para gestionar estrategias de reciclaje y conservación de los recursos, aunque no permite cuantificar los impactos ambientales (Brunner, 2012). Por su flexibilidad, tanto el SFA como el MFA, permiten ser aplicados en los niveles macro, meso y micro (Herva et al., 2011).</p>
	<p>Mochila ecológica (ER): Se define como la suma total de insumos materiales menos la masa del producto, permitiendo identificar el impacto de los bienes de consumo al medio ambiente. Al igual que el MIPS, puede ser de fácil aplicación en el nivel micro.</p>	<p>Basura Cero (ZW ó BC en español): Índice propuesto por Zaman y Lehmann (2013). Hace referencia al "metabolismo circular de la ciudad" medido a través del concepto del índice de "cero desperdicios". Su adopción se hizo a través de la comparación del rendimiento de tres ciudades, Adelaida (Australia), Estocolmo (Suecia) y San Francisco (EEUU). Su mayor virtud es la incorporación del potencial de sustitución de materias primas vírgenes y energía, al igual que la reducción del consumo de agua y de emisiones de gases efecto invernadero en términos de Ton.eq.CO₂.</p>
Flujos de energía	<p>Demanda acumulativa de energía (CED): Se define como la cantidad total de energía requerida para producir un producto (o servicio) estimando todo su ciclo de vida, desde la extracción de materias primas hasta los procesos de fabricación y disposición final (Huijbregts et al., 2006). Es indicador de ciclo de vida único, que agrega todas las formas de uso de energía. Existen varios enfoques para su calculo, y no hay un estándar metodológico aún, aunque algunos investigadores están tratando de llenar este vacío (Frischknecht et al., 2015), como la Asociación de ingenieros alemanes a través del VDI 4600 (Verein Deutscher Ingenieure, 2012).</p>	
	<p>Energía incorporada (EE): Se calcula como la suma de todos los flujos de energía directos e indirectos en un producto, proceso o servicio (Brown y Herendeen, 1996). Es una herramienta confiable para identificar ineficiencias asociadas al uso de energía (Angelakoglou y Gaidajis, 2015). Aunque generalmente se indica como el cantidad de energía no renovable por unidad de peso (generalmente en MJ/kg), también se pueden incluir fuentes de energía renovables (Herendeen, 2004).</p>	

Parámetros	Indicador sintético (único)*	Indicador múltiple*
	Al igual que el CED se ajusta mejor al nivel micro, aunque también se han aplicado a nivel macro (Nawaz y Tiwari, 2006).	
	EMergy Analysis (EMA): Permite estimar la cantidad total de energía (directa e indirecta) requerida en un producto, proceso o servicio. Se expresa comúnmente en emergia de Julios solares (seJ) y requiere la utilización de factores de transformabilidad solar (expresados en seJ/J). Una posible restricción para su aplicación puede estar asociada a la disponibilidad de información necesaria para su análisis, especialmente la evaluación de factores de transformación (Angelakoglou y Gaidajis, 2015; Brown y Ulgiati, 2004; Herva et al., 2011).	
	EXergy Analysis (EXA): Permite estimar la máxima cantidad de trabajo que puede producir un sistema o un flujo de materia o energía, definiendo su equilibrio a través de una referencia ambiental (Rosen y Dincer, 2001). Al igual que el EMA, la exergía es una indicador de calidad de energía, no solo cantidad, aunque no existe aún un estándar internacional (Ghannadzadeh et al., 2012). Puede ser útil para identificar las ineficiencias energéticas en un proceso, al igual que sus causas (Rosen et al., 2008).	
Uso de suelo	Huella ecológica (EF): Desarrollada en la década de los noventa (Rees, 1992). Proporciona una medida de la cantidad total de tierra productiva que demandan procesos funcionales como producción de alimentos, madera, energía, espacio para infraestructura, etc., y el área necesaria para absorber las emisiones de carbono generadas. Se expresa en hectáreas globales (gha), por lo que se constituye en un criterio de comparación (Galli et al., 2012). Aunque es un indicador único, indirectamente proporciona una evaluación sobre la combinación de diferentes impactos ambientales, tales como cambio en el uso de la tierra, consumo de peces y emisiones de CO ₂ . Una metodología estandarizada para el cálculo de la HE fue publicado por el Global Footprint Network (GFN, 2009), mientras que Wiedmann y Barrett (2010) hacen una reseña interesante en literatura sobre su estimación real. El método de la EF es intuitivo y sintético, por lo tanto puede ser utilizado para comunicar fácilmente resultados cuantitativos en los niveles macro, meso y micro. Sin embargo, la disponibilidad de datos e incertidumbre generan problemas debido a la especificidad geográfica de cada producto, proceso o servicio, demandando gran esfuerzo para la captura de información primaria y factores de conversión.	
	Índice de sostenibilidad de procesos (SPI): Al igual que el índice EF, permite estimar el área necesaria para soportar actividades humanas en las diferentes etapas del ciclo de vida. Mide el área necesaria para insertar un producto, proceso o servicio de manera sostenible en la biosfera (Narodoslawsky y Krotscheck, 1995). Su cálculo se basa en los flujos de masa y energía estimados en un período de referencia, por lo que incorpora las dimensiones de tiempo y espacio. Es un método intensivo en cuanto a demanda de información y su aplicación es altamente demandante de datos regionales, cuya consecución en el corto plazo genera incertidumbre y restricciones en el corto plazo (Cucek et al., 2012).	
	Índice de disipación de área - DAL: Se deriva de la estimación del SPI. Representa el área total necesaria para absorber los flujos de salida de un proceso. A diferencia del EF, el DAL incluye la absorción de aquellas sustancias que no pertenecen a ciclos cerrados en la	

Parámetros	Indicador sintético (único)*	Indicador múltiple*
	naturaleza, por lo tanto es considerado insostenible (Herva et al., 2011; Narodslawsky y Krotscheck, 1995).	
Otros basados en ciclo de vida	<p><u>Huella de carbono - CF</u>: Permite medir el impacto de las actividades humanas en clima global, expresado como emisiones de Gases Efecto Invernadero (GEI ó GreenHouse Gases - GHG) generado por un sistema. La contribución de GEI (CO₂, CH₄, N₂O, HFC, PFC, SF6) se evalúan y expresan como unidades equivalentes de CO₂ (CO₂eq), considerando su potencial de calentamiento global específico (GWP). Su estimación se basa en el concepto de análisis de ciclo de vida. Existen diferentes estándares para respaldar la estimación de CF: El PAS 2050 publicado por BSI (British Standards Institution, 2011), el protocolo de GEI publicado por World Resources Institute (WRI y WBCSD, 2011), y finalmente, el ISO 14067 (Organización Internacional para la Estandarización 14.067, 2013). Uno de las principales fortalezas de la CF es que es de fácil entendimiento para los lectores no expertos. Su principal limitación es que se trata de un indicador único que no relaciona otras categorías de impacto.</p> <p><u>Daño potencial de ecosistemas (EDP)</u>: Ha sido desarrollado recientemente por el Instituto Federal de Tecnología de Suiza para evaluar los impactos en ecosistemas debido al uso y transformación de la tierra. Incluye varias funciones de daños y factores de caracterización para los tipos de uso de la tierra. Se usa para calcular el daño causado a la diversidad de especies por un proceso o un producto, proceso o servicio (Koellner y Scholz, 2008; Scholz, 2007). A diferencia de la CF, el EDP generalmente se utiliza para comunicar los resultados a una audiencia experta.</p>	<p><u>Análisis de ciclo de vida (LCA)</u>: Es un método de indicador múltiple bien conocido y aplicado desde hace varios años en la evaluación de impacto ambiental en los niveles macro, meso y micro. Ha sido estandarizado como pauta internacional a través de la norma técnica ISO 14.040 (Organización Internacional para la Estandarización 14.040, 2006). El método LCA es una de las metodologías de evaluación ambiental más completas, ya que incluye varias categorías de impacto relacionadas con daños potenciales a la salud humana, ecosistemas y recursos naturales. Sin embargo, su desarrollo requiere gran cantidad de datos no disponibles normalmente, lo que aumenta la incertidumbre de sus resultados. Adicionalmente, requiere una audiencia experta.</p> <p><u>Mapa de estrategia de desempeño ambiental (EPSM) - Indicador de desempeño de sostenibilidad ambiental (SEPI)</u>: Se trata de una representación gráfica que integra cinco huellas (agua, carbono, energía, emisiones y ambiente de trabajo, que es el número de días de trabajo reportados como perdidos por unidad de peso de producto) con una dimensión económica transversal. El objetivo de la EPSM es proporcionar un solo indicador compuesto. Para cada huella se define un objetivo máximo (ponderado) y el valor se expresa como un porcentaje de este objetivo. Los resultados se mapean en un diagrama de "araña", mientras que el costo se considera como la segunda dimensión: representa la altura de la pirámide que tiene el diagrama de araña como base. El volumen de la pirámide representa el impacto general y se llama Indicador de desempeño de sostenibilidad ambiental (SEPI).</p>
*Siglas en inglés.		

Fuente: Adaptado de Elia et al. 2017.

Teniendo en cuenta que el presente trabajo se enfoca en la búsqueda de alternativas que minimicen los impactos ambientales asociados a la generación y manejo de los RSUOR en el municipio de Pereira, la revisión anterior permitió identificar y definir para el presente estudio, un sistema de seis indicadores:

1. **IFR:** Indicador de Flujo asociado a la generación y manejo de RSUOR.
2. **IBC:** Indicador de Basura Cero asociado a la generación y manejo de RSUOR.
3. **IHC:** Indicador de Huella de Carbono asociada a la generación y manejo de RSUOR.
4. **IRI:** Indicador de Reciclaje Inclusivo asociado a la generación y manejo de RSUOR.
5. **IASE:** Indicador de Aspectos Sociales y Económicos asociado a la generación y manejo de RSUOR.
6. **IAEC:** Índice Agregado de Economía Circular asociado a la generación y manejo de RSUOR.

Los indicadores de Flujo (IFR), Basura Cero (BC) y Huella de Carbono (HC) no incorporan la dimensión socioeconómica, que para las ciudades de Colombia y América Latina son fundamentales dada la existencia del “reciclaje informal” que se refiere a la recolección, clasificación, limpieza, transporte y/o transformación de materiales reciclables en el flujo de residuos sólidos por fuera del sistema formal y que es realizado por personas que generalmente pertenecen a los sectores más pobres y vulnerables de la sociedad (The Economist Intelligence Unit, 2017). Por esta razón, se incorporaron los indicadores de Reciclaje Inclusivo (IRI) y de Aspectos Sociales y Económicos (IASE) con los cuales queda conformado un sistema integral de indicadores desde los principios de la Economía Circular (EC) e incorporando la dimensión social.

Los indicadores de IFR, IBC e IHC brindan la posibilidad de medir aspectos de interés ambiental de carácter biofísico relacionados con impactos potenciales derivados de la extracción y uso de recursos naturales, emisión de gases efecto invernadero, uso de energía y uso de agua, mientras que los indicadores de IRI e IASE permiten incorporar aspectos de carácter socioeconómico, que se encuentran ausentes en los tres primeros. Finalmente, y a partir de los anteriores indicadores, se consolidó el índice agregado de Economía Circular (EC) asociado a la generación y manejo de RSUOR, teniendo en cuenta su claridad conceptual y la posibilidad de integrar las variables relacionadas con sus principios en los cinco índices seleccionados.

Con el fin de clasificar y contar con un criterio de comparación y análisis, los puntajes fueron normalizados y clasificados en una escala de 1 a 100, entendiendo cero (0) puntos como la condición menos deseable y cien (100) puntos como la condición ideal o deseable:

Bajo:	≥0 hasta 25 Puntos	
Medio Bajo:	>25 hasta 50 Puntos	
Medio Alto:	>50 hasta 75 Puntos	
Alto:	>75 hasta 100 Puntos	

1.5.5.6.2 Metodología Indicador de Flujo asociado a la generación y manejo de RSUOR (IFR)

Este indicador permite medir los niveles de minimización, aprovechamiento y disposición final a partir de indicadores cuantitativos estructurados en función del flujo de materiales que componen los RSUOR, con el fin de establecer el impacto ambiental potencial (positivo y negativo) derivado de la actual estructura de generación y manejo. La metodología para su cálculo se estructura a partir de indicadores cuantitativos que se clasifican en tres (3) categorías; minimización, aprovechamiento y disposición final, que a su vez incorporan trece (13) sub indicadores (Tabla 3).

Tabla 3. Elementos para el cálculo del Indicador de Flujo asociado a la generación y manejo de RSUOR (IFRSUOR). 2017

1.	Indicador de Flujo de RSUOR (IFR)	
1.1	Subindicadores de minimización (IMRSUOR)	
1.1.1	Subindicador de minimización de la generación de RSUOR aprovechables	$((B-A)/B)*100$

1. Indicador de Flujo de RSUOR (IFR)		
	Generación RSUOR aprovechables (Ton/Año) en el año base	A
	Generación RSUOR aprovechables en el año anterior al año base (2016) (Ton/Año)	B
1.1.2	Subindicador de minimización de la generación de RSUOR no aprovechables	$((B-A)/B)*100$
	Generación RSUOR no aprovechables en el año base (Ton/Año)	A
	Generación RSUOR no aprovechables en el año anterior al año base (2016) (Ton/Año)	B
1.1.3	Subindicador de reducción de material virgen por minimización en la generación de RSUOR	$((B-A)/B)*100$
	Sustitución potencial de material virgen por aprovechamiento de RSUOR en el año base (Ton/Año)	A
	Sustitución potencial de material virgen por aprovechamiento de RSUOR en el año anterior al año base (2016) (Ton/Año)	B
1.1.4	Subindicador de reducción del consumo de energía por minimización en la generación de RSUOR	$((B-A)/B)*100$
	Reducción potencial de consumo de energía por aprovechamiento de RSUOR en el año base (GJLHV/Año)	A
	Reducción potencial del consumo de energía por aprovechamiento de RSUOR en el año anterior al año base (2016) (GJLHV/Año)	B
1.1.5	Subindicador de reducción del consumo de agua por minimización en la generación de RSUOR	$((B-A)/B)*100$
	Reducción potencial de consumo de agua por aprovechamiento de RSUOR en el año base (m ³ /Año)	A
	Reducción potencial de consumo de agua por aprovechamiento de RSUOR en el año anterior al año base (m ³ /Año)	B
1.2	Subindicadores de aprovechamiento ISRSUOR)	
1.2.1	Subindicador de aprovechamiento local	$(B/A)*100$
	Cantidad de RSUOR aprovechados (Ton/Año)	A
	Cantidad de RSUOR aprovechados localmente (Ton/Año)	B
1.2.2	Subindicador de aprovechamiento de RSUORO (orgánicos)	$(B/A)*100$
	Cantidad de RSUORO (orgánicos) generados (Ton/Año)	A
	Cantidad de RSUORO (orgánicos) aprovechados (Ton/Año)	B
1.2.3	Subindicador de aprovechamiento de RSUORA (papeles, plásticos, vidrios y metales)	$(B/A)*100$
	Cantidad de RSUORA generados (Ton/Año)	A
	Cantidad de RSUORA aprovechados (Ton/Año)	B
1.2.4	Subindicador de reducción (sustitución) de material virgen por aprovechamiento de RSUOR	$(B/A)*100$
	Sustitución potencial de material virgen por aprovechamiento de RSUOR (Ton/Año)	A
	Sustitución de material virgen por aprovechamiento de RSUOR (Ton/Año)	B
1.2.5	Subindicador de reducción del consumo de energía por aprovechamiento de RSUOR	$(B/A)*100$
	Reducción potencial de consumo de energía por aprovechamiento de RSUOR (GJLHV/Año)	A
	Reducción del consumo de energía por aprovechamiento de RSUOR (GJLHV/Año)	B
1.2.6	Subindicador de reducción del consumo de agua por aprovechamiento de RSUOR	$(B/A)*100$
	Reducción potencial de consumo de agua por aprovechamiento de RSUOR (m ³ /Año)	A
	Reducción del consumo de agua por aprovechamiento RSUOR (m ³ /Año)	B
1.3	Subindicadores de disposición final (IDFRSUOR)	
1.3.1	Subindicador de disposición final de RSUOR	$(B/A)*100$
	Cantidad de RSUOR manejados en sitios de disposición final (Ton/Año)	A
	Cantidad de RSUOR que deberían ir al relleno sanitario (Ton/Año)	B
1.3.2	Subindicador de correcta disposición final de RSUOR	$(B/A)*100$
	Cantidad de RSUOR manejados en sitios de disposición final (Ton/Año)	A
	Cantidad de RSUOR dispuestos correctamente (cumplimiento de normas) (Ton/Año)	B

Fuentes de información: La información utilizada para el cálculo de este indicador se obtuvo a partir de las siguientes fuentes:

- Alcaldía Municipal de Pereira.
- Empresas prestadoras del servicio público de aseo de no aprovechables ATESA de Occidente y Aseo Plus.
- Organizaciones de recicladores de oficio: Asociación de Recicladores de Pereira y Risaralda (ASORPEREIRA), Precooperativa Multiactiva Paz y Futuro (COOPAZFU), Asociación de Chatarreros y Recuperadores del Medio Ambiente de Risaralda, Asociación Comunitaria (EMAUS) y Asociación Ecológica del Eje Cafetero (ECOJE).

Puntajes y normalización: Los puntajes se obtienen a partir las cifras consolidadas en el análisis de flujo de RSUOR, cuyas fuentes de información fueron mencionadas. Por tratarse de indicadores, la calificación inicial se llevó a una escala común de análisis entre cero (0) y cien (100).

Ponderación: Se ponderó la minimización con un peso del 10%, el aprovechamiento con un peso del 60% y la disposición final con un peso del 30%.

Cálculo del IFR: fórmula a través de la cual se calculó este indicador es la siguiente:

$$IFR = (IMRSUOR * Fi) + (IARSUOR * Fi) + (IDFRSUOR * Fi)$$

En donde:

- **IFR:** Indicador de flujo de RSUOR.
- **IMRSUOR:** Indicador de minimización de RSUOR.
- **IARSUOR:** Indicador de aprovechamiento de RSUOR.
- **IDFRSUOR:** Indicador de disposición final de RSUOR.
- **Fi:** Factor de ponderación del indicador i (IMRSUOR, IARSUOR e IDFRSUOR).

Para el cálculo de los indicadores, se tuvo en cuenta la sumatoria de sus respectivos subindicadores, de la siguiente manera:

$$Ii = \sum_{1}^{n} (SIi * Fi)$$

- **Ii:** Indicador de interés (IMRSUOR, IARSUOR e IDFRSUOR).
- **SIi:** Subindicador.
- **Fi:** Factor de ponderación del SIi.

1.5.5.6.3 Metodología Indicador de Basura Cero asociado a la generación y manejo de RSUOR (IBC)

Este indicador se calculó a partir de la metodología propuesta por Zaman, A., Lehman, S. (2013) definida en el documento *"The zero waste index: a performance measurement tool for waste management systems in a zero waste city"*. Una de sus mayores virtudes como herramienta es que permite comparar el desempeño de los sistemas de generación y manejo de residuos sólidos en diferentes ciudades del mundo, ya que a diferencia de otros indicadores como la Huella de Carbono, su resultado es adimensional y se presenta como un rango que oscila entre cero (0) para el peor escenario y uno (1) en el escenario óptimo o ideal. Debido a la variedad de materiales presentes en los residuos que forman parte del flujo de los residuos de cada ciudad, se seleccionaron seis corrientes de residuos para el cálculo de este indicador; orgánicos (biodegradables), papeles, vidrios, plásticos, metales y mixtos (otros).

El IBC permite medir las siguientes variables:

- Potencial de sustitución de material virgen por material reciclado a partir de factores de eficiencia de dicha sustitución, en unidades de porcentaje con respecto a la materia prima virgen (%).
- Potencial de ahorro de energía por reciclaje de materiales, en GJLHV por cada tonelada de material reciclado (GJLHV/Ton.Material).

- Potencial de reducción de emisiones de gases efecto invernadero por reciclaje de materiales en toneladas equivalentes de CO₂ por cada tonelada de material reciclado (Ton.eq.CO₂/Ton.Material).
- Potencial de reducción de consumo de agua por reciclaje de materiales en m³ de agua por cada tonelada de material reciclado (m³ H₂O/Ton.Material).

Aunque este indicador también permite estimar la reducción potencial de emisiones (Ton.eq.CO₂) por aprovechamiento de residuos, dicha reducción se incorporó en el Indicador de Huella de Carbono (IHC).

La fórmula a través de la cual se calculó el indicador de BC es la siguiente:

$$IBC = \frac{\sum_1^n WMSi * SFi}{\sum_1^n GWS}$$

En donde:

- **IBC:** Indicador de Basura Cero.
- **WMSi:** Cantidad de residuos de la corriente *i* (orgánicos, papeles, vidrios, plásticos, metales y mixtos).
- **SFi:** Factor de eficiencia de sustitución en la industria de los materiales de la corriente *i* en estado virgen (%).
- **GWS:** Cantidad total de residuos generados.

1.5.5.6.4 Metodología Indicador de Huella de Carbono asociada a la generación y manejo de RSUOR (IHC)

La valoración del impacto ambiental se hizo con los siguientes criterios:

- Categoría de impacto: _____ Calentamiento global.
- Impacto ambiental: _____ Huella de carbono.
- Indicador de impacto: _____ Toneladas equivalentes de CO₂ (Ton.eq.CO₂)

La Huella de carbono se estimó con enfoque y criterios de análisis de ciclo de vida, de la siguiente manera:

Unidad funcional: Manejar los RSUOR generados en el municipio de Pereira durante el año 2017, a través de las actividades de recolección, transporte, tratamiento, aprovechamiento y disposición final, mediante escenarios factibles que conduzcan a la minimización de los impactos ambientales.

Flujo de referencia: 101.286,9 Ton/Año de RSUOR. Corresponde a la generación de RSUOR en el año de referencia.

Límites del sistema: Los límites del sistema están definidos con enfoque de análisis de ciclo de vida, incorporando las siguientes etapas (Figura 2):

- Obtención de materias primas y producción de bienes de consumo obsoletos que constituyen el flujo de los RSUOR (de la cuna a la puerta).
- Uso (consumo) de productos obsoletos en el sector residencial que derivan en la generación de RSUOR.
- Recolección y transporte de RSUOR hasta su fin de vida (aprovechamiento y disposición final).
- Fin de vida de RSUOR aprovechados.
- Fin de vida de RSUOR no aprovechados.

No se tuvo en cuenta la etapa de distribución de los productos desde los sitios de fabricación hasta las unidades residenciales porque es incierta la procedencia y las distancias de transporte de los empaques y bienes de consumo obsoletos que posteriormente se convertirán en residuos.

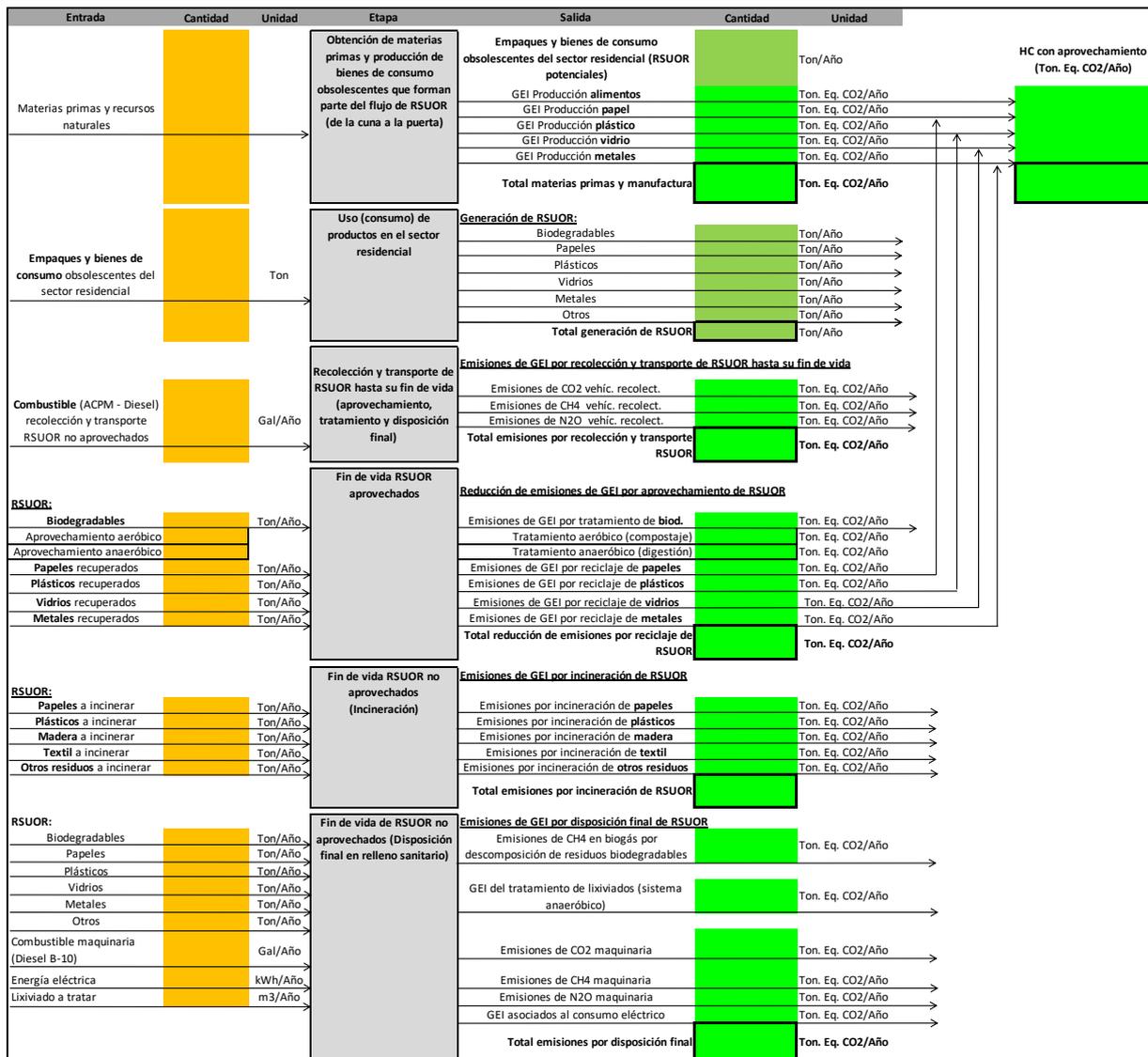


Figura 2. Estructura y elementos para la estimación de la huella de carbono asociada a la generación y manejo de RSUOR en el municipio de Pereira. 2017.

Durante la etapa de uso de productos en el sector residencial se consideró un impacto ambiental cero, ya que el presente trabajo se enfoca en los impactos asociados a la generación y manejo de residuos sólidos y no al uso de bienes de consumo, que durante dicha etapa no se consideran un residuo por definición. En este sentido durante la etapa de uso o consumo, se tuvo en cuenta la generación de RSUOR como aspecto determinante del flujo de los RSUOR y los impactos ambientales en las etapas de manejo de estos. Al respecto, en la “Guía Técnica Orientada al Cálculo y Gestión de la Huella Asociada al Manejo y Disposición de Residuos” (Fundación Natura, 2016) se consideró que esta etapa no aplica para efectos de medición de la huella de carbono en el manejo de residuos.

La información utilizada para el cálculo de la huella de carbono proviene del análisis de flujo de materiales (AFM) y de los factores de emisión indicados en el Anexo 10.

Sub indicadores del IHC: El indicador se calculó a partir de los siguientes sub indicadores (Tabla 4):

Tabla 4. Elementos para el cálculo del Indicador de Huella de Carbono (IHC) asociado la generación y manejo de RSUOR en el municipio de Pereira. 2017.

3. Indicador de emisiones (Huella de Carbono - IHC)		
3.1	Subindicador de HC por minimización en la generación de RSUOR (IHCM)	$((B-A)/B)*100$
	HC potencial en el año base (en un escenario hipotético sin aprovechamiento de RSUOR) (Ton. Eq. CO ₂ /Año)	A
	HC potencial en el año anterior al año base (en un escenario hipotético sin aprovechamiento de RSUOR) (Ton. Eq. CO ₂ /Año)	B
3.2	Subindicador de HC por aprovechamiento de RSUOR (IHCA)	$(B/A)*100$
	Reducción de emisiones en un escenario hipotético de aprovechamiento total de RSUOR (Ton. Eq. CO ₂ /Año)	A
	Reducción de emisiones por aprovechamiento de RSUOR en el año base o en un escenario factible (Ton. Eq. CO ₂ /Año)	B
3.3	Subindicador de HC por manejo de RSUOR (IHCMN)	$(B/A)*100$
	HC en el año base o en un escenario de aprovechamiento factible (Ton. Eq. CO ₂ /Año)	A
	HC en un escenario hipotético de aprovechamiento total de RSUOR (Ton. Eq. CO ₂ /Año)	B

Factores de emisión: A continuación, se indican los factores de emisión utilizados en las diferentes etapas del ciclo de vida de los RSUOR (Tabla 5).

Tabla 5. Factores de emisión para el cálculo de la huella de carbono asociada a la generación y manejo de RSUOR en el municipio de Pereira, según etapas del ciclo de vida y fuentes de información. 2017.

1. Factores de emisión de GEI asociados a procesos de obtención de materias primas y producción de bienes de consumo obsoletos que forman parte del flujo de RSUOR (de la cuna a la puerta)				
Producto	Emisiones (de la cuna a la puerta)		Fuente	
Alimentos	0,81	Ton.Eq.CO ₂ /Ton.alimento	Universidad Politécnica de Valencia (2017)	
Papel	17,66	Ton.Eq.CO ₂ /Ton.papel.virgen	Asociación Nacional de Industriales y Empresarios de Colombia – ANDO (2016)	
Plástico virgen	2,72	Ton.Eq.CO ₂ /Ton.plástico.virgen	ASIPLA (2009)	
Vidrio	1,75	Ton.Eq.CO ₂ /Ton.vidrio.virgen	Ashby (2009).	
Metales	6,02	Ton.Eq.CO ₂ /Ton.metal.virgen	United States Environmental Protection Agency – US EPA (2006)	
2. Factores de emisión de GEI asociados a la recolección y transporte de RSUOR hasta su fin de vida (aprovechamiento y disposición final)				
Factores de emisión directa para el diesel (fuentes móviles)				
	Factor de emisión (kgCO ₂ /gal)	Factor de emisión (kgCH ₄ /gal)	Factor de emisión (kgN ₂ O/gal)	
Diesel B10 (mezcla comercial)	10,2765	0,000535579	0,000535579	
Dióxido de Carbono equivalente (CO ₂ Eq.)	1	28	265	
Fuente: Fundación Natura (2016).				
3. Factores de emisión por aprovechamiento de RSUOR				
3.1 Factores de reducción potencial de emisiones de GEI asociados a la HC de la actividad de tratamiento de RSUORA (papeles, plásticos, vidrios y metales)				
Factor de reducción potencial de emisiones por aprovechamiento (Ton.Eq.CO ₂ /Ton.Material)				
Material	Mínimo	Máximo		
Papeles	0,60	3,20		
Plásticos	0,95	1,88		
Vidrios	0,18	0,62		
Metales	1,40	17,80		
<i>Fuente: Zaman y Lehmann (2013)</i>				
3.2 Factores de emisión de GEI para tratamiento biológico de RSUORO (Biodegradables)				
Tipo de tratamiento	Factores de emisión de CH ₄ (Ton.CH ₄ /Ton.RSUORO.tratado)		Factores de emisión de N ₂ O (Ton.N ₂ O/Ton.RSUORO.tratado)	
	Base seca	Base húmeda	Base seca	Base húmeda
Aeróbico	0,01	0,004	0,0006	0,0003
Anaeróbico	0,002	0,001	Se supone insignificante	Se supone insignificante

1. Factores de emisión de GEI asociados a procesos de obtención de materias primas y producción de bienes de consumo obsoletos que forman parte del flujo de RSUOR (de la cuna a la puerta)			
<i>Fuente: Arnold, M. (2005); Beck-Friis (2002); Detzel et al. (2003); Petersen et al. 1998; Hellebrand 1998; Hogg, D. (2002); Vesterinen (1996).</i>			
<i>Citado en: Directrices del IPCC (2006).</i>			
4. Etapa de fin de vida RSUOR no aprovechados (disposición final en relleno sanitario)			
4.1 Factores de emisión de GEI asociados al consumo de energía eléctrica en el relleno sanitario "La Glorita" durante el año base.			
Mes	Factor emisión Energía Ton CO₂/MWh año 2016	Fuente:	
Enero	0,320	http://www.siel.gov.co/portals/0/generacion/2016/Segui_variables_dic_2016.pdf	
Febrero	0,320	http://www.siel.gov.co/portals/0/generacion/2016/Segui_variables_dic_2016.pdf	
Marzo	0,370	http://www.siel.gov.co/portals/0/generacion/2016/Segui_variables_dic_2016.pdf	
Abril	0,280	http://www.siel.gov.co/portals/0/generacion/2016/Segui_variables_dic_2016.pdf	
Mayo	0,130	http://www.siel.gov.co/portals/0/generacion/2016/Segui_variables_dic_2016.pdf	
Junio	0,130	http://www.siel.gov.co/portals/0/generacion/2016/Segui_variables_dic_2016.pdf	
Julio	0,110	http://www.siel.gov.co/portals/0/generacion/2016/Segui_variables_dic_2016.pdf	
Agosto	0,130	http://www.siel.gov.co/portals/0/generacion/2016/Segui_variables_dic_2016.pdf	
Septiembre	0,120	http://www.siel.gov.co/portals/0/generacion/2016/Segui_variables_dic_2016.pdf	
Octubre	0,150	http://www.siel.gov.co/portals/0/generacion/2016/Segui_variables_dic_2016.pdf	
Noviembre	0,115	http://www.siel.gov.co/portals/0/generacion/2016/Segui_variables_dic_2016.pdf	
Diciembre	0,090	http://www.siel.gov.co/portals/0/generacion/2016/Segui_variables_dic_2016.pdf	
<i>Fuente: Unidad de Planeación Minero Energética – UPME. Ministerio de Minas y Energías de Colombia (2017).</i>			
4.2 Factores de emisión de GEI asociados a la generación de gases y lixiviados en el relleno sanitario "La Glorita"			
Índice de generación de CH ₄ asociado al lixiviado	m ³ .CH ₄ /m ³ .lixiv.tratado	37	Rashidi, Zh., et al, 2012
Peso del CH ₄	kg/m ³	0,68	
Índice de generación de lixiviado	m ³ .lixiv/Ton.Res.Biod.dispuesta	0,80	Lacoste, 1997.
Índice de generación estimada de biogás a partir de materia orgánica	m ³ /Ton	200	
Fración de CH ₄ contenido en el biogás	%	55%	Panesso et al (2012); Robles, M. (2008)

1.5.5.6.5 Metodología indicador de reciclaje inclusivo asociado a la generación y manejo de RSUOR en el municipio de Pereira (IRI)

El reciclaje inclusivo, entendido como aquellos sistemas de gestión de residuos que priorizan la recuperación y el reciclaje, reconociendo y formalizando el papel de los recicladores como actores clave de dichos sistemas (The Economist Intelligence Unit, 2017)¹. Esta aproximación surge como respuesta a uno de los rasgos más importantes en los sistemas de manejo de RSUOR en Colombia y América Latina, que es el aprovechamiento de materiales con valor comercial por parte de comunidades de recicladores de oficio¹, conformadas por personas de escasos recursos dedicadas a la recuperación, clasificación y venta de papeles, plásticos, vidrios y metales principalmente.

¹ Los términos varían por país: ciruja, cartonero y excavador en Argentina; catador y chepeiro en Brasil; cartonero, cachurero y chatarrero en Chile; basuriego, costalero, zorrego y botellero en Colombia; buzo en Costa Rica, Cuba, Honduras y en la República Dominicana; minador y chambero en Ecuador; pepenador en México, El Salvador, Guatemala, Nicaragua, Panamá y Paraguay; guajero en Guatemala; churequero en Nicaragua; metalero en Panamá; gancharo en Paraguay; segregador y cachinero en Perú; hurgador y clasificador en Uruguay; excavador y zamuro en Venezuela; "scavenger", "reclaimer", "binner",

La metodología fue tomada del estudio “Avances y desafíos para el reciclaje inclusivo: Evaluación de 12 ciudades De América latina y el Caribe” realizado por The Economist Intelligence Unit (2017), que contó con el respaldo de Fondo Multilateral de Inversiones (FOMIN), miembro del Grupo del Banco Interamericano de Desarrollo (BID), en el marco de la Iniciativa Regional para el Reciclaje Inclusivo (IRR). En algunos apartes se cita textualmente teniendo en cuenta que no fue adaptada ni modificada para su aplicación en el municipio de Pereira.

Indicadores: El marco de evaluación comprende 10 indicadores cualitativos, con 37 subindicadores (preguntas asociadas). Para el municipio de Pereira se aplicaron los indicadores cualitativos clasificándolos en las siguientes dimensiones: 1) normativa, 2) organizativa y 3) de mercado.

1) Normativa

- 1.1) Normativa sobre gestión de residuos
- 1.2) Integración del reciclador de base
- 1.3) Generación de información
- 1.4) Salud pública y el medio ambiente

2) Organizativa

- 2.1) Asociatividad
- 2.2) Organizaciones comerciales

3) Mercado

- 3.1) Condiciones de acceso y almacenamiento de residuos
- 3.2) Condiciones para la comercialización de material reciclable
- 3.3) Ingreso de los recicladores de base
- 3.4) Condiciones de trabajo de los recicladores de base

Este marco de indicadores refleja la idea de una mayor inclusión y mide la situación del reciclaje inclusivo en Pereira con referencia a un escenario ideal. No pretende ser un marco de gestión integral de residuos sólidos, porque se ha concebido específicamente para enfocarse en el tema de la inclusión de los recicladores informales.

La metodología fue creada por el equipo de investigación de The Economist Intelligence Unit (EIU) en consulta con la Iniciativa Regional para el Reciclaje Inclusivo (IRR). El marco de indicadores se elaboró a partir de muchas fuentes. En primer lugar, en 2013, la IRR publicó los resultados de un estudio inicial y análisis comparativo del sector de reciclaje informal en 15 países de la región de América Latina y el Caribe (Accenture, 2013). En esta evaluación inicial se consideraron 17 indicadores cualitativos y cuantitativos en tres dimensiones principales: 1) regulación; 2) organizativa y 3) mercado. El marco está estructurado en torno a estas dimensiones iniciales. En segundo lugar, se consultaron también varios enfoques y marcos analíticos para la caracterización del reciclaje inclusivo y la gestión de desechos, por ejemplo, los estudios de Velis et al. (2012), UN-Habitat (2010) y Wilson et al. (2015a, 2015b). Por último, en mayo de 2016 se presentó la lista de indicadores y el foco de la investigación en un taller al que asistieron expertos y profesionales internacionales y regionales.

Puntaje: Los puntajes fueron otorgados a partir de información primaria y secundaria recopilada durante los últimos tres años, a través de trabajo de campo, entrevistas, asistencia a reuniones con organizaciones de recicladores, integrantes de los grupos técnico y coordinador del Plan Municipal de Gestión Integral de Residuos Sólidos (PGIRS) y cinco jornadas de trabajo en la Facultad de Ciencias Ambientales de la Universidad Tecnológica de Pereira, a las cuales asistieron representantes de instituciones públicas, empresas prestadoras del servicio público de aseo de no aprovechables y los representantes de organizaciones de recicladores de oficio del municipio de Pereira.

Normalización: Los puntajes de los indicadores se ordenan en una escala de números enteros. La escala abarca de 0-1, 0-2, o 0-3, y los puntajes dependen de las definiciones y del método de

“poacher” y “salvager” en el Caribe de habla inglesa; y “chiffonnier” en el Caribe francoparlante (The Economist Intelligence Unit, 2017).

calificación que se formule para cada indicador. Los puntajes son asignados conforme a los criterios definidos en números enteros que posteriormente se “normalizan”, es decir, se transforman en un puntaje comprendido entre 0 y 100 para poder compararlos. La normalización se hizo utilizando la siguiente fórmula (The Economist Intelligence Unit, 2017):

$$x = ((x - \text{Min}(x)) / (\text{Max}(x) - \text{Min}(x))) * 100$$

Donde Min(x) y Max(x) son, respectivamente, los valores mínimo y máximo en cada rango de datos de los indicadores analizados. Seguidamente, el valor normalizado se transforma en un puntaje comprendido entre 0 y 100 para hacerlo directamente comparable con otros indicadores.

Ponderación: Una vez concluidos el puntaje y la normalización, los indicadores y subindicadores fueron ponderados de manera equitativa, es decir que para cada dimensión todos los indicadores y subindicadores recibieron igual ponderación dentro de su nivel. Aunque la metodología propuesta por The Economist Intelligence Unit (2017) no agrega o consolida un único indicador a partir de las tres dimensiones propuestas (normativa, organizativa y de mercado), en el presente trabajo se le otorga una ponderación igual (33,33%) a cada dimensión para obtener un indicador de reciclaje inclusivo. A continuación se indican las ponderaciones otorgadas:

Indicadores:	Peso %
1) NORMATIVA (33,33%)	
1.1) Normativa sobre gestión de residuos	25,0%
1.2) Integración del reciclador de base	25,0%
1.3) Generación de información	25,0%
1.4) Salud pública y el medio ambiente	25,0%
2) ORGANIZATIVA (33,33%)	
2.1) Asociatividad	50,0%
2.2) Organizaciones comerciales	50,0%
3) MERCADO (33,33%)	
3.1) Condiciones de acceso y almacenamiento de residuos	25,0%
3.2) Condiciones para la comercialización de material reciclable	25,0%
3.3) Ingreso de los recicladores de base	25,0%
3.4) Condiciones de trabajo de los recicladores de base	25,0%

Subindicadores	Peso %
1) NORMATIVA	
1.1) Normativa sobre gestión de residuos	
1.1.1) 1. ¿Existe un marco legal nacional para la gestión de residuos orientado al reciclaje con la inclusión de actores informales?	25,0%
1.1.2) 2. ¿Existe un marco legal municipal para la gestión de residuos orientado al reciclaje y la inclusión de actores informales?	25,0%
1.1.3) 3. ¿Son las políticas municipales suficientemente estables para garantizar la continuidad en materia de políticas de reciclaje inclusivo?	25,0%
1.1.4) 4. ¿Existe un presupuesto (o mecanismo de financiación) municipal asignado para el reciclaje inclusivo?	25,0%
1.2) Integración del reciclador de base	
1.2.1) 5. ¿Existe reconocimiento legal de la ocupación de reciclador de base?	12,5%
1.2.2) 6. ¿Se reconoce a los recicladores de base como prestadores de servicio en la gestión de residuos?	12,5%
1.2.3) 7. ¿Se ha identificado la población de recicladores de base a través de un censo?	12,5%
1.2.4) 8. ¿Cuál es el grado de transparencia e inclusión en los procesos de licitación para el reciclaje?	12,5%
1.2.5) 9. ¿La normativa/ estrategia municipal de residuos sólidos: fue desarrollada de manera participativa?	12,5%

1.2.6) 10. ¿Hay programas de formación/capacitación a nivel municipal?	12,5%
1.2.7) 11. ¿Existen incentivos, programas y/o acciones concretas para el fortalecimiento de la ocupación del reciclador de base?	12,5%
1.2.8) 12. ¿Existen incentivos de reciclaje para los usuarios?	12,5%
1.3) Generación de información	
1.3.1) 13. ¿Hay un sistema municipal de recolección de información de reciclaje inclusivo?	50,0%
1.3.2) 14. ¿Hay campañas de comunicación para fomentar el reciclaje inclusivo con difusión en el municipio?	50,0%
1.4) Salud pública y el medio ambiente	
1.4.1) 15. ¿Existe adecuada regulación y control sobre clasificación y manejo de desechos especiales y/o peligrosos y sobre clasificación en la calle?	100,0%
2) ORGANIZATIVA	
2.1) Asociatividad	
2.1.1) 16. ¿Cuán dinámicas son las asociaciones?	20,0%
2.1.2) 17. ¿Qué nivel de inclusión presentan estas asociaciones?	20,0%
2.1.3) 18. ¿Las asociaciones: participan en espacios de interlocución o diálogo con pares?	20,0%
2.1.4) 19. ¿Existen espacios de diálogo y coordinación entre diferentes actores de la cadena de valor del reciclaje?	20,0%
2.1.5) 20. ¿Cuál es el nivel de representación de las mujeres en las asociaciones?	20,0%
2.2) Organizaciones comerciales	
2.2.1) 21. ¿Existen organizaciones de recicladores con actividad comercial en el municipio (cooperativas y/o microempresas)?	33,3%
2.2.2) 22. ¿Cuál es el nivel de participación de las organizaciones de recicladores en la cadena de valor del reciclaje?	33,3%
2.2.3) 23. Las organizaciones comerciales de recicladores: ¿Tienen acceso a mecanismos de financiamiento?	33,3%
3) MERCADO	
3.1) Condiciones de acceso y almacenamiento de residuos	
3.1.1) 24. ¿Cómo es el acceso del material reciclable?	25,0%
3.1.2) 25. ¿Existen esquemas formales de recolección diferenciada de residuos reciclables en el municipio que involucran a recicladores de base?	25,0%
3.1.3) 26. ¿Los recicladores tienen acceso a instalaciones para el almacenamiento y la clasificación de materiales?	25,0%
3.1.4) 27. ¿Cuál es el nivel de desarrollo técnico alcanzado en la clasificación (o pre-procesamiento) de materiales reciclables por parte de agrupaciones de recicladores?	25,0%
3.2) Condiciones para la comercialización de material reciclable	
3.2.1) 28. ¿Cuál es la diferencia de valor del material en los diferentes eslabones de la cadena del reciclaje?	50,0%
3.2.2) 29. ¿Cuál es el nivel de desarrollo de la industria transformadora a nivel nacional?	50,0%
3.3) Ingreso de los recicladores de base	
3.3.1) 30. ¿Se permite la contratación con agrupaciones de recicladores de base en el sistema de gestión de residuos del municipio?	25,0%
3.3.2) 31. ¿Existen mecanismos de pago periódico fijo para los recicladores de base por servicios prestados?	25,0%
3.3.3) 32. ¿Existen programas de diversificación de los servicios prestados por recicladores?	25,0%
3.3.4) 33. Ingreso promedio de los recicladores con respecto al salario mínimo nacional	25,0%
3.4) Condiciones de trabajo de los recicladores de base	
3.4.1) 34. ¿Existe trabajo infantil en la cadena de manejo de residuos?	25,0%
3.4.2) 35. ¿Cuál es el nivel de enfoque de género en las condiciones de trabajo?	25,0%
3.4.3) 36. ¿Hay planes inclusivos de cierre de vertederos a cielo abierto?	25,0%
3.4.4) 37. ¿Los recicladores tienen acceso a herramientas de trabajo adecuadas?	25,0%

Listado de indicadores:

Dimensión 1: Normativa

1.1) Normativa sobre gestión de residuos

1. ¿Existe un marco legal nacional para la gestión de residuos orientado al reciclaje con la inclusión de actores informales? Puntaje:

0= No existe un marco legal nacional, o existe un marco legal nacional de GIRS pero que no contempla el reciclaje y/o no contempla la inclusión

1= Existe un marco legal nacional inclusivo, pero que aún no se ha implementado

2= Existe un marco legal nacional inclusivo que se ha implementado

2. ¿Existe un marco legal municipal para la gestión de residuos orientado al reciclaje y la inclusión de actores informales? Puntaje:

0= No existe un marco legal municipal, o existe un marco legal de GIRS pero que no contempla ni el reciclaje ni la inclusión

1= Existe un marco legal inclusivo y no se ha implementado

2= Existe un marco legal inclusivo articulado que se ha implementado

3. ¿Son las políticas municipales suficientemente estables para garantizar la continuidad en materia de políticas de reciclaje inclusivo? Puntaje: 0 = Baja (1 período de administración) o no existe marco legal inclusivo 1 = Mediana (2 períodos de administración municipal continua) 2 = Alta (más de 2 períodos de administración municipal continua)

4. ¿Existe un presupuesto (o mecanismo de financiación) municipal asignado para el reciclaje inclusivo?

Puntaje:

0= No existe un presupuesto (o mecanismo de financiación), o existe un presupuesto de GIRS pero no contempla ni el reciclaje ni la inclusión

1= Existe un presupuesto (o mecanismo de financiación) y no se ha implementado

2= Existe un presupuesto (o mecanismo de financiación) que se ha implementado

1.2) Integración del reciclador de base

5. ¿Existe reconocimiento legal de la ocupación de reciclador de base? Puntaje: 0= No existe reconocimiento legal de la ocupación del reciclador de base 1= Existe reconocimiento legal de la ocupación del reciclador de base

6. ¿Se reconoce a los recicladores de base como prestadores de servicio en la gestión de residuos? Puntaje:

0= No existe reconocimiento de los recicladores de base a nivel municipal

1= Existe reconocimiento de los recicladores de base, pero no se promueven formas de vinculación al sistema de gestión de residuos

2= Se reconocen a recicladores de base como prestadores de servicio en la gestión de residuos

7. ¿Se ha identificado la población de recicladores de base a través de un censo? Puntaje:

0= No se ha realizado un censo de la población de recicladores

1= Se ha realizado un censo de la población de recicladores

8. ¿Cuál es el grado de transparencia e inclusión en los procesos de licitación para el reciclaje? Puntaje: 0= No existen procesos de licitación para el reciclaje o existen con baja transparencia (0 criterios)

1= Existen con mediana transparencia (1-2 criterios)

2= Existen con alta transparencia (los 3-4 criterios)

9. La normativa/ estrategia municipal de residuos sólidos: ¿fue desarrollada de manera participativa?

Puntaje:

0= El proceso no involucró a los recicladores de base

1= Fue un proceso participativo que involucró a recicladores de base

2= Fue un proceso participativo y las propuestas fueron reflejadas en la normativa/estrategia

10. ¿Hay programas de formación/capacitación a nivel municipal? Puntaje:

0= No hay programas de formación/ capacitación

1= Hay programas de formación para funcionarios municipales o para usuarios (ciudadanos)

2= Hay programas de formación para funcionarios municipales y/o recicladores de base

3= Hay programas de formación para todos los actores de GIRS (incluyendo empresas del sector privado, por ejemplo)

11. ¿Existen incentivos, programas y/o acciones concretas para el fortalecimiento de la ocupación del reciclador de base? Puntaje:

0= No existen

- 1= Existen incentivos, programas y/o acciones puntuales
2= Existen incentivos, programas y/o acciones sistemáticas e institucionalizadas

12. ¿Existen incentivos de reciclaje para los usuarios? Puntaje:

- 0= No existen
1= Existen con baja participación
2= Existen con amplia participación

1.3) Generación de información

13. ¿Hay un sistema municipal de recolección de información de reciclaje inclusivo? Puntaje: 0= Sí a 0 o 1 pregunta

- 1= Sí a 2 o 3 preguntas
2= Sí a 4 o 5 preguntas

14. ¿Hay campañas de comunicación para fomentar el reciclaje inclusivo con difusión en el municipio?

- Puntaje:
0= No 1= Sí, pero esporádicamente
2= Sí y continuo

1.4) Salud pública y el medio ambiente

15. ¿Existe adecuada regulación y control sobre clasificación y manejo de desechos especiales y/o peligrosos y sobre clasificación en la calle? Puntaje:

- 0= No existe regulación
1= Existe regulación y no se aplica
2= Existe regulación y se aplica

Dimensión 2: Organizativa

2.1) Asociatividad

16. ¿Cuán dinámicas son las asociaciones? Puntaje:

- 0= No existen asociaciones o es muy difícil crearlas
1= Existe al menos una asociación, pero con un proceso difícil de admisión
2= Existe al menos una asociación y admite nuevos miembros

17. ¿Qué nivel de inclusión presentan estas asociaciones? Puntaje:

- 0= Baja inclusión (0 o 1 criterio)
1= Mediana inclusión (2 o 3 criterios)
2= Alta inclusión (4 o más criterios)

18. Las asociaciones: ¿participan en espacios de interlocución o diálogo con pares? Puntaje: 0= No participan

- 1= Participan a nivel municipal y/o nacional
2= Participan a nivel municipal, nacional e internacional

19. ¿Existen espacios de diálogo y coordinación entre diferentes actores de la cadena de valor del reciclaje? Puntaje:

- 0= No existen espacios de coordinación
1= Existen espacios a nivel nacional o municipal
2= Existen espacios a nivel municipal y nacional

20. ¿Cuál es el nivel de representación de las mujeres en las asociaciones? Puntaje:

- 0= Existe un bajo nivel de representación (ningún criterio)
1= Existe un nivel medio de representación (1-2 criterios)
2= Existe un nivel superior de representación (3 o más criterios)

21. ¿Existen organizaciones de recicladores con actividad comercial en el municipio (cooperativas y/o microempresas)? Puntaje:

- 0= No existen
1= Existen
2= Existen y operan en coordinación o en conjunto entre ellas

22. ¿Cuál es el nivel de participación de las organizaciones de recicladores en la cadena de valor del reciclaje? Puntaje:

- 0= Bajo (ningún criterio) o no existen estas organizaciones
1= Medio (1 o 2 criterios)
2= Alto (3 o 4 criterios)

2.2) Organizaciones comerciales

23. Las organizaciones comerciales de recicladores: ¿Tienen acceso a mecanismos de financiamiento?

Puntaje:

0= No tienen acceso o no existen estas organizaciones

1= Microcrédito

2= Banca tradicional o pública

3= Programa de apoyo de proveedores

Dimensión 3: Mercado

3.1) Condiciones de acceso y almacenamiento de residuos

24. ¿Cómo es el acceso del material reciclable? Puntaje:

0= Prohibición total

1= Informal (vertedero o calle)

2= Recuperación en fuente

3= Contratos con municipalidad para proveer el servicio

25. ¿Existen esquemas formales de recolección diferenciada de residuos reciclables en el municipio que involucran a recicladores de base? Puntaje:

0= No existe recolección diferenciada

1= Existe recolección diferenciada pero no involucra a recicladores de base

2= Existe recolección diferenciada e involucra a recicladores de base

26. ¿Los recicladores tienen acceso a instalaciones para el almacenamiento y la clasificación de materiales? Puntaje:

0= No, o los recicladores no participan en estos procesos

1= Sí

27. ¿Cuál es el nivel de desarrollo técnico alcanzado en la clasificación (o pre-procesamiento) de materiales reciclables por parte de agrupaciones de recicladores? Puntaje:

0= Bajo, o los recicladores no participan en estos procesos

1= Medio

2= Alto

3.2) Condiciones para la comercialización de material reciclable

28. ¿Cuál es la diferencia de valor del material en los diferentes eslabones de la cadena del reciclaje?

Puntaje: Ratio del valor de compra de una unidad (1 kg) de PET, papel, cartón o aluminio en centros de acopio-clasificación/valor de compra de la misma unidad en un establecimiento de pre-procesamiento

29. ¿Cuál es el nivel de desarrollo de la industria transformadora a nivel nacional? Puntaje:

0= No existen plantas industriales de transformación en el país

1= Existen plantas industriales para 1 o 2 materiales

2= Existen plantas industriales para 3 materiales

3= Existen plantas industriales para todos los materiales

3.3) Ingreso de los recicladores de base

30. ¿Se permite la contratación con agrupaciones de recicladores de base en el sistema de gestión de residuos del municipio? Puntaje:

0= No

1= Sí pero no se aplica

2= Sí y se evidencia en contratos asignados con organizaciones de recicladores vigentes

31. ¿Existen mecanismos de pago periódico fijo para los recicladores de base por servicios prestados? Puntaje:

Puntaje:

0= No

1= Sí

32. ¿Existen programas de diversificación de los servicios prestados por recicladores? Puntaje:

0= No

1= Sí

33. Ingreso promedio de los recicladores con respecto al salario mínimo nacional Puntaje:

% entre ingreso promedio / Salario mínimo nacional

3.4) Condiciones de trabajo de los recicladores de base

34. ¿Existe trabajo infantil en la cadena de manejo de residuos? Puntaje:

0= Sí

1= Sí, pero hay programas para hacer frente a la situación

2= No

35. ¿Cuál es el nivel de enfoque de género en las condiciones de trabajo? Puntaje:

0 = Bajo (0 criterios)

1 = Mediano (1-2)

2= Alto (3 o más)

36. ¿Hay planes inclusivos de cierre de vertederos a cielo abierto? Puntaje:

0= No

1= Sí o no hay vertederos a cielo abierto

37. ¿Los recicladores tienen acceso a herramientas de trabajo adecuadas? Puntaje:

0= No se cumple ningún criterio.

1= Se cumplen 1 a 3 criterios.

2= Se cumplen 4 o más criterios

1.5.5.6.6 Metodología Indicador de Aspectos Sociales y Económicos asociados a la generación y manejo de RSUOR (IASE)

Guarda relación y se complementa con el indicador de reciclaje inclusivo, por esta razón se tuvieron en cuenta la variables e indicadores de este último para no duplicar su medición.

Sub indicadores del IASE: Se definieron siete (7) indicadores cuantitativos que permiten medir los siguientes aspectos (Tabla 6):

- 1. Empleabilidad y reciclaje formal en actividades de recolección, transporte y aprovechamiento de RSUOR.
- 2. Formalización de los recicladores de oficio.
- 3. Acciones afirmativas en favor de las organizaciones de recicladores de oficio.
- 4. Separación en la fuente.
- 5. Reglamentación de la separación en la fuente.
- 6. Beneficio a suscriptores por aplicación del incentivo a la separación en la fuente.

Tabla 6. Elementos para el cálculo del Indicador de Aspectos Sociales y Económicos (IASE) asociados a la generación y manejo de RSUOR en el municipio de Pereira. 2017.

5. Indicador de Aspectos Socioeconómicos (IASE)		
5.1	Subindicador de empleabilidad y reciclaje formal en la prestación del servicio público de aseo	(B/A)*100
	Número de personas que trabajan en actividades de recolección, transporte y aprovechamiento de RSUOR (incluye tanto a los empleados de las ESP de no aprovechables, como a los recicladores de oficio formales e informales)	A
	Número de personas que trabajan como empleadas en empresas del servicio público de aseo de no aprovechables y recicladores de oficio formalizados y prestando el servicio público de aseo en la actividad de aprovechamiento según lineamientos legales (Decreto 596/2016 y Resolución 276/2016)	B
5.2	Subindicador de formalización de los recicladores de oficio	(B/A)*100
	Número de recicladores de oficio registrados en el censo oficial (No.)	A
	Número de recicladores de oficio formalizados o en proceso de formalización, según lineamientos legales (Decreto 596/2016 y Resolución 276/2016) (No.)	B
5.3	Subindicador de acciones afirmativas en favor de las organizaciones de recicladores de oficio	(B/A)*100

5. Indicador de Aspectos Socioeconómicos (IASE)		
	Número de acciones afirmativas posibles en favor de los recicladores de oficio (No.) 1. Capacitación para la formalización, en aspectos administrativos, comerciales, financieros, técnicos y operativos. 2. Apoyo al fortalecimiento de las estructuras organizacionales en aspectos administrativos, comerciales, financieros, técnicos, operativos de la prestación del servicio y de emprendimiento empresarial para la generación de valor de los residuos y su incorporación en cadenas productivas. 3. Apoyo en la formulación de planes de fortalecimiento empresarial a las organizaciones de recicladores en proceso de formalización. 4. Otorgamiento de aportes bajo condición, como bienes o derechos en infraestructura y equipos afectos a la prestación de la actividad de aprovechamiento. 5. Adopción de un esquema de aprovechamiento que prioriza la inclusión de los recicladores de oficio en la prestación del servicio público de aseo en la actividad de aprovechamiento	A
	Número de acciones afirmativas adelantadas en favor de los recicladores de oficio (No.)	B
5.4	Subindicador de separación en la fuente	(B/A)*100
	Número de suscriptores que generan RSUOR	A
	Número de suscriptores que generan RSUOR y que realizan separación en la fuente*	B
5.5	Subindicador de reglamentación de la separación en la fuente. La separación en la fuente está reglamentada e incorporada efectivamente en el esquema de manejo de los RSUOR?. (R:/ Sí: 100; No: 0)	
5.6	Subindicador de suscriptores beneficiados por aplicación del incentivo a la separación en la fuente	(B/A)*100
	Número de suscriptores que generan RSUOR	A
	Número de suscriptores que reciben beneficio por separación en la fuente, según Art.34 de la Resolución CRA-720 de 2015	A
*En el caso del aprovechamiento factible, el 89,6% de los suscriptores encuestados manifestaron estar dispuestos a separar en la fuente.		

Fuentes de información: La información utilizada para el cálculo de estos indicadores se obtuvo a partir de las siguientes fuentes:

- Alcaldía Municipal de Pereira.
- Empresas prestadoras del servicio público de aseo de no aprovechables ATESA de Occidente y Aseo Plus.
- Organizaciones de recicladores de oficio: Asociación de Recicladores de Pereira y Risaralda (ASORPEREIRA), Precooperativa Multiactiva Paz y Futuro (COOPAZFU), Asociación de Chatarreros y Recuperadores del Medio Ambiente de Risaralda, Asociación Comunitaria (EMAUS) y Asociación Ecológica del Eje Cafetero (ECOEJE).

Puntajes y normalización: Los puntajes fueron calculados a partir de información suministrada por las fuentes. Por tratarse de indicadores, el puntaje inicial (sin procesar) en todos los indicadores corresponde a un valor entre cero (0) y uno (1), por esa razón se normalizaron los resultados llevando estos puntajes a una escala común de análisis entre cero (0) y cien (100), razón por la cual se multiplicó cada puntuación sin procesar por cien (100).

Ponderación: La ponderación se hizo de manera equitativa otorgando el mismo peso tanto a los indicadores como a los subindicadores. Por tratarse de 7 indicadores el peso de cada uno es de 14,29%.

1.5.5.6.7 Metodología Índice Agregado de Economía Circular asociado a la generación y manejo de RSUOR (IAEC)

Con el fin de validar la relación y coherencia entre los principios de la economía circular y los indicadores de IFR, IBC, IHC, IRI e IASE propuestos en el presente estudio, se valoró dicha relación normalizándola en un rango entre cero 0 y 100, siendo 100 la relación máxima posible (Tabla 7). El análisis de esta relación permitió validar el sistema propuesto de indicadores de economía circular asociado a la generación y manejo de RSUOR, aclarando que la economía circular es un concepto amplio cuya medición está ligada a múltiples factores que requiere la incorporación de variables e

indicadores específicos, de acuerdo al enfoque de interés. Lo anterior explica que no necesariamente se presentará una relación alta entre sistemas de indicadores específicos con los principios enunciados.

Tabla 7. Relación de los principios de la Economía Circular con indicadores asociados a la generación y manejo de RSUOR, según puntuaciones y rangos entre 1 y 100, siendo 100 la relación máxima. 2017.

Nivel de relación: Bajo: ■ Medio Bajo: ■ Medio Alto: ■ Alto: ■

INDICADORES	Principios de la Economía Circular								TOTAL
	Diseñar para la prevención de residuos	Construir resiliencia a través de la diversidad	Usar energías renovables	Pensar en sistemas	Enfoque de los residuos como comida	Pensar localmente	Pensar en cascadas	Enfoque en el rendimiento	
Indicador de Flujo de RSUOR (IFR) (13 sub indicadores)	7	7	0	6	6	6	6	6	42,31
Indicador Basura Cero (IBC) (Único)	1	0	0	0	0	0	1	1	50,0
Indicador de Huella de Carbono (IHC) (3 sub indicadores)	1	1	0	0	0	0	1	1	25,0
Indicador de Aspectos Sociales y Económicos (IASE) (7 sub indicadores)	0	0	0	7	0	7	0	7	37,5
Indicador de Reciclaje Inclusivo (IRI) (10 sub indicadores)	0	0	0	10	0	10	0	10	37,5
TOTAL	27,27	27,27	-	69,70	18,18	69,70	24,24	75,76	

Todos los principios, a excepción del uso de energías renovables, guardan relación con los indicadores propuestos. El principio que más se ve reflejado en los indicadores propuestos es el “enfoque de rendimiento” que guarda relación con todos los indicadores y la mayor parte de los indicadores propuestos. Los principios de “pensar localmente” y “pensar en sistemas” están relacionados con IFRSUO, IASE e IRI. Los principios “diseñar para la prevención de residuos” y “construir resiliencia a través de la diversidad” guardan relación con los IF, IBC e IHC. Los principios “enfoque de los residuos como comida” y “pensar en cascadas” tienen relación con los IF, IBC e IHC.

Lo anterior permite evidenciar que los indicadores propuestos permiten evaluar el cumplimiento de los principios de la economía circular asociado a la generación y manejo de RSUOR, a excepción del uso de energías renovables, por lo que el sistema propuesto es deficiente en este aspecto. Si el análisis se hace desde la relación de indicadores con los principios de la economía circular (Tabla 8), se observa que todos guardan relación y permiten medir su cumplimiento.

Frente al concepto de Economía Circular y la necesidad de consolidar un sistema de indicadores específicos que permitan su medición, se debe tener en cuenta que se trata de un enfoque emergente en pleno desarrollo cuya aplicación práctica requiere determinados consensos entre los ámbitos científico y técnicos, los sectores involucrados y los responsables de la toma de decisiones. De acuerdo con la Comisión Europea (2014), si bien se están consiguiendo avances importantes para integrar los sistemas de contabilidad medioambiental, económica y social, no hay un consenso suficientemente amplio acerca de qué indicadores deben utilizarse, mejorarse o desarrollarse para definir los avances en materia de mejora de la eficiencia de los recursos y gestión de los residuos, a fin de orientar mejor las decisiones políticas, las estrategias de inversión y las actividades de producción y consumo sostenibles. Este es el motivo por el cual la Comisión Europea (2014) propone trabajar con todos los interesados clave para desarrollar esos indicadores y objetivos potenciales.

Al respecto, COTEC (2017) en su estudio “Situación y evolución de la economía circular en España” propone el siguiente sistema de indicadores de Economía Circular:

- **Imput de material:** Consumo de materias primas.
- **Ecodiseño:** Durabilidad del ciclo de vida.
- **Producción:** Generación de residuos por sectores y bolsa de subproductos.
- **Consumo:** Generación de residuos por consumo.
- **Reciclado:** Cuota de reciclado por tipo de residuo.
- **Energía:** Intensidad energética.
- **Clima:** Intensidad de carbono.
- **Agua:** Recursos hídricos reutilizados.
- **Alimentación:** Reducción de alimentos desperdiciados.
- **Fiscalidad y precios correctos:** Impuestos a los residuos e incentivos fiscales.

Al igual que en el caso de los principios de Economía Circular, se valoró la relación de los indicadores propuestos por COTEC (2017) con los cinco indicadores analizados en el presente estudio (Tabla 8).

Tabla 8. Relación de los indicadores de Economía Circular propuesto por COTEC (2017) con indicadores asociados a la generación y manejo de RSUOR, según puntuaciones y rangos entre 1 y 100, siendo 100 la relación máxima. 2017.

Nivel de relación: Bajo: ■ Medio Bajo: ■ Medio Alto: ■ Alto: ■

INDICADORES	Indicadores de Economía Circular propuestos										TOTAL
	Imput de material	Ecodiseño	Producción	Consumo	Reciclado	Energía	Clima	Agua	Alimentación	Fiscalidad y precios correctos	
	Consumo de materias primas	Durabilidad del ciclo de vida	Generación de residuos por sectores. Bolsa de subproductos.	Generación de residuos por consumo	Cuota de reciclado por tipo de residuo	Intensidad energética	Intensidad de carbono	Recursos hídricos reutilizados	Reducción de alimentos desperdiciados	Impuestos a los residuos. Incentivos fiscales	
Indicador de Flujo de RSUOR (IFR)	11	12	12	5	6	1	5	2	2	0	43,08
Indicador Basura Cero (IBC)	1		1	1	1	1	1	1	1		80,0
Indicador de Huella de Carbono (IHC)	2	0	0	0	0	2	2	0	2	0	40,0
Indicador de Aspectos Sociales y Económicos (IASSE)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5	7,14
Indicador de Reciclaje Inclusivo (IRI)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
TOTAL	42,42	36,36	39,39	18,18	21,21	12,12	24,24	9,09	15,15	15,15	170,2

La relación presentada muestra que el sistema de indicadores de EC asociados a la generación y manejo de RSUOR permite evaluar todos indicadores de EC propuestos por COTEC (2017), a excepción del indicador de reciclaje inclusivo. Este hecho es normal si se tiene en cuenta que las dinámicas sociales en cuanto a la existencia de recicladores de oficio y su papel en el aprovechamiento de RSUOR, es una realidad que se encuentra por fuera del contexto europeo. Al respecto, el sistema de indicadores permite ponderar cada uno, de acuerdo a las realidades del territorio de interés, por esta razón en un escenario con ausencia de recicladores de oficio este indicador se valorará con una ponderación de cero, distribuyendo el porcentaje total entre los demás indicadores.

Una vez consolidados los indicadores propuestos y verificado su relación y coherencia con los principios de la EC y el sistema de indicadores propuesto por (COTEC, 2017), se procedió al cálculo del índice agregado de EC asociado a la generación y manejo de RSUOR, otorgando el mismo valor ponderado a cada indicador (20% a cada uno) (Tabla 9).

Tabla 9. Elementos para el cálculo del Índice Agregado de Economía Circular (IAEC) asociado a la generación y manejo de RSUOR. 2017.

Indicador	Ponderación	Puntaje actual	Índice agregado de Economía Circular (IAEC)
Indicador de flujo de RSUOR (IFR)	P_{IFR}	X_{IFR}	$IAEC = (X_{IFR} * P_{IFR}) + (X_{BC} * P_{BC}) + (X_{IHC} * P_{IHC}) + (X_{IASE} * P_{IASE}) + (X_{IRI} * P_{IRI})$
Indicador Basura Cero (IBC)	P_{IBC}	X_{IBC}	
Indicador de emisiones totales (Huella de Carbono - HC) (IHC)	P_{IHC}	X_{IHC}	
Indicador de aspectos socioeconómicos (IASE)	P_{IASE}	X_{IASE}	
Indicador de Reciclaje inclusivo (IRI)	P_{IRI}	X_{IRI}	

En donde:

- P_{IFR} : Valor ponderación IFR.
- P_{IBC} : Valor ponderación IBC.
- P_{IHC} : Valor ponderación IHC.
- P_{IASE} : Valor ponderación IASE.
- P_{IRI} : Valor ponderación IRI.
- X_{IFR} : Puntaje IFR.
- X_{IBC} : Puntaje IBC.
- X_{IHC} : Puntaje IHC.
- X_{IASE} : Puntaje IASE.
- X_{IRI} : Puntaje IRI.

1.5.6 Objetivo específico 2

Evaluar alternativas que conduzcan a la minimización de impactos ambientales asociados al manejo actual de los RSUOR del municipio de Pereira, a partir de criterios técnicos, económicos, sociales, institucionales y legales, en los procesos de generación, manejo en la fuente, aprovechamiento y disposición final, bajo los principios de la estrategia Basura Cero.

Las alternativas evaluadas surgen del análisis de los patrones y procesos que constituyen la actual estructura de generación y manejo de RSUOR en el municipio de Pereira. Para esto se tuvieron en cuenta las actividades relevantes del sistema, percepciones, sensaciones de inconformidad y la cosmovisión de cada una de las partes interesadas, identificando la dinámica del sistema desde un enfoque basado tanto en la lógica como en la cultura, de acuerdo a la metodología de los sistemas blandos (Checkland, 2000). A través de esta metodología, que permite conocer las interrelaciones de las partes interesadas y sus puntos de vista para lograr mejoras (Ossa, 2017), se identificaron aspectos sociales y políticos del sistema que, comparados con las condiciones ideales definidas tanto por las partes interesadas como en normas y lineamientos de políticas públicas, permiten proponer cambios culturalmente factibles y sistémicamente deseables. Las alternativas fueron definidas a partir del trabajo de campo y de jornadas de trabajo con las partes interesadas (reuniones y talleres), y se enfocaron desde el manejo de los RSUOR aprovechables y no aprovechables, desde sus etapas de manejo y su potencial de aprovechamiento, de la siguiente manera:

- Alternativas para mejorar el manejo en la fuente de RSUOR.
- Alternativas para mejorar el manejo de RSUORA (papeles, plásticos, vidrios y metales).
- Alternativas para mejorar el manejo de RSUORO (orgánicos de rápida degradación).
- Alternativas para mejorar el manejo de RSUORNA (no aprovechables).
- Valoración ambiental de escenarios y alternativas de manejo de RSUOR.

1.5.6.1 Alternativas para mejorar el manejo en la fuente de RSUOR y manejo de RSUORA (papeles, plásticos, vidrios y metales)

Las alternativas para mejorar el manejo en la fuente y potencializar el aprovechamiento de RSUORA fueron definidas a partir de las transformaciones identificadas durante el trabajo de campo y jornadas de trabajo y discusión con las partes interesadas (subsistemas 1, 2, 3 y 4), de acuerdo a las sensaciones de inconformidad planteadas, especialmente por los generadores de residuos, los recicladores de oficio y comerciantes de reciclaje, desde aspectos operativos, económicos, sociales e institucionales.

1.5.6.2 Alternativas para mejorar el manejo de RSUORO (orgánicos de rápida degradación)

El análisis para la selección de una alternativa que permita el tratamiento y valorización de los RSUORO, se hizo con los siguientes criterios: a) Se estableció la tipología del municipio de Pereira basado en los criterios definidos por el Departamento Nacional de Planeación – DNP en el documento “Tipologías Departamentales y Municipales – 2015” (DNP, 2015). Esto se hizo con el fin de identificar potencialidades y restricciones frente a políticas públicas y sectoriales del municipio de Pereira, bajo el entendido de que el manejo selectivo de RSUORO debe obedecer a una estructura administrativa y operativa diferenciada del manejo de los RSUORA (papeles, plásticos, vidrios y metales); b) Se identificaron las principales barreras legales, institucionales, técnico-operativas, financieras, sociales, económicas y ambientales de la digestión anaeróbica y el compostaje aeróbico, como posibles alternativas para el tratamiento de RSUORO, a partir de la tipología del municipio y la estructura actual de generación y manejo de RSUOR. Para este análisis se tomó como referencia los criterios definidos en el “Estudio de Técnicas Alternativas de Tratamiento, Disposición final y/o Aprovechamiento de Residuos Sólidos – Propuesta de Ajuste al Decreto 838 de 2005” del Banco Interamericano de Desarrollo (DNP-GL, 2016); y c) se analizó la viabilidad financiera, económica, ambiental, social y legal de la digestión anaeróbica y el compostaje aeróbico. Finalmente, y a partir de los anteriores criterios se definió la alternativa óptima para el tratamiento de los RSUORO del municipio de Pereira (Figura 3).

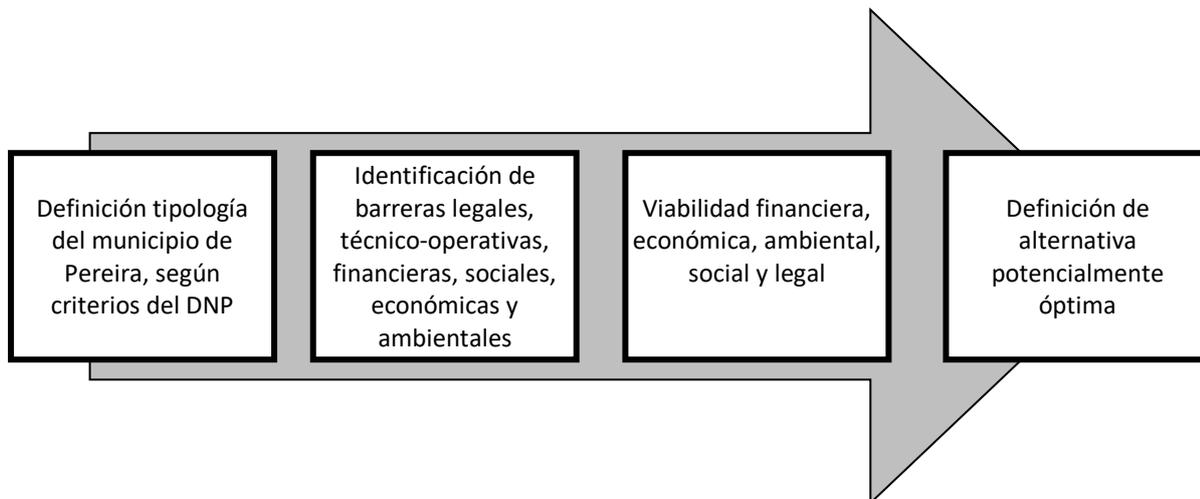


Figura 3. Definición alternativa óptima para el tratamiento de RSUORO en el municipio de Pereira. 2017.
Fuente: (DNP-GL, 2016).

1.5.6.3 Alternativas para mejorar el manejo de RSUORNA (no aprovechables)

Siguiendo la misma metodología y criterios aplicados para determinar la viabilidad de manejo de los RSUORO, se hizo el análisis para el manejo de RSUORNA a través de las siguientes alternativas:

- Incineración.
- Disposición final en relleno sanitario:
 - Con captura y quema de biogás.
 - Con captura de biogás y generación de energía.

Al igual que para los RSUORO se evaluaron los siguientes aspectos:

- Tipología del municipio
- Barreras para el tratamiento de RSUORNA: Legales e institucionales, técnico-operativas, financieras, sociales, económicas y ambientales.
- Viabilidad financiera, económica y social.

1.5.6.4 Valoración ambiental de escenarios y alternativas de manejo de RSUOR

Una vez definidas las alternativas de manejo se procedió a la valoración ambiental del escenario potencial (escenario 2), correspondiente al aprovechamiento del 70% de RSUORA (papeles, plásticos, vidrios y metales) y del 50% de los RSUORO (biodegradables), con el fin de compararlo con el escenario de manejo actual (escenario 1). La valoración ambiental de los escenarios se hizo utilizando la huella de carbono como indicador de impacto ambiental. El esquema de la Figura 4 indica las alternativas y escenarios a partir de los cuales se valoró el impacto ambiental en términos de huella de carbono.

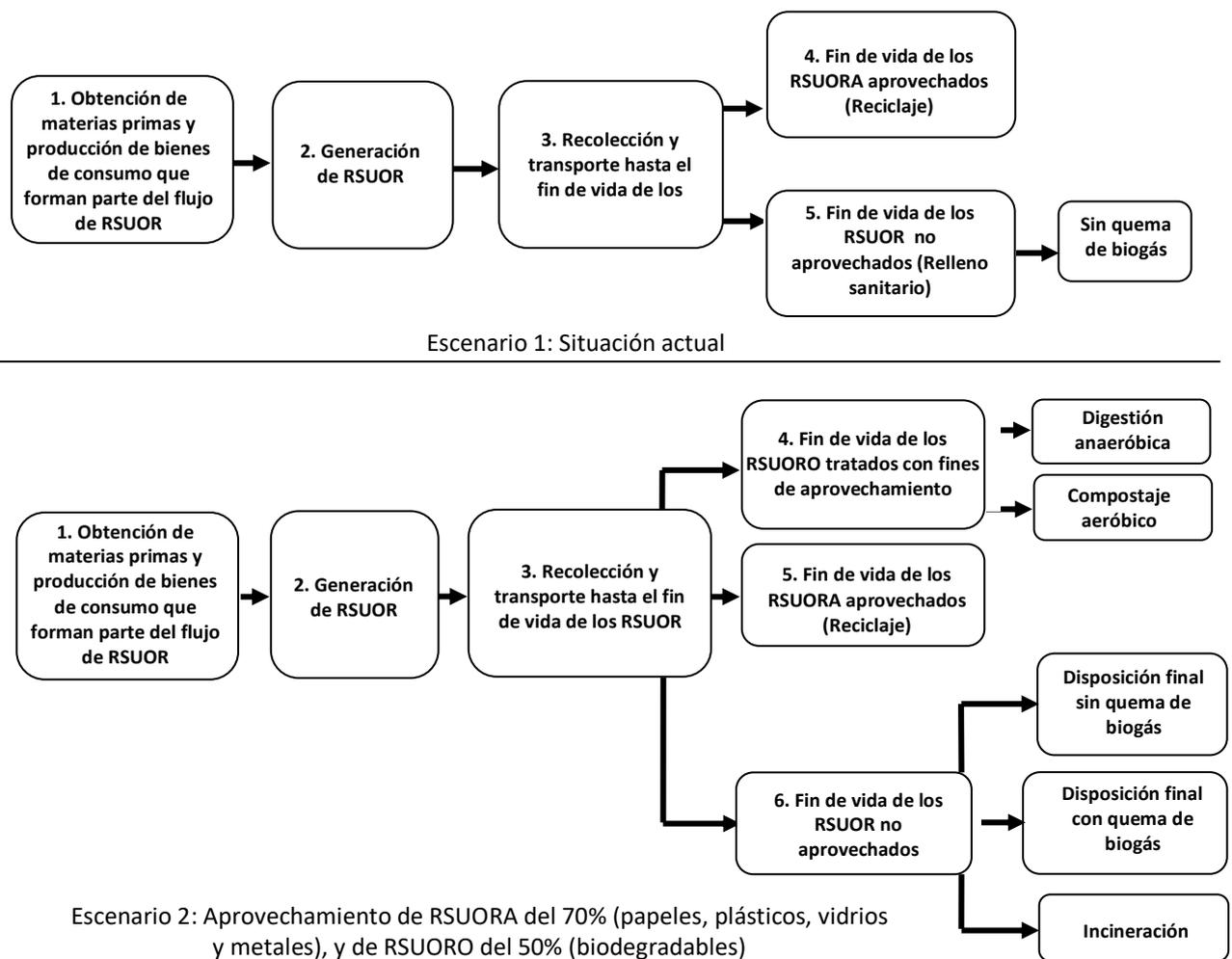


Figura 4. Escenarios y alternativas de manejo de RSUOR definidos para la valorar el impacto ambiental. 2017.

Escenarios: Se evaluaron dos escenarios mediante cálculo de la huella de carbono como indicador de impacto ambiental:

- **Escenario 1:** Escenario de **manejo actual**.
- **Escenario 2:** Escenario de **manejo potencial**.
 - Aprovechamiento del 70% de RSUORA (papeles, plásticos, vidrios y metales), teniendo en cuenta que en la actualidad presentan un aprovechamiento del 43,47% de éstos.
 - Aprovechamiento del 50% de RSUORO (biodegradables), teniendo en cuenta que en la actualidad no se hace aprovechamiento de éstos.

Alternativas:

- **Aprovechamiento de RSUORA** (papeles, plásticos, vidrios y metales) derivados de prácticas de separación en la fuente y recolección selectiva con fines de aprovechamiento.

- **Tratamiento con fines de aprovechamiento de RSUORO** a través de digestión anaeróbica y compostaje aeróbico.
- **Disposición final en relleno sanitario, sin quema de biogás y con quema de biogás.**
- **Incineración.**

1.5.7 Objetivo específico 3

Formular un modelo holístico de BC que permita evaluar el impacto de posibles arreglos desde alternativas sociales, económicos, técnicas e institucionales, en los procesos de generación, manejo en la fuente, aprovechamiento y disposición final de RSUOR en el municipio de Pereira, priorizando aquellas que conduzcan a la minimización del impacto ambiental.

El modelo holístico se formuló a partir de los siguientes aspectos:

- Diseño de un modelo matemático.
- Definición de transformaciones deseables y factibles.
- Propuesta de un sistema administrativo que, a partir las transformaciones definidas, conduzcan a una estructura eficiente.
- Propuesta de un método hacia arreglos estructurales que promuevan la disposición final cero de RSUOR en ciudades intermedias de Colombia

1.5.7.1 Transformaciones a la actual estructura de manejo de RSUOR

La estructura propuesta se centró en la definición, con las partes interesadas, de transformaciones basadas en el mantenimiento de las relaciones fuertes y formales, la transformación de relaciones informales y débiles, la eliminación de relaciones ilegales y la corrección de conflictos y rupturas de procesos.

1.5.7.2 Modelo matemático para la medir el impacto de posibles transformaciones del sistema

Se estructuró como herramienta un modelo matemático que permitió valorar los impactos ambientales, económicos y sociales derivados de las transformaciones del sistema, a partir de las alternativas evaluadas (Anexo 10). El modelo fue diseñado a partir de las siguientes variables:

- **Variables asociadas al flujo de los RSUOR:** Permiten medir la eficiencia del sistema, ya que a través de ellas es posible estimar la cantidad de material aprovechado y la cantidad de material dispuesto en el relleno sanitario, tomando como unidad de medida las toneladas anuales (Ton/Año) asociadas a cada flujo de materiales, en función de las posibles alternativas y etapas de manejo:
 - **Generación:** Se calculó a partir del número de habitantes en la zona urbana en el año base, tasa de crecimiento poblacional, producción per cápita (PPC) e incremento de la PPC. La generación de RSUOR está constituida por la sumatoria de los tres flujos definidos (RSUORO, (RSUORA) y RSUORNA).
 - **Recolección y transporte:** Corresponde a los flujos de cada material hasta los posibles sitios del fin de vida de los RSUOR, dependiendo de la alternativa seleccionada (tratamiento de orgánicos, aprovechamiento, incineración y disposición final).
 - **Aprovechamiento:** Incluye RSUOR orgánicos de rápida degradación (RSUORO) y RSUOR aprovechables (RSUORA).
 - **Incineración:** Para este flujo se asumieron dos condiciones. En primer lugar se asumió que es una alternativa complementaria al relleno sanitario puesto que no todos los RSUOR son incinerables (vidrios, metales y otros inertes), y en segundo lugar se excluye del flujo de residuos a incinerar los papeles y plásticos aprovechados, ya que en Colombia se estableció el aprovechamiento por parte de los recicladores de oficio, como la prioridad para el manejo de estos residuos.
 - **Disposición final en relleno sanitario:** Corresponde al flujo de materiales que quedará después del aprovechamiento y la incineración.

- **Variables del impacto ambiental asociado a la generación y manejo de RSUOR:** Permiten medir el impacto ambiental en cada etapa de manejo y de cada alternativa. Para la huella de carbono, se tomaron factores de emisión y equivalencia de la “Guía Técnica Orientada al Cálculo y Gestión de la Huella Asociada al Manejo y Disposición de Residuos” (Fundación Natura, 2016)
 - Impacto ambiental (Ton.Eq.CO₂/Año). Se tomó como referencia el enfoque de análisis de ciclo de vida, por lo que el modelo permite medir el impacto en las etapas de obtención de materias y producción de bienes de consumo obsoletos que forman parte del flujo de RSUOR (de la cuna a la puerta), recolección y transporte de residuos hasta su fin de vida, tratamiento, aprovechamiento, incineración y disposición final. Para esta variable se tomó como unidad de medida las toneladas equivalentes de CO₂ emitidas.
 - Sustitución de materia virgen por aprovechamiento (Ton/Año). Se tomó como unidad de medida la cantidad de materia virgen evitadas por aprovechamiento, a partir de la metodología propuesta por Zaman y Lehmann (2023).
 - Reducción del consumo de energía por aprovechamiento (GJHV/Año). Se tomó como unidad de medida la energía evitada por aprovechamiento, a partir de la metodología propuesta por Zaman y Lehmann (2023).
 - Reducción del consumo de agua por aprovechamiento (Ton/Año): Se tomó como unidad de medida las toneladas de materia virgen evitadas por aprovechamiento, a partir de la metodología propuesta por Zaman y Lehmann (2023).
- **Variables de aspectos sociales, económicos e institucionales asociados a la generación y manejo de RSUOR:** Permiten medir el impacto social y económico sobre la comunidad de recicladores de oficio y los generadores del sector residencial.
 - Generadores (No. De suscriptores): Se tomó como unidad de referencia el número de suscriptores del sector residencial.
 - Separación en la fuente en un esquema formal (Si/No): Se tomó como referencia la existencia o no de esta condición en el marco de un sistema formal. Es decir, si existe o no una práctica sistemática de separación en la fuente como consecuencia de la reglamentación y direccionamiento institucional.
 - Inclusión formal de los recicladores de oficio (No. De recicladores): Corresponde al número de recicladores de oficio formalizados o en proceso de formalización, según lineamientos legales (Decreto 596/2016 y Resolución 276/2016).
 - Ingreso promedio de los recicladores de oficio organizados, por comercialización del material aprovechado (\$/Reciclador-mes): Corresponde al ingreso total, sumando el dinero por venta del material recuperado y por el pago de la tarifa asociada a la actividad de recolección y transporte (CRT).
 - Ingreso promedio de los recicladores de oficio por venta de material recuperado (RSUORA) (\$/Reciclador-mes). Es un factor variable que depende de aspectos operativos como el uso de vehículos o dispositivos que optimicen la cantidad de material a aprovechar y los tiempos de desplazamiento, al igual que las condiciones de mercado como el valor de los materiales y la demanda de éstos en las bodegas o sitios de compra.
 - Ingreso (remuneración tarifaria) por recolección y transporte (CRT) (\$/Reciclador/mes): Es el valor que le corresponde a cada reciclador de oficio organizado por el pago de la tarifa correspondiente al servicio de recolección y transporte (CRT). Este valor se incorporó al modelo matemático a partir de los criterios definidos en la Resolución CRA-720 de 2015, tomando como referencia el costo de recolección y transporte de los residuos no aprovechables.
 - Ingresos (remuneración tarifaria) de la ECA por aprovechamiento (CDF) (\$/Organización-mes): Es el valor que le corresponde a cada organización de recicladores de oficio por el pago de la tarifa correspondiente al servicio de aprovechamiento en las Estaciones de Clasificación y Aprovechamiento (ECA). Este valor se incorporó al modelo matemático a partir de los criterios definidos en la Resolución CRA-720 de 2015, tomando como

referencia el costo de disposición final en el relleno sanitario (CDF) sin incluir el valor del tratamiento de lixiviados, según criterios definidos en Resolución CRA-720 de 2015.

- Ingresos de las organizaciones de recicladores de oficio por comercialización del servicio (CCS) (\$/Organización-mes): Es el valor que le corresponde a las organizaciones de recicladores a partir del 11,4% del Costo de Comercialización del Servicio (CCS). Este valor se distribuye mensualmente entre las organizaciones de recicladores que reportan la recuperación de materiales al Sistema Único de Información (SUI) de la Superintendencia de Servicios Públicos Domiciliarios (SSPD), distribuyendo el valor de manera proporcional entre las organizaciones, según las toneladas recuperadas por cada una de ellas. Al igual que el CRT y CDF, este dinero es recaudado por las empresas de residuos no aprovechables y trasladados a cada organización, previo convenio de conciliación de cuentas entre ambas partes.
- Incremento en la tarifa (\$/Suscriptor-mes): Corresponde a un incremento del 30% del Costo de Comercialización del Servicio (CCS) que el generador de residuos (suscriptor) debe pagar como consecuencia de la incorporación de la actividad de aprovechamiento en la prestación del servicio público de aseo, según criterios definidos en la Resolución CRA-720 de 2015.
- Número de recicladores de oficio con un ingreso igual a un salario mínimo mensual legal vigente (SMMLV) (No. De Recicladores): Esta variable permite medir el número de recicladores que percibirían un SMMLV (sin prestaciones) en un escenario de aprovechamiento determinado.

El modelo matemático permite, a partir de las condiciones propias del municipio y la dinámica particular evaluada en un año base, calificando y ubicando en alguno de los siguientes rangos los indicadores evaluados y el Índice Agregado de Economía Circular:

Bajo:	≥0 hasta 25 Puntos	
Medio Bajo:	>25 hasta 50 Puntos	
Medio Alto:	>50 hasta 75 Puntos	
Alto:	>75 hasta 100 Puntos	

El modelo se estructuró en una base de datos con hojas de cálculo en Excel, que una vez alimentadas con información propia del municipio, sistematiza y consolida la siguiente información como criterio de análisis (Tablas 10 y 11):

Tabla 10. Elementos para el análisis comparativo de escenarios de generación y manejo de RSUOR en el municipio de Pereira, a partir del sistema de indicadores de Economía Circular. 2017.

Variables		Escenario 1 (Manejo actual)	Escenario 2 (Aprovech. factible)
Año base			
Población en el año base (zona urbana)			
1. Variables de entrada			
Generación de RSUOR (Ton/Año)			
Minimización en la generación (%)			
Aprovechamiento RSUORO (Biodegradables)	Aprovechamiento aeróbico (%)		
	Aprovechamiento anaeróbico (%)		
Aprovechamiento RSUORA	Aprovechamiento papeles (%)		
	Aprovechamiento Plásticos (%)		
	Aprovechamiento vidrios (%)		
	Aprovechamiento metales (%)		
Manejo RSUORNA	Incineración		
	Disposición final en relleno sanitario		
Eficiencia de separación en la fuente de RSUORO (%)			
Eficiencia de separación en la fuente de RSUORA (%)			
2. Variables de salida*		Calificación por rangos de 0 a 100	
IFR			
IBC			

Variables		Escenario 1 (Manejo actual)	Escenario 2 (Aprovech. factible)
IHC			
IRI			
IASE			
Índice Agregado de Economía Circular (IAEC)			
Ingreso promedio de un reciclador de oficio (\$/Reciclador-mes)			
Recicladores con un ingreso igual a un SMMLV (Recicladores)			
Huella de carbono (Ton.Eq.CO ₂ /Año)			
Reducción de la Huella de carbono (%)			

*El color es solo indicativo de los colores que puede tomar la celda, según los rangos de calificación indicados.

Tabla 11. Elementos del modelo matemático para medir aspectos relacionados con la generación y manejo de RSUOR en el municipio. 2017.

Variables	Unidad	Valor
I. Variables asociadas al flujo de los RSUOR		
1.1 Generación de RSUOR		
Número de habitantes en la zona urbana		
Año de interés	No. Personas	
Tasa de crecimiento poblacional	Año	
Incremento de la producción per cápita	%/Año	
Producción per cápita de residuos (sector residencial)		
Generación de RSUORO		
Fracción de RSUORO en el flujo de los RSUOR generados	kg/Pers.día	
Generación de RSUORA (Papeles, plásticos, vidrios y metales)		
Fracción de RSUORA en el flujo de los RSUOR	Ton/Año	
Generación de papeles	%	
Fracción de papeles en los RSUORA	Ton/Año	
Generación de plásticos	%	
Fracción plásticos en los RSUORA	Ton/Año	
Generación de vidrios	%	
Fracción vidrios en los RSUORA	Ton/Año	
Generación de metales	%	
Fracción metales en los RSUORA	Ton/Año	
Generación de RSUORNA		
Fracción de RSUORNA en el flujo de los RSUOR	%	
1.2 Recolección y transporte total de RSUOR		
Recolección y transporte de RSUORO con fines de aprovechamiento		
Fracción de RSUORO aprovechados	Ton/Año	
Recolección y transporte de RSUORA con fines de aprovechamiento		
Fracción de RSUORA aprovechados	%	
Recolección y transporte de RSUOR con destino a disposición final		
Fracción de RSUOR sometidos a disposición final	Ton/Año	
Recolección y transporte de RSUOR con destino a incineración		
Fracción de residuos de papel sometidos a incineración	%	
Fracción de residuos de plástico sometidos a incineración	%	
Fracción de otros RSUOR sometidos a incineración	%	
1.3 Aprovechamiento de RSUOR		
Tratamiento con fines de aprovechamiento de RSUORO		
Aprovechamiento aeróbico de RSUORO	Ton/Año	
Fracción de RSUOR aprovechados en sistemas aeróbicos	%	
Aprovechamiento anaeróbico de RSUORO	Ton/Año	
Fracción de RSUOR aprovechados en sistemas anaeróbicos	%	
Aprovechamiento de RSUORA		
Aprovechamiento de papeles	Ton/Año	
Fracción de aprovechamiento de papeles	%	
Aprovechamiento de plásticos	Ton/Año	
Fracción de aprovechamiento de plásticos	%	
Aprovechamiento de vidrios	Ton/Año	
Fracción de aprovechamiento de vidrios	%	
Aprovechamiento de metales	Ton/Año	
Fracción de aprovechamiento de metales	%	
1.4 Disposición final de RSUOR		
1.5 Incineración de RSUORNA		
	Ton/Año	
II. Variables del impacto ambiental asociado a la generación y manejo de RSUOR		
2.1 Impacto ambiental por manejo de RSUOR		
	Ton.Eq.CO ₂ /Año	

Variables	Unidad	Valor
Impacto ambiental por obtención de materias primas y producción de bienes de consumo obsoletos que forman parte del flujo de RSUOR (de la cuna a la puerta)	Ton.Eq.CO₂/Año	
Generación de GEI por producción de alimentos	Ton.Eq.CO₂/Año	
Emisiones de GEI estimadas por producción de alimentos (de la cuna a la puerta)	Ton. eq. CO ₂ / Ton. de alimento	
Generación de GEI por producción de papeles	Ton.Eq.CO₂/Año	
Emisiones estimadas de GEI por producción de papeles (de la cuna a la puerta)	Ton. eq. CO ₂ / Ton. de papel	
Generación de GEI por producción de plásticos	Ton.Eq.CO₂/Año	
Emisiones estimadas de GEI por producción de plásticos (de la cuna a la puerta)	Ton. eq. CO ₂ / Ton. de plástico	
Generación de GEI por producción de vidrios	Ton.Eq.CO₂/Año	
Emisiones estimadas de GEI por producción de vidrios (de la cuna a la puerta)	Ton. eq. CO ₂ / Ton. de vidrio	
Generación de GEI por producción de metales	Ton.Eq.CO₂/Año	
Emisiones estimadas de GEI por producción de metales (de la cuna a la puerta)	Ton. eq. CO ₂ / Ton. de metal	
Impacto ambiental por recolección y transporte de RSUOR hasta su fin de vida (aprovechamiento y disposición final)	Ton.Eq.CO₂/Año	
Emisiones de CO₂ vehículos recolectores	Ton.Eq.CO₂/Año	
Factor de emisión directa de CO ₂ para el diesel (B-10)	kg.CO ₂ /Gal	
Potencial de calentamiento global del CO ₂ (Equivalencia en Ton.CO ₂)	P.C.G	
Emisiones de CH₄ vehículos recolectores	Ton.Eq.CO₂/Año	
Factor de emisión directa de CH ₄ para el diesel (B-10)	kg.CH ₄ /gal	
Potencial de calentamiento global del CH ₄ (Equivalencia en Ton.CO ₂)	P.C.G	
Emisiones de N₂O vehículos recolectores	Ton.Eq.CO₂/Año	
Factor de emisión directa de N ₂ O para el diesel (B-10)	kg.CH ₄ /gal	
Potencial de calentamiento global del N ₂ O (Equivalencia en Ton.CO ₂)	P.C.G	
Consumo de combustible (Diesel B-10) por recolección y transporte	Gal/Año	
Distancia recorrida	km/Vehículo-día	
Capacidad de vehículo recolector	Ton/Vehículo-día	
Eficiencia en el consumo de combustible	km/Gal	
Impacto ambiental por fin de vida RSUOR aprovechados (Reciclaje) (evitados)	Ton.Eq.CO₂/Año	
Emisión de GEI por reciclaje de RSUORO	Ton.Eq.CO₂/Año	
Emisiones de GEI por aprovechamiento aeróbico de RSUORO	Ton. Eq. CO ₂ /Ton.RSUORO	
Factor de emisión de CH ₄ por aprovechamiento aeróbico de RSUORO en base húmeda	Ton. de CH ₄ /Ton. de RSUORO	
Factor de emisión de N ₂ O por aprovechamiento aeróbico de RSUORO en base húmeda	Ton. de N ₂ O/Ton. de RSUORO	
Emisiones de GEI por aprovechamiento anaeróbico de RSUORO	Ton. Eq. CO ₂ /Ton.RSUORO	
Factor de emisión de CH ₄ por aprovechamiento anaeróbico de RSUORO en base húmeda	Ton. de CH ₄ /Ton. de RSUORO	
Reducción GEI por reciclaje de papeles	Ton.Eq.CO₂/Año	
Factor de reducción potencial de emisiones por aprovechamiento de papeles	Ton. Eq. CO ₂ /Ton.Papel	
Reducción GEI por reciclaje de plásticos	Ton.Eq.CO₂/Año	
Factor de reducción potencial de emisiones por aprovechamiento de plásticos	Ton. Eq. CO ₂ /Ton.Plástico	
Reducción GEI por reciclaje de vidrios	Ton.Eq.CO₂/Año	
Factor de reducción potencial de emisiones por aprovechamiento de vidrios	Ton. Eq. CO ₂ /Ton.Vidrio	
Reducción GEI por reciclaje de metales	Ton.Eq.CO₂/Año	
Factor de reducción potencial de emisiones por aprovechamiento de metales	Ton. Eq. CO ₂ /Ton.Metal	
Impacto ambiental por fin de vida de RSUOR no aprovechados (Disposición final en relleno sanitario)	Ton.Eq.CO₂/Año	
Emisiones de CH₄ en biogás por descomposición de residuos biodegradables	Ton.Eq.CO₂/Año	
Generación estimada de biogás	m ³	
Índice de generación estimada de biogás a partir de materia orgánica	m ³ /Ton Biodegr. Dispuesta	
Generación estimada de gas metano (CH ₄)	m ³	
Fracción de gas metano contenido en el biogás	%	
Peso estimado del gas metano producido en año de interés (Ton. CH ₄)	Ton.CH ₄ /Año	
Peso del gas metano	kg/m ³	
Emisiones de CH₄ por tratamiento de lixiviados (sistema anaeróbico)	Ton.Eq.CO₂/Año	
Lixiviado a tratar	m ³ /Año	
Índice de generación de lixiviado	m ³ /Ton Biodegr. Dispuesta	
Índice de generación de metano en tratamiento anaeróbico de lixiviados	m ³ de CH ₄ /m ³ lixiv. Tratado	
Emisiones de CO₂ maquinaria disposición final	Ton.Eq.CO₂/Año	
Emisiones de CH₄ maquinaria disposición final	Ton.Eq.CO₂/Año	
Emisiones de N₂O maquinaria disposición final	Ton.Eq.CO₂/Año	
Consumo de combustible maquinaria (Diesel B-10)	Gal/Año	
Índice de consumo de combustible de maquinaria en el relleno sanitario	Gal/Ton.Res.Dispuesta	
Emisiones de GEI asociados al consumo eléctrico	Ton.Eq.CO₂/Año	
Impacto ambiental por incineración de RSUORNA	Ton.Eq.CO₂/Año	
Fracción de RSUOR incinerados	%	

Variables	Unidad	Valor
Emisiones de GEI por incineración de papeles	Ton.Eq.CO₂/Año	
Emisiones de CO ₂ por incineración de papeles	Ton.Eq.CO ₂ /Año	
Factor de emisión de CO ₂ por incineración de papeles	TonCO ₂ /Ton.Papel.Inc	
Emisiones de CH ₄ por incineración de papeles	Ton.Eq.CO ₂ /Año	
Factor de emisión de CH ₄ por incineración de papeles	Ton.CH ₄ /Ton.Papel.Inc	
Emisiones de N ₂ O por incineración de papeles	Ton.Eq.CO ₂ /Año	
Factor de emisión de N ₂ O por incineración de papeles	Ton.N ₂ O/Ton.Papel.Inc	
Emisiones de GEI por incineración de plásticos	Ton.Eq.CO₂/Año	
Emisiones de CO ₂ por incineración de plásticos	Ton.Eq.CO ₂ /Año	
Factor de emisión de CO ₂ por incineración de plásticos	TonCO ₂ /Ton.Plástico.Inc	
Emisiones de CH ₄ por incineración de plásticos	Ton.Eq.CO ₂ /Año	
Factor de emisión de CH ₄ por incineración de plásticos	Ton.CH ₄ /Ton.Plástico.Inc	
Emisiones de N ₂ O por incineración de plásticos	Ton.Eq.CO ₂ /Año	
Factor de emisión de N ₂ O por incineración de plásticos	Ton.N ₂ O/Ton.Plástico.Inc	
Emisiones de GEI por incineración de otros RSUOR	Ton.Eq.CO₂/Año	
Emisiones de CO ₂ por incineración de otros RSUOR	Ton.Eq.CO ₂ /Año	
Fracción de madera en los RSUOR	%	
Factor de emisión de CO ₂ por incineración de madera	Ton.CO ₂ /Ton.Madera.Inc	
Fracción de textiles en los RSUOR	%	
Factor de emisión de CO ₂ por incineración de textiles	Ton.CO ₂ /Ton.Textil.Inc	
Fracción de otros residuos en los RSUOR	%	
Factor de emisión de CO ₂ por incineración de otros RSUOR	Ton.CO ₂ /Ton.Textil.Inc	
Emisiones de CH ₄ por incineración de otros RSUOR	Ton.Eq.CO ₂ /Año	
Factor de emisión de CH ₄ por incineración de madera	Ton.CO ₂ /Ton.Madera.Inc	
Factor de emisión de CH ₄ por incineración de textiles	Ton.CO ₂ /Ton.Textil.Inc	
Factor de emisión de CH ₄ por incineración de otros RSUOR	Ton.CO ₂ /Ton.Textil.Inc	
Emisiones de N ₂ O por incineración de otros RSUOR	Ton.Eq.CO ₂ /Año	
Factor de emisión de N ₂ O por incineración de madera	Ton.CO ₂ /Ton.Madera.Inc	
Factor de emisión de N ₂ O por incineración de textiles	Ton.CO ₂ /Ton.Textil.Inc	
Factor de emisión de N ₂ O por incineración de otros RSUOR	Ton.CO ₂ /Ton.Textil.Inc	
2.2 Sustitución de materia prima virgen por aprovechamiento de RSUOR	Ton/Año	
Sustitución de material virgen para fabricación de papeles	Ton/Año	
Factor de eficiencia de sustitución de material virgen para fabricación de papeles	%	
Sustitución de material virgen para fabricación de plásticos	Ton/Año	
Factor de eficiencia de sustitución de material virgen para fabricación de plásticos	%	
Sustitución de material virgen para fabricación de vidrios	Ton/Año	
Factor de eficiencia de sustitución de material virgen para fabricación de vidrios	%	
Sustitución de material virgen para fabricación de metales	Ton/Año	
Factor de eficiencia de sustitución de material virgen para fabricación de metales	%	
2.3 Reducción del consumo de energía por aprovechamiento de RSUOR	GJLHV/Año	
Reducción del consumo de energía por aprovechamiento de papeles	GJLHV/Año	
Factor de sustitución potencial de energía por aprovechamiento de papeles	GJLHV/Ton. Papel	
Reducción del consumo de energía por aprovechamiento de plásticos	GJLHV/Año	
Factor de sustitución potencial de energía por aprovechamiento de plásticos	GJLHV/Ton. Plástico	
Reducción del consumo de energía por aprovechamiento de vidrios	GJLHV/Año	
Factor de sustitución potencial de energía por aprovechamiento de vidrios	GJLHV/Ton. Vidrio	
Reducción del consumo de energía por aprovechamiento de metales	GJLHV/Año	
Factor de sustitución potencial de energía por aprovechamiento de metales	GJLHV/Ton. Metal	
2.4 Reducción del consumo de agua por aprovechamiento de RSUOR	m³/Año	
Reducción de consumo de agua por aprovechamiento de papeles	m³/Año	
Factor de reducción de consumo de agua por aprovechamiento de papeles	m ³ H ₂ O/Ton. Papel	
Reducción de consumo de agua por aprovechamiento de plásticos	m³/Año	
Factor de reducción de consumo de agua por aprovechamiento de plásticos	m ³ H ₂ O/Ton. Plástico	
Reducción de consumo de agua por aprovechamiento de vidrios	m³/Año	
Factor de reducción de consumo de agua por aprovechamiento de vidrios	m ³ H ₂ O/Ton. Vidrio	
Reducción de consumo de agua por aprovechamiento de metales	m³/Año	
Factor de reducción de consumo de agua por aprovechamiento de metales	m ³ H ₂ O/Ton. Metal	
III. Variables de aspectos sociales, económicos e institucionales asociadas a la generación y manejo de RSUOR		
3.1 Generadores de RSUOR	No. Suscriptores	
3.2 Separación en la fuente de RSUOR en un esquema formal de aprovechamiento	Sí (1) / No (0)	
Separación en la fuente de RSUOR con fines de aprovechamiento	%	
Separación en la fuente de RSUORA con fines de aprovechamiento	%	
Separación en la fuente de RSUORO con fines de aprovechamiento	%	
3.3 Inclusión formal de los recicladores de oficio en el servicio público de aseo	%	
Número de recicladores de oficio formalizados o en proceso de formalización, según lineamientos legales (Decreto 596/2016 y Resolución 276/2016)	No. Recicladores	

Variables	Unidad	Valor
Número de recicladores de oficio registrados en el censo oficial	No. Recicladores	
3.4 Ingreso promedio de los recicladores de oficio por comercialización del material recuperado	\$/Reciclador-mes	
Ingreso promedio de los recicladores de oficio por venta de material recuperado (RSUORA)	\$/Reciclador-mes	
Valor comercial de los RSUORA recuperados	\$/mes	
Valor comercial papeles recuperados	\$/mes	
Valor comercial de los papeles	\$/Ton	
Valor comercial plásticos recuperados	\$/mes	
Valor comercial de los plásticos	\$/Ton	
Valor comercial vidrios recuperados	\$/mes	
Valor comercial de los vidrios	\$/Ton	
Valor comercial metales recuperados	\$/mes	
Valor comercial de los metales	\$/Ton	
3.5 Ingreso (remuneración tarifaria) por recolección y transporte para cada reciclador de la organización (CRT) (\$/Reciclador-mes)		
Ingresos de recolección selectiva para todos los recicladores de la organización (Asociado al CRT)		
Número de recicladores de la organización		
Costo de recolección y transporte (CRT)	\$/Ton	
Valor del incentivo a la separación en la fuente (DINC) (4%)	\$/Suscriptor. Mes	
Aplicación del incentivo a la separación en la fuente	Si (1) / No (0)	
Toneladas efectivamente aprovechadas reportadas al SUI (promedio mensual reportado al SUI de la SSPD)	Ton/mes	
Costo de disposición final (CDF)	\$/Ton	
Valor base de remuneración del aprovechamiento (VBA)	\$/Ton	
Ingresos facturados por el VBA para la organización	\$/Organización-mes	
3.6 Ingresos (remuneración tarifaria) de la ECA por aprovechamiento (CDF) (\$/Organización-mes)		
3.7 Ingresos percibidos de la organización		
Porcentaje de recaudo de la ESP de no aprovechables (promedio ponderado de acuerdo al No. De suscriptores)		
3.8 Ingresos de las organizaciones de recicladores de oficio por CCS (\$/Organización-mes)		
CCS aprovechamiento facturado por ATESA (\$/suscriptor-mes)		
CCS sin aprovechamiento ATESA		
Número de suscriptores ATESA		
CCS total por aprovechamiento facturado por ATESA (\$/mes)		
CCS aprovechamiento facturado por Aseo Plus (\$/suscriptor-mes)		
CCS sin aprovechamiento Aseo Plus		
Número de suscriptores Aseo Plus		
CCS total por aprovechamiento facturado por Aseo Plus (\$/mes)		
3.9 Ingreso total organizaciones (\$/mes)		
3.10 Incremento en la tarifa por prestación del servicio de aprovechamiento	\$/Suscriptor.Mes	
Aplicación del incremento al CCS por prestación del servicio de aprovechamiento	Si (1) / No (0)	
3.11 Número de recicladores de oficio con ingreso igual al un salario mínimo mensual legal vigente	No. Recicladores	
Valor de un salario mínimo mensual legal vigente (SMMLV)	(\$/mes)	

1.5.7.3 Propuesta de sistema administrativo para el manejo de RSUOR en el municipio de Pereira

A partir de las transformaciones propuestas, se estructuró un sistema administrativo a partir de los siguientes aspectos:

- **Aspectos operativos:**
 - Separación en la fuente.
 - Presentación de los residuos para su manejo.
 - Recolección, transbordo y transporte.
 - Requisitos de las Estaciones de Clasificación y Aprovechamiento (ECA).
 - Material de rechazo en las ECA.
 - Horarios de apertura y cierre de las bodegas de reciclaje y las ECA.
 - Sistema de información.
- **Aspectos sociales:**
 - Acciones enfocadas hacia los generadores.

- Acciones enfocadas hacia los recicladores de oficio.
- **Aspectos económicos:**
 - Tarifa del servicio público de aseo.
 - Venta de material recuperado.
- **Aspectos institucionales y normativos:**
 - Aspectos institucionales.
 - Aspectos normativos.

CAPÍTULO II. EVALUACIÓN DE LAS CONDICIONES ACTUALES DE GENERACIÓN Y MANEJO DE RESIDUOS SÓLIDOS URBANOS ORDINARIOS DE ORIGEN RESIDENCIAL (RSUOR) EN EL MUNICIPIO DE PEREIRA

2.1 Potencial de aprovechamiento de los RSUOR en el municipio de Pereira.

Inicialmente se identificó el flujo de los residuos sólidos urbanos ordinarios de origen residencial (RSUOR) a partir de la generación y la composición física, estableciendo la cantidad de residuos que componen las categorías definidas.

Una vez identificado el potencial de aprovechamiento, y a partir del valor comercial del material que compone el flujo de los residuos reciclables con potencial de comercialización (papeles, plásticos, vidrios y metales), se estimó el número de recicladores de oficio que podrían beneficiarse con la venta hipotética del 100% de estos materiales y un ingreso bruto equivalente a un salario mínimo mensual legal vigente (SMMLV) para cada reciclador, que para el año 2017 en Colombia fue de \$737.717. Se asume el valor del SMMLV del 2017, teniendo en cuenta que este fue el año base para la presente investigación.

2.1.1 Generación de RSUOR en el municipio de Pereira.

Para el año 2017, según el Plan Municipal de Gestión Integral de Residuos Sólidos (PGIRS) (Alcaldía de Pereira, 2016), en el municipio de Pereira se generaron 155.826 toneladas de residuos sólidos urbanos, de los cuales se estima que el 65% corresponde a residuos generados en el sector residencial², es decir 101.286,9 toneladas anuales.

2.1.2 Composición física de los RSUOR del municipio de Pereira

La caracterización oficial (Empresa de Aseo de Pereira, 2014) reporta los siguientes resultados frente a la composición física de los RSUOR (Tabla 12).

Tabla 12. Composición de los residuos sólidos urbanos ordinarios de origen residencial en el municipio de Pereira, según materiales y fracciones. 2017.

MATERIAL		COMPOSICIÓN (%)	
Residuos orgánicos de rápida degradación		70,55%	70,55%
Residuos no bioegradables o de lenta degradación, con potencial de comercialización (papeles, plásticos, vidrios y metales)	Papeles	11,18%	26,22%
	Plásticos	10,12%	
	Vidrios	3,76%	
	Metales	1,16%	
Residuos no aprovechables y sin demanda en el mercado	Textiles	1,01%	3,23%
	Madera	0,27%	
	Otros	1,95%	
TOTAL		100%	100%

Fuente: Empresa de Aseo de Pereira (2014).

2.1.3 Potencial de aprovechamiento de materiales reciclables presentes en el flujo de RSUOR.

El flujo de residuos indica un potencial de aprovechamiento del 96,8%, correspondiente a los dos grupos conformados por residuos orgánicos de rápida degradación (71.457,9 Ton/Año; 70,6%) y residuos reciclables con potencial de comercialización como papeles, plásticos, vidrios y metales (26.557,4 Ton/Año; 26,2%) (Anexo 11). El 3,2% restante (3.271,6 Ton/Año) corresponde a materiales sin posibilidades de aprovechamiento en el contexto local actual, por no tener demanda en el mercado (Figura 5).

² Estimación a partir de información suministrada por el área operativas de ATESA de Occidente S.A E.S.P., quien opera el relleno sanitario.

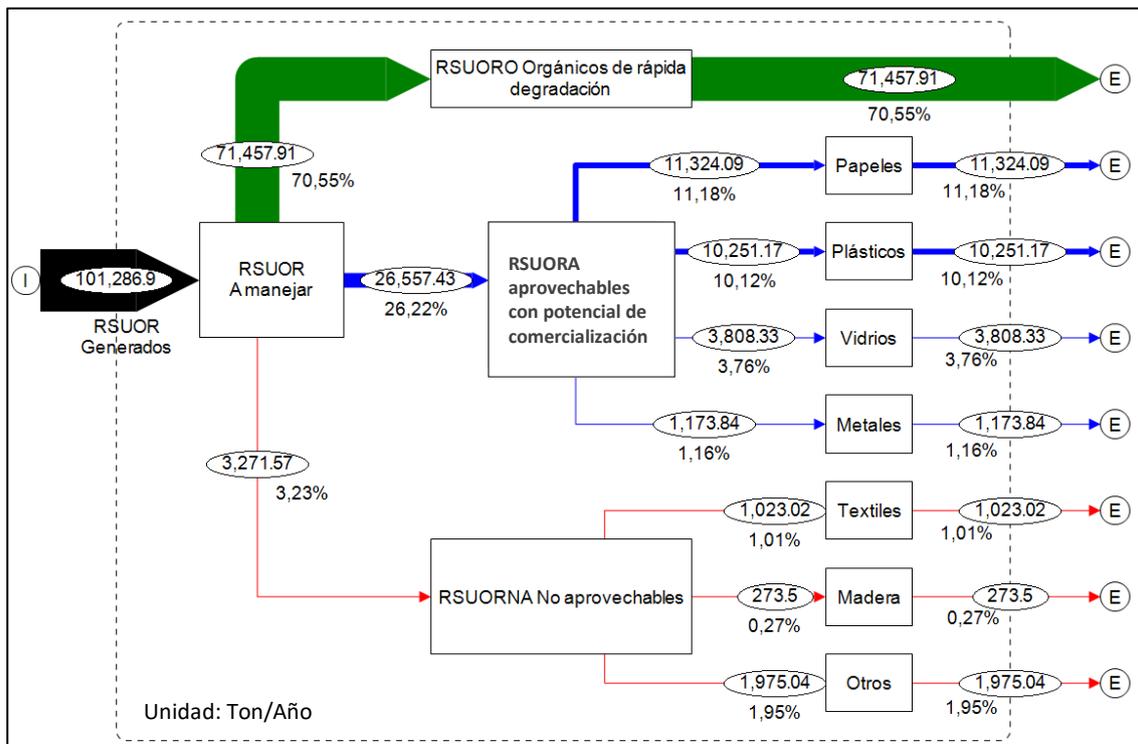


Figura 5. Flujo de los residuos sólidos urbanos ordinarios de origen residencial (RSUOR) en el municipio de Pereira durante el año 2017, según materiales y fracciones.

En los residuos con potencial de aprovechamiento, se resalta el alto contenido de residuos orgánicos de rápida degradación (70,6%), circunstancia que puede ser entendida como un hecho positivo si se tiene en cuenta que se trata de residuos 100% aprovechables, y cuyo aprovechamiento implicaría la reducción de los aspectos de interés ambiental más significativos en el actual sitio de disposición final, como la generación gas metano, lixiviados, olores y vectores. Dentro de los residuos reciclables con potencial de comercialización se resalta positivamente el alto contenido de papeles (11.324,1 Ton/Año; 11,2%) y plásticos (10.245,9 Ton/Año; 10,1%), por tratarse de materiales sin restricciones de mercado local debido a la presencia de industrias de ambos sectores en la ciudad. En el caso del vidrio (3.811 Ton/Año; 3,8%), aunque existe una industria local que demandan de este material, es una industria pequeña, cuya producción no demanda grandes cantidades de esta materia prima por lo que es normal que en ciertas épocas del año se restrinja la compra de este material o el precio baje considerablemente. Este hecho debe llamar la atención en la búsqueda de alternativas de un comercio regional o nacional, lo que implicaría incrementar la capacidad instalada para el almacenamiento en bodegas y sitios de acopio. En cuanto al potencial de aprovechamiento de metales (1.176,5 Ton/Año; 1,2%), conformados principalmente por chatarra ferrosa, antimonio, aluminio (latas de bebidas y aluminio grueso) y cobre, se resalta que son los materiales de mejor precio y con mercado permanente por la alta demanda en siderúrgicas de la región, como “TERNIUM Colombia” ubicada en Manizales (Caldas) y “Siderúrgica del Pacífico S.A” ubicada en Cali (Valle del Cauca).

Aunque los materiales sin potencial de aprovechamiento como textiles (1.021,7 Ton/Año; 1%), madera (271,9 Ton/Año; 0,3%) y otros (1.978 Ton/Año; 2%), se encuentran en esta categoría por factores como la falta de demanda en el mercado, se resalta la posibilidad de generar condiciones para el aprovechamiento de textil y madera, sujeto a condiciones de separación en la fuente para evitar su contaminación, y recolección selectiva por parte de alguna empresa que se dedique a su aprovechamiento, ya que se trata de materiales que pueden ser reincorporados a ciclos productivos a través de reprocesamiento o aprovechamiento de su poder calorífico. Este hecho incrementaría el potencial de aprovechamiento del 96,77% al 98,05%.

Se estima que los residuos reciclables con potencial de comercialización como papeles, plásticos, vidrios y metales, generados durante el año 2017 tienen un valor comercial de \$11.619.689.439

(precios de 2017), lo que representaría un ingreso mensual bruto de \$737.717 para 1.313 recicladores de oficio (tabla 13), sin tener en cuenta ingresos adicionales por el pago de la tarifa asociado a la prestación del servicio público de aseo en la actividad de aprovechamiento, ni la ejecución de acciones afirmativas y aportes bajo condición, que representarían mayor productividad y reducción de costos de comercialización del material, y por lo tanto un mayor ingreso (Anexo 11).

Tabla 13. Valor comercial de papeles, plásticos y vidrios presentes en el flujo de lo RSUOR en el municipio de Pereira durante el año 2017.

Material	Generación (Ton/Año)	Valor promedio en el mercado (\$/Ton)*	Valor total (\$/Año)	Recicladores con ingreso bruto de 1 SMMLV (No. Recicladores/Año)
Papeles	11.323,88	219.444	2.484.961.551	281
Plásticos	10.250,23	500.000	5.125.117.140	579
Vidrios	3.808,39	80.000	304.670.995	34
Metales	1.174,93	3.153.333	3.704.939.753	419
TOTAL	26.557,43		11.619.689.439	1.313

*Información suministrada por: Asociación de Recicladores de Oficio de Pereira – ASORPEREIRA (2017), Asociación de Chatarreros y Recuperadores del Medio Ambiente de Risaralda (2017), Asociación Ecológica del Eje Cafetero – ECOEJE (2017).

2.2 Hábitos actuales de comportamiento, percepciones y nivel de conocimiento de los generadores frente al aprovechamiento y manejo en la fuente de RSUOR.

A continuación, se hace el análisis de las 750 encuestas aplicadas en la población urbana de Pereira, resaltando los aspectos más relevantes frente al comportamiento, conocimiento y percepciones frente a la generación y manejo de RSUOR. Los anexos 3 y 12 contienen las respuestas sistematizadas de cada pregunta y los resultados consolidados de la encuesta aplicada.

Separación en la fuente: El 49,9% de los generadores realiza separación en la fuente, lo que se puede destacar como un hecho positivo si se tiene en cuenta que no existe en el municipio un sistema formal de recolección selectiva ni esquema de aprovechamiento. Esto ratifica la importancia que tienen las dinámicas de reciclaje por parte de los recicladores de oficio y su reconocimiento y relación directa con un sector importante de la población, situación que se puede interpretar como una dinámica de auto organización del sistema. El 82% de los generadores que no separa en la fuente, manifiesta no hacerlo porque el vehículo recolector mezcla los residuos (ausencia de ruta selectiva). Lo anterior hace pensar que la estructura operativa actual desincentiva la separación en la fuente, ya que el mensaje que recibe la comunidad es que no hay garantías para que el material separado en la fuente sea recolectado de manera separada y con fines de aprovechamiento.

Almacenamiento en la fuente: El 46,4% que separa material reciclable en la fuente, usa bolsas de supermercado de color blanco, situación que debe ser tenida en cuenta en un esquema de separación en la fuente de residuos no biodegradables reciclables (papeles, plásticos, vidrios y metales). Esta decisión generaría menor resistencia por parte de la comunidad, ya que se trata de una práctica generalizada en la actualidad.

Destino del material separado en la fuente: La mayoría (69%) de los generadores que separan en la fuente entregan el material reciclado a recicladores de oficio, representando un aspecto positivo frente al reciclaje inclusivo en la zona urbana del municipio, pues hace suponer poca resistencia al hecho de que el servicio de aprovechamiento sea prestado por los recicladores de oficio que tradicionalmente han desarrollado esta labor.

Disposición para entregar RSUOR separados en la fuente, según horarios y frecuencias: El 89,6% de los generadores están dispuestos a hacerlo, evidenciando una disponibilidad generalizada en todos los estratos socioeconómicos que constituye una potencialidad ante una estructuración de un esquema de aprovechamiento con separación en la fuente.

Motivación para separar en la fuente: La mayor motivación para hacer separación en la fuente es el aspecto ambiental (80%). En todos los estratos socioeconómicos dicha motivación es superior al 80%. Esta percepción potencializa acciones encaminadas a la separación en la fuente y recolección selectiva en el marco de un nuevo esquema que incorpore procesos y actividades diferenciales entre residuos aprovechables y no aprovechables.

Disponibilidad a pagar más por el servicio de aprovechamiento: En contraste con la alta disposición a no recibir ningún tipo de retribución económica por reciclar, la mayoría de los encuestados (56,9%) manifiestan no estar dispuestos a pagar más por el servicio público como consecuencia de la incorporación de la actividad de aprovechamiento. La respuesta a esta pregunta indica la necesidad de adelantar actividades pedagógicas y de educación ambiental enfocadas a dar claridad sobre la justificación del incremento en la tarifa por el nuevo esquema de aprovechamiento, resaltando la reducción de impactos ambientales y el impacto social positivo en la comunidad de recicladores de oficio.

Educación ambiental para el reciclaje: La mayoría de los generadores (55,3%) manifiesta no haber recibido información o educación ambiental específica frente a la generación y manejo de residuos. Esta circunstancia, hace pensar en la necesidad de fortalecer los procesos de educación ambiental por parte de la administración municipal.

2.3 Aspectos sociales, económicos y operativos de los actuales procesos de aprovechamiento de RSUOR.

El manejo de los RSUOR en Pereira se enmarca en un sistema formal y otro informal. El sistema formal corresponde a la prestación del servicio público de aseo de no aprovechables, y el sistema informal corresponde a los procesos de aprovechamiento por parte de los recicladores de oficio. Como consecuencia de la informalidad en el sistema de aprovechamiento de RSUOR, no es posible contar con un registro oficial y sistematizado de las cantidades y tipo de material recuperado en la zona urbana del municipio.

2.3.1 Caracterización de la comunidad de recicladores de oficio que realizan su labor a partir de RSUOR, desde aspectos sociales, económicos y operativos (recolección, transporte, clasificación, acopio y comercialización)

El patrón con el que se define a un reciclador de oficio y su labor en Colombia, se encuentra definido en las siguientes normas del Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio:

Resolución 0754 (p.55): "...personas naturales que realizan de manera habitual (mínimo 3 días a la semana), las actividades de recuperación, recolección, transporte, o clasificación de residuos sólidos para su posterior reincorporación en el ciclo económico productivo como materia prima, que derivan su sustento y el de su familia de esta actividad y cuyo lugar de residencia se encuentra clasificado en los estratos 1, 2 o localizado en zonas subnormales..."

Decreto 596. Art.2 (p.17): "...Persona natural que realiza de manera habitual las actividades de recuperación, recolección, transporte, o clasificación de residuos sólidos para su posterior reincorporación en el ciclo económico productivo como materia prima; que deriva el sustento propio y familiar de esta actividad..."

Teniendo en cuenta las anteriores definiciones y la variedad de perfiles de las personas que hacen parte de la comunidad de recicladores de oficio en el municipio de Pereira en virtud de los aspectos sociales, económicos y operativos de su labor, para la presente investigación se reconoce como patrón fundamental del reciclador de oficio el siguiente: Persona que realiza actividades de recuperación, recolección, transporte y clasificación de residuos sólidos para su posterior reincorporación en el ciclo

económico o productivo como materia prima, y que deriva su sustento y el de su familia de esta actividad.

En la comunidad de recicladores de oficio de Pereira se identifican dos perfiles determinados por la condición social de las personas que realizan la labor, aquellos que se encuentran en condición de habitante de calle y aquellos que no lo son. Esta condición influye, tanto en los procesos actuales de reciclaje como, en las posibles estructuras asociadas a un nuevo esquema de aprovechamiento en la zona urbana del municipio de Pereira, como se expondrá más adelante.

La Alcaldía de Pereira (2017) reporta en el Censo Oficial de Recicladores de Oficio una cifra de 1124 personas dedicadas a esta labor, de los cuales se destacan 259 (23%) en condición de habitante de calle, hecho que debe ser tenido en cuenta ya que éstos constituyen una comunidad con condiciones especiales de cara a la consolidación de una estructura formal de aprovechamiento en el municipio. Esta circunstancia demuestra que no todos los recicladores de oficio son habitantes de calle y que no todos los habitantes de calle ejercen la labor de reciclaje, teniendo en cuenta que la Secretaría de Desarrollo Social y Político de Pereira (2017) reporta una población de 460 personas en condición de habitante de calle. Sin embargo, por tratarse de una actividad informal no existe información precisa que permita determinar tanto la dinámica actual como histórica.

2.3.1.1 Aspectos sociales de la comunidad de recicladores de oficio de la zona urbana del municipio de Pereira

Género: Analizando la condición de género, el reciclaje es realizado por hombres en una proporción del 83,6% (940) y por mujeres en un 16,4% (184). Esta situación puede estar asociada a la exigencia física de la labor debido a las largas distancias que se deben recorrer y a la carga del material recuperado que deben llevar los recicladores sobre sus hombros, normalmente en un “costal” o “estopa” que puede llegar a pesar hasta 100 kg. (Imagen 1).



Imagen 1. Sacos (“estopas”) usados en el transporte del material recuperado en el municipio de Pereira. 2017.

La labor de la mujer recicladora de oficio se desarrolla en algunos casos en igualdad de condiciones con los hombres, y en otras ocasiones se encarga de labores como la recuperación, clasificación y acompañar para cuidar el material (Imagen 2).



Imagen 2. Labor de las mujeres recicladoras de oficio en el municipio de Pereira. Pereira, 2017.

Otra práctica que adelantan se denomina “contrata”, que consiste en permitirles el acceso al material reciclable en grandes superficies, centros comerciales, unidades residenciales, oficinas, instituciones educativas, etc. Sin embargo, esta práctica es cada vez menos común por el interés económico que ha despertado el reciclaje en los generadores de todos los sectores, y por la restricción que está significando la exigencia del pago de riesgos laborales para acceder a estos espacios, o contraprestaciones por parte de administradores de establecimientos y unidades residenciales.

b) Edades: La distribución de los recicladores de oficio por rangos de edades indica que esta actividad es realizada principalmente (80,8%) por población mayor, ya que el 62,7% (705) son personas entre 25 y 54 años, y el 18,1% (203) son personas entre 55 y 64 años. La población joven está representada en un 9,7% (109) por personas entre 15 y 24 años. Llama la atención que se identificaron 4 recicladores de oficio menores de 14 años y 95 (8,5%) recicladores de oficio adultos mayores con más de 65 años. Los 8 recicladores restantes no quisieron responder a esta pregunta (Imagen 3).



Imagen 3. Recicladores de oficio adultos mayores en el municipio de Pereira. Pereira, 2017

c) Documentación: Se identificaron 97 (8,6%) recicladores de oficio indocumentados, casos que corresponden a personas en condición de habitante de calle. Este hecho indica la necesidad de abordar de manera diferencial a esta población en un proceso de estructuración de un esquema de reciclaje, con respecto al resto de la población de recicladores de oficio de la zona urbana.

d) Lugar de residencia: 1097 (97,6%) de los recicladores habitan en el municipio de Pereira y los 22 restantes habitan en el municipio de Dosquebradas. Este hecho puede estar asociado a una cuestión operativa, ya que los recicladores viven normalmente cerca de las zonas donde realizan su labor, pues se desplazan caminando desde sus viviendas a las zonas de trabajo, desde allí a los sitios de comercialización y nuevamente a los lugares donde habitan. En el caso de los recicladores de oficio en condición de habitante de calle, habitan principalmente la zona del centro de Pereira.

e) Composición familiar: La mayoría de los recicladores son personas sin pareja permanente, ya que 741 (65,9%) son personas solteras, separadas o viudas. De la población restante, 127 (11,3%) son casados y 256 (22,8%) conviven en unión libre. En los casos en que existe un núcleo familiar conformado, es común que la práctica del reciclaje se constituya en la principal fuente de ingresos, y que sea realizada por la persona cabeza de hogar con el apoyo de los demás integrantes de la familia.

f) Escolaridad: 117 (16%) recicladores no saben leer ni escribir, lo que representa una restricción para este grupo frente a su inclusión en el marco de procesos de formalización, que traen consigo procesos de certificación en competencias laborales por parte de entidades de educación formal como el SENA. Sin embargo, se resalta el que el 84% restante puede acceder a este tipo de formación y certificación.

g) Seguridad social: Una de las condiciones que tiene asociado el oficio del reciclaje es el alto riesgo a sufrir accidentes y enfermedades, bien sea por el contacto con elementos cortopunzantes o patógenos presentes en los residuos, o por las condiciones climáticas a las que están expuestos por tratarse de una labor de calle. Contrasta con esta condición de alto riesgo, la vulnerabilidad de esta población frente al sistema de seguridad social, ya que 1058 (94%) recicladores de oficio no cuentan con afiliación al sistema de seguridad social en riesgos laborales. En cuanto a la afiliación al sistema de seguridad social en salud, 448 (40%) no cuenta con ningún tipo de afiliación, 551 (49%) tienen SISBEN y el resto son beneficiarios. Además de las implicaciones negativas en su condición humana por no contar con seguridad social, este hecho los margina aún más de su labor, ya que el sector empresarial y las unidades residenciales exigen este tipo de vinculación para permitir el acceso al material reciclable en sus instalaciones o espacios físicos. En cuanto a los recicladores de oficio habitantes de calle, son objeto de atención por parte de la Alcaldía de Pereira a través de la Secretaría de Desarrollo Social y Político en el marco del Subprograma Habitante de Calle y en Riesgo de Calle, situación que debe ser tenida en cuenta en la estructuración y articulación del esquema de reciclaje.

2.3.1.2 Aspectos económicos de la comunidad de recicladores de oficio de la zona urbana del municipio de Pereira

a) Actividades económicas alternas: Para 989 (88%) de los recicladores de oficio, la labor del reciclaje constituye la única actividad económica y por lo tanto la única fuente de ingresos. Aunque son reportados como recicladores de oficio, las 137 (12%) personas restantes que alternan la labor del reciclaje con otras actividades económicas, dejan dudas frente al cumplimiento del patrón que define al reciclador de oficio. Dentro de las labores alternas de esta población se encuentran:

Vendedor de comida en la calle, estudia, cuida carros, vendedor de "vive 100", construcción, transporta cualquier tipo de material en su carreta, cocinera, limpiar carros, trabajo en finca, recolecta café, comerciante, puestico de arepas en la noche, cuida casas, pensionado, vota escombros y hace jardinería, ebanistería, vende ramas medicinales, revendedor, administrador parque recreacional, zapatería, acarreo en su carreta, mecánica de motos, vendedor ambulante, pintura, periodista y locutor, celador, jardinero, oficios varios, limpiar carros, metal mecánica, arenero, haciendo almuerzos para trabajadores de finca, vende morcilla, voluntariado en salud, trabaja en un vivero, agricultor, profesor de música, trabajo en fincas, estilista, lava motos, barbero, chaza de dulces y tinto, vende placas (nomenclaturas), limpiar vidrios en los semáforos, vendedora de chicles, coter, hace turnos en

restaurantes de Cerritos, vende ropa de segunda de casa en casa, trabaja en casas de familia, mecánico de bicicletas, lavar taxis, pintor, toca música, descargue de camiones, labores de aseo, limpiando maquinaria, guadañar, empleada doméstica, almacén de químicos, vende confites, tres meses al año recoge café, mesera, soldador, entre otras.

b) Ingresos: El hecho más relevante dentro de los aspectos económicos de la labor del reciclaje está determinado por los bajos ingresos de los recicladores de oficio, ya que 1013 (90%) de ellos perciben menos de \$300.000 mensuales, distribuidos así:

- 361 (32%) ganan menos de \$50.000 mensuales.
- 272 (24%) ganan entre \$51.000 y \$100.000 mensuales.
- 380 (34%) ganan entre \$101.000 y \$300.000.

Ponderando estos ingresos en función del número de recicladores y su ingreso, se estima que el ingreso mensual promedio de un reciclador de oficio en el municipio de Pereira es de \$158.500 mensuales (Tabla 14).

Tabla 14. Ingreso de los recicladores de oficio en el municipio de Pereira, según ponderación de ingresos y número de recicladores. 2017.

Ingreso promedio (\$/mes) (A)	Cantidad de recicladores (%) (B)	Valor ponderado (\$/mes) (A*B)
50.000	36%	17.500
100.000	27%	27.000
300.000	38%	114.000
Ingreso total mensual promedio (\$/mes)		158.500

En el marco de la presente investigación se realizó durante el año 2015 con el acompañamiento de la Alcaldía de Pereira, un ejercicio piloto en los siguientes sectores de la zona urbana del municipio (Imagen 4):

- Comunas Boston y Universidad: Barrios Villa Colombia, Gaviotas, San Luis, San Remo, La Unidad, Boston, Ciudad Jardín, Terminal y Barrio Central.
- Comuna Olímpica: Barrios Belmonte, Belmonte Alto, Belmonte Bajo, Villa Ilusión y los conjuntos cerrados que se encuentran en la zona.
- Comuna San Joaquín: Barrios El Recreo, Puerta de Alcalá, San Marcos, Tinajas, Portales de San Joaquin I y II, y Portales de Birmania.
- Corregimiento de La Florida: Centros poblados de La Florida y La Bananera.
- Esperanza Galicia: Centro poblado Esperanza Galicia.



Imagen 4. Reuniones de acercamiento y coordinación con recicladores de oficio. Pruebas piloto de reciclaje, Alcaldía de Pereira. 2017.

El ejercicio consistió en acompañar y medir la recuperación de residuos sólidos por parte de las comunidades de recicladores de oficio en cada zona durante tres meses. Este ejercicio arrojó como resultado un ingreso mensual promedio de \$128.956 para cada reciclador de oficio (Alcaldía de Pereira, 2015). Lo anterior evidencia la necesidad de incorporar acciones que complementen el ingreso de los recicladores de oficio, como el pago por la tarifa, la separación en la fuente, el acceso al material en los sectores residencial, comercial, institucional e industrial, la ejecución de acciones afirmativas por parte de la administración municipal, otorgamiento de subsidios de vivienda, pago de riesgos laborales y aportes bajo condición.

Por otra parte, el valor comercial del material recuperado en el año 2017, reportado en las bodegas de reciclaje y por las organizaciones de recicladores de oficio, tuvo un valor de \$4.796.056.720. Si se asumiera una distribución equitativa para los 1.124 recicladores de oficio registrados en el censo del 2017 en Pereira, se estimaría entonces un ingreso mensual individual de \$355.580.

2.3.1.3 Aspectos operativos de la comunidad de recicladores de oficio de la zona urbana del municipio de Pereira

Aunque el reciclaje es una actividad informal aparentemente caótica y desordenada, se trata de un sistema autoorganizado con patrones claramente definidos en sus procesos operativos. Este hecho se evidencia en los aspectos que hacen parte de la rutina de trabajo de los recicladores de oficio, como contar con áreas de trabajo definidas tanto a nivel individual como de cada organización, la ausencia de conflictos entre ellos por disputa de zonas, el respeto por el material y el reconocimiento de los recicladores que hacen presencia en cada sector de la ciudad, donde son reconocidos y aceptados por la comunidad.

Los procesos que constituyen el actual esquema operativo del aprovechamiento de RSUOR por parte de los recicladores son los siguientes:

- Recuperación y recolección.
- Clasificación.
- Transporte.
- Comercialización.
- Tiempo dedicado por los recicladores de oficio a su labor.

a) Recuperación y recolección: La recuperación es la actividad que consiste en separar los residuos sólidos que por su composición y naturaleza pueden ser sometidos a distintos tratamientos para su transformación, reúso y comercialización³. La recolección es la actividad de recuperar los residuos sólidos en el lugar de su presentación, para depositarlos en los diferentes dispositivos que son utilizados por los recicladores para su transporte hasta los lugares de clasificación y comercialización⁴.

Por tratarse de una actividad informal, el reciclaje está condicionado a la prestación del servicio público de aseo en términos de horarios, rutas y frecuencias. Una de las principales restricciones para los recicladores de oficio tiene que ver con los horarios del servicio, ya que aproximadamente el 80% de las rutas de recolección en el sector residencial son nocturnas.

- *Formas de recuperación y recolección:* Las actividades de recuperación se realizan normalmente en cuatro modalidades:

- **Recuperación en andén con anterioridad a la recolección:** Es la práctica más común en barrios abiertos⁵ y en el centro de la ciudad, ya que es realizada por 910 (81%) de los recicladores. Consiste en identificar y extraer el material de interés en las bolsas y recipientes ubicados en espacios públicos para su recolección. La identificación y extracción del material se realiza de manera visual y por contacto, apretando con las manos las bolsas para “sentir y escuchar” su contenido para

³Definición adoptada por la Corte Constitucional de Colombia en el Auto 275 de 2011.

⁴Definición adaptada a partir del Decreto 2981 de 2013.

⁵Barrios abiertos son aquellos sin restricción de acceso, es decir, que no son conjuntos cerrados.

posteriormente abrirlas, examinar y extraer materiales de interés. Es una labor de alto riesgo ya que algunos generadores depositan elementos cortopunzantes en los residuos, exponiendo a los recicladores que son vulnerables al no utilizar elementos de protección personal durante su labor. La principal característica de esta modalidad es que se realiza con anterioridad a la recolección por parte del vehículo recolector, razón por la cual los recicladores hacen presencia en la zona antes de que pase el vehículo, en ocasiones con tiempo insuficiente ya que son alcanzados por el vehículo recolector en su ruta (Imagen 5).



Imagen 5. Recuperación de residuos sólidos en andenes y acera por parte de los recicladores de oficio del municipio de Pereira. 2017.

- Recuperación simultánea en el vehículo recolector: Aunque es una práctica no permitida, es realizada normalmente por los 259 (23%) recicladores de oficio en condición de habitante de calle, y por aquellos recicladores que encuentren la oportunidad de recuperar materiales de manera simultánea con la recolección por parte de las empresas prestadoras del servicio público de aseo de no aprovechables. Esta actividad consiste en extraer materiales de los recipientes, bolsas o en ocasiones directamente de la tolva receptora de los vehículos compactadores durante su marcha y de manera simultánea con la recolección por parte del personal del servicio público de aseo. Además de representar los mismos riesgos de la recolección en andén, existe un riesgo adicional asociado a la exposición a objetos o líquidos que ocasionalmente salen proyectados desde la tolva del vehículo en el momento que realiza la compactación (Imagen 6).



Imagen 6. Recuperación de residuos sólidos en el municipio de Pereira, simultáneamente con la recolección del vehículo recolector. 2017.

- ***Entrega directa por parte del generador:*** En algunos sectores de la ciudad, generalmente barrios tradicionales donde la recolección se realiza puerta a puerta, hay presencia regular de recicladores que gozan de reconocimiento y confianza por parte de la comunidad. En el marco de este reconocimiento los generadores realizan separación en la fuente, haciendo entrega a los recicladores de este material en frecuencias y horarios que regularmente coinciden con la prestación del servicio público de aseo (Imagen 7).



Imagen 7. Entrega de material reciclable a los recicladores de oficio por parte de los generadores en el municipio de Pereira. 2017.

- Recuperación desde sistemas de almacenamiento en unidades residenciales, instituciones oficiales, empresas e industrias: En esta práctica los recicladores cuentan con la autorización para ingresar hasta los lugares de almacenamiento central o colectivo de residuos para que allí realicen la recuperación de materiales con valor comercial. Esta práctica es conocida por los recicladores como “contrata” y normalmente es realizada por mujeres o grupos familiares en grandes superficies, centros comerciales, unidades residenciales, oficinas, instituciones educativas o empresas (Imagen 8).



Imagen 8. Recuperación de residuos sólidos en unidades de almacenamiento colectivo en el municipio de Pereira. 2017.

Aunque las dos últimas modalidades mencionadas son realizadas por 312 (28%) recicladores de oficio, son cada vez menos comunes por factores como el interés económico que ha despertado el reciclaje en todos los sectores, presentándose la venta directa por parte de los generadores. Adicionalmente se está presentando la exigencia a los recicladores del pago de riesgos laborales para acceder al material, contraprestaciones económicas o exigencia de servicios (por ejemplo el aseo y lavado de recipientes y cuartos de almacenamiento) por parte de administradores de establecimientos y unidades residenciales a cambio del acceso al material.

Las cuatro modalidades de recuperación no son excluyentes, ya que algunos recicladores adelantan varias de estas prácticas, de acuerdo al día de la semana o la zona donde se encuentren.

- *Elementos usados para la recolección:* Normalmente los recicladores no utilizan elementos de protección personal, salvo algunos casos aislados en que utilizan guantes y tapabocas. Dentro de los elementos utilizados para recolectar el material, el más común de ellos es la “estopa”, “globo”, “lona” o “costaleta” (Imagen 9), consistente en un saco de polipropileno reutilizable cuyas características más importantes son bajo peso, resistencia y durabilidad. Algunos recicladores de oficio en condición de habitante de calle, prefieren utilizar bolsas de polietileno de baja densidad (mismas “bolsas de basura” de color negro), en razón de que sus áreas de trabajo están relativamente cerca de los lugares donde comercializan el material (zona centro), pudiendo realizar varios viajes durante el día con pequeñas cantidades de material. Estas bolsas también son usadas para cubrirse de la lluvia en el lugar donde duermen.



Imagen 9. Elementos usados para la recuperación de residuos sólidos por los recicladores de oficio en el municipio de Pereira. 2017.

- *Materiales recuperados:* Se destaca el hecho de que existe preferencia por parte de los recicladores para escoger el material a recuperar, según como se indica a continuación:

- Reciclaje de Papeles: _____ 962 (85,59%) recicladores.
- Reciclaje de plásticos: _____ 897 (79,8%) recicladores.
- Reciclaje de metales: _____ 884 (78,65%) recicladores.
- Reciclaje de vidrio: _____ 599 (53,29%) recicladores.
- Reciclaje de todo tipo de material: _____ 526 (46,8%) recicladores.

Esta preferencia se debe principalmente al valor comercial de los materiales, ya que en términos de costo beneficio resulta poco atractivo recuperar y transportar material de bajo costo en el mercado. Teniendo en cuenta esta circunstancia y la condición rudimentaria en que se realiza la labor, los recicladores se ven obligados a priorizar los materiales de mayor valor comercial, que para el caso de Pereira son metal, papel archivo y plásticos de alta densidad (preferiblemente PET).

Esta circunstancia genera ineficiencia en el actual sistema de aprovechamiento, además del deterioro de las condiciones sanitarias de los lugares donde realizan su labor, ya que en algunos casos, principalmente cuando se acerca la hora de la recolección por parte del vehículo recolector, se abren las bolsas y se esparcen los residuos en el suelo para seleccionar el material a recuperar, dejando el material no recuperado disperso en el sitio y generando lo que se conoce como puntos críticos⁶.

b) Clasificación: Es una actividad previa a la comercialización, que consiste en separar los materiales en las categorías mencionadas. Esta labor se realiza básicamente en cuatro modalidades:

⁶ Según el Decreto 2981 de 2013 (Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio) los puntos críticos son aquellos lugares donde se acumulan residuos sólidos, generando afectación y deterioro sanitario que conlleva la afectación de la limpieza del área, por la generación de malos olores, focos de propagación de vectores, y enfermedades, entre otros.

- *Espacios públicos:* Se constituye en la práctica más común, ya que es realizada por 872 (78%) recicladores de oficio. Consiste en trasladar el material recuperado hasta espacios públicos, normalmente canchas, parques, lotes sin uso, esquinas o andenes, donde se terminan de separar los materiales para su comercialización. Algunos de estos lugares se constituyen en puntos críticos de la zona urbana debido a su deterioro por el abandono en estos espacios de lo que se conoce como “desperdicio” que son los materiales sin valor comercial o de poco interés para los recicladores, que corresponden en promedio al 10% del material recuperado. (Imagen 10).



Imagen 10. Clasificación de residuos sólidos por recicladores de oficio en espacios públicos del municipio de Pereira. 2017.

- *En el mismo lugar de recuperación:* Un grupo de 326 (29%) recicladores realizan la clasificación en los mismos lugares donde realizan la labor de recuperación. Esta práctica se realiza generalmente en conjuntos residenciales, instituciones y empresas del sector industrial y comercial donde los recicladores tienen acceso. También se presenta en barrios donde el aprovechamiento se realiza momentos antes del paso del vehículo recolector, situación que solo permite abrir la bolsa y extraer el material de mayor valor y de fácil acceso. (Imagen 11).



Imagen 11. Clasificación de residuos sólidos por recicladores de oficio en sitios de recuperación del municipio de Pereira. 2017.

- *En bodegas y chatarrerías:* Es una práctica poco común realizada por 35 (3%) recicladores de oficio. Este hecho está asociado al control estricto que ejercen las autoridades sobre los establecimientos donde se compra material reciclado, vigilando constantemente que no se ocupe el espacio público (Imagen 12).



Imagen 12. Clasificación de residuos sólidos por recicladores de oficio en bodegas de reciclaje o ctarrerías del municipio de Pereira. 2017.

- *En sus propias viviendas:* Un grupo muy reducido de 3 recicladores de oficio, trasladan el material hasta sus viviendas para adelantar actividades de clasificación y almacenamiento (Imagen 13).

El enfoque del marco normativo que reglamenta la actividad de aprovechamiento en Colombia apunta a que la actividad de clasificación se realice en las Estaciones de Clasificación y Aprovechamiento (ECA), que en la actualidad se encuentran en proceso de consolidación en Pereira.



Imagen 13. Almacenamiento en viviendas, de residuos recuperados por recicladores de oficio del municipio de Pereira. 2017.

c) Transporte de material reciclado: Consiste en el traslado del material recuperado y clasificado hasta los lugares de comercialización (Imagen 14). Al igual que las demás actividades, el transporte se realiza en condiciones rudimentarias y constituye uno de los factores de ineficiencia más importantes en el actual sistema de aprovechamiento, ya que por la distancia que deben recorrer algunos recicladores de oficio que no cuentan con los medios de transporte adecuados, solamente alcanzan a realizar un

desplazamiento diario desde las zonas de recolección hasta los lugares de comercialización, o adelantar prácticas como la venta del material en el sitio de la clasificación o asumir el costo de transporte del material por un tercero, afectando en ambos casos sus ingresos. En ocasiones el material es transportado hasta las viviendas para su clasificación y acopio.

El 89% de los recicladores realizan su labor caminando, con el uso de lonas o costales (sin el uso de vehículos motorizados). El 14% usa carretillas o triciclos que les permite optimizar los tiempos de desplazamiento. Esta condición rudimentaria de recolección y transporte los expone a la pérdida del valor comercial de materiales como papel y cartón por contacto con la lluvia, además del deterioro de su salud.

Una característica común entre los recicladores de oficio en condición de habitante de calle que realizan la labor en el centro de la ciudad (entre las carreras 9 y 12, y entre la calle 15 y la avenida del ferrocarril), es su resistencia a usar carretilla o cualquier dispositivo diferente al costal, estopa o bolsas. Dicha resistencia se debe a factores operativos, ya que en estas mismas zonas se concentra gran número de bodegas de reciclaje, razón por la cual realizan desplazamientos constantes durante el día, con pequeñas cantidades de material hasta estas bodegas, y una carretilla significaría menos agilidad, mayor esfuerzo y dificultad para maniobrar en los andenes y calles céntricas de alta circulación.



Imagen 14. Transporte de residuos recuperados por recicladores de oficio en el municipio de Pereira 2017.

d) Comercialización: Esta actividad consiste en la venta del material y elementos recuperados de acuerdo al peso y precios de mercado. La práctica más común es la comercialización en lugares conocidos como bodegas o chatarrerías, actividad que realizan 886 recicladores de oficio (79%). De los recicladores que adelantan esta práctica, la gran mayoría (847) venden el material de manera regular en los mismos lugares, ubicados generalmente cerca de las zonas donde realizan su labor. Esta situación está relacionada con un factor de confianza y vínculo entre el reciclador y los dueños de los

establecimientos donde realizan la venta, que en ocasiones realizan préstamos de dinero o elementos para realizar la labor (Imagen 15).



Imagen 15. Sitios de comercialización de residuos recuperados por recicladores de oficio en el municipio de Pereira 2017.

Se identificaron 146 casos (13%) en que se adelantan actividades de comercialización diferentes a la venta en bodegas o chatarrerías. Aunque los recicladores reconocieron que a través de estas prácticas obtienen mejores precios, se reservaron estas cifras. Estas prácticas alternas son las siguientes:

- Venta a intermediarios y mayoristas: _____ 34 recicladores.
- Venta a industrias y empresas: _____ 56 recicladores.
- Venta a asociaciones de recicladores: _____ 25 recicladores.
- Venta a otros recicladores: _____ 24 recicladores.
- Venta en ferreterías: _____ 7 recicladores.

Las prácticas mencionadas no necesariamente son excluyentes, ya que un mismo reciclador puede vender materiales en bodegas o chatarrerías, y al mismo tiempo seleccionar materiales para vender individualmente como botellas en ferreterías para envasar pinturas y solventes, por ejemplo. Algunos recicladores se negaron a suministrar la información de los lugares donde realizan la venta del material.

En la comunidad de recicladores de oficio en condición de habitante de calle se identificó una modalidad de comercialización de material conocida como “cambalacheo”, que consiste en llevar el material a sitios de acopio donde además de vender el material por dinero les ofrecen la opción de intercambio por sustancias psicoactivas o la venta de elementos robados. Esta práctica está siendo contrarrestada con una medida tomada por la Alcaldía Municipal consistente en el cierre de establecimientos de reciclaje en horas de la noche. Esta medida ha generado el rechazo de la comunidad de recicladores en general y de los propietarios de los establecimientos donde se compra el material, ya que para contrarrestar prácticas indebidas de una minoría se han visto afectados todos los actores de la cadena del actual esquema de aprovechamiento, afectando los índices de reciclaje en la zona urbana teniendo en cuenta que el 80% de las rutas de recolección en esta zona son nocturnas.

Algunos recicladores realizan la venta del material en el mismo lugar de clasificación, debido a la ausencia de medios de transporte. Esta circunstancia hace que tengan que vender el material a un precio menor (Imagen 16).



Imagen 16. Venta de material reciclable en el municipio de Pereira en el mismo sitio de la clasificación 2017.

e) Tiempo dedicado por los recicladores de oficio a su labor: Esta dedicación puede ser entendida en primer lugar con respecto al número de días y en segundo lugar con respecto a las horas diarias invertidas a las diferentes actividades que hacen parte del oficio. Con respecto al número de días semanales dedicados a la recuperación de materiales, se identificó lo siguiente⁷:

- Siete días: _____ 424 (37,69%)
- Seis días: _____ 340 (30,25%) _____ 763 (67,88%) dedican por lo menos seis días.
- Cinco días: _____ 70 (6,23%) _____ 833 (74,11%) dedican por lo menos cinco días.
- Cuatro días: _____ 114 (10,14%) _____ 947 (84,25%) dedican por lo menos cuatro días.
- Tres días: _____ 89 (7,92%) _____ 1036 (92,17%) dedican por lo menos tres días.

⁷ Tres recicladores de oficio se negaron a suministrar esta información.

- Menos de tres días: ___85 (7,56%)

Los recicladores de oficio invierten en promedio 12 horas diarias a su labor, hecho que permite evidenciar las condiciones rudimentarias y difíciles del oficio, cuya distribución promedio, según actividades es la siguiente:

- Recuperación y recolección: _____6 horas y 48 minutos.
- Clasificación: _____2 horas y 4 minutos.
- Transporte: _____1 hora y 30 minutos.
- Venta del material recuperado: _____1 hora y 26 minutos.

Es evidente que la mayor parte de la jornada está dedicada a actividades de recuperación, recolección y transporte. Este aspecto, que evidencia gran esfuerzo e ineficiencia, está relacionado con la precariedad con que se realiza la labor, que en términos generales consiste en realizar los recorridos caminando, con recuperación manual del material a partir de residuos mezclados, con la ayuda de un costal para almacenar y transporte del material recuperado hasta los sitios de clasificación y comercialización, con la ayuda en algunos casos de carretillas.

2.3.1.4 Perfil de la comunidad de recicladores de oficio en condición de habitante de calle

La condición social de los recicladores de oficio influye en los aspectos operativos de su labor y en las posibilidades de consolidar procesos formales y organizados de aprovechamiento, definidos como tal por el Gobierno Nacional a través del Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio en el Decreto 596 de 2016 y la Resolución 0276 de 2016. En este sentido, y de acuerdo a las condiciones observadas en las dinámicas de aprovechamiento en la zona urbana del municipio de Pereira, se identifican dos perfiles principales de recicladores de oficio:

- Recicladores de oficio tradicionales
- Recicladores de oficio tradicionales en condición de habitante de calle.

A continuación se mencionarán aspectos importantes del segundo grupo, cuyo análisis parte de la necesidad de incluir al reciclador de oficio en condición de habitante de calle en los esquemas formales de aprovechamiento de residuos de la zona urbana del municipio de Pereira, teniendo en cuenta que su labor se desarrolla en el marco del cumplimiento de la disposiciones de la Corte Constitucional en la materia, hecho que lo hace sujeto de acciones afirmativas por parte de la Administración Municipal.

Para empezar se toma como referencia la siguiente definición de habitante de calle:

"...aquel sujeto cuya vida se desenvuelve fundamentalmente en la calle, dicho espacio físico social se convierte en su lugar de habitación y en donde resuelve sus necesidades vitales de supervivencia, donde constituye sus relaciones emocionales y afectivas, donde establece sus condiciones de vida y construye mediaciones socioculturales que le permiten la convivencia con los espacios de ciudad en general..."
(Universidad de Antioquia, 2006).

El primer aspecto a resaltar es la posible variación en la cantidad de habitantes de calle que ejercen la labor de reciclaje en la zona urbana del municipio, cuyo número depende principalmente factores sociales y económicos. Esta variación se evidencia en los siguientes estudios de la Alcaldía Municipal:

- Secretaría de Desarrollo Social y Político (2014): ___450 Recicladores habitantes de calle.
- Empresa de Aseo de Pereira (2015): _____168 Recicladores habitantes de calle.
- Empresa de Aseo de Pereira (2017): _____284 Recicladores habitantes de calle.

No hay claridad frente al número exacto de habitantes de calle que ejercen la labor de reciclaje, pues mientras el censo oficial del Plan Municipal de Gestión Integral de Residuos Sólidos (PGIRS, 2017) reporta una cifra de 284, la Secretaría de Desarrollo Social y Político de la Alcaldía (2014) reporta una cifra de 450. Independiente de la incertidumbre frente a esta cifra, que obedece a una condición dinámica dependiente de múltiples factores, la definición de una nueva estructura de

aprovechamiento de RSUOR debe tener en cuenta esta condición dinámica en el marco de un esquema de reciclaje inclusivo.

Las características sociales que definen los patrones de la labor de los recicladores de oficio en la condición de habitante de calle determinan comportamientos y dinámicas específicas. A continuación se mencionan rasgos de esta comunidad que deben ser tenidos en cuenta en la estructuración de un esquema de aprovechamiento inclusivo, y se hace con el fin de evidenciar posibilidades y condiciones de inclusión de esta comunidad con características especiales. En cuanto al perfil y condiciones sociales de esta comunidad, el estudio más riguroso corresponde al realizado por la Secretaría de Desarrollo Social y Político (Alcaldía de Pereira, 2014), cuya base de datos se tomó como referencia para la presente investigación.

a) Género: El 97% de los recicladores de oficio en condición de habitante de calle son hombres, en concordancia con la demás población de recicladores de oficio.

b) Estado civil: El 96% son personas solas, condición coherente con su estilo de vida. Este hecho, asociado a la libertad que manejan en cuanto a sus hábitos de vida y de trabajo, debe ser tenido en cuenta, ya que puede significar condiciones especiales de resistencia para pertenecer a grupos u organizaciones y realizar sus labores en el marco del cumplimiento de normas.

c) Documentación: El 27% de esta comunidad son personas indocumentadas, hecho que los dejaría por fuera del esquema si no es solucionado, ya que deben contar con algún registro de identificación (documento equivalente) para su incorporación en la base de datos ante la Alcaldía y ante la Superintendencia de Servicios Públicos. Es probable que la cifra de indocumentados sea mayor o que en algunos casos se nieguen a mostrar su identidad por situaciones pendientes con la justicia o porque simplemente no quieren ser identificados.

d) Consumo de sustancias psicoactivas: El 87% reconocen ser consumidores, mientras que el 4% afirma no consumir ningún tipo de sustancia y el 9% no quiso responder a esta pregunta. El 47% consumen solamente un tipo de sustancia (marihuana, heroína, alcohol o basuco), dentro de las cuales la de mayor consumo es el basuco, consumido por el 33% de esta comunidad. El 38% son policonsumidores, es decir que consumen por lo menos dos tipos de las siguientes sustancias; marihuana, pega, alcohol, basuco, heroína y “pepas”, de los cuales el 6% son policonsumidores con heroína.

La condición de consumidores de esta comunidad debe llamar la atención de dos instituciones en particular, la Secretaría de Gobierno Municipal y la Secretaría de Desarrollo Social y Político. Con la primera se deben coordinar acciones que conduzcan a la eliminación de la relación existente entre el microtráfico y la compra de objetos robados con reciclaje, no queriendo decir con ello que se solucionarán estas dos problemáticas, pero cortando su relación con el reciclaje permitirá que los establecimientos dedicados a la compra de materiales reciclables trabajen en la noche, lo cual se hace necesario teniendo en cuenta la operación del servicio público de aseo y el impacto negativo que ha tenido la prohibición de venta de reciclaje en horarios nocturnos. En cuanto a la Secretaría de Desarrollo Social y Político, por experiencia y competencia le corresponderá direccionar las acciones que conduzcan a la conformación de organizaciones de recicladores de oficio que incorporen a los habitantes de calle que realizan esta labor, bien sea mediante su incorporación y seguimiento a las organizaciones que se constituyan en el marco del Plan Municipal de Gestión Integral de Residuos Sólidos (PGIRS) y de su Programa de Aprovechamiento Inclusivo, o la conformación de una organización conformada exclusivamente para esta comunidad, indicando los casos específicos en que por su condición humana no estén en disposición de incorporarse formalmente al oficio, con las condiciones que esta formalización implica.

e) Lugar de origen: El 44% son de Risaralda, 36% del Área Metropolitana. El hecho de que la mayoría (56%) son de otros departamentos, ratifica la condición de Pereira como ciudad receptora.

f) Lugar de residencia: El 41% no quiso responder a esta pregunta, mientras que el 50% manifiesta vivir en el centro de la ciudad, principalmente en la zona comprendida entre las carreras 9 y 12, y entre la calle 15 y la avenida del ferrocarril, los barrios Corosito y Villavicencio, y los puentes de la avenida del ferrocarril con 10 y 9. El 9% restante manifiesta vivir en otras zonas de la ciudad diferente al centro, principalmente en Villa Santana, Venecia, Terminal, Providencia, Cuba, Travesuras, Jardín I, Av. del Río, Villaluz, San Nicolás, Cuba, Las Brisas y Málaga. Generalmente el lugar de residencia se encuentra ubicado cerca de las zonas donde adelantan su labor.

g) Lugares donde reciclan: El 78% reciclan máximo en dos barrios o zonas diferentes, mientras que el (68%) reciclan en la zona del centro. Lo anterior constituye un aspecto positivo frente a la posible formalización de esta comunidad, ya que sus zonas están bien definidas lo que implica la regularidad en su trabajo y seguramente el reconocimiento de las comunidades donde trabajan. Sin embargo se debe tener en cuenta que es principalmente esta comunidad la que realiza la labor de reciclaje simultáneamente con el vehículo recolector, hecho que se debe tener en cuenta frente al diseño de rutas selectivas que implicarían la recolección previa, obligando a estas personas a modificar su rutina.

h) Dedicación al reciclaje: Aunque el 74% dedican por lo menos seis días a la labor y el 75% entre 6 y 12 horas diarias. Se debe tener en cuenta que su condición de habitantes de calle y su relación con las drogas hacen que su trabajo dependa de las condiciones de consumo, es decir, que aunque existe alguna relación de su labor con la prestación del servicio público de aseo durante el paso de los vehículos recolectores por cada sector, estas personas dedican su tiempo a recorrer las calles en búsqueda de materiales que puedan vender en pequeñas cantidades.

i) Disposición a pertenecer a una organización: El 93% manifiestan estar dispuestos a pertenecer a una organización legalmente constituida, que les permita incorporar formalmente su oficio en el esquema de prestación del servicio público de aseo. Este hecho representa un reto importante frente al proceso de formalización de la labor de esta comunidad en condiciones de sostenibilidad, por tratarse de seres humanos libres con poca capacidad de cumplir condiciones contractuales u operativas, y de pertenecer a estructuras formales.

2.3.2 Caracterización de las organizaciones de recicladores de oficio existentes, estableciendo capacidades organizacionales.

Constituir y consolidar organizaciones o estructuras formales de recicladores de oficio es una necesidad que puede ser vista desde dos perspectivas. En primer lugar desde su fortalecimiento como actores legítimos en el actual sistema de manejo de los RSUOR y por lo tanto garantizar su permanencia en una actividad que es cada día más competitiva y competida, y en segundo lugar como una obligación jurídica para constituirse como prestadores del servicio público de aseo en la actividad de aprovechamiento y acceder tanto a la remuneración tarifaria como a las acciones afirmativas definidas en la ley.

2.3.2.1 Organizaciones existentes

Durante el año 2017 se evidenció una dinámica importante en torno a la consolidación de organizaciones de recicladores de oficio en el municipio de Pereira, ya que a inicios de ese año la Alcaldía Municipal, a través de la Empresa de Aseo (2016), presentó los resultados de la actualización del censo de recicladores de oficio del municipio de Pereira, reportando que de los 1124 recicladores de oficio del municipio, 124 (11%) pertenecían a alguna organización. Posteriormente, y como consecuencia del acompañamiento de instituciones como la Alcaldía de Pereira, el Área Metropolitana del Centro Occidente, la CARDER, la Universidad Tecnológica de Pereira, la Comisión de Regulación de Agua Potable y Saneamiento Básico (CRA) y la Superintendencia de Servicios Públicos Domiciliarios (SSP), se registró una cifra de 1040 recicladores de oficio pertenecientes a alguna organización (Anexo 13), según como se indica a continuación (Tabla 15):

Tabla 15. Organizaciones de recicladores de oficio, según número de integrantes, bodegas y ECA. 2017.

Organización	Número de integrantes
Asociación de Recicladores de Pereira y Risaralda (ASORPEREIRA) y Precooperativa Multiactiva Paz y Futuro (COOPAZFU).	42
Asociación de Chatarreros y Recuperadores del Medio Ambiente de Risaralda.	700
Asociación Ecológica del Eje Cafetero (ECOEJE).	176
Asociación Comunitaria (EMAUS).	20
Asociación de Recicladores de Colombia (AROC).	96
Precooperativa Infinity Recycle.	6
TOTAL	1040

Sin embargo, la conformación de estas organizaciones y su reconocimiento por parte de la Administración Municipal, no significó su consolidación ni incorporación efectiva en la prestación del servicio público de aseo en el municipio, por lo que se puede considerar que se trata de un proceso en sus primeras fases de consolidación.

Las dos organizaciones que incorporaron mayor cantidad de recicladores de oficio en condición de habitante de calle son la “Asociación de Chatarreros y Recuperadores del Medio Ambiente de Risaralda (ACRAR)” y la “Asociación Ecológica del Eje Cafetero (ECOEJE)”. No se identificó ninguna iniciativa por parte de la administración municipal para apoyar o adelantar un proceso en torno a una posible organización de segundo nivel que los agrupe y represente.

2.3.2.2 Áreas de cobertura

En la Figura 6 indica las áreas de cobertura en la zona urbana del municipio donde los recicladores de oficio de las diferentes organizaciones realizan sus actividades de aprovechamiento, se observa que no existe cobertura total, lo que constituye uno de los principales retos para estas organizaciones. La adopción de un esquema de aprovechamiento con separación en la fuente y recolección selectiva por parte de recicladores de oficio debe obedecer a una transición⁸ definida a partir de la capacidad operativa y administrativa de éstos, hasta alcanzar la cobertura total. De lo contrario, se pondría en riesgo la inclusión efectiva de estas organizaciones, cuyos líderes y representantes manifestaron en el 2017 no contar con la capacidad administrativa ni operativa para garantizar la prestación del servicio público de aseo en la actividad de aprovechamiento al 100% del área de cobertura.

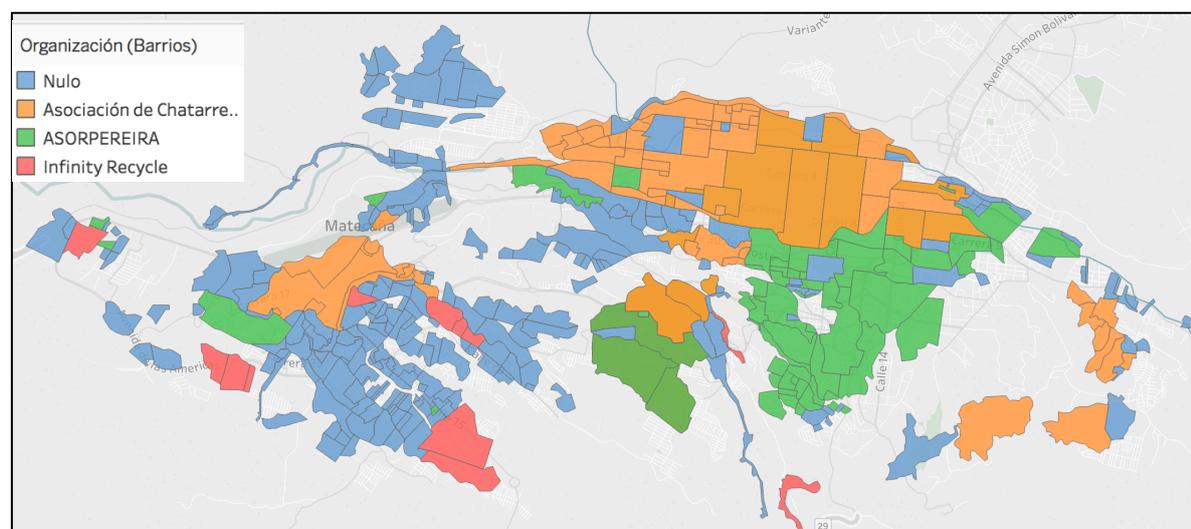


Figura 6. Áreas de cobertura organizaciones de recicladores de oficio en la zona urbana de Pereira. 2017

⁸ Gradualidad definida en el Decreto 596 de 2016 y la Resolución 0276 de 2016, por parte del Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio.

2.3.2.3 Capacidad organizacional

La conformación de nuevas organizaciones de recicladores de oficio, el fortalecimiento de las ya existentes y la vinculación de gran parte de los recicladores a estas organizaciones, no significa la consolidación de un esquema de aprovechamiento que incorpore esta actividad de manera efectiva a la prestación del servicio público de aseo, ni el incremento en los índices de reciclaje que represente una reducción en la disposición final de residuos en el relleno sanitario “La Glorita”. Por lo tanto, esta dinámica puede estar asociada a la expectativa que han generado las normas que obligan a la formalización e inclusión de los recicladores de oficio en la prestación del servicio público de aseo, y el temor generalizado de los recicladores y líderes de las organizaciones existentes frente a la posibilidad de que sean excluidos de la actividad para incorporar capitales privados.

Un rasgo importante en el proceso de consolidación de organizaciones de recicladores de oficio durante el año 2017, es que éste fue liderado principalmente por el gremio de comerciantes de reciclaje (dueños de bodegas y chatarrerías) y algunos líderes de la población de recicladores de oficio. Este proceso, marcado principalmente por la consolidación de organizaciones de recicladores en torno a bodegas y chatarrerías, puede ser entendida como una dinámica natural producto de su relación estrecha y el vínculo constante caracterizado en la mayoría de los casos por una relación de confianza. En este sentido, debe ser entendida como una forma emergente de autoorganización del sistema de aprovechamiento, producto factores como la negligencia institucional y la poca capacidad de organización de la población de recicladores de oficio, cuya condición social y económica los ubica en un escenario inmediato, de lucha por el sustento diario, de desconfianza ante las instituciones y la sociedad que los han mantenido en una condición marginal y de exclusión permanente.

Las estructuras organizacionales de los recicladores de oficio del municipio de Pereira, presentan una condición débil en términos administrativos, económicos y operativos, que compromete su capacidad para consolidarse en el corto plazo como empresas prestadoras del servicio público de aseo en los términos definidos por las autoridades competentes. Este hecho puede desencadenar en el mediano y largo plazo en la prestación de la actividad de aprovechamiento por las empresas prestadoras de la actividad de recolección y transporte de residuos no aprovechables (capitales privados), las cuales también están facultadas para prestar la actividad de aprovechamiento.

Aunque algunos recicladores de oficio en condición de habitante de calle se incorporaron a algunas de las organizaciones ya constituidas, no se evidencian estrategias por parte de la administración municipal que conduzcan a su inclusión efectiva en un posible esquema de aprovechamiento. Su condición representa una doble vulnerabilidad, razón por la cual deben ser tenidos en cuenta más allá de las acciones afirmativas en términos de formalización y representatividad.

2.3.3 Dinámicas actuales y condiciones de mercado para el aprovechamiento de RSUOR biodegradables y no biodegradables con potencial de comercialización (papeles, plásticos, vidrios y metales).

2.3.3.1 Aprovechamiento de residuos orgánicos de rápida degradación (RUORO)

En el municipio de Pereira no hay aprovechamiento de residuos biodegradables, lo que debe ser considerado como un hecho relevante si se tiene en cuenta que este tipo de residuos constituye el 70,5% del total de residuos generados en el sector residencial. La disposición final de este tipo de residuo tiene asociados los aspectos de interés ambiental más significativos en el sitio de disposición final, como la generación de lixiviados y gases efecto invernadero, además de impactos potenciales sobre el agua, el suelo, y la generación de olores y vectores.

2.3.3.2 Aprovechamiento de residuos sólidos urbanos ordinarios de origen residencial no biodegradables con potencial de comercialización (RSUORA)

Frente a las condiciones de mercado de los RSUORA como papeles, plásticos, vidrios y metales, existe en la zona urbana del municipio de Pereira un sistema de mercado conformado por 131 establecimientos dedicados a la compra de estos materiales (Anexo 13.), conocidos como bodegas o

chatarrerías. De estos establecimientos, 12 se encuentran en el proceso de constitución como Estación de Clasificación y Aprovechamiento (ECA), figura creada y reglamentada en el Decreto 2981 (Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio, 2013) y que deben ser registradas ante la Superintendencia de Servicios Públicos Domiciliarios para su reconocimiento e incorporación formal en el esquema de aprovechamiento del municipio, según lineamientos del Decreto 596 (Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio, 2016).

No fue posible determinar una dinámica histórica frente a las cantidades de material (papeles, plásticos, vidrios y metales) recuperados en el municipio de Pereira, debido a la informalidad de esta actividad. Esta circunstancia sugiere la necesidad de consolidar un sistema de información oficial que permita registrar las cantidades reales recuperadas, constituir una línea base y proyectar la actividad en función de estas cifras. La propuesta normativa, a través del Decreto 596 de 2016 y la Resolución 276 de 2016, apunta a que esta medición y sistematización se realice en las ECA.

a) Características de las bodegas y estaciones de clasificación y aprovechamiento

- *Legalidad:* Al igual que la condición de los recicladores de oficio, la informalidad también está presente en la comercialización del material, ya que únicamente el 56% de las bodegas presentan registro ante la Cámara de Comercio de Pereira.

- *Condiciones locativas:* Tomando como referencia los criterios definidos en la Resolución 0754 de 2014, la mayoría de estos establecimientos (72%) se encuentran en la categoría de pequeños, ya que cuentan con menos de 150 m² para descargar, pesar, clasificar y acopiar. Esta condición debe ser tenida en cuenta ya que esta restricción de espacio deriva en circunstancias como el uso del espacio público para labores de clasificación y ubicación temporal de materiales. Solamente se identificaron 5 bodegas que tienen un área mayor a 1.000 m², con posibilidades de realizar todas las actividades en su interior. Se destaca que la restricción de área obliga a la mayoría de estos establecimientos a realizar labores de carga y descarga en vehículos sobre la vía, obstaculizando el tráfico. Se identificó que 14 de estos sitios de comercialización de material funcionan en viviendas.

Otro elemento común en este tipo de establecimientos es la ausencia de maquinaria y equipos que permitan compactar y embalar el material recuperado con el fin de optimizar espacio de almacenamiento y transporte, ratificando que el reciclaje se realiza en condiciones precarias en todas sus etapas. Al respecto, solamente el 10% de las bodegas o chatarrerías poseen algún tipo de maquinaria.

- *Días y horarios de funcionamiento:* El 66% de los establecimientos funcionan de lunes a sábado y el 27% de lunes a domingo, normalmente ubicados en el centro de la ciudad y el barrio Cuba. El 7% restante que laboran de lunes a viernes se encuentran ubicados en barrios periféricos de la ciudad. Frente a los horarios de trabajo, a excepción de tres establecimientos, todos trabajan de día, generalmente desde las 8:00 am. Tres establecimientos manifestaron trabajar en la noche, a pesar de existir una restricción para el funcionamiento de bodegas de reciclaje y chatarrerías después de las 7 de la noche. Esta medida debe ser revisada ante la posible adopción de un esquema de aprovechamiento con recolección nocturna por parte de los recicladores de oficio.

- *Proveedores de material:* los comerciantes de reciclaje manifiestan que el 79% del material es comprado a recicladores de oficio, y el resto es llevado por ciudadanos, instituciones y empresas. Esta práctica es cada vez más común y puede comprometer los ingresos de los recicladores de oficio, ya que los generadores están en su derecho de separar en la fuente y vender el material para su propio beneficio. Al respecto, el Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio (2016), emitió la circular externa a través de la cual exhorta a las entidades públicas del orden nacional, a presentar sus residuos sólidos aprovechables a las organizaciones de recicladores de oficio en proceso de formalización.

- *Generación de rechazos:* Los rechazos son materiales no reciclables que llegan a las bodegas mezclados con el material recuperado. En el 91% de los establecimientos dedicados a la comercialización de material reciclado, generan hasta un máximo del 10% de rechazos con respecto al

100% del material que ingresa a la bodega. En ningún caso se generan rechazos superiores al 15%. Esta cantidad se encuentra dentro del rango estimado por la Comisión de Regulación de Agua Potable y Saneamiento Básico (CRA), que establece un máximo de material de desperdicio del 20% para que los usuarios accedan al incentivo a la separación a la fuente, equivalente al 4% del valor de los componentes de recolección y transporte y de disposición final en la tarifa.

b) Ubicación y cantidad de bodegas y estaciones de clasificación y aprovechamiento: La ubicación de los establecimientos dedicados al comercio de reciclaje en la zona urbana del municipio, obedece a una dinámica natural del negocio y en ningún momento a un proceso planificado, hecho que se evidencia en la distribución geográfica de éstos (Figura 7).

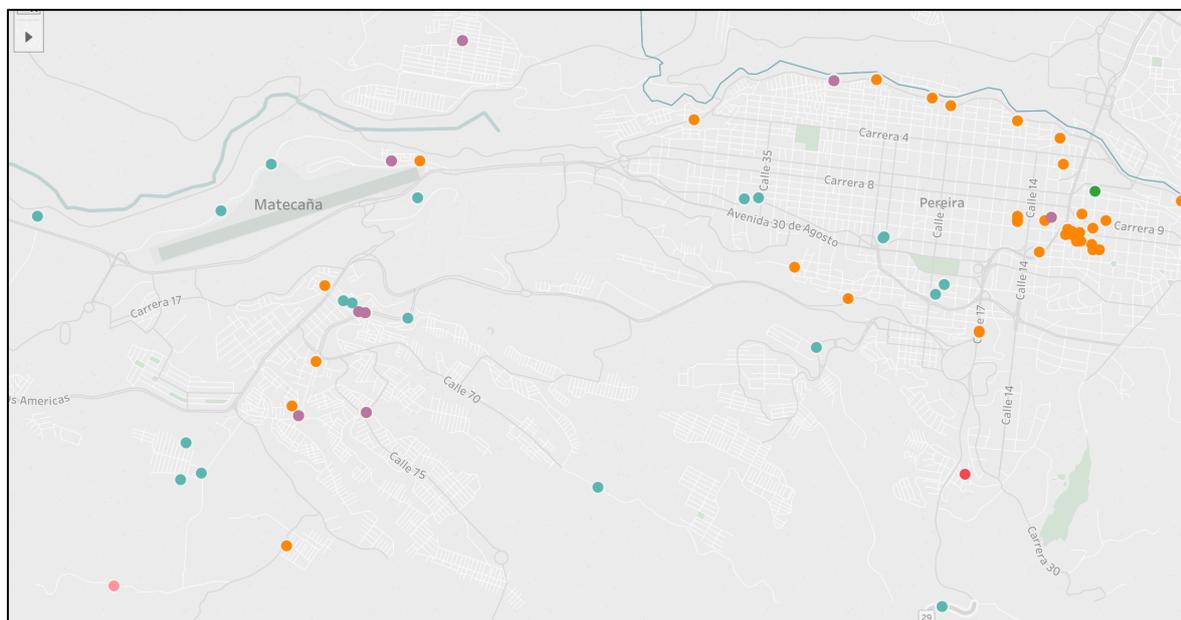


Figura 7. Ubicación bodegas de reciclaje en la zona Urbana de Pereira. 2017.

Esta distribución permite observar una concentración importante de compradores de material reciclado en la zona del centro y en el barrio Cuba, y poca presencia en los barrios pertenecientes a la zona oriental del área urbana (Comuna Oriente y Villa Santana), los sectores del Poblado II, Samaria, Villa Verde, Comuna Jardín y Belmonte. Esta distribución implica ajustes en la actual dinámica de compra de materiales, ya que los recicladores que realizan su labor en estos sectores de la ciudad se enfrentan a condiciones de ineficiencia operativa y económica, ya que deben recorrer grandes distancias con su material o venderlo a menor precio en la zona donde reciclan.

Durante el año 2017 los recicladores de oficio se integraron a las organizaciones conformadas en torno a los comerciantes que les compran el material recuperado. La Tabla 16 indica el número de bodegas y ECA de cada una de las organizaciones⁹.

Tabla 16. Organizaciones de recicladores de oficio, según número de integrantes, bodegas y ECA. 2017.

Organización	No. De bodegas vinculadas	No. De ECA
Asociación de Recicladores de Pereira y Risaralda (ASORPEREIRA) y Precooperativa Multiactiva Paz y Futuro (COOPAZFU).	2	2

⁹ Según el Decreto 2981 (Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio, 2013) las Estaciones de Clasificación y Aprovechamiento (ECA), son instalaciones técnicamente diseñadas con criterios de ingeniería y eficiencia económica, dedicadas al pesaje y clasificación de los residuos sólidos aprovechables, mediante procesos manuales, mecánicos o mixtos y que cuenten con las autorizaciones ambientales a que haya lugar.

Organización	No. De bodegas vinculadas	No. De ECA
Asociación de Chatarreros y Recuperadores del Medio Ambiente de Risaralda.	81	3
Asociación Ecológica del Eje Cafetero (ECOJE).	38	4
Asociación Comunitaria (EMAUS).	1	1
Asociación de Recicladores de Colombia (AROC).	8	1
Precooperativa Infinity Recycle.	1	1
TOTAL	131	12

c) Condiciones de mercado y precios: La práctica más común es el traslado del material por parte de los recicladores hasta los lugares de comercialización, allí pesan el material y se les paga de acuerdo a los precios definidos para cada material. No existe regulación de precios por instituciones oficiales, ya que se trata de una actividad enmarcada en un negocio de compra y venta, cuyos precios se rigen en una dinámica de oferta y demanda de materiales por el sector industrial. Sin embargo, se evidencia la necesidad de establecer reglas o normas al interior del sector, con el direccionamiento de la administración municipal y de esta manera evitar la manipulación de precios de compra de materiales en casos específicos y proteger al reciclador de oficio.

A continuación se indican los precios promedio de mercado para los materiales reciclables a 2017¹⁰:

- Papeles (\$/kg):
 - Archivo mixto: _____ 50
 - Archivo: _____ 400
 - Directorio (Unidad): _____ 100
 - Revista: _____ 400
 - Periódico: _____ 200
 - Kraft: _____ 100
 - Plegadiza: _____ 40
 - Corrugado (cartón): _____ 220
- Plásticos (\$/kg):
 - (1) PET – Polietileno Teraftalato: _____ 850
 - (2) PEAD – Polietileno de Alta Densidad: _____ 350
 - (4) PEBD – Polietileno de Baja Densidad: _____ 250
 - (6) PS – Poliestireno: _____ 350
- Metales (\$/kg):
 - Chatarra ferrosa: _____ 400
 - Antimonio: _____ 4.200
 - Aluminio - latas bebidas: _____ 3.200
 - Aluminio grueso: _____ 3.200
 - Cobre: _____ 14.500
- Vidrios (\$/kg):
 - Vidrio transparente: _____ 80
 - Vidrio ámbar: _____ 80
 - Vidrio verde (color): _____ 80
- Reciclaje mezclado (\$/kg): _____ 150

Además de estos materiales, los recicladores recuperan otros elementos como:

- Palos de escoba (\$/Unidad): _____ 100

¹⁰Información suministrada por: Asociación de Recicladores de Oficio de Pereira – ASORPEREIRA (2017), Asociación de Chatarreros y Recuperadores del Medio Ambiente de Risaralda (2017), Asociación Ecológica del Eje Cafetero – ECOJE (2017) e Infinity Recycle.

Una práctica de comercialización poco común, pero que se realiza en zonas como Belmonte y Cuba, es la compra del material recuperado sin clasificar por un valor de \$150 el kilo. Esta práctica es adelantada por pequeños comerciantes que terminan de realizar la labor de clasificación en sus bodegas.

d) Restricciones y limitaciones de mercado: Aunque existe mercado para los cuatro tipos de materiales recuperados (papeles, plásticos, vidrios y metales), con el vidrio se presentan épocas de poca demanda por parte de la industria, hecho que afecta su compra en las bodegas, presentándose períodos en que no se compra este material o se reduce considerablemente el precio, siendo poco atractivo para los recicladores. Al igual que en el resto del país, la principal restricción para el reciclaje de materiales está asociado a la ausencia de industrias o actividades productivas que demanden su uso.

A continuación se presenta la lista de materiales que no tienen comercio en el municipio de Pereira: *Plásticos con carga, madera, icopor, panales de huevo, colchones, cubiertos desechables, lapiceros, calculadoras, elementos de caucho, cosméticos, carcasas, textiles, pasta de goma, envases de esmaltes, lomos de cuadernos, llantas, manganeso, vidrio plano, limalla, loza sanitaria (a menos que sean elementos usados pero en buen estado que se puedan vender como de segunda), bandas de motos, cuero, espuma, fibra de vidrio, papel crepe, bombillos, pipas de gas y servilletas, entre otros.*

2.4 Procesos de recolección, transporte y disposición final de RSUOR en el actual servicio público de aseo.

El manejo de los RSUOR que no están siendo aprovechados, es llevado a cabo a través de la prestación del servicio público de aseo por las empresas ATESA de Occidente S.A E.S.P y Aseo Plus S.A E.S.P (Imagen 17).

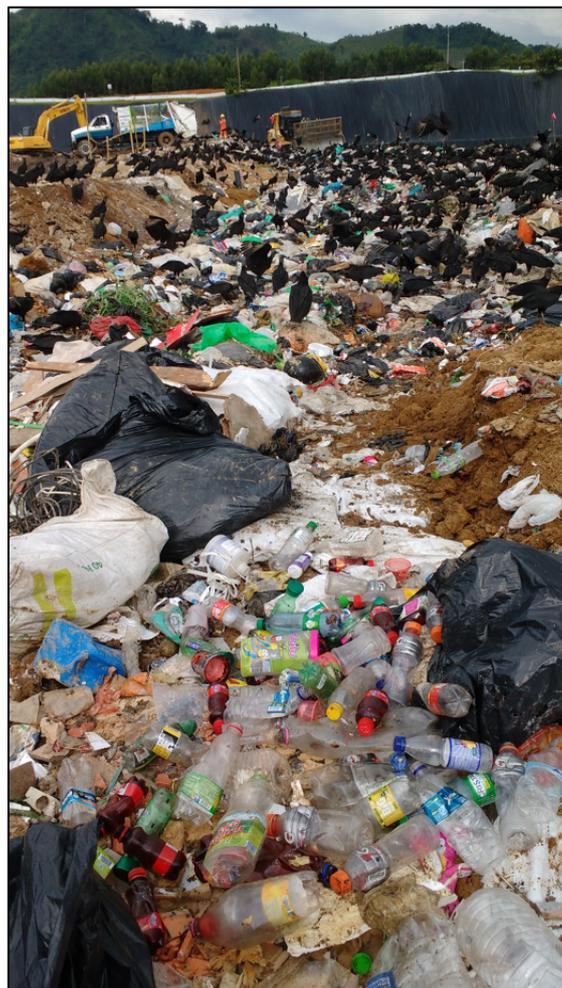


Imagen 17. Manejo de RSUOR no aprovechados en el municipio de Pereira.

Frente al número de suscriptores del sector residencial que para el año de análisis es de 143.740¹¹, la posición dominante la tiene ATESA de Occidente con 133.526 suscriptores (93%) mientras que Aseo Plus tiene 10.214 (7%) de los suscriptores, como se indica en la Tabla 17.

Tabla 17. Número de suscriptores del servicio público de aseo en la zona urbana del municipio de Pereira durante el año 2017, según prestadores y estratos socioeconómicos.

Estrato Socioeconómico	Número de suscriptores				Total	
	ATESA de Occidente*		Aseo Plus**		Número	%
	Número	%	Número	%		
1	22.920	17%	1.187	12%	24.107	17%
2	43.573	33%	2.026	20%	45.599	32%
3	25.603	19%	2.494	24%	28.097	20%
4	21.513	16%	1.737	17%	23.250	16%
5	14.083	11%	1.116	11%	15.199	11%
6	5.834	4%	1.654	16%	7.488	5%
Total	133.526	100%	10.214	100%	143.740	100%
	93%		7%		100%	

Fuente: Alcaldía de Pereira. Planeación Municipal (2017)

En el marco de la prestación del servicio público de aseo estas empresas se dedican, entre otras¹², a las actividades de recolección, transporte y disposición final de residuos sólidos ordinarios no aprovechables, aunque están facultadas jurídicamente para prestar también la actividad de aprovechamiento.

2.4.1 Coberturas, macro y microrutas para la recolección de RSUOR

Las áreas de prestación del servicio en las actividades de recolección y transporte, alcanzan el 100% de la zona urbana. Se resalta el hecho de que la Empresa de Aseo Plus presta el servicio principalmente a usuarios de unidades residenciales cerradas, mientras que ATESA de Occidente hace presencia en todo tipo de unidades habitacionales del sector residencial. Esta condición es importante pues estas empresas, además de ser prestadores potenciales de la actividad de aprovechamiento, seguirán prestando el servicio de recolección y transporte de residuos no aprovechables en las condiciones actuales, razón por la cual su operación se deberá incorporar en el esquema de aprovechamiento que se adopte, ya que la prestación de este servicio marcará la pauta, al menos en las primeras fases del esquema, de la recolección en términos de macro y microrutas, frecuencias, días y horarios.

2.4.2 Frecuencias y horarios de recolección de RSUOR

La recolección de RSUOR se realiza con una frecuencia de dos veces por semana en todas las áreas de prestación del servicio. En cuanto al horario de recolección, el 85% de las microrutas de ATESA de Occidente se atienden en la noche, mientras que Aseo Plus presta el servicio de día en el 100% de sus microrutas. La recolección nocturna en más del 80% del territorio condiciona la labor de los recicladores de oficio, hecho que debe ser tenido en cuenta en la estructuración del esquema de aprovechamiento de RSUOR por parte de la administración municipal.

La anterior dinámica entra en conflicto con la expedición del decreto 840 de 2017 que señala los horarios para los diferentes actividades económicas del municipio, y que prohíbe el funcionamiento de las bodegas de reciclaje y chatarrerías entre las 7 de la noche y las 7 de la mañana. Esta medida restringe la labor de los recicladores de oficio y afecta negativamente los índices de reciclaje en la

¹¹ Información tomada del Fondo de Solidaridad y redistribución del ingreso. Planeación Municipal de Pereira. 2017.

¹² De acuerdo con el Decreto 2981 de 2013, estas empresas prestan el servicio público de aseo en las siguientes actividades: Recolección, transporte, barrido, limpieza de vías y áreas públicas, corte de césped, poda de árboles en las vías y áreas públicas y disposición final.

ciudad, por lo que debe ser revisada ya que un esquema de aprovechamiento con prestación del servicio por parte de los recicladores de oficio, seguramente implicará la recolección nocturna de material aprovechable.

2.4.3 Actividades operativas de recolección y transporte de RSUOR

a) Recolección: La primera actividad en el proceso de recolección de RSUOR es la presentación por parte de los generadores a través dos modalidades:

- **Acera:** Los residuos normalmente son almacenados por los usuarios y ubicados en aceras para su recolección. Normalmente usan bolsas plásticas compradas para este fin (bolsas negras) o bolsas plásticas recicladas provenientes de compras, generalmente bolsas blancas de supermercado. Otra práctica es la ubicación de los residuos en canecas o recipientes plásticos retornables, con el uso de bolsa en su interior por condiciones sanitarias y facilidad de manipulación.

La presentación de residuos en acera se presenta en barrios abiertos y la zona del centro, donde la recolección se realiza puerta a puerta o en esquinas y sitios definidos para la ubicación temporal de los residuos (Foto) . Teniendo en cuenta que los usuarios sacan los residuos con anterioridad, esta práctica representa en ocasiones la formación de puntos críticos que deben ser atendidos por las empresas que prestan el servicio en sus áreas de cobertura y por la alcaldía en casos recurrentes.

- **Unidades de almacenamiento, contenedores y cajas de almacenamiento:** Esta modalidad de presentación existe normalmente en unidades residenciales cerradas, con recolección conjunta de residuos, es decir que no hay recolección puerta a puerta. Consiste en almacenar temporalmente los residuos en sitios cerrados, bajo techo y con condiciones sanitarias controladas. Al igual que los generadores que ubican los residuos en acera para su recolección, éstos también usan bolsas plásticas compradas para este fin o bolsas plásticas recicladas.

b) Transporte: El transporte de residuos hasta el sitio de disposición final se realiza en vehículos compactadores que cumplen con las especificaciones definidas en la norma¹³. Atesa de Occidente cuenta con una flota de 12 vehículos compactadores de 25 yardas cúbicas (14,5 Toneladas de capacidad), mientras que Aseo Plus presta el servicio con dos vehículos compactadores, uno de 25 yardas cúbicas y otro de 13 yardas cúbicas (9 toneladas de capacidad). Según información suministrada por Atesa de Occidente y Aseo Plus, la recolección y transporte de residuos en el municipio tiene asociados las siguientes variables:

- Distancia promedio de recolección de residuos en ruta (km): _____ 39,90
- Distancia promedio de transporte desde y hasta el relleno sanitario (km): _____ 35,58
- Distancia promedio total en recolección y transporte (km): _____ 75,48
- Capacidad vehículos recolectores (Ton): _____ 14,5
- Consumo promedio de combustible (km/Gal): _____ 6

Estas variables fueron tenidas en cuenta como criterio para el cálculo de la huella de carbono asociada a la recolección y transporte de RSUOR. La distancia promedio recorrida por los vehículos desde las áreas de prestación del servicio (APS) hasta el sitio de disposición final, se define a partir del concepto de “centroide” definido por la Comisión de Regulación de Agua Potable y Saneamiento Básico¹⁴.

¹³ Los vehículos recolectores deben cumplir con las especificaciones definidas en el Decreto 2981 de 2013 (Art. 37).

¹⁴ El concepto de “Centroide” está reglamentado en la Resolución 720 de 2015 de la Comisión de Regulación de Agua Potable y Saneamiento Básico – CRA (Art. 9).

2.4.4 Disposición final de RSUOR

La disposición final de los RSUOR se realiza en el relleno sanitario “La Glorita” clasificado en la categoría III¹⁵. Se trata de un relleno regional en la ciudad de Pereira operado por Atesa de Occidente, ubicado en la vereda “La Suecia” Corregimiento de “Combia Baja” en zona rural al noroccidente de la ciudad de Pereira, aproximadamente a 13 km del casco urbano. De acuerdo con el Plan de Manejo Ambiental de este relleno sanitario (ATESA, 2011), su operación se proyecta hasta el 18 de marzo del año 2025, fecha en la cual se estima que cumpla con su vida útil (Tabla 18).

Tabla 18. Vida útil proyectada para el relleno sanitario regional “La Glorita” de Pereira, según capacidad y vida útil. 2017.

Nivel No.	Capacidad (m ³)		Vida útil estimada		
	Por vaso (m ³)	Acumulada (m ³)	meses	Fecha de Inicio	Fecha de cierre
Vaso 6	744.042	744.042	40,2	01-jul-11	03-nov-14
Vaso 7	510.542	1.254.584	27,1	04-nov-14	07-feb-17
Vaso 8	954.993	2.209.577	50	08-feb-17	10-Apr-2021
Domo	920.912	3.130.489	47,2	11-Apr-2021	18-mar-25

Fuente: ATESA de Occidente S.A E.S.P. Plan de Manejo Ambiental relleno sanitario La Glorita (2011).

En este sitio se disponen mensualmente un promedio de 19.980 toneladas de residuos provenientes de 25 municipios, se estima que el 60% proceden de la ciudad de Pereira. Se trata de un relleno sanitario manejado mecánicamente, con ocho zonas de disposición final tipo zanja (vasos), y una novena zona que se conformará a través de un domo sobre las zonas clausuradas. Los aspectos técnicos asociados a la operación del relleno sanitario, se encuentran en el Anexo 14.

2.4.5 Aspectos económicos del manejo de RSUOR

Los aspectos económicos del manejo de los RSUOR, están relacionados con el pago de la tarifa del servicio público de aseo por parte de los suscriptores en las siguientes actividades:

- Comercialización del servicio (CCS).
- Costo de barrido y limpieza (CBL).
- Costo de limpieza urbana (CLUS).
- Costo de recolección y transporte (CRT).
- Costo de disposición final (CDF).
- Costo de tratamiento de lixiviados (CTL).

Durante el año 2017, el costo de estas actividades fue el siguiente¹⁶:

- Costo de Comercialización del servicio (CCS) (\$/Suscriptor):
 - Atesa de Occidente: _____ 2.087
 - Aseo Plus: _____ 1.708
- Costo de recolección y transporte (CRT) (\$/Ton):
 - Atesa de Occidente: _____ 79.110
 - Aseo Plus: _____ 108.786
- Costo de disposición final (\$/Ton): _____ 32.992

Desde el punto de vista económico existe una clara diferencia entre el manejo de RSUOR por parte de los recicladores de oficio (sistema informal) y las empresas que prestan el servicio público de aseo de no aprovechables (sistema formal). Esta diferencia radica en el pago del servicio a través de una tarifa que hacen los generadores a las empresas que manejan los residuos no aprovechables, mientras que

¹⁵ Según el Decreto 1784 de 2017, los rellenos sanitarios de categoría III reciben en promedio entre 500 y 3.000 toneladas diarias (Art.2.3.2.3.10).

¹⁶ Corresponde al valor por suscriptores de estrato 4, que no presentan factores de subsidio ni contribución.

los recicladores de oficio no reciben dicho pago, por lo que su único ingreso es la venta del material reciclado.

2.4.6 Relación entre los patrones de comportamiento por parte de los generadores, con los aspectos operativos, económicos y ambientales del manejo de los RSUOR en el servicio público de aseo

Los patrones de comportamiento de los generadores determinan una estructura con bajos índices de reciclaje y condiciones de marginalidad, exclusión y discriminación de los recicladores de oficio, como consecuencia de un esquema estructurado en función de la prestación del servicio público de aseo de residuos no aprovechables, consolidando históricamente a las empresas que prestan este servicio como el único actor legal ante los generadores de residuos (usuarios del servicio). Esta circunstancia implica la existencia de dos estructuras, una formal y otra informal.

Este hecho se evidencia en la cultura de pago que existe por parte de los usuarios del servicio de aseo de no aprovechables, asociada a la legalidad y posicionamiento histórico de este servicio, soportado en la imagen institucional y empresarial de los prestadores a través de procesos de comercialización consolidados como facturación, líneas de atención al cliente, recepción de peticiones, quejas y recursos, etc; además de contar con una estructura operativa y administrativa que les permite prestar un servicio con calidad, continuidad y cobertura. La buena imagen y percepción de buen servicio por parte de los generadores se evidencia en el 95% de los usuarios encuestados que manifestaron estar entre muy conformes y conformes con la labor de las empresas ATESA de Occidente y Aseo Plus.

Por su parte el aprovechamiento no es considerado por los generadores como una actividad del servicio público de aseo, a pesar de que los recicladores de oficio gozan de legitimidad y reconocimiento por parte de la comunidad, ya que el 73% de los generadores que separan en la fuente le entregan a éstos el material reciclable. Esto significa que en el imaginario de los ciudadanos, la separación en la fuente sigue siendo una actividad voluntaria, y el reconocimiento legal de los recicladores de oficio como personas prestadoras del servicio público de aseo es un hecho que aún se desconoce. Esta condición puede estar relacionada con la resistencia de la mayoría de los usuarios (58,4%) a pagar por la incorporación del aprovechamiento como parte integral del servicio público de aseo.

2.5 Análisis de flujo de los RSUOR en el municipio de Pereira.

La dinámica del flujo de los RSUOR del municipio de Pereira se indica a continuación (Figura 8; Tabla 19), según flujos, generación, composición, aprovechamiento y disposición final.

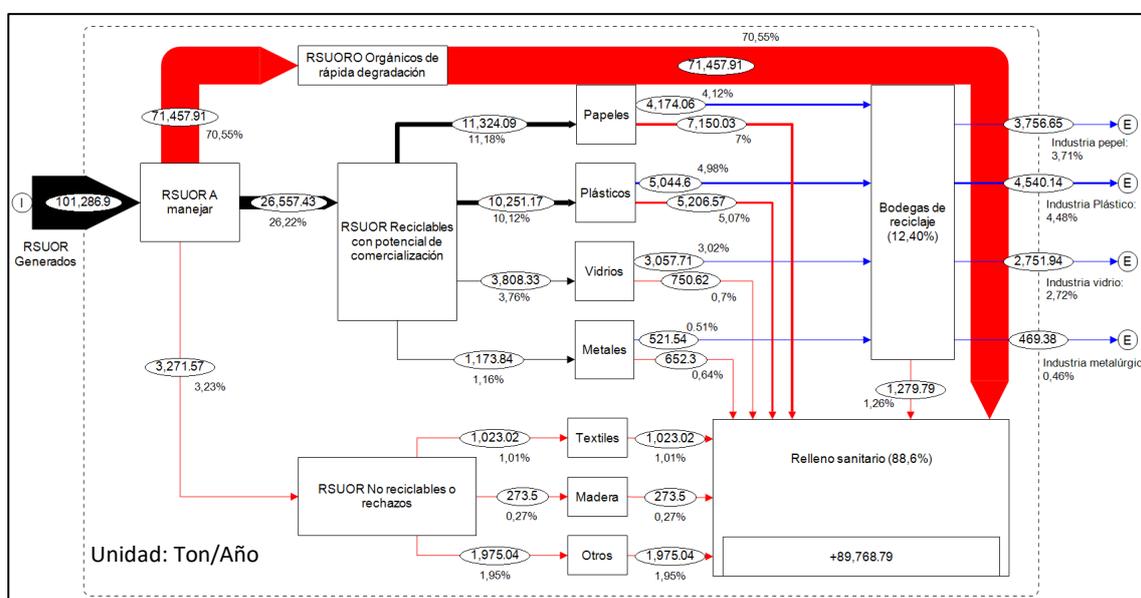


Figura 8. Flujo de los RSUOR en el municipio de Pereira durante el año 2017, según materiales, generación, composición, aprovechamiento y disposición final.

Tabla 19. Manejo de los RSUOR en el municipio de Pereira durante el año 2017, según materiales, generación, composición, aprovechamiento y disposición final.

Material		Generados				Bodegas / Chatarrerías			Aprovechamiento / Industria		Relleno Sanitario					
		Ton/Año		%		Material aprovechado		Material de rechazo	Ton/Año	%	Material no reciclado		Rechazos en Bodegas		TOTAL	
						Ton/Año	%	Ton/Año			Ton/Año	%	Ton/Año	%	Ton/Año	%
Biodegradables		71.457,9	71.457,9	70,55%	70,55%	-	0,0%	-	-	0,0%	71.457,9	70,6%	-	0,0%	71.457,9	70,6%
No biodegradables aprovechables	Papeles	11.324,1	26.557,4	11,18%	26,22%	4.174,1	4,1%	417,4	3.756,7	3,71%	7.150,0	7,1%	417,4	0,4%	7.567,4	7,5%
	Plásticos	10.251,2		10,12%		5.044,6	5,0%	504,5	4.540,1	4,48%	5.206,6	5,1%	504,5	0,5%	5.711,0	5,6%
	Vidrios	3.808,3		3,76%		3.057,7	3,0%	305,8	2.751,9	2,72%	750,6	0,7%	305,8	0,3%	1.056,4	1,0%
	Metales	1.173,8		1,16%		521,5	0,5%	52,2	469,4	0,46%	652,3	0,6%	52,2	0,1%	704,5	0,7%
No biodegradables no aprovechables	Textiles	1.023,0	3.271,6	1,01%	3,23%	-	0,0%	-	-	0,0%	1.023,0	1,0%	-	0,0%	1.023,0	1,0%
	Madera	273,5		0,27%		-	0,0%	-	-	0,0%	273,5	0,3%	-	0,0%	273,5	0,3%
	Otros	1.975,0		1,95%		-	0,0%	-	-	0,0%	1.975,0	1,9%	-	0,0%	1.975,0	1,9%
Total		101.286,9	101.286,9	100%	100%	12.797,9	12,6%	1.279,8	11.518,1	11,4%	88.489,0	87,36%	1.279,8	1,3%	89.768,8	88,6%

*Se estima que el 10% del material recuperado corresponde a desperdicio, es decir, materiales que llegan mezclados con el reciclaje a las bodegas pero que no tiene valor comercial.

El flujo indica un sistema con una estructura ineficiente de manejo de RSUOR en el municipio de Pereira, ya que a pesar de tener un potencial de aprovechamiento del 96,8% (98.015,3 Ton/año) se recupera el 11,4% (11.518,11 Ton/año). Sin embargo, se debe tener en cuenta que esta cifra está marcada por la ausencia de aprovechamiento de RSUOR orgánicos de rápida degradación, que constituyen el 70.6% del flujo de los RSUOR, y que son enviados en su totalidad a disposición final al relleno sanitario “La Glorita”.

Si se analiza el aprovechamiento de los RSUORA con potencial de comercialización como papeles, plásticos, vidrios y metales, con respecto a los índices de generación de esta categoría únicamente, el flujo indica una estructura con un alto nivel de aprovechamiento, ya que los materiales recuperados y reincorporados en la industria corresponden al 43,37% (11.518 Ton/año) de un potencial de aprovechamiento que es de 26.557 Ton/Año. Este índice se debe considerar alto si se tienen en cuenta factores como la ausencia de un esquema oficial de aprovechamiento en la prestación del servicio público de aseo, la ausencia de separación en la fuente como práctica sistemática por parte de los generadores y las condiciones de marginalidad e informalidad en que los recicladores de oficio realizan su labor (Tabla 20).

Tabla 20. Aprovechamiento de RSUORA con potencial de comercialización en el municipio de Pereira durante el año 2017, según tipo de materiales e índices de recuperación.

Material	Generación (Ton/Año)	Aprovechamiento de RSUORA con potencial de comercialización (Ton/Año)	Aprovechamiento con respecto al total de RSUORA generados (%)	Aprovechamiento con respecto a los RSUORA con potencial de comercialización (%)	Aprovechamiento con respecto al potencial de cada tipo de material (%)
Papeles	11.323,88	3.756,17	3,71%	14,14%	33,17%
Plásticos	10.250,23	4.539,97	4,48%	17,09%	44,29%
Vidrios	3.808,39	2.752,09	2,72%	10,36%	72,26%
Metales	1.174,93	469,86	0,46%	1,77%	39,99%
Total	26.557	11.518	11,37%	43,37%	

Frente al aprovechamiento de cada material con respecto a la categoría de los RSUORA con potencial de comercialización, el material más aprovechado en términos de cantidad son los plásticos con 4.540 Ton/Año, seguido por los papeles con 3.756 Ton/Año, vidrios con 2.752 Ton/Año y finalmente metales con 470 Ton/Año.

El índice de reciclaje de cada residuo con respecto a su propio potencial de aprovechamiento, indica que el material más aprovechado son los vidrios con el 72,3% del total generado, seguido por los plásticos con el 44,3%, los metales con el 39,9% y en cuarto lugar los papeles con el 33,2%. Llama la atención el alto índice de aprovechamiento de vidrio, ya que es el material con más restricciones en el mercado y su comercialización.

A partir de los valores promedio de comercialización de los RSUORA con potencial de comercialización en bodegas y chatarrerías, los materiales recuperados durante el año 2017 tienen un valor de \$4.796.056.720, que significaría un ingreso bruto de \$737.717 mensuales¹⁷ para 542 recicladores de oficio. Si se asumiera una distribución equitativa para los 1.124 recicladores de oficio registrados en el censo del 2017 en Pereira, se estimaría entonces un ingreso mensual individual de \$355.580. Esta cifra corresponde al 48% del SMMLV del año 2017 (Tabla 21).

¹⁷ Corresponde al salario mínimo mensual legal vigente (SMMLV) en Colombia para el año 2017, que es tomado como base para el presente estudio.

Tabla 21. Ingreso promedio de los recicladores de oficio del municipio de Pereira, según aprovechamiento de RSUORA con potencial de comercialización y precios de mercado durante el año 2017.

RSUORA con potencial de comercialización	Aprovechamiento de RSUORA con potencial de comercialización (Ton/Año)	Valor promedio en el mercado (\$/Ton)*	Valor del material recuperado en el 2017 (\$/Año)	Ingreso promedio (\$/Reciclador-Año)**
Papeles	3.756,17	219.444	824.270.200	61.111
Plásticos	4.539,97	500.000	2.269.984.500	168.297
Vidrios	2.752,09	80.000	220.167.360	16.323
Metales	469,86	3.153.333	1.481.634.660	109.848
Total	11.518		4.796.056.720	355.580

*Información suministrada por: Asociación de Recicladores de Oficio de Pereira – ASORPEREIRA (2017), Asociación de Chatarreros y Recuperadores del Medio Ambiente de Risaralda (2017), Asociación Ecológica del Eje Cafetero – ECOEJE (2017).

**Teniendo en cuenta una cifra oficial de 1124 recicladores de oficio.

Esta situación se debe principalmente a circunstancias de carácter económico, social, operativo y organizativo, inclusive a la ausencia de un esquema de aprovechamiento que permita mejores condiciones a través de acciones afirmativas, pago de tarifa, separación en la fuente, etc. Al respecto, la Alcaldía de Pereira (2015), realizó un estudio piloto asociado a la presente investigación en 21 barrios de las comunas Universidad, Boston, San Joaquín y Olímpica, y en los centros poblados de Esperanza Galicia, La Bananera y La Florida, que consistió en informar a la comunidad sobre la importancia de realizar separación en la fuente y entregar el material separado a los recicladores de oficio tradicionales de estas zonas, cuya principal característica es la recuperación de materiales a partir de bolsas con residuos mezclados ubicadas en andenes, caminando y con la ayuda de lonas (costales), sin el uso de dispositivos de transporte como carretillas o vehículos motorizados. El estudio permitió evidenciar que el ingreso mensual de estos recicladores era de aproximadamente \$128.956.

2.6 Sistema de indicadores ambientales asociados a la generación y manejo de RSUOR en el municipio de Pereira.

En el Anexo 9 se hace la descripción detallada de la metodología y los resultados del sistema de indicadores asociados a la generación y manejo de RSUOR del municipio de Pereira, y en el anexo 10 (modelo matemático) se encuentran los cálculos que arrojan los resultados expuestos a continuación.

2.6.1 Indicador de Flujo de RSUOR asociado a la generación y manejo de RSUOR (IFR)

El IFR en el municipio de Pereira arroja un resultado con una calificación de 29,2 puntos que ubican a Pereira en un rango medio bajo, según como se indica en la Tabla 22.

Tabla 22. Indicador de Flujo de RSUOR (IFR) en el municipio de Pereira durante el 2017.

Rangos:			
Bajo: 		Medio Bajo: 	Medio Alto: 
≥0 hasta 25 puntos		>25 hasta 50 Puntos	>50 hasta 75 Puntos
			Alto: 
			>75 hasta 100 Puntos
No.	INDICADOR /SUBINDICADORES	Factor de ponderación (%)	Puntaje final
1.	Indicador de Flujo de RSUOR (IFR)		29,2
1.1	Subindicadores de minimización (IMRSUOR)	33%	0
1.2	Subindicadores de aprovechamiento ISRSUOR)	33%	35,9
1.3	Subindicadores de disposición final (IDFRSUOR)	33%	51,8

Este resultado permite observar una estructura de generación y manejo ineficiente con una priorización invertida de los principios de la Economía Circular, ya que el indicador de minimización tiene un puntaje cero, el de aprovechamiento de 35,9 puntos y el de disposición final de 51,8 puntos. Se resalta la inexistencia de un sistema de información riguroso y oficial que permita contar con cifras confiables, principalmente en las actividades de generación y aprovechamiento. La disposición final es el único dato riguroso si se tiene en cuenta que el relleno sanitario cuenta con una báscula que mide la cantidad de material que ingresa al sitio.

El indicador de aprovechamiento muestra como mayor fortaleza la capacidad de aprovechamiento local, representado en el potencial tanto de demanda por la totalidad de los materiales recuperados

como por la posibilidad de mejorar precios de mercado por la reducción de costos de transporte hasta las industrias de procesamiento y transformación. También se puede considerar positivo el indicador de aprovechamiento de RSUORA (papeles, plásticos, vidrios y metales), ya que alcanza 43,4 puntos en condiciones de informalidad y marginalidad de los recicladores de oficio, aislado de la estructura operativa formal del servicio público de aseo.

El indicador de disposición final permite concluir que el sitio de disposición final está bien manejado en cumplimiento de las normas que reglamentan esta actividad en Colombia, por esa razón tiene una puntuación máxima. Sin embargo, aunque en condiciones ideales a este sitio deberían llegar 3.272 Ton/Año de RSUOR, durante el año base del presente trabajo se dispusieron 89.767 Ton/Año, lo que representa un puntaje bajo de esta variable (3,6 puntos). Teniendo en cuenta que estos dos indicadores se ponderaron con el mismo peso (50%), el resultado global es medio alto, con 51,8 puntos.

2.6.2 Indicador de Basura Cero asociado a la generación y manejo de RSUOR (IBC)

El indicador de BC en el municipio de Pereira arroja un resultado de 10,59 puntos que lo ubica en un rango bajo, indicando nuevamente una estructura ineficiente (Tabla 23).

Tabla 23. Indicador de Basura Cero (IBC) en el municipio de Pereira durante el 2017.

Rangos:			
	Bajo: 	Medio Bajo: 	Medio Alto: 
	≥0 hasta 25 Puntos	>25 hasta 50 Puntos	>50 hasta 75 Puntos
			Alto: 
			>75 hasta 100 Puntos
Indicador / Sub indicador	Calificación	Factor de normalización	Puntaje final
Indicador Basura Cero (BC)	0,1059	100	10,59
Sustitución de material virgen por aprovechamiento de RSUOR (Ton/Año)	10.726,16		
Generación total de RSUOR (Ton/Año)	101.286,9		

No se encontraron referencias de medición de este indicador en ciudades de Colombia ni Latinoamérica. Sin embargo, se encontró su aplicación en las ciudades de San Francisco (EEUU), Adelaida (Australia) y Estocolmo (Suecia), con resultados de 51, 23 y 17 respectivamente¹⁸ (Zaman y Lehmann, 2013). Comparando estos resultados con el del municipio de Pereira (10,59), se observa una aproximación al indicador obtenido en Estocolmo. Esta aproximación puede estar asociada al hecho de que en Pereira se recicla el 43,37% de RSUORA (papeles, plásticos, vidrios y metales) generados, mientras que en Estocolmo se recupera el 31% de estos mismos materiales, y el resto es sometido a incineración y disposición final. Analizando el indicador de BC de estas dos ciudades (Pereira y Estocolmo) desde los principios de la economía circular, se puede afirmar que el elemento común es la predominancia en ambos casos de estructuras que privilegian un fin de vida sin aprovechamiento, ya que en Pereira se dispone en el relleno sanitario el 88,6% de los residuos y en Estocolmo se incinera el 59% de los residuos y el 9% es dispuesto en relleno sanitario, es decir el 68%.

En el municipio de Pereira, el aprovechamiento de 11.518 Ton/Año de RSUORA (papeles, plásticos, vidrios y metales), representa la sustitución de 10.726 Ton/Año de material virgen, la reducción en el consumo de energía de 336.840 GJHV/Año y la reducción en el consumo de agua de 9.701 m³/Año (Tablas 24 y 25). Aunque el indicador de BC permite estimar la reducción de gases efecto invernadero en términos de Ton.eq.CO₂/Año, esta variable fue incorporada en el indicador de emisiones que se analiza a continuación.

¹⁸ Estos son valores normalizados en la categoría de 1 a 100. Los valores de la referencia bibliográfica son de 0,51; 0,23 y 0,17.

Tabla 24. Índice de “Basura Cero” en la ciudad de Pereira durante el 2017.

Tipo de manejo	Corriente de residuo	Cantidad de RSUOR según tipo de manejo (Ton/Año) (A)	Factor de eficiencia de sustitución de material virgen (%) (B)		Factor de sustitución potencial de energía por aprovechamiento (GJLHV/Ton. Material) (C)		Factor de reducción potencial de emisiones por aprovechamiento (D) (Ton. Eq. CO ₂ /Ton. Material)		Factor de reducción de consumo de agua por aprovechamiento (E) (m ³ H ₂ O/Ton. Material)		Sustitución de material virgen por aprovechamiento de RSUOR (Ton/Año) (A*B)	Reducción del consumo de energía por aprovechamiento de RSUOR (GJLHV/Año) (A*C)	Reducción de emisiones por aprovechamiento de RSUOR (Ton. Eq. CO ₂ /Año)	Reducción del consumo de agua por aprovechamiento de RSUOR (KL/Año) (A*E)	Índice de Basura Cero	
			Mínimo	Máximo	Mínimo	Máximo	Mínimo	Máximo	Mínimo	Máximo						
Reciclaje	Orgánicos	-	0,60	0,65	0,18	0,47	0,25	0,75	0,44	-	-	-	-	0,1059	10,59	
	Papeles	3.756,2	0,84	1,00	6,33	10,76	0,60	3,20	2,91	3.455,67	32.096	7.137	10.930			
	Plásticos	4.540,0	0,90	0,97	38,81	64,08	0,95	1,88	-11,37	4.244,87	233.559	6.424	-51.619			
	Vidrios	2.752,1	0,90	1,00	6,07	6,85	0,18	0,62	2,3	2.614,49	17.779	1.101	6.330			
	Metales	469,9	0,79	0,96	36,09	191,42	1,40	17,80	5,97	181,77	411,13	53.449	4.511	44.106		
Total reciclaje		11.518,1														
Relleno sanitario	Otros	89.768,8	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
TOTAL		101.286,9								10.726,16	336.883	19.172	9.747			

Factores tomados de: Zaman, A., Lehman, S. (2013). The zero waste index: a performance measurement tool for waste management systems in a “zero waste city”. Journal of Cleaner Production. 50 (2013), 123-132.

Fuente: Adaptada de Zaman y Lehmann, 2013.

Tabla 25. Sustitución y reducción potencial de materia virgen, consumo de energía, emisiones y consumo de agua por aprovechamiento de RSUOR en el municipio de Pereira durante el 2017.

Corriente de residuo	Cantidad de RSUOR generados (Ton/Año)	Sustitución potencial de material virgen por aprovechamiento de RSUOR (Ton/Año)	Reducción potencial de consumo de energía por aprovechamiento de RSUOR (GJLHV/Año)	Reducción potencial de emisiones por aprovechamiento de RSUOR (Ton. Eq. CO ₂ /Año)	Reducción potencial de consumo de agua por aprovechamiento de RSUOR (KL/Año)
Orgánicos	71.457,9	44.661,2	23.223,8	35.729,0	31.441,5
Papeles	11.323,9	10.418,0	96.762,5	21.515,4	32.952,5
Plásticos	10.250,2	9.584,0	527.323,3	14.504,1	- 116.545,2
Vidrios	3.808,4	3.618,0	24.602,2	1.523,4	8.759,3
Metales	1.174,9	1.028,1	133.653,9	11.279,3	110.290,5
Otros	3.271,6	-	-	-	-
Total	101.286,9	69.309,2	805.565,8	84.551,1	66.898,6

2.6.3 Indicador de Huella de Carbono asociada a la generación y manejo de RSUOR (IHC)

Los resultados arrojan un impacto ambiental de 468.183,5 Ton.Eq.CO₂ anuales asociado a la estructura actual de manejo de RSUOR, que equivalen a una generación de 4,62 Ton.eq.CO₂ por cada tonelada de residuo manejado. El mayor impacto corresponde a la etapa de obtención de materias primas y producción de bienes de consumo que dieron origen a dichos residuos, con 276.859,9 Ton.eq.CO₂/Año (59,13% de la HC total). En segundo lugar se encuentra la disposición final en el relleno sanitario “La Glorita” con 190.522,3 Ton.eq.CO₂/Año (40,69% de la HC total¹⁹). Durante el período de análisis (año 2017) no se realizó quema de biogás en el relleno sanitario (flameado de chimeneas), lo que hubiera significado una reducción del 76% en las emisiones de GEI en esta etapa.

Llama la atención que la fase de recolección y transporte de RSUOR representa el 0,17% de la HC total (801,2 Toneq.CO₂/Año) originadas en las emisiones de los vehículos recolectores de las empresas que prestan el servicio público de aseo de no aprovechables. Cabe destacar que la recolección de los residuos aprovechables por parte de los recicladores de oficio se realiza principalmente caminando, por lo que no se estima su influencia en la HC de la actividad de recolección y transporte. El aprovechamiento de materiales como papeles, plásticos, vidrios y metales representa una reducción en la HC de 22.919 Toneq.CO₂/Año, aportando una reducción del -4,7% de la huella total y del 8% de la HC en la etapa de obtención de materias primas y producción de bienes de consumo por la reducción del consumo de material virgen. (Tabla 26 y Figuras 9 y 10). En el municipio de Pereira no se realiza tratamiento con fines de aprovechamiento de RSUORO (biodegradables), convirtiendo a este residuo en el de mayor impacto, ya que la descomposición de los residuos biodegradables y el tratamiento de lixiviados en el relleno sanitario representan el 40,58% de la HC total (190.006 Toneq.CO₂/Año).

Tabla 26. Impacto ambiental en términos de Huella de Carbono asociado al manejo de los RSUOR del municipio de Pereira durante el 2017, según etapas de ciclo de vida.

Aspectos asociados a la generación de GEI, según etapas	HC (Ton. eq.CO ₂ /Año)	%
Obtención de materias primas y producción de bienes de consumo que forman parte del flujo de RSUOR (de la cuna a la puerta)	299.778,9	64,03%
- GEI Producción alimentos	58.186,3	12,43%
- GEI Producción papel	199.980,1	42,71%
- GEI Producción plástico	27.880,6	5,96%
- GEI Producción vidrio	6.664,7	1,42%
- GEI Producción metales	7.067,2	1,51%
Recolección y transporte de RSUOR hasta su fin de vida	801,2	0,17%
- Emisiones de CO ₂ vehículos recolectores	800,4	0,17%
- Emisiones de CH ₄ vehículos recolectores	0,1	0,00%
- Emisiones de N ₂ O vehículos recolectores	0,8	0,00%
Fin de vida RSUOR aprovechados	-22.919,0	-4,90%
- Emisiones de GEI por reciclaje de biodegradables	-	0,00%
- Reducción GEI por reciclaje de papeles	-12.019,7	-2,57%
- Reducción GEI por reciclaje de plásticos	-8.535,1	-1,82%
- Reducción GEI por reciclaje de vidrios	-1.706,3	-0,36%
- Reducción GEI por reciclaje de metales	-657,8	-0,14%
Fin de vida RSUOR no aprovechados (Incineración)	-	0,00%
- Emisiones por incineración de papeles	-	0,00%
- Emisiones por incineración de plásticos	-	0,00%
- Emisiones por incineración de madera	-	0,00%
- Emisiones por incineración de textil	-	0,00%

¹⁹ La HC en la etapa de disposición final, se estimó a partir de las emisiones asociadas a la descomposición de residuos biodegradables, tratamiento de lixiviados, operación de maquinaria y consumo de energía eléctrica.

Aspectos asociados a la generación de GEI, según etapas	HC (Ton. eq.CO ₂ /Año)	%
- Emisiones por incineración de otros residuos	-	0,00%
Fin de vida de RSUOR no aprovechados (Disposición final en relleno sanitario)	190.522,3	40,69%
- Emisiones de CH ₄ en biogás por descomposición de residuos biodegradables	149.661,4	31,97%
- GEI del tratamiento de lixiviados (sistema anaeróbico)	40.344,2	8,62%
- Emisiones de CO ₂ asociadas a la operación de maquinaria en el relleno sanitario	503,1	0,11%
- Emisiones de CH ₄ asociadas a la operación de maquinaria	0,1	0,00%
- Emisiones de N ₂ O asociadas a la operación de maquinaria	0,5	0,00%
- GEI asociados al consumo de energía eléctrica (oficinas, PTARND y estación de lavado)	13,1	0,00%
HUELLA DE CARBONO TOTAL (Ton. Eq. CO₂/Año)	468.183,5	
REDUCCIÓN DE LA HC POR APROVECHAMIENTO (Ton. Eq. CO₂/Año)	-22.919,0	-4,9%

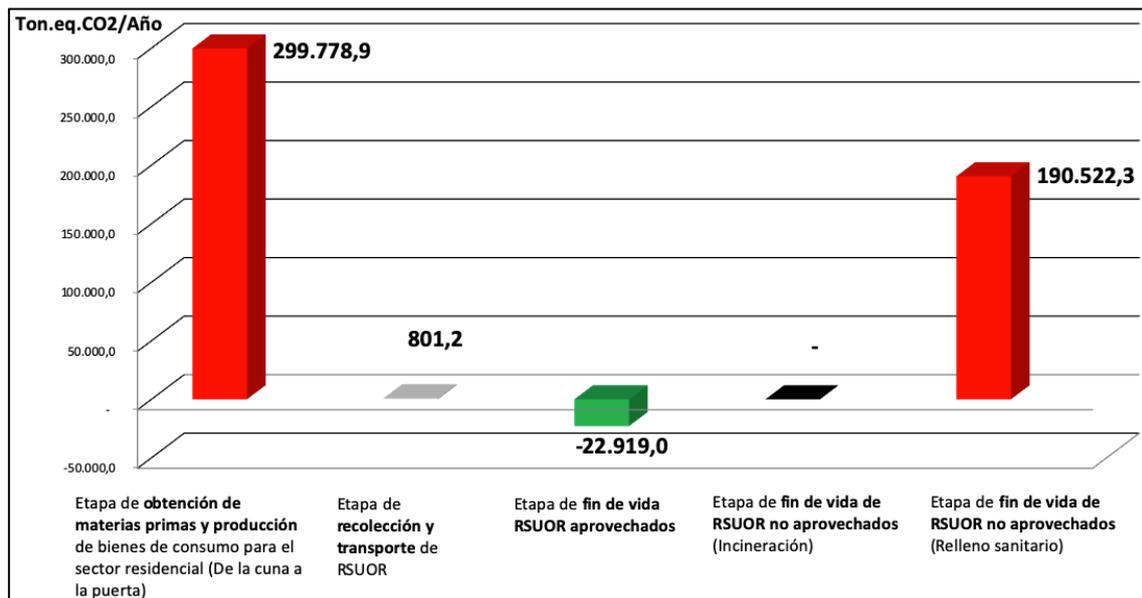


Figura 9. Impacto ambiental en términos de Huella de Carbono asociado al manejo actual de RSUOR en el municipio de Pereira durante el 2017, según etapas de ciclo de vida.

Entrada	Cantidad	Unidad	Etapa	Salida	Cantidad	Unidad	
Materias primas y recursos naturales			Obtención de materias primas y producción de bienes de consumo obsoletos que forman parte del flujo de RSUOR (de la cuna a la puerta)	Empaques y bienes de consumo obsoletos del sector residencial (RSUOR potenciales)	101.286,9	Ton/Año	HC con aprovechamiento (Ton. Eq. CO ₂ /Año)
				GEI Producción alimentos	58.186,3	Ton. Eq. CO ₂ /Año	58.186,3
				GEI Producción papel	199.980,4	Ton. Eq. CO ₂ /Año	187.960,4
				GEI Producción plástico	27.880,6	Ton. Eq. CO ₂ /Año	19.345,5
				GEI Producción vidrio	6.664,7	Ton. Eq. CO ₂ /Año	4.958,4
				GEI Producción metales	7.067,2	Ton. Eq. CO ₂ /Año	6.409,4
				Total materias primas y manufactura	299.778,9	Ton. Eq. CO₂/Año	276.859,9
Empaques y bienes de consumo obsoletos del sector residencial		Ton	Uso (consumo) de productos en el sector residencial	Generación de RSUOR:			
				Biodegradables	71.457,9	Ton/Año	
				Papeles	11.323,9	Ton/Año	
				Plásticos	10.250,2	Ton/Año	
				Vidrios	3.808,4	Ton/Año	
				Metales	1.174,9	Ton/Año	
				Otros	3.271,6	Ton/Año	
				Total generación de RSUOR	101.286,9	Ton/Año	
Combustible (ACPM - Diesel) recolección y transporte RSUOR no aprovechados	77.883,9	Gal/Año	Recolección y transporte de RSUOR hasta su fin de vida (aprovechamiento, tratamiento y disposición final)	Emisiones de GEI por recolección y transporte de RSUOR hasta su fin de vida			
				Emisiones de CO ₂ vehic. recolect.	800,4	Ton. Eq. CO ₂ /Año	
				Emisiones de CH ₄ vehic. recolect.	0,1	Ton. Eq. CO ₂ /Año	
				Emisiones de N ₂ O vehic. recolect.	0,8	Ton. Eq. CO ₂ /Año	
				Total emisiones por recolección y transporte RSUOR	801,2	Ton. Eq. CO₂/Año	
RSUOR:			Fin de vida RSUOR aprovechados	Reducción de emisiones de GEI por aprovechamiento de RSUOR			
Biodegradables	-	Ton/Año		Emisiones de GEI por tratamiento de biod.	-	Ton. Eq. CO ₂ /Año	
Aprovechamiento aeróbico	-	Ton/Año		Tratamiento aeróbico (compostaje)	-	Ton. Eq. CO ₂ /Año	
Aprovechamiento anaeróbico	-	Ton/Año		Tratamiento anaeróbico (digestión)	-	Ton. Eq. CO ₂ /Año	
Papeles recuperados	3.756,2	Ton/Año		Emisiones de GEI por reciclaje de papeles	-12.019,7	Ton. Eq. CO ₂ /Año	
Plásticos recuperados	4.540,0	Ton/Año		Emisiones de GEI por reciclaje de plásticos	-8.535,1	Ton. Eq. CO ₂ /Año	
Vidrios recuperados	2.752,1	Ton/Año		Emisiones de GEI por reciclaje de vidrios	-1.706,3	Ton. Eq. CO ₂ /Año	
Metales recuperados	469,9	Ton/Año		Emisiones de GEI por reciclaje de metales	-657,8	Ton. Eq. CO ₂ /Año	
				Total reducción de emisiones por reciclaje de RSUOR	-22.919,0	Ton. Eq. CO₂/Año	
RSUOR:			Fin de vida RSUOR no aprovechados (Incineración)	Emisiones de GEI por incineración de RSUOR			
Papeles a incinerar	-	Ton/Año		Emisiones por incineración de papeles	-	Ton. Eq. CO ₂ /Año	
Plásticos a incinerar	-	Ton/Año		Emisiones por incineración de plásticos	-	Ton. Eq. CO ₂ /Año	
Madera a incinerar	-	Ton/Año		Emisiones por incineración de madera	-	Ton. Eq. CO ₂ /Año	
Textil a incinerar	-	Ton/Año		Emisiones por incineración de textil	-	Ton. Eq. CO ₂ /Año	
Otros residuos a incinerar	-	Ton/Año		Emisiones por incineración de otros residuos	-	Ton. Eq. CO ₂ /Año	
				Total emisiones por incineración de RSUOR	-	Ton. Eq. CO₂/Año	
RSUOR:			Fin de vida RSUOR no aprovechados (Disposición final en relleno sanitario)	Emisiones de GEI por disposición final de RSUOR			
Biodegradables	71.457,9	Ton/Año		Emisiones de CH ₄ en biogas por descomposición de residuos biodegradables	149.661,4	Ton. Eq. CO ₂ /Año	
Papeles	7.567,7	Ton/Año		GEI del tratamiento de lixiviados (sistema anaeróbico)	40.344,2	Ton. Eq. CO ₂ /Año	
Plásticos	5.710,3	Ton/Año		Emisiones de CO ₂ maquinaria	503,1	Ton. Eq. CO ₂ /Año	
Vidrios	1.056,3	Ton/Año		Emisiones de CH ₄ maquinaria	0,1	Ton. Eq. CO ₂ /Año	
Metales	705,1	Ton/Año		Emisiones de N ₂ O maquinaria	0,5	Ton. Eq. CO ₂ /Año	
Otros	3.271,6	Ton/Año		GEI asociados al consumo eléctrico	13,1	Ton. Eq. CO ₂ /Año	
Combustible maquinaria (Diesel B-10)	48.956,0	Gal/Año		Total emisiones por disposición final	190.522,3	Ton. Eq. CO₂/Año	
Energía eléctrica	66.504,0	kWh/Año					
Lixiviado a tratar	57.268,0	m ³ /Año					

Figura 10. Impacto ambiental en términos de huella de carbono asociado al actual manejo de los RSUOR del municipio de Pereira durante el 2017, según etapas del ciclo de vida.

Las acciones más relevantes para reducir el impacto ambiental derivado del actual manejo de RSUOR deben estar enfocadas al aprovechamiento de residuos biodegradables y a reducir la generación de residuos. Ante un escenario hipotético del reciclaje del 100% de los materiales aprovechables (biodegradables, papeles, plásticos, vidrios y metales), la HC se reduciría de 4,85 a 2,4 Ton.eq.CO₂/Ton.RSUOR, es decir en un 51% con respecto a la HC total. Por su parte la reducción en la generación de residuos representaría una reducción directa de las emisiones (100%) de la HC, ratificando la importancia del principio de la Economía Circular de “diseñar para la prevención de residuos” (Ellen MacArthur Foundation, 2013).

El cálculo del indicador de HC se enfocó en la reducción de emisiones asociadas a la minimización, el aprovechamiento y la disposición final de RSUOR. El resultado arrojó un valor de 36,7 puntos que ubican a Pereira en un rango medio bajo (Tabla 27). Como ya se mencionó, este resultado se debe principalmente a la ausencia de aprovechamiento de RSUOR (orgánicos de rápida degradación).

Tabla 27. Indicador de huella de carbono (IHC) asociado a la generación y manejo de RSUOR en el municipio de Pereira durante el 2017.

Rangos: Bajo:  Medio Bajo:  Medio Alto:  Alto: 

>0 hasta 25 puntos >25 hasta 50 Puntos >50 hasta 75 Puntos >75 hasta 100 Puntos

No.	INDICADORES /SUBINDICADORES	Calificación	Factor de ponderación (%)	Puntaje final
3.	Indicador de emisiones (Huella de Carbono - IHC)			36,7
3.1	Subindicador de HC por minimización en la generación de RSUOR (IHCM)	0	20%	-
3.2	Subindicador de HC por aprovechamiento de RSUOR (IHCA)	39,9	40%	15,9
3.3	Subindicador de HC por manejo de RSUOR (IHCMN)	51,9	40%	21

2.6.4 Indicador de Reciclaje Inclusivo asociada a la generación y manejo de RSUOR (IRI)

2.6.4.1 Dimensión normativa

Este indicador permite evaluar la capacidad y efectividad institucional local para hacer efectivos los procesos de aprovechamiento de residuos con inclusión de los recicladores de oficio, a través de un marco legal municipal, la asignación y ejecución de un presupuesto adecuado a las realidades y necesidades propias, y la continuidad de políticas municipales que trasciendan los periodos administrativos y brinden estabilidad a los procesos de inclusión. En él se incorporan los siguientes cuatro indicadores; a) Normatividad sobre gestión de residuos, b) Integración de recicladores de base, c) Generación de información y salud pública y d) Aspectos ambientales. El resultado de esta dimensión arroja un puntaje de 51,16 para el municipio de Pereira, que la ubica en un rango medio alto (Tabla 28).

Tabla 28. Indicadores de la dimensión normativa del IRI en el municipio de Pereira, 2017.

Rangos: Bajo:  Medio Bajo:  Medio Alto:  Alto: 

>0 hasta 25 puntos >25 hasta 50 Puntos >50 hasta 75 Puntos >75 hasta 100 Puntos

INDICADORES / SUBINDICADORES	Factor de ponderación (%)	Puntaje final
4. INDICADOR DE RECICLAJE INCLUSIVO		51,16
4.1 DIMENSIÓN NORMATIVA	33,33%	58,33
4.1.1 Normativa sobre gestión de residuos	25%	25
4.1.2 Integración del reciclador de base	25%	58,33
4.1.3 Generación de información	25%	50
4.1.4 Salud pública y el medio ambiente	25%	100

Normativa sobre gestión de residuos: Indica una situación deficiente con un rango bajo (25 puntos), cuyas deficiencias se encuentran en la ausencia de un marco legal municipal específico para la gestión de residuos orientado al reciclaje y la inclusión de los recicladores de oficio y sus organizaciones, y en la necesidad de mejorar la continuidad de las políticas municipales frente al reciclaje inclusivo en procesos que trasciendan los periodos administrativos de la Alcaldía Municipal.

Integración del reciclador de base: Se encuentra en un rango medio alto con una calificación de 58,33 puntos. Como aspectos positivos se destacan la existencia de un censo actualizado de recicladores de oficio, el reconocimiento legal de la ocupación de los recicladores como prestadores del servicio público de aseo y jornadas de formación en competencias laborales, donde han podido participar algunos integrantes de las organizaciones existentes. Como aspectos a mejorar se observan la vinculación formal de los recicladores de oficio a la prestación del servicio público de aseo, mejorar la articulación institucional para evitar acciones aisladas por parte de entidades públicas y tener un plan de formación y capacitación concertado y proyectado para la totalidad de los recicladores de oficio en el marco de la transición de cinco años (8 fases) definidas por el gobierno nacional en el Decreto 596 de 2016 (Tabla 29).

Tabla 29. Fases para la formalización progresiva de los recicladores de oficio en Colombia, según Decreto 596 de 2016.

FASE	TOPICO	ASPECTO
Fase 1: Momento cero	Registro	Registro único de prestadores (RUPS)
Fase 2: Primer mes	Técnico	Definir el área de Prestación
	Técnico	Registro Toneladas Transportadas
	Técnico	Registro Toneladas área de prestación
	Comercial	Registro Toneladas Aprovechadas
	Comercial	Registro Factura de comercialización de material aprovechable
	Técnico	Registro de Estaciones de Clasificación y Aprovechamiento (ECAS)
	Técnico	Registro vehículos para el transporte
Fase 3: Segundo mes	Comercial	Condiciones uniformes del servicio público de aseo (CCU)
Fase 4: Doceavo mes	Comercial	Portafolio de Servicios
	Administrativo	Plan de Fortalecimiento Empresarial
	Comercial	Base de datos de usuarios
	Comercial	Página web
Fase 5: Segundo año	Técnico	Registro de calibración Básculas
	Técnico	Supervisores y sistemas de control operativo
	Técnico	Programa de Prestación del Servicio
Fase 6: Tercer año	Administrativo	Personal por categoría de empleo
	Técnico	Microrutas de recolección
	Administrativo	Certificación de competencias laborales
Fase 7: Cuarto año	Comercial	Registro de peticiones, quejas y recursos (PQR)
	Técnico	Planes de emergencia y contingencia
Fase 8: Quinto año	Financiero	Información Financiera
	Técnico	Mapa del área de prestación en sistema de referencia MAGNA-SIRGAS

Fuente: Tomado del Decreto 596 de 2016. Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio, 2016).

Otro aspecto a mejorar es la participación activa de los generadores de RSUO, a partir de acciones como la separación en la fuente y el otorgamiento del incentivo a la separación en la fuente (DINC²⁰), que siguen ausentes en el actual esquema.

Generación de información: Se encuentra en un rango medio bajo con 50 puntos. Los aspectos a mejorar están relacionados con la creación de un sistema de información que sirva como herramienta de planificación y medición de la efectividad del aprovechamiento y los procesos de inclusión. En este sentido se identifica como único elemento de este sistema de información el censo de recicladores, que fue actualizado en el año 2017 por la administración municipal a través de la Empresa de Aseo de Pereira. Frente a las campañas de comunicación para fomentar el reciclaje inclusivo, no se evidencia un proceso sistemático y articulado con las organizaciones de recicladores de oficio, con el fin de incorporarlos como parte del proceso y dirigido a las comunidades donde estas organizaciones hacen presencia.

Salud pública y medio ambiente: Tiene la más alta calificación (100 puntos). Al respecto la administración realiza control permanente de puntos críticos y eliminación de éstos, en asocio con los prestadores del servicio público de aseo de no aprovechables. Con las Autoridades ambiental y de salud se realiza control sobre la manipulación o comercio de residuos o desechos peligrosos en establecimientos de compra y venta de reciclaje.

El estudio realizado por The Economist Intelligence Unit (2017), involucra el cálculo del índice de reciclaje inclusivo para 12 ciudades de Latinoamérica; Sao Pablo, Bueno Aires, Bogotá, Lima, Santa Cruz, Montevideo, Quito, Santiago de Chile, Ciudad de México, Asunción, San José y Ciudad de Belice. Al comparar el índice de la dimensión normativa de Pereira con estas ciudades,

²⁰ Existe el incentivo a la separación en la fuente (DINC), definido por la CRA en la Resolución 720 (2015), Art.34.

ésta queda ubicada en la quinta posición por encima del promedio (46,3 puntos), como se indica a continuación:

1. Sao Paulo	70,3
2. Buenos Aires	65,1
3. Bogotá	62,5
3. Lima	62,5
5. Pereira	58,3
6. Santa Cruz	52,1
7. Montevideo	43,2
8. Quito	42,2
9. Santiago de Chile	39,1
10. Ciudad de México	33,9
11. Asunción	32,8
12. San José	26,0
13. Belice	15,6
Promedio	46,4

Fuente: The Economist Intelligence Unit, 2017.

2.6.4.2 Dimensión organizativa

Este indicador, que permite evaluar la capacidad y dinámica de las organizaciones de recicladores de oficio tanto para la asociatividad como para la comercialización de los materiales recuperados, arroja una calificación de 51,67 puntos que lo ubica en la categoría de medio alto (Tabla 30).

Tabla 30. Indicadores de la dimensión organizativa, del IRI en el municipio de Pereira, 2017.

Rangos:		Bajo:	Medio Bajo:	Medio Alto:	Alto:
		>0 hasta 25 puntos	>25 hasta 50 Puntos	>50 hasta 75 Puntos	>75 hasta 100 Puntos
INDICADORES / SUBINDICADORES		Factor de ponderación (%)	Calificación final		
4. INDICADOR DE RECICLAJE INCLUSIVO			51,16		
4.2 DIMENSIÓN ORGANIZATIVA		33,33%	51,67		
4.2.1 Asociatividad		50%	70,00		
4.2.2 Organizaciones comerciales		50%	33,33		

Asociatividad: El municipio de Pereira se encuentra en un rango medio alto con 70 puntos. Aunque se destaca como aspecto positivo en el nivel de asociatividad la existencia de seis organizaciones que están en condiciones de integrar a la totalidad de recicladores de oficio. Al momento de realizar el presente estudio el número de recicladores organizados alcanzaba una cifra inferior al 10%. Al respecto la Alcaldía de Pereira tiene la responsabilidad de promover la formalización de los recicladores de oficio a través de acciones afirmativas como capacitación y el otorgamiento de aportes bajo condición.

Organizaciones comerciales: Se encuentran en un nivel medio bajo con una calificación de 33,3 puntos. Esta calificación indica la baja capacidad comercial que tienen las organizaciones de recicladores de oficio, ya que trabajan de manera desarticulada entre ellas y sin conformar una agremiación que las proteja de situaciones como la manipulación de precios, o las restricciones para la comercialización de algunos materiales en ciertas épocas del año, según la demanda del sector industrial o la manipulación del mercado por parte de mayoristas. A lo anterior se suma el bajo poder de decisión de los recicladores en la cadena de valor del reciclaje, y la ausencia de oportunidades para acceder a mecanismos de financiamiento.

Al comparar el indicador de la dimensión organizativa de Pereira con algunas ciudades capitales de Latinoamérica, ésta queda en el cuarto lugar empatada con Ciudad de México y por encima del promedio (42,9 puntos), como se indica a continuación:

1. Buenos Aires	79,4
2. Bogotá	70,0
3. Sao Pablo	68,9
4. Pereira	51,7
4. Ciudad de México	51,7
5. Lima	46,7
6. Quito	46,7
7. Santa Cruz	46,7
8. Santiago de Chile	34,4
9. Montevideo	33,3
10. Asunción	28,3
11. Belice	-
12. San José	-
Promedio	42,9

Fuente: The Economist Intelligence Unit, 2017.

2.6.4.3 Dimensión de mercado

El resultado de esta dimensión es de 43,49 puntos que la ubican en un rango medio bajo (Tabla 31).

Tabla 31. Indicadores de la dimensión de mercado del IRI en el municipio de Pereira, 2017.

Rangos:		
Bajo: >0 hasta 25 puntos	Medio Bajo: >25 hasta 50 Puntos	Medio Alto: >50 hasta 75 Puntos
		Alto: >75 hasta 100 Puntos
INDICADORES	Factor de ponderación (%)	Calificación final
4. INDICADOR DE RECICLAJE INCLUSIVO		51,16
4.3 DIMENSIÓN MERCADO	33,33%	43,49
4.3.1 Condiciones de acceso y almacenamiento de residuos	25%	20,83
4.3.2 Condiciones para la comercialización de material reciclable	25%	78,57
4.3.3 Ingreso de los recicladores de base	25%	24,55
4.3.4 Condiciones de trabajo de los recicladores de base	25%	50

Condiciones de acceso y almacenamiento de residuos: Es un aspecto crítico con 20,83 puntos (nivel medio bajo), que se ve reflejado en los bajos ingresos de los recicladores. Esta circunstancia puede estar asociada al hecho de que el acceso al material se realiza de manera informal en los puntos donde los generadores presentan los residuos para su recolección, sin la existencia de un esquema de formal de recolección diferenciada. Una vez recuperado el material, los lugares más comunes de clasificación son los espacios públicos y los mismos lugares donde se realiza la recuperación. Las organizaciones de recicladores de oficio carecen de maquinaria que le otorgue valor al material, como compactación y embalaje para optimizar su almacenamiento.

Condiciones para la comercialización de material reciclable: Como aspecto positivo se destaca la existencia de industrias de papel, plástico y vidrio a nivel local, y dos industrias metalúrgicas a nivel regional, con capacidad de comprar el 100% de estos materiales, lo que garantiza (a excepción del vidrio) un mercado permanente para el material recuperado. Con respecto a la diferencia de los precios del material recuperado en las bodegas de reciclaje y la industria transformadora, existe en promedio una diferencia del 43%, que hace pensar en la posibilidad de buscar alternativas de venta directa de los materiales por parte de los recicladores a la industria. Sin embargo, el sistema actual presenta un encadenamiento propio de una dinámica de mercado natural que ha llevado a la autoorganización del sistema comercial de los materiales recuperados, con una relación fuerte entre recicladores y comerciantes de reciclaje.

Ingreso de los recicladores de base: Es uno de los aspectos negativos de mayor relevancia, ya que este componente alcanza una puntuación medio baja con una calificación de 24,55 puntos. La relación del valor del material recuperado con el número de recicladores de oficio registrados

en el censo odficial, permite estimar un ingreso promedio de \$301.723 mensuales, equivalentes al 41% del salario mínimo mensual legal vigente del año base del presente estudio²¹. Esta circunstancia está asociada a la condición de informalidad de esta comunidad, cuyo único ingreso corresponde a la venta del material recuperado. Durante el trabajo de campo se hizo evidente que la mayor sensación de inconformidad de los recicladores es el bajo ingreso, que no corresponde con el gran esfuerzo que representa su labor.

Condiciones de trabajo de los recicladores de base: Se destaca la ausencia de trabajo infantil como hecho positivo en la actual dinámica, y como aspecto negativo la ausencia de enfoque de género que obliga a las mujeres recicladoras a desarrollar su labor en las mismas condiciones operativas que los hombres sin ninguna distinción, enfrentándolas al mismo esfuerzo físico en las actividades de recuperación y transporte de materiales. Al respecto, el esquema de aprovechamiento deberá incorporar esta circunstancia brindando a las mujeres recicladoras oportunidades de continuar participando de la cadena de valor en actividades acordes a sus potencialidades, capacidad y liderazgo.

Al comparar el indicador de la dimensión de mercado de Pereira con algunas ciudades capitales de Latinoamérica, ésta queda en el octavo lugar por debajo del promedio (49,41 puntos), según se indica a continuación:

1. Buenos Aires	92,0
2. Sao Pablo	72,1
3. Bogotá	62,9
4. Santiago de Chile	55,4
5. Lima	52,1
6. Ciudad de México	50,5
7. Santa Cruz	47,8
8. Pereira	43,5
9. Montevideo	41,2
10. Belice	36,6
11. Quito	34,9
12. Asunción	27,4
13. San José	26,0
Promedio	49,41

Fuente: *The Economist Intelligence Unit, 2017.*

2.6.5 Indicador de Aspectos Sociales y Económicos asociados a la generación y manejo de RSUOR (IASE)

El resultado de este indicador arroja un valor de 18,6 puntos que ubica a Pereira en un rango bajo (18,6 puntos) (Tabla 32), evidenciando al igual que con los anteriores indicadores una estructura ineficiente originada por la desarticulación entre las partes interesadas como instituciones públicas, generadores de residuos, recicladores de oficio y empresas prestadoras del servicio público de aseo.

²¹ En Colombia para el año 2017 (año base del presente estudio) el salario mínimo mensual legal vigente fue de \$737.717.

Tabla 32. Indicador de Aspectos Sociales y Económicos (IASE) del IRI en el municipio de Pereira, 2017.

Rangos:				
Bajo: 		Medio Bajo: 	Medio Alto: 	Alto: 
>0 hasta 25 puntos		>25 hasta 50 Puntos	>50 hasta 75 Puntos	>75 hasta 100 Puntos
No.	INDICADORES /SUBINDICADORES	Calificación	Factor de ponderación (%)	Puntaje final
5.	Indicador de Aspectos Socioeconómicos (IASE)			18,6
5.1	Subindicador de empleabilidad y reciclaje formal en la prestación del servicio público de aseo	15,6	16,67%	2,6
5.2	Subindicador de formalización de los recicladores de oficio	6,0	16,67%	1,0
5.3	Subindicador de acciones afirmativas en favor de las organizaciones de recicladores de oficio	40	16,67%	6,7
	Número de acciones afirmativas adelantadas en favor de los recicladores de oficio (No.)	2		
5.4	Subindicador de separación en la fuente	49,9	16,67%	8,3
5.5	Subindicador de reglamentación de la separación en la fuente.	-	16,67%	-
5.6	Subindicador de suscriptores beneficiados por aplicación del incentivo a la separación en la fuente	-	16,67%	-

Subindicador de empleabilidad y reciclaje formal en la prestación del servicio público de aseo:

El bajo puntaje de este aspecto (15,6) se debe a que durante el año base (2017), solamente 62 recicladores de oficio de los 1124 inscritos en el censo oficial de la Alcaldía, realizó su labor en condiciones de formalidad. Este puntaje constituye una línea base que debe ser comparada con la situación al finalizar el periodo de cinco años de transición otorgado en el Decreto 596 de 2016 a través de 8 fases para la consolidación de las organizaciones de recicladores de oficio como prestadores del servicio público de aseo en la actividad de aprovechamiento. Las otras 113 personas que hacen parte de este indicador son los empleados de las empresas del servicio público de aseo de no aprovechables, que realizan labores operativas en las actividades de recolección, transporte y disposición final de RSUOR, como empleados formales de estas empresas.

Subindicador de formalización de los recicladores de oficio: Este indicador se encuentran en un rango bajo (6,0 puntos) representado en la baja capacidad organizativa de la comunidad de recicladores de oficio, cuya consecuencia inmediata es la dificultad para formalizarse y cumplir con los lineamientos definidos por el gobierno nacional. Este indicador ratifica la importancia que tienen las acciones afirmativas y el apoyo institucional para formalizar y mejorar la capacidad organizativa de esta comunidad.

Subindicador de acciones afirmativas: Este indicador ubica a Pereira en un rango medio bajo con 40 puntos, debido a que las acciones afirmativas se han concentrado en la capacitación de los recicladores de oficio a través del SENA y el apoyo para su fortalecimiento administrativo y operativo. Sin embargo, están ausentes acciones afirmativas definitivas como aportes bajo condición y la adopción de un esquema de aprovechamiento que los incorpore prioritariamente en la prestación del servicio público de aseo. El puntaje se debe a que se han ejecutado dos de las cinco acciones afirmativas evaluadas en la metodología.

Subindicador de separación en la fuente: Este indicador es el más alto de este grupo con 49,9 puntos. Esto significa que el 49,9% de la población realiza separación de residuos en la fuente con fines de aprovechamiento, circunstancia que es coherente con el indicador de aprovechamiento de materiales como papeles, plásticos, vidrios y metales (43,37%). Dicha situación puede indicar una relación o vínculo fuerte (aunque informal) entre los generadores y los recicladores de oficio, que a su vez conduce a una dinámica natural informal de aprovechamiento de residuos como uno de los principales rasgos de la actual estructura.

Subindicador de reglamentación de la separación en la fuente: Presenta una calificación de cero (0) debido a que no se ha reglamentado la separación en la fuente como una práctica obligatoria para los generadores.

Subindicador de suscriptores beneficiados por aplicación del incentivo a la separación en la fuente: Presenta un puntaje de cero (0) debido a que en Pereira no se ha reglamentado la separación en la fuente en la estructura operativa del servicio público de aseo, por lo que no se está aplicando el incentivo para esta práctica. La alta tasa de separación en la fuente obedece a una conducta voluntaria por parte de los generadores.

2.6.6 Índice Agregado de Economía Circular asociado a la generación y manejo de RSUOR (IAEC)

Una vez consolidados los indicadores propuestos y verificado su relación y coherencia con los principios de la EC y el sistema de indicadores propuesto por (COTEC, 2017), se calculó el índice agregado de EC asociado a la generación y manejo de RSUOR que ubica a la ciudad de Pereira en un nivel de circularidad medio bajo, con un puntaje de 29,2 (Tabla 33 y Figura 11).

Tabla 33. Índice Agregado de Economía Circular (IAEC) asociado a la generación y manejo de RSUOR en el municipio de Pereira en el 2017, según indicadores.

Rangos:		Bajo: ■	Medio Bajo: ■	Medio Alto: ■	Alto: ■
		>0 hasta 25 puntos	>25 hasta 50 Puntos	>50 hasta 75 Puntos	>75 hasta 100 Puntos
Índice	Ponderación	Puntaje actual	Indicador EC		
Indicador de flujo de RSUOR (IFR)	20%	29,2	29,3		
Indicador Basura Cero (IBC)	20%	10,6			
Indicador de emisiones totales (Huella de Carbono - HC) (IHC)	20%	36,7			
Indicador de Reciclaje inclusivo (IRI)	20%	51,2			
Indicador de aspectos socioeconómicos (IASE)	20%	18,6			

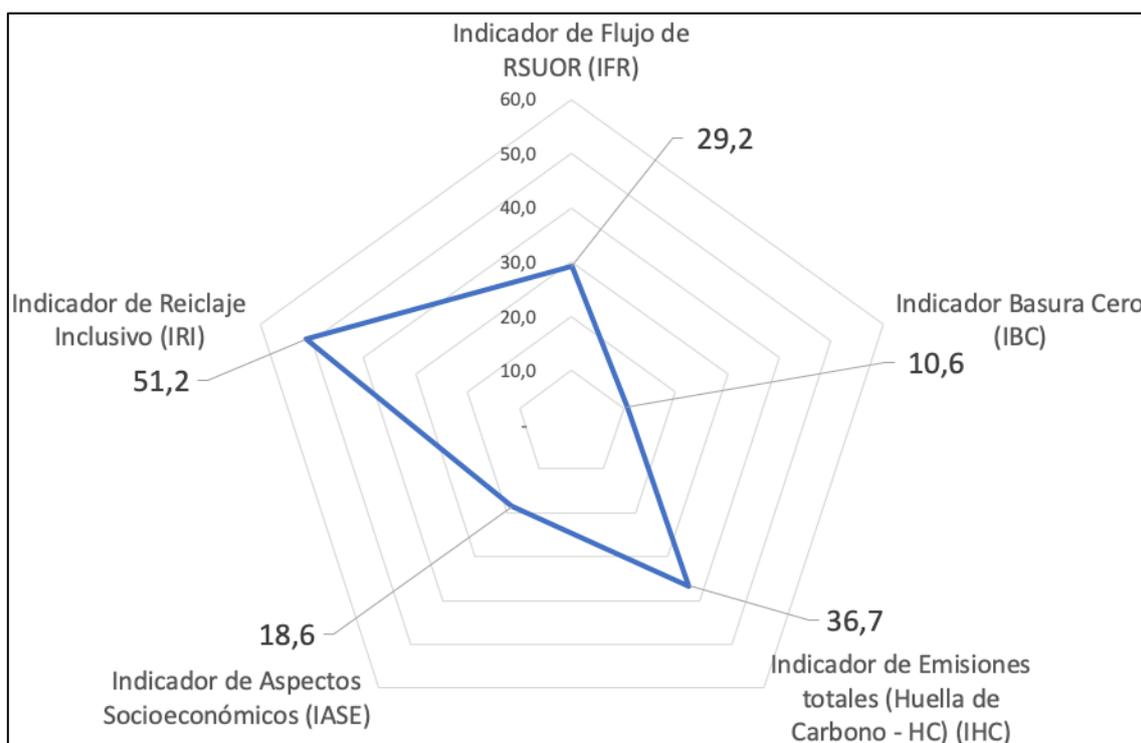


Figura 11. Sistema de indicadores de Economía Circular (EC) asociado a la generación y manejo de RSUOR en el municipio de Pereira en el año 2017.

Rangos:		Bajo: ■	Medio Bajo: ■	Medio Alto: ■	Alto: ■
		>0 hasta 25 puntos	>25 hasta 50 Puntos	>50 hasta 75 Puntos	>75 hasta 100 Puntos

El resultado muestra una estructura ineficiente con retos importantes desde aspectos socioeconómicos y reciclaje inclusivo. Si se analiza la dinámica ambiental asociada a la generación y manejo de RSUOR desde aspectos biofísicos, a partir de los indicadores de IFR, IBC

e IHC, se aprecia un sistema de alto impacto ambiental, cuyos rasgos más importantes son la ausencia de prácticas de minimización en la generación de residuos, bajos índices de reciclaje y un flujo de residuos bajo una estructura formal que prioriza la disposición final. Los aspectos positivos se encuentran en el aprovechamiento de residuos no biodegradables o de lenta degradación con potencial de comercialización (RSUORA) como papeles, plásticos, vidrios y metales (43,37% con respecto a su potencial de aprovechamiento), a pesar de la ausencia de una estructura formal y oficial de aprovechamiento.

Frente a la dinámica ambiental desde factores socioeconómicos y de reciclaje inclusivo a partir de los indicadores de IRI e IASE, se observa una estructura igualmente ineficiente, cuyos rasgos más importantes son la ausencia de políticas locales que promuevan la minimización en la generación de RSUOR y de un esquema oficial y formal que dirija y reglamente efectivamente procesos de separación en la fuente, recolección selectiva y aprovechamiento, en detrimento de la operación por parte de los recicladores de oficio, sus ingresos y la condición humana de esta comunidad en el contexto de su labor. El reciclaje inclusivo muestra un escenario con avances importantes en la dimensión normativa en cuanto al reconocimiento de los recicladores y de su oficio, pero con vacíos en la reglamentación local a través de un esquema de aprovechamiento y su inclusión formal y efectiva en la prestación del servicio público de aseo.

CAPÍTULO III. EVALUACIÓN DE ALTERNATIVAS QUE CONDUZCAN A LA MINIMIZACIÓN DE IMPACTOS AMBIENTALES ASOCIADOS AL ACTUAL MANEJO DE RSUOR EN EL MUNICIPIO DE PEREIRA

3.1 Alternativas para mejorar el manejo en la fuente de RSUOR

El análisis del sistema indica una estructura ineficiente de separación en la fuente de RSUOR, asociada principalmente a la ausencia de programas continuos y sistemáticos de educación ambiental a generadores y la inexistencia de un sistema formal de aprovechamiento. Frente a lo anterior se identificaron las siguientes alternativas que conduzcan a las transformaciones definidas por las partes interesadas:

- Existencia de un sistema formal de separación en la fuente asociado a la prestación del servicio público de aseo.
- Existencia de un programa continuo de educación ambiental dirigido a generadores de RSUOR, que incorpore la necesidad y la importancia de separar los RSUOR en la fuente.
- Poner en conocimiento de los generadores de RSUOR el concepto de separación en la fuente.
- Poner en conocimiento de los generadores la variación en la tarifa del servicio público de aseo, por incluir la actividad de aprovechamiento.
- Considerar la separación en la fuente, como una actividad obligatoria por parte de los generadores de RSUOR.
- Definir y exigir a los generadores la separación en la fuente por categorías de RSUOR, de acuerdo a condiciones y posibilidades operativas del sistema.
- Entregar los RSUOR separados en la fuente a los recicladores de oficio organizados, según lineamientos legales y condiciones propias de esta comunidad en el municipio de Pereira.

Con estas alternativas se espera lograr transformaciones permitan estructurar un sistema eficiente de manejo en la fuente de RSUOR, que haga que los generadores separen en la fuente los RSUOR (aprovechables y no aprovechables), mediante procesos de educación ambiental y un sistema formal de recolección selectiva, para reducir los impactos ambientales e incluir formalmente a los recicladores de oficio.

Existencia de un sistema formal de separación en la fuente asociado a la prestación del servicio público de aseo: La ausencia de un sistema operativo formal de separación en la fuente y recolección selectiva asociados a la prestación del servicio público de aseo, se constituye en la principal razón para que los generadores no adelanten de manera sistemática la actividad de separar en la fuente los materiales aprovechables, ya que el 82% de los generadores que no separan en la fuente, manifiestan no hacerlo porque “el vehículo recolector se lleva todo junto”. Por esta razón, la alternativa propuesta es:

- Consolidar, por parte de la Administración Municipal, un sistema operativo formal de recolección selectiva por parte de los prestadores del servicio público de aseo.
- Exigir a los generadores la separación en la fuente, transformando la percepción actual de una acción voluntaria a una acción obligatoria incorporada en su cultura.

Existencia de un programa continuo de educación ambiental dirigido a generadores de RSUOR, que incorpore la importancia de la separación en la fuente: El desconocimiento del concepto de separación en la fuente por parte de los generadores, y la necesidad de entender esta práctica como el punto de partida en un sistema integral y articulado de aprovechamiento, hacen pensar en las siguientes alternativas:

- Estructurar y ejecutar un programa continuo de educación ambiental dirigido a los generadores de RSUOR.

- Direccionar y ejecutar el programa de educación ambiental a través de la Administración Municipal, con la supervisión del Grupo Coordinador del Plan Municipal de Gestión Integral de Residuos Sólidos (PGIRS) y la participación de los prestadores del servicio público de aseo de no aprovechables y aprovechables (recicladores de oficio organizados).
- Garantizar que este programa tenga una condición permanente y trascienda los periodos administrativos de la alcaldía, para evitar reducirlo a campañas de educación ambiental vulnerables a prácticas de corrupción o interrupción de procesos.

Poner en conocimiento de los generadores de RSUOR el concepto de separación en la fuente: De acuerdo a las limitaciones presupuestales que impiden una cobertura total en el programa de educación ambiental de aprovechamiento de RSUOR, se plantean las siguientes alternativas:

- Adelantarlo en el marco de un proceso de transitoriedad.
- Priorizar los estratos 1 y 4 que son los que menos separación en la fuente realizan (32,8% y 42,3% respectivamente), seguidos por los estratos 2 y 3 que tienen índices de separación en la fuente de 54,7% y 47,3% respectivamente, y en último lugar de prioridad los estratos 5 y 6 que presentan índices de separación en la fuente de 62,3% y 56,3% respectivamente.

Poner en conocimiento de los generadores la variación en la tarifa del servicio público de aseo, por incluir la actividad de aprovechamiento: La variación en la tarifa del servicio público de aseo como consecuencia de la prestación de la actividad de aprovechamiento es uno de los aspectos de mayor desconocimiento, tanto para los usuarios del servicio como para los funcionarios de las instituciones encargadas de direccionar los programas de aprovechamiento e inclusión de los recicladores de oficio. En este sentido la alternativa es:

- Hacer claridad frente al incremento en la tarifa del servicio en el municipio de Pereira, que corresponde al 30% del costo de comercialización del servicio (CCS).
- Enfatizar el incremento en la tarifa en los programas de educación ambiental, con el fin de romper el mito de una reducción en la tarifa por separar en la fuente, soportado en el hecho de que se trata de un servicio que implica obligaciones tanto de los prestadores del servicio como de los generadores, que deben entregar sus residuos bajo unas condiciones mínimas en términos de frecuencias, horarios y presentación, tal como lo han hecho tradicionalmente con los residuos no aprovechables.
- La mayor resistencia a pagar más por incorporar el servicio de aprovechamiento en el servicio público de aseo se presenta en los estratos bajos.

Considerar la separación en la fuente, como una actividad obligatoria por parte de los generadores de RSUOR: Un sector importante de la población (41%) considera que la separación en la fuente debe ser una actividad voluntaria, lo cual compromete la eficiencia del sistema de aprovechamiento. Por esta razón se plantea:

- Tomar como elemento fundamental del programa de educación ambiental su enfoque hacia la separación en la fuente como un compromiso por parte de los generadores.
- Resaltar el impacto social y ambiental que esta acción representaría en la actual estructura de generación y manejo de RSUOR.
- Resaltar como aspecto positivo el hecho de que a pesar de existir una estructura formal de prestación del servicio público de aseo sin separación en la fuente como una acción obligatoria por parte de los generadores, el 49,9% de ellos adelantan esta práctica.

Definir y exigir a los generadores la separación en la fuente por categorías de RSUOR, de acuerdo a condiciones y posibilidades operativas del sistema: Las condiciones sociales y operativas de la estructura del actual sistema de generación y manejo de RSUOR, hace pensar en la necesidad de una transición hacia la separación en la fuente de los tres flujos de materiales según su potencial de aprovechamiento, a partir de las siguientes alternativas:

- Para el corto plazo (próximos 4 años): entregar los RSUOR separados en la fuente en dos categorías:
 - **Categoría 1:**
 - RSUORA: Residuos aprovechables con potencial de comercialización (papeles, plásticos, vidrios y metales).
 - **Categoría 2:**
 - RSUORO: Residuos orgánicos de rápida degradación susceptibles de aprovechamiento a través de tratamiento aeróbico o anaeróbico.
 - RSUORNA: Residuos no aprovechables y sin demanda en el mercado (textiles, madera y otros).
- Para el mediano plazo (a partir del año 4): entregar los RSUOR separados en la fuente en tres categorías:
 - **Categoría 1:**
 - RSUORA: Residuos aprovechables con potencial de comercialización (papeles, plásticos, vidrios y metales).
 - **Categoría 2:**
 - RSUORO: Residuos orgánicos de rápida degradación susceptibles de aprovechamiento a través de tratamiento aeróbico o anaeróbico.
 - **Categoría 3:**
 - RSUORNA: Residuos no aprovechables y sin demanda en el mercado (textiles, madera y otros).

Entregar los RSUOR separados en la fuente a los recicladores de oficio organizados, según lineamientos legales y condiciones propias de esta comunidad en el municipio de Pereira:

- Existe consenso entre las partes interesadas que la recolección de los RSUORA (papeles, plásticos, vidrios y metales) debe ser realizada por esta comunidad y para su beneficio, previo cumplimiento de las condiciones operativas, organizacionales y administrativas definidas en las normas. Aunque los recicladores de oficio no cuentan con la capacidad operativa, organizativa, administrativa ni económica para prestar el servicio público de aseo en la actividad de aprovechamiento, en condiciones de calidad, continuidad y cobertura, se reconocen los pronunciamientos de la Corte Constitucional y los lineamientos definidos en el marco normativo que reglamenta la prestación del servicio público de aseo en Colombia, como elementos adicionales que consolidan y soportan dicho consenso.
- Para garantizar el acceso cierto y efectivo de los recicladores de oficio al material reciclable (papeles, plásticos, vidrios y metales), se debe superar la restricción que se le impone a éstos en algunos conjuntos residenciales, donde se les exigen contraprestaciones o el pago de riesgos laborales como condiciones para acceder al material.
- Incorporar en el programa de educación, actividades dirigidas específicamente a los administradores de los conjuntos residenciales, resaltando la importancia que tiene la inclusión de los recicladores de oficio y la prioridad que se debe dar a éstos en los procesos de aprovechamiento de materiales reciclables. Frente al pago de riesgos laborales, estos recursos pueden proceder de dos fuentes, una puede ser por parte de la administración municipal a partir de la asignación de recursos en el marco de las acciones afirmativas, o se pueden obtener a partir de los ingresos recibidos por las organizaciones de recicladores de oficio en el cobro de la tarifa, en el marco del fortalecimiento organizacional.

3.2 Alternativas para mejorar el manejo de RSUORA (papeles, plásticos, vidrios y metales).

3.2.1 Alternativas para mejorar la recolección, clasificación y transporte de RSUORA – Residuos con potencial de comercialización (papeles, plásticos, vidrios y metales).

El análisis del sistema indica una estructura ineficiente de recolección, clasificación y transporte de RSUORA con potencial de comercialización (papeles, plásticos, vidrios y metales), asociada principalmente a la ausencia de un sistema formal de recolección selectiva de materiales aprovechables y no aprovechables, que articule la labor de los recicladores de oficio. Frente a lo anterior se identificaron alternativas que conduzcan a las siguientes transformaciones definidas por las partes interesadas:

- Contar con un esquema operativo adecuado para la recolección de residuos aprovechables.
- No condicionar la recolección de los materiales aprovechables a la recolección de los residuos no aprovechables.
- Realizar la labor de los recicladores de oficio en condiciones de eficiencia y seguridad.
- Eliminar la generación de puntos críticos como consecuencia de la labor de los recicladores de oficio.
- Recuperación de la totalidad de materiales aprovechables por parte de los recicladores de oficio.
- Optimizar el transporte de los materiales aprovechables hasta los sitios de acopio y comercialización por parte de los recicladores de oficio.

Con estas transformaciones se espera contar con un sistema eficiente de recolección, clasificación y transporte de RSUORA (papeles, plásticos, vidrios y metales), que hace que se recuperen los materiales aprovechables, mediante un proceso articulado con los prestadores del servicio de no aprovechables, para incluir formalmente a los recicladores de oficio y reducir los impactos ambientales en el sitio de disposición final.

Contar con un esquema operativo adecuado para la recolección de residuos aprovechables: De acuerdo a lo expresado por las partes interesadas y a las condiciones operativas en que se lleva a cabo el aprovechamiento de materiales, se deben adelantar las siguientes alternativas:

- Contar con un esquema formal que defina rutas, frecuencias, horarios, categorías de separación en la fuente y mecanismos de entrega de materiales aprovechables y no aprovechables a cada prestador del servicio.
- Este esquema deberá ser formulado y adoptado por la administración municipal en condiciones de progresividad, exigiendo y verificando su cumplimiento por parte de los generadores y los prestadores del servicio público de aseo en la actividad de aprovechables y no aprovechables.
- Considerar la inclusión de los recicladores de oficio como condición prioritaria, de acuerdo al mandato de la Corte Constitucional a través de sus sentencias y del direccionamiento del gobierno nacional a través de los ministerios de Vivienda, Ciudad y Territorio y de Medio Ambiente, cuyos lineamientos definen la prestación del servicio aprovechamiento en el marco del reciclaje inclusivo. Al respecto las partes interesadas están de acuerdo con dicha prioridad y se muestran dispuestas a participar un esquema con estas características.
- Gradualidad en la cobertura de recolección de residuos aprovechables, como una necesidad que responde a las limitaciones operativas, administrativas y económicas de los recicladores de oficio, ya que su capacidad no les permite prestar un servicio en condiciones de calidad, continuidad y cobertura. Esto significa que, a diferencia de los residuos no aprovechables, la cobertura en la recolección de RSUORA (papeles, plásticos, vidrios y metales) separados en la fuente se realizará tomando como línea base la cobertura actual por parte de los

recicladores de oficio, hasta alcanzar la cobertura total de acuerdo al cumplimiento de las acciones afirmativas, el fortalecimiento de los recicladores de oficio organizados.

Realizar la recolección de los materiales aprovechables de manera articulada con la recolección de los residuos no aprovechables: Tanto las partes interesadas como la dinámica actual, indican lo siguiente frente a la recolección de los materiales aprovechables:

- Mantener el esquema operativo existente de recolección de residuos no aprovechables en términos de frecuencias, horarios y rutas.
- La actividad de recolección de residuos aprovechables debe ser prestada en función del esquema de recolección de no aprovechables.
- La recolección de los residuos aprovechables debe ser realizada antes de la recolección de los no aprovechables, con una anterioridad no inferior a una hora

Realizar la labor de los recicladores de oficio en condiciones de eficiencia y seguridad: La ineficiencia y la vulnerabilidad de los recicladores de oficio está representada en el bajo ingreso mensual (\$157.778) y la forma rudimentaria como aprovechan los materiales. El 81% realizan su labor con un costal, extrayendo los materiales de bolsas y recipientes ubicados en andenes y espacios públicos para su recolección. Esta labor la realizan de manera visual y por contacto, apretando con las manos las bolsas para sentir su contenido para posteriormente abrirlas y extraer materiales, sin el uso de elementos de protección personal. Se estima que el 23% extraen materiales directamente del vehículo recolector durante su marcha, a pesar de que es una práctica prohibida. Esto indica que el oficio del reciclador es de alto riesgo por estar expuestos a enfermedades, bien sea por contacto con elementos cortopunzantes o patógenos presentes en los residuos, o por las condiciones climáticas a las que están expuestos por tratarse de una labor de calle.

Frente a esta realidad se plantean las siguientes alternativas:

- Realizar el pago de la tarifa por la prestación del servicio público de aseo a los recicladores de oficio y sus organizaciones, en los componentes de recolección y transporte (CRT), aprovechamiento (CDF) y de comercialización del servicio (CCS).
- Adelantar acciones afirmativas por parte de la administración municipal, como el suministro de elementos de protección personal y dispositivos para optimizar su labor (carretillas, motocarros y maquinarias y equipos en bodegas, como embaladoras, básculas, etc.).
- Enfatizar en los programas de educación ambiental a generadores para optimizar la separación en la fuente.
- Garantizar el acceso cierto y efectivo al material reciclable a los recicladores de oficio.
- Encontrar una figura que permita cobertura en riesgos laborales para los recicladores de oficio organizados.

Eliminar la generación de puntos críticos como consecuencia de la labor de los recicladores de oficio: El Plan Municipal de Gestión Integral de Residuos Sólidos (2016) reporta un censo de 418 puntos críticos en la zona urbana. Aunque son múltiples los factores asociados a la existencia de puntos críticos, la dinámica de recuperación de materiales por parte de recicladores de oficio (principalmente habitantes de calle), contribuyen a la existencia de algunos puntos críticos, ya que el 78% de los recicladores terminan de hacer la clasificación del material en andenes y espacios públicos, normalmente canchas, parques, lotes sin uso, esquinas o andenes.

Las alternativas planteadas son las siguientes:

- Incorporar en el esquema de aprovechamiento la actividad de “transbordo de materiales”, que consistiría en garantizar la recolección de la totalidad de materiales recuperados por los recicladores de oficio en lugares previamente definidos, con el fin de transportarlos hasta las Estaciones de Clasificación y Aprovechamiento (ECA).

- Incorporar en el esquema de aprovechamiento la definición de “puntos limpios”, como sitios en los cuales los recicladores de oficio puedan terminar de realizar la hiper-segregación de los materiales aprovechables y dar manejo a los desperdicios generados para su posterior recolección por las empresas de no aprovechables. En estos sitios se haría el transbordo de los materiales o se iniciaría el transporte directo por parte de los recicladores hasta las ECA.
- Establecer la responsabilidad del buen estado de los puntos limpios a los recicladores de oficio.

Recuperación de la totalidad de materiales aprovechables por parte de los recicladores de oficio: Existen preferencias por parte de los recicladores para escoger el material a recuperar, según como se indica a continuación:

- Reciclaje de Papeles:	962 (85,59%) recicladores.
- Reciclaje de plásticos:	897 (79,8%) recicladores.
- Reciclaje de metales:	884 (78,65%) recicladores.
- Reciclaje de vidrio:	599 (53,29%) recicladores.
- Reciclaje de todo tipo de material:	526 (46,8%) recicladores.

La selectividad en los materiales a recuperar genera consecuencias como ineficiencia en los procesos de aprovechamiento, incremento en el desperdicio a generar y el incremento de puntos críticos.

Las alternativas planteadas son las siguientes:

- Mejorar las condiciones operativas para el transporte de los materiales por parte de los recicladores de oficio, teniendo en cuenta que una de las causas de la selectividad es la ausencia de equipos de transporte adecuados, teniendo que priorizar los materiales de mayor valor.
- Garantizar la compra de todos los materiales aprovechables (papeles, plásticos, vidrios y metales) en bodegas de reciclaje y ECA, independiente de la época del año y las condiciones de mercado. Esta condición se puede lograr incorporando a las industrias que transforman cada uno de los materiales.
- Exigir a las organizaciones de recicladores y prestadores del servicio de aprovechamiento de RSUORA que recojan todos los materiales reciclables sin excepción y los comercialicen

Optimizar el transporte de los materiales aprovechables hasta los sitios de acopio y comercialización por parte de los recicladores de oficio: Una de las actividades más rudimentarias y que representan mayor ineficiencia en el aprovechamiento de RSUORA (papeles, plásticos, vidrios y metales) es el transporte del material recuperado hasta los sitios de acopio y comercialización. En Pereira los recicladores de oficio utilizan en promedio 1 hora y 30 minutos durante cada recorrido de la zona de recolección a los sitios de acopio y comercialización. La principal razón es que el 73% realizan esta labor caminando (con el uso de costales), mientras que el 14% utilizan carretilla y el 11% posee vehículos motorizados. Esta circunstancia hace que los recicladores de las zonas periféricas al centro (barrios) solo puedan realizar un desplazamiento diario hasta los lugares donde venden el material, e igualmente los obliga a dejar de recuperar los materiales de menor valor comercial.

Con el fin de transformar esta situación se plantean las siguientes alternativas:

- Ejecución de acciones afirmativas por parte de la administración municipal, enfocadas al fortalecimiento operativo de las organizaciones de recicladores de oficio, mediante la dotación con equipos de recolección y transporte adecuados a las condiciones topográficas y distancias a recorrer.

- Pago correspondiente a la tarifa del componente de comercialización del servicio (CCS) a las organizaciones de recicladores de oficio, cuyos recursos tienen como uno de los destinos el fortalecimiento operativo a través de la dotación.
- Dinamizar y promover los sitios de transbordo de materiales, sin afectar el valor de los materiales recuperados.
- Permitir en el esquema de aprovechamiento, la existencia de puntos de venta satélite (bodegas) que eviten el desplazamiento de los recicladores hasta las ECA.

3.2.2 Alternativas para mejorar el mercado de RSUORA (papeles, plásticos, vidrios y metales), desde aspectos organizacionales.

El análisis del sistema indica una estructura organizacional de recicladores de oficio ineficiente desde aspectos operativos, administrativos y económicos, originada por las condiciones sociales y económicas de los recicladores y la incapacidad institucional de consolidar acciones afirmativas y un esquema formal de aprovechamiento que los incluya efectivamente. Frente a lo anterior se identificaron alternativas que conduzcan a las siguientes transformaciones definidas por las partes interesadas:

- Optimizar las condiciones de comercialización del material recuperado por los recicladores de oficio, a partir del reconocimiento de las dinámicas actuales.
- Mejorar las condiciones organizacionales de los recicladores de oficio, mediante procesos de formación y fortalecimiento de aspectos administrativos y operativos.

Con estas transformaciones se espera contar con un sistema organizacional de recicladores de oficio fortalecido, que permite su inclusión formal en la prestación del servicio público de aseo, mediante procesos de fortalecimiento administrativo, económico y operativo, para incrementar los índices de aprovechamiento de RSUORA (papeles, plásticos, vidrios y metales) y mejorar las condiciones laborales e ingresos de los recicladores.

Optimizar las condiciones de comercialización del material recuperado por los recicladores de oficio: La dinámica de comercialización del material recuperado tiene como principales rasgos un fuerte vínculo entre los recicladores de oficio y los comerciantes de reciclaje, restricciones para la comercialización del material recuperado, y bajos ingresos de los recicladores cuyo único ingreso está asociado a la venta del material recuperado. Las partes interesadas identifican como alternativas para lograr transformaciones positivas las siguientes:

- Garantizar la compra durante todo el año del material recuperado. Las dinámicas del mercado y la demanda por parte del sector industrial, restringen la compra de materiales en ciertas épocas del año, situación que ocurre principalmente con el vidrio. Aunque es un cambio deseable en favor de los recicladores de oficio, es poco factible desde las dinámicas de mercado. Sin embargo, la administración municipal puede intermediar para lograr que el sector industrial garantice la compra de la totalidad del material recuperado por los recicladores de oficio, o garantizar la capacidad de almacenamiento en las ECA.
- Permitir la comercialización de material recuperado a los recicladores de oficio en horas de la noche. En la actualidad, y por razones asociadas al microtráfico, está prohibida la venta de material reciclable en horas de la noche. Se debe tener en cuenta que el 80% de las rutas de recolección de RSUOR se realiza de noche.
- Garantizar el pago a los recicladores de oficio el valor de la tarifa por la prestación del servicio público de aseo en la actividad de aprovechamiento. Como consecuencia de la falta de capacidad organizacional de los recicladores de oficio que los lleva a realizar su labor desde la informalidad, los recicladores reciben como único ingreso el dinero por la venta del material recuperado. Sin embargo, si recibieran el pago correspondiente a la prestación del servicio público de aseo en la actividad de aprovechamiento, incluyendo los costos de recolección y transporte (CRT), costo de disposición final (CDF) y costo de comercialización

del servicio (CCS); sus ingresos se podrían aproximar al salario mínimo legal vigente y acceder a mejores condiciones operativas para desempeñar su labor.

- Incorporar en el esquema de aprovechamiento una figura que permita mantener el vínculo entre los comerciantes de reciclaje (chatarreros) y los recicladores oficio, sin comprometer el acceso a tarifa como prestadores del servicio a los recicladores ni la ejecución de acciones afirmativas a favor de éstos. Esto significa, que bajo ninguna alternativa los comerciantes de reciclaje (chatarreros) accederán a beneficios económicos derivados del cobro de la tarifa por prestación del servicio o de acciones afirmativas.

Mejorar las condiciones organizacionales de los recicladores de oficio, mediante procesos de formación y fortalecimiento de aspectos administrativos y operativos: Se evidencia la necesidad de conservar, fortalecer y mejorar la estructura existente, basada en una dinámica que surge de la relación informal entre generadores, recicladores de oficio y comerciantes de reciclaje. Sin embargo, en esa estructura los recicladores se encuentran en condiciones precarias desde el punto de vista organizacional, operativo y económico. Las partes interesadas estuvieron de acuerdo en conservar y mejorar esta estructura, incorporando las siguientes alternativas:

- Fortalecer a las organizaciones de recicladores de oficio en aspectos organizacionales y administrativos. Para que este fortalecimiento sea sostenible, debe contar con la participación y el apoyo de instituciones como el SENA, la Superintendencia de Servicios Públicos Domiciliarios (SSPD), y los Ministerios de Vivienda, Ciudad y Territorio y de Ambiente y Desarrollo Sostenible. Las partes interesadas reconocen como los aspectos prioritarios para dicho fortalecimiento los siguientes:
 - Formación en competencias laborales en temas administrativos y contables. Como actividad complementaria debe realizarse un programa de escolarización a los recicladores de oficio.
 - Capacidad para formular programas de prestación del servicio.
 - Capacidad para registros y cargue de información a las plataformas de la SSP, la CRA y los sistemas de información que la administración municipal diseñe para el registro de información en el marco del Programa de Aprovechamiento.
 - Capacidad para el cálculo de la tarifa y conocimiento del marco normativo asociado.

A pesar de que cada administración municipal, durante su primer año de gobierno puede ajustar el PGIRS, se deben buscar mecanismos de asignación presupuestal y actos administrativos que garanticen la continuidad de estas acciones en los cambios de gobierno municipal.

- Formalizar y constituir a los recicladores de oficio como prestadores del servicio público de aseo en la actividad de aprovechamiento. Debe ser tomado como la conclusión de un proceso de apoyo y consolidación de las organizaciones de recicladores, y no como la condición para iniciar dicho proceso.

El Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio, a través del Decreto 596 de 2016, establece las condiciones para la formalización progresiva de los recicladores hasta su consolidación como prestadores del servicio, mediante una transición de ocho fases que involucran el cumplimiento de aspectos técnicos, comerciales y administrativos, en un plazo de cinco años. Las realidades políticas y sociales de la actual estructura evidencian que no será posible el cumplimiento de las acciones planteadas en el plazo establecido. Esta circunstancia implica en primer lugar fortalecer los procesos de apoyo a las organizaciones de recicladores de oficio por parte de la administración municipal mediante la ejecución de acciones afirmativas (acción desde el nivel local), y en segundo lugar modificar el plazo otorgado a los recicladores de oficio para el cumplimiento de la transición (acción desde el nivel nacional). De no ampliarse este plazo, se corre el riesgo de que el servicio público de aseo en la actividad de aprovechamiento quede en un esquema de libre competencia, en el

cual los recicladores de oficio y sus organizaciones se encuentran en desventaja por las circunstancias expuestas por la Corte Constitucional en el Auto 275 de 2011.

Para constituir a los recicladores de oficio y sus organizaciones como prestador formal del servicio público de aseo, es necesario:

- Garantizar el acceso al material reciclable.
- Garantizar el pago por la prestación del servicio.
- Apoyo a través de acciones afirmativas por parte de la administración municipal.
- Consolidar un sistema de información municipal que permita medir la eficiencia del sistema desde aspectos sociales, operativos, económicos y ambientales, a través de indicadores. Este sistema puede ser consolidado con el apoyo de la academia y constituir un observatorio de economía circular asociado a la generación y manejo de residuos sólidos urbanos.
- Mantener el vínculo que existe entre los recicladores de oficio y los comerciantes de reciclaje. Este vínculo debe ser tenido en cuenta e incorporado en el esquema de aprovechamiento que se adopte, ya que las partes interesadas reconocen la importancia de esta relación. La administración municipal y la Superintendencia de Servicios Públicos Domiciliarios (SSPD), son los garantes de que este vínculo se lleve a cabo sin vulnerar a los recicladores.
- Redireccionar el liderazgo y el papel de la Empresa de Aseo de Pereira en los procesos de planificación y gestión de los RSUOR en el municipio. Esta entidad, por tener un vínculo contractual y económico con la empresa privada que tiene la posición dominante en la prestación del servicio público de aseo en el municipio (ATESA DE OCCIDENTE S.A E.S.P), se constituye en parte interesada dentro del sistema, hecho que no le permite liderar en condiciones objetivas procesos de planificación y gestión de RSUOR en el componente de aprovechamiento.

Durante la realización de la presente investigación, se evidenció un trabajo desarticulado por parte de esta entidad en actividades de aprovechamiento, hecho que además fue manifestado por instituciones como la Secretaría de Desarrollo Rural y Gestión Ambiental, La Corporación Autónoma Regional de Risaralda – CARDER y el Área Metropolitana del Centro Occidente.

Teniendo en cuenta las condiciones de la Empresa de Aseo y los lineamientos definidos en el Decreto 1784 de 2017 (Ministerio de Vivienda y Desarrollo Territorial), la Alcaldía de Pereira a través de esta empresa, tiene un gran reto en la gestión de alternativas que conduzcan al aprovechamiento de biogás y el tratamiento biológico (aeróbico o anaeróbico) de RSUORO (residuos orgánicos de rápida degradación), que representan los aspectos de interés ambiental más significativos en la actual estructura de manejo.

3.3 Alternativas para mejorar el manejo de RSUORO de rápida degradación.

3.3.1 Tipología del municipio de Pereira

La Dirección de Desarrollo Territorial Sostenible del Departamento Nacional de Planeación, definió en el año 2015 las tipologías departamentales y municipales, como herramienta de caracterización y tipificación para la construcción de políticas públicas reales y efectivas, clasificando a los municipios en tres categorías, según su entorno de desarrollo y tipologías²² (DNP, 2015):

- Entorno de Desarrollo Robusto (TIP-A y TIP-B).
- Entorno de Desarrollo Intermedio (TIP-C, TIP-D y TIP-E).

²² Las tipologías fueron definidas a partir de seis componentes: (i) Funcionalidad Urbano-regional, (ii) Dinámica Económica, (iii) Calidad de Vida, (iv) Ambiental, (v) Seguridad e (vi) Institucional.

- Entorno de Desarrollo Incipiente (TIP-F y TIP-G).

De acuerdo a los anteriores criterios, Pereira se ubica en un Entorno de Desarrollo Robusto TIP-B. Estos municipios cuentan con alta participación en la economía nacional y que concentran gran parte de la población urbana del país. Adicionalmente tienen una alta conectividad con otras regiones del país y con el exterior, lo que les permite operar como polo de desarrollo. Su calidad de vida registra mediciones que están generalmente por encima de los promedios nacionales mientras que la situación de seguridad está influenciada principalmente por acciones relacionadas con delincuencia común.

Según el BID (2016), la condición de entorno de desarrollo Robusto, asociada a una alta cobertura en recolección y transporte de residuos municipales (mayor al 90%), un sitio de disposición final regional con autorización ambiental y con capacidad (vida útil) remanente mayor a 5 años, ubican a Pereira como una ciudad donde es viable implementar sistemas de tratamiento complementarios al relleno sanitario, a través del fortalecimiento de actividades de tratamiento orientadas a la recuperación, reciclaje y valorización de residuos, que en este caso se enfocará en el análisis de viabilidad de la digestión anaeróbica y compostaje aeróbico como posibles alternativas de tratamiento de RSUORO.

El manejo diferenciado de los RSUORO en términos operativos, financieros y económicos (aspectos sociales y ambientales) en un esquema de aprovechamiento del municipio, se justifica en la cantidad de materiales que componen este flujo (196 Ton/día) y los impactos potenciales derivados de su composición física (alta generación de lixiviados y gases efecto invernadero – GEI²³), que se sale del alcance y posibilidades de los recicladores de oficio. Lo anterior permite identificar a la Empresa de Aseo de Pereira, como un actor institucional válido y competente para ejecutar las acciones que conduzcan al tratamiento con fines de aprovechamiento de RSUORO.

3.3.2 Barreras para el tratamiento de RSUORO

a) Barreras legales e institucionales

- Por tratarse de una actividad reglamentada recientemente a través del Decreto 1784 de 2017, la actividad de tratamiento y valorización de RSUORO estará sujeta a un periodo de transición determinado por aspectos sociales, culturales, económicos y operativos, que impiden su ejecución en el corto plazo.
- La desarticulación institucional constituye una de las barreras más importantes frente a la posibilidad real y efectiva de desarrollar alternativas que conduzcan al tratamiento y valorización de los RSUORO en el municipio de Pereira. Aunque la Empresa de Aseo de Pereira cumple con las condiciones definidas en el Decreto 1784 de 2017 para liderar esta actividad, se identificó poca capacidad de trabajo interinstitucional de su parte y falta de visión con respecto a este tema.
- La reglamentación igualitaria en términos tarifarios, entre alternativas de manejo de residuos municipales con fines de aprovechamiento y la disposición final, implica una

²³ El manejo actual de RSUORO tiene asociada una generación anual de 190.522 Ton.Eq.CO₂ en la fase de disposición final, que puede ser reducida a una cantidad anual de 31 Ton.Eq.CO₂ en un escenario de aprovechamiento total a través de compostaje aeróbico.

barrera para el tratamiento de RSUORO que hace pensar en la necesidad de jerarquizar y ponderar las tarifas del servicio público de aseo hacia un esquema que internalice costos ambientales.

- Por factores políticos, administrativos y legales, existe ante cada cambio de gobierno municipal (cada 4 años), alto riesgo de ruptura de procesos institucionales asociados a la planificación y direccionamiento de procesos de aprovechamiento de residuos, ya que por norma (Decreto 2981 de 2013), los alcaldes durante su primer año de gobierno tienen la facultad de ajustar el PGIRS, además de cambiar los equipos de trabajo que lideran este proceso, comprometiendo la continuidad de los procesos iniciados en cada administración.
- En el municipio de Pereira, las instituciones competentes para gestionar alternativas de tratamiento y valorización de RSUORO, no cuentan con personal especializado en este tema.

b) Barreras técnico-operativas

- No existe un sistema de información oficial frente a la generación y manejo de RSUOR, que permita medir la dinámica del sistema actual desde aspectos técnicos, ambientales, sociales y económicos. Esto significa que no existe, frente a la expectativa de tratamiento y valorización de RSUORO, un estudio actualizado de caracterización física, química y biológica que permita definir una línea base frente a los impactos ambientales asociados al actual manejo y ante escenarios posibles.
- Los generadores no adelantan prácticas formales de separación en la fuente de RSUORO, como consecuencia del actual sistema de prestación del servicio público de aseo, cuya estructura está diseñada para la recolección conjunta de residuos y transporte hasta el relleno sanitario. Al respecto se debe tener en cuenta que el tratamiento biológico orientado a la recuperación de RSUORO requiere de altos estándares de separación en la fuente (BID, 2016).

c) Barreras financieras

- Ante la selección de alternativas de manejo diferentes al relleno sanitario, la estructura tarifaria definida en la Resolución CRA 720 (2015), plantea como tarifa techo (tarifa de referencia) la disposición final, es decir que en un escenario de aprovechamiento de RSUORO la tarifa no podrá superar a la tarifa asociada a la disposición final. Esta circunstancia, sumada a los bajos costos del biosólido obtenido como consecuencia del tratamiento, obliga a pensar en un ajuste al sistema tarifario, que internalice costos ambientales, o a buscar fuentes de financiación adicionales a la tarifa que hagan viable las alternativas de tratamiento y valorización de RSUORO, cuyos costos financieros son superiores al relleno sanitario.
- Las administraciones municipales subestiman el tema y no asignan los recursos requeridos para proyectos de aprovechamiento de RSUORO, a pesar de que jurídicamente esta obligación está definida en el Decreto 2981 de 2013 (Art. 88) y en la Ley 1753 de 2015 (Art.88), que definen la necesidad de asignar recursos en los planes de desarrollo municipal y planes de gestión integral de residuos sólidos, y de otorgar incentivos al aprovechamiento.
- La baja eficiencia en la separación de RSUORO en la fuente, pone en riesgo la viabilidad financiera de esta alternativa, que según el BID requiere una escala mayor a 20.000

toneladas anuales. Sin embargo, en el municipio de Pereira una tasa de separación correcta de RSUORO en la fuente del 28% garantizaría dicha cantidad.

d) Barreras sociales y económicas

- La ausencia de prácticas formales de separación en la fuente por parte de los generadores, constituye una de las principales barreras para garantizar la eficiencia de sistemas de tratamiento de RSUORO.
- No existen incentivos al tratamiento de RSUORO bajo esquemas de regionalización, lo que podría contribuir a la viabilización de esta alternativa si se tiene en cuenta que Pereira constituye una centralidad regional frente a la disposición final de residuos en el relleno sanitario regional “La Glorita”. En Colombia existe un incentivo económico a la regionalización únicamente para la actividad de disposición final.
- Podría presentarse oposición o resistencia de las comunidades aledañas al lugar definido para la ubicación de la planta o plantas de tratamiento de RSUORO. En Pereira operó la planta de Biorgánicos del Otún con total oposición de la comunidad aledaña, lo que constituye un antecedente negativo.

e) Barreras ambientales

- Aunque no se evidencian barreras significativas de carácter ambiental, el requerimiento de tramitar una licencia ambiental para la operación de plantas de tratamiento de RSUORO podría presentar una barrera o restricción debido a los impactos potenciales propios de esta actividad, como la generación lixiviados, vectores, olores, alta circulación de vehículos, etc. En Colombia las plantas de tratamiento de RSUORO mayores a 55 toneladas diarias deberán tramitar licencia ambiental.
- La falta de claridad frente al uso del biosólido obtenido como subproducto del tratamiento de RSUORO por parte de autoridades ambientales y sanitarias, pueden generar restricciones frente a su aprovechamiento o disposición final.
- La posible generación de olores de una alternativa anaeróbica puede representar una barrera de carácter ambiental dependiendo de la ubicación de la planta.

3.3.3 Viabilidad financiera, económica y social para tratamiento de RSUORO

El siguiente análisis de viabilidad se realiza para las alternativas de digestión anaeróbica y compostaje aeróbico, a partir de la metodología y los resultados del “Estudio de Técnicas Alternativas de Tratamiento, Disposición final y/o Aprovechamiento de Residuos Sólidos – Propuesta de Ajuste al Decreto 838 de 2005” del Banco Interamericano de Desarrollo (BID, 2016) (anexo 15). En este documento se encuentran las fichas técnicas de las alternativas evaluadas y el cálculo de los costos construidos para las alternativas evaluadas, a nivel de pre-factibilidad.

Teniendo en cuenta que el estudio contempló tres tamaños de planta de tratamiento para cada alternativa (Tabla 34), el análisis para la ciudad de Pereira se hizo tomando como referencia los costos correspondientes al tamaño 2, ya que en esta ciudad se presenta una generación promedio de 5.955 toneladas mensuales de RSUORO.

Tabla 34. Tamaños de plantas de tratamiento de RSUORO, según tipo. Análisis de viabilidad para el tratamiento de RSUORO en el municipio de Pereira, 2017.

Tamaño de la planta	Cantidad de material según tratamiento (Ton/mes)	
	Digestión anaeróbica	Compostaje aeróbico
Tamaño 1	38.933	38.933
Tamaño 2	9.125	9.125
Tamaño 3	2.000	304

Fuente: (2016).

a) Viabilidad financiera: La viabilidad financiera se hizo a partir de costos e ingresos indicados en la Tabla 35:

- Costos por tipo de tratamiento. Incluye costos de pre-inversión, inversión, operación, mantenimiento, administración, gravamen a los movimientos financieros, costo de capital de trabajo y el costo promedio ponderado de capital.
- Ingreso por venta de recursos valorizados.
- Ingresos por tarifa del servicio público de aseo.
- Impacto por variación en la tarifa de disposición final.

Tabla 35. Valores de referencia para la viabilidad financiera del tratamiento de RSUORO en el municipio de Pereira, 2017.

Costos - Ingresos	Tipo de tratamiento	
	Digestión anaeróbica	Compostaje aeróbico
Costos por tipo de tratamiento (\$/Ton)	143.400	82.200
Ingreso por venta de recursos valorizados (\$/Ton)	25.700	5.000
- Ingresos por venta de recursos valorizados / Costo medio (%)	18%	6%
Ingresos por tarifa del servicio público de aseo (\$/Ton)	63.400	50.200
- Ingresos por venta de recursos valorizados más tarifa / Costo medio (%)	62%	67%
Impacto por variación en la tarifa de disposición final (%)	200%	97%

Fuente: BID, 2016.

El análisis financiero permite evidenciar un menor costo del compostaje aeróbico e igualmente un menor impacto en la tarifa del servicio público de aseo, a pesar de que la digestión anaeróbica representa mayores ingresos por venta de recursos valorizados y por tarifa del servicio. Frente a la sostenibilidad financiera, en ninguna de las alternativas los ingresos potenciales por venta de recursos valorizados y por tarifa del servicio cubren los costos de tratamiento (en la digestión anaeróbica cubren el 62% y en el compostaje aeróbico el 67%). Esto hace necesario la búsqueda de fuentes de financiación alternas que permitan la viabilidad del tratamiento de RSUORO con fines de aprovechamiento. Ambas alternativas representan un incremento significativo en el valor de la tarifa de disposición final, siendo mayor el incremento para la digestión anaeróbica (200%), lo que permite concluir que los costos ambientales no están internalizados en la actual tarifa del servicio público de aseo, cuyo valor de referencia sigue siendo la disposición final en relleno sanitario.

b) Viabilidad económica y social: La viabilidad económica incorpora el agregado del beneficio social del tratamiento y valorización de los RSUORO en el municipio de Pereira, a partir de la relación de beneficios y costos estimados, tomando como referencia el estudio del Banco

Interamericano de Desarrollo (2016). Para ello el estudio tomó el indicador de valor presente neto (VPN), incorporando la tasa social de descuento, cuya fórmula matemática es la siguiente:

$$VPN = \sum_{i=1}^n \left[\frac{B_i - C_i}{(1 + TD)^i} \right]$$

Ecuación 1. Indicador de Valor Presente Neto – VPN.

Fuente: BID (2016).

Dónde:

B_i = Beneficios Económicos de la medida regulatoria, en el Periodo i .

C_i = Costos económicos (a precios cuenta de eficiencia) en el Periodo i .

TD = Tasa Social de Descuento.

N = vida útil del análisis.

En la siguiente tabla se indican los costos y beneficios tenidos en cuenta en el análisis de la relación beneficio costo de cada alternativa de tratamiento (Tabla 36).

Tabla 36. Costos y beneficios de los tratamientos de RSUORO analizados. 2017.

Tratamiento	Costos considerados	Beneficios considerados
Compostaje aeróbico	Pre-Inversión	Impuestos
	Inversión en Infraestructura	Generación de empleo
	Operación	Venta de residuos valorizados
	Mantenimiento	Menores tasas de morbilidad Amenidades en hogares
Digestión Anaeróbica	Pre-Inversión	Impuestos
	Inversión en Infraestructura	Generación de empleo
	Inversión en maquinaria	Ingreso por captura de biogás
		Ingreso por venta de energía eléctrica
	Operación	Ingreso por venta de certificados por energías alternativas
		Amenidades en hogares
Mantenimiento	No hay lixiviado	
	Menores áreas del sitio de disposición final	

Fuente: BID (2016).

En el estudio del BID (2016) se estimó la relación Beneficio/Costo (RB/C) de las alternativas a través del siguiente indicador²⁴:

$$RB/C = \frac{\sum_{i=1}^n \frac{B_i}{(1 + TD)^i}}{\sum_{i=1}^n \frac{C_i}{(1 + TD)^i}}$$

Ecuación 2. Indicador de Relación Beneficio Costo (RB/C)

Fuente: BID (2016).

²⁴ Los aspectos específicos de cada alternativa (BID, 2016) (documentos técnicos de soporte) se describen con detalle en los archivos de la carpeta adjunta en el Anexo 15.

Los siguientes supuestos básicos fueron tenidos en cuenta en el estudio para la construcción de los flujos de beneficios y costos (BID, 2016):

- El horizonte de evaluación de los beneficios y costos de cada técnica se realiza a 20 años. Este valor surge de la revisión de estudios similares realizados a nivel internacional.
- Se tuvo en cuenta los modelos de costos para cada una de las técnicas, desarrollados por el equipo consultor, para cada una de las distintas escalas consideradas.
- Se incluyeron las inversiones iniciales en equipos, terrenos, plantas, etc. denominados Inversión inicial.
- Se incluyeron los Costos de operación y mantenimiento para cada una de las técnicas, teniendo en cuenta los modelos de costos desarrollados por el equipo consultor.
- Los beneficios y costos, en la medida en que aplique, fueron afectados por el Índice de precios al productor IPP, de fuente DANE. Adicionalmente, se trabaja con la tasa representativa del mercado TRM con fuente Banco de la República.
- Se emplearon los precios de la Energía con sus respectivas proyecciones a 20 Años. Fuente UPME (2010). Escenario de precios de la energía en Colombia.
- Se asumió un precio de los certificados por tonelada capturada de CO₂ equivalente de 1.345 \$ Col. por certificado (estimado a partir de un precio de mercado aproximado de 0.4 euros).
- Se consideró la estructura Impositiva actual: IVA, CREE, Parafiscales, otros.
- Para la identificación de los beneficios a incluir se realizó una revisión de literatura a nivel nacional e internacional sobre las distintas técnicas, y las fichas que describan a cada técnica.
- Tasa de Descuento: Tasa de descuento adecuada (recomendada por las entidades públicas del orden nacional – DNP, MINTRANSPORTE- y del orden internacional – BID; Banco Mundial- cálculo de los indicadores del análisis costo beneficio: VPNE (Valor Presente Neto Económico) y la RBC (Relación beneficio Costo). Esta tasa corresponde al 8.5%.

Con los anteriores criterios, la relación de B/C de las dos alternativas de tratamiento de RSUORO analizadas, para una planta con un tamaño de instalación de 9.125 Ton/mes es el siguiente (Tabla 37):

Tabla 37. Relación Beneficio / Costo de alternativas de tratamiento de RSUORO analizadas. 2017.

Tipo de tratamiento	VPN Beneficios	VPN Costos	Relación Beneficio/Costo
Compostaje aeróbico	70.261.000.000	39.227.000.000	1,79
Digestión anaeróbica	225.633.000.000	69.279.000.000	3,26

Fuente: BID (2016).

El resultado permite evidenciar que las dos alternativas son viables desde el punto de vista social y económico, aunque la mayor relación beneficio costo corresponde a la digestión anaeróbica. Esta circunstancia puede estar asociada a factores como la no generación de lixiviado y la mayor demanda de mano de obra y generación de empleo de esta alternativa, que asciende a \$1.177.532.222 anuales, mientras que para el compostaje aeróbico esta cifra asciende a \$756.809.117 anuales.

3.4 Alternativas para mejorar el manejo de RSUORNA.

3.4.1 Tipología del municipio de Pereira

Según el BID (2016), la condición de entorno de desarrollo Robusto del municipio de Pereira (DNP, 2015), ubican a Pereira como una ciudad donde es viable implementar sistemas de

tratamiento complementarios al relleno sanitario, que para el presente análisis corresponden a la incineración y la disposición final de residuos con captura y quema de biogás, con o sin generación de energía. La evaluación de estas alternativas se justifica en la necesidad de reducir el impacto por el uso de terrenos para la disposición final de residuos y por la alta generación de GEI.

3.4.2 Barreras para el tratamiento de RSUORNA

a) Barreras legales e institucionales

- La principal barrera legal para realizar incineración de residuos en el municipio de Pereira, está en la prohibición que se hizo en el Plan de Ordenamiento Territorial (2016) de incinerar residuos en su territorio.
- El municipio de Pereira no es autónomo para tomar la decisión de adelantar un proyecto de aprovechamiento de biogás, ya que existe una condición contractual que le otorga la exclusividad de este tipo de actividades a la empresa que opera el relleno sanitario. Esta condición contractual está pactada hasta el año 2037.

b) Barreras técnico-operativas

- Frente a la incineración, el alto contenido de humedad de los residuos de Pereira por la presencia de residuos biodegradables, exige alta eficiencia en la separación en la fuente.
- Tomando como referencia los criterios definidos por la Universidad de los Andes (2010), los cuales fueron aplicados en el documento técnico de soporte del Plan de Ordenamiento Territorial de Pereira (2016), existe poca oferta de sitios para la ubicación de plantas de incineración de residuos sólidos.

c) Barreras financieras

- El costo de referencia para el tratamiento de residuos sólidos sigue siendo la disposición final. Los costos de alternativas de tratamiento como la incineración superan los costos de la disposición final, por lo tanto se requiere de una estructura tarifaria que permita internalizar los costos ambientales y haga viable las alternativas de tratamiento, ya que de lo contrario éstas dependerán de fuentes de financiación diferentes a la tarifa.
- La incineración depende de grandes cantidades de residuos para lograr economías de escala que garanticen su viabilidad financiera, haciendo pensar en la necesidad de buscar esquemas regionales. La generación de RSUOR susceptibles de incineración en el municipio de Pereira es baja, ya que corresponde a 273 Ton/mes (3,23% del flujo total de RSUORO). En esta cifra no se incluyen los papeles y plásticos, por tratarse de materiales cuya prioridad de manejo se enfoca a la recuperación con fines de aprovechamiento o reciclaje.
- El actual relleno sanitario tiene una vida útil que puede ser considerada corta (hasta abril de 2025). Esta circunstancia puede comprometer la viabilidad financiera de alguna de las alternativas, dependiendo del horizonte proyectado.

d) Barreras sociales y económicas

- Tradicionalmente ha existido resistencia de las comunidades aledañas a las zonas donde se proyecta la ubicación de plantas de incineración.

- La separación en la fuente requerida para obtener residuos con alto poder calorífico en ausencia de residuos biodegradables, no es una práctica reglamentada en el municipio ni sistemática por parte de los generadores.

e) Barreras ambiental

- La temperatura de operación mínima exigida para la incineración de residuos no peligrosos es de 1.200°C en una cámara de post-combustión; esta exigencia podría dificultar o incluso impedir el uso de la técnicas para el tratamiento térmico de residuos no peligrosos (BID, 2016). Se sugiere revisar esta norma según los estándares internacionales (Europa y Estados Unidos).
- No hay claridad frente al manejo que debe darse a los residuos que resultan de las actividades de tratamiento y valorización de residuos (v. gr. cenizas, escorias, lodos, etc.).

3.4.3 Viabilidad financiera, económica y social para tratamiento de RSUORNA

El siguiente análisis de viabilidad se realiza para las alternativas de incineración y disposición final en relleno sanitario con captura y quema de biogás, y con captura y generación de energía. En el Anexo 15 se encuentran las fichas técnicas de las alternativas evaluadas y el cálculo de los costos construidos para las alternativas evaluadas, a nivel de pre-factibilidad.

Teniendo en cuenta que el estudio contempló tres tamaños de planta de tratamiento para cada alternativa (Tabla 38), el análisis para la ciudad de Pereira se hizo tomando como referencia los costos correspondientes al tamaño 2, ya que en esta ciudad se presenta una generación promedio de 5.955 toneladas mensuales de RSUORO.

Tabla 38. Tamaños de sistemas de tratamiento de RSUORNA, según tipo. Análisis de viabilidad para el tratamiento de RSUORNA en el municipio de Pereira, 2017.

Tamaño de la planta	Cantidad de material según tratamiento (Ton/mes)		
	Incineración	Relleno sanitario	
		Con captura y quema de biogás	Con captura de biogás y generación de energía
Tamaño 1	38.933	22.204	22.204
Tamaño 2	9.125	9.125	9.125
Tamaño 3	4.000	304	304

Fuente: (2016).

a) Viabilidad financiera: La viabilidad financiera se hizo a partir de costos e ingresos indicados en la Tabla 39:

- Costos por tipo de tratamiento. Incluye costos de pre-inversión, inversión, operación, mantenimiento, administración, gravamen a los movimientos financieros, costo de capital de trabajo y el costo promedio ponderado de capital.
- Ingreso por venta de recursos valorizados.
- Ingresos por tarifa del servicio público de aseo.
- Impacto por variación en la tarifa de disposición final.

Tabla 39. Valores de referencia para la viabilidad financiera del tratamiento de RSUORNA en el municipio de Pereira. 2017.

Costos - Ingresos	Tipo de tratamiento		
	Incineración	Relleno sanitario	
		Con captura y quema de biogás	Con captura de biogás y generación de energía
Costos por tipo de tratamiento (\$/Ton)	343.900	16.900	25.900
Ingreso por venta de recursos valorizados (\$/Ton)	82.800	400	9.900
- Ingresos por venta de recursos valorizados / Costo medio (%)	24%	2%	38%
Ingresos por tarifa del servicio público de aseo (\$/Ton)	95.800	-	-
- Ingresos por venta de recursos valorizados más tarifa / Costo medio (%)	52%	2%	38%
Impacto por variación en la tarifa de disposición final (%)	561%	42%	39%

Fuente: BID, 2016.

Desde el punto de vista financiero la incineración es la alternativa menos viable, por los altos costos (\$343.900 \$/Ton) y por su alto impacto potencial en la tarifa que significaría un incremento del 561%. Las alternativas de captura y quema de biogás, y captura y generación de energía, presentan condiciones financieras similares a pesar de que el costo de inversión de la segunda es mayor, pero se compensa con la venta de los recursos valorizados haciendo que represente menor impacto en la variación de la tarifa.

b) Viabilidad económica y social: La viabilidad económica y social se calculó con la misma metodología utilizada para determinar la viabilidad social y económica del tratamiento de los RSUORO (ecuaciones 1 y 2). En la siguiente tabla se indican los costos y beneficios tenidos en cuenta en el análisis de relación beneficio costo de cada alternativa (Tabla 40).

Tabla 40. Costos y beneficios de los tratamientos de RSUORNA analizados. 2017.

Tratamiento	Costos considerados	Beneficios considerados	
Incineración	Pre-Inversión	Impuestos	
	Inversión en infraestructura	Generación de empleo	
	Inversión en maquinaria	Reducción en disposición final	
	Operación	Reciclaje	
	Mantenimiento		Ingreso por venta de energía eléctrica
			Amenidades en hogares
			Menores áreas del sitio de disposición final
No hay lixiviado			
Disposición final con captura y quema de biogás	Pre-Inversión	Impuestos	
	Inversión en infraestructura	Generación de empleo	
	Inversión en maquinaria	Ingreso por captura de biogás	
	Operación	Amenidades en hogares	

Tratamiento	Costos considerados	Beneficios considerados
Disposición final con captura de biogás y generación de energía	Mantenimiento	
	Pre-Inversión	Impuestos
	Inversión en infraestructura	Generación de empleo
	Inversión en maquinaria	Ingreso por captura de biogás
	Operación	Ingreso por venta de energía eléctrica
	Mantenimiento	Ingreso por venta de certificados por energías alternativas
		Amenidades en hogares

Fuente: BID (2016).

Para la construcción de los flujos de beneficios y costos, se utilizaron los mismos supuestos del análisis de alternativas de tratamiento de RSUORO. Con los anteriores criterios, la relación de B/C de las alternativas analizadas para el manejo de un flujo de 9.125 Ton/mes²⁵, es el siguiente (Tabla 41):

Tabla 41. Relación Beneficio / Costo de alternativas de tratamiento de RSUORNA analizadas. 2017.

Tpo de tratamiento	VPN Beneficios	VPN Costos	Relación Beneficio/Costo
Incineración	172.000.000.000	319.000.000.000	0,54
Disposición final con captura y quema de biogás	1.184.000.000	1.561.000.000	0,76
Disposición final con captura de biogás y generación de energía	18.033.000.000	11.247.000.000	1,6

Fuente: BID (2016).

La incineración se constituye en la alternativa menos viable por presentar la menor relación beneficio – costo. La única alternativa con relación beneficio costo mayor a 1.0 es la captura de biogás con generación de energía, cuyos altos costos de inversión inicial (\$11.247.000.000) son compensados con los beneficios asociados a la venta de energía y de certificados de emisión reducida (CER) (\$18.033.000.000). En cuanto a la generación de empleo, esta alternativa demanda mano de obra por valor de 629.870.246 \$Año, cifra mayor que la captura y quema de biogás que demanda 521.492.274 \$/Año.

3.5 Resumen de alternativas para mejorar el manejo de RSUOR.

Valorando con el mismo peso la viabilidad financiera y la viabilidad social y económica (Relación B/C), el tratamiento de residuos biodegradables mediante compostaje anaeróbico y aeróbico obtienen el mismo puntaje, mientras que la incineración constituye la alternativa menos viable frente al relleno sanitario tanto desde el análisis financiero como económico y social (Tablas 42 y 43).

²⁵ Se tomó como referencia este tamaño de planta teniendo en cuenta que en el municipio de Pereira se generan 5.955 Ton/mes de RSUORO.

Tabla 42. Resumen de viabilidad financiera de referencia para el tratamiento de RSUOR en el municipio de Pereira. 2017.

Costos - Ingresos	Tipo de tratamiento				
	Digestión anaeróbica	Compostaje aeróbico	Incineración	Disposición final	
				Con captura y quema de biogás	Con captura de biogás y generación de energía
Costos por tipo de tratamiento (\$/Ton)	143.400	82.200	343.900	16.900	25.900
Ingreso por venta de recursos valorizados (\$/Ton)	25.700	5.000	82.800	400	9.900
- Ingresos por venta de recursos valorizados / Costo medio (%)	18%	6%	24%	2%	38%
Ingresos por tarifa del servicio público de aseo (\$/Ton)	63.400	50.200	95.800	-	-
- Ingresos por venta de recursos valorizados más tarifa / Costo medio (%)	62%	67%	52%	2%	38%
Impacto por variación en la tarifa de disposición final (%)	200%	97%	561%	42%	39%

Fuente: BID (2016).

Tabla 43. Resumen de la relación Beneficio / Costo de referencia para el tratamiento de RSUOR en el municipio de Pereira. 2017.

Tipo de tratamiento	VPN Beneficios	VPN Costos	Relación Beneficio/Costo
Compostaje aeróbico	70.261.000.000	39.227.000.000	1,79
Digestión anaeróbica	225.633.000.000	69.279.000.000	3,26
Incineración	172.000.000.000	319.000.000.000	0,54
Disposición final con captura y quema de biogás	1.184.000.000	1.561.000.000	0,76
Disposición final con captura de biogás y generación de energía	18.033.000.000	11.247.000.000	1,6

Fuente: BID (2016).

La disposición final con captura de biogás y generación de energía se constituye en la alternativa óptima, (Tabla 44). Sin embargo, la disposición final de RSUORO para la captura de biogás y generación de energía, implica el transporte de residuos mezclado hasta el relleno sanitario, y por ende la pérdida del potencial aprovechable del biosólido que conforma el flujo de los RSUORO, haciendo pensar que se debería priorizar el tratamiento (aeróbico o anaeróbico) con fines de aprovechamiento para este tipo de residuos.

Tabla 44. Ponderación de alternativas de tratamiento de RSUORO y RSUORNA en el municipio de Pereira. 2017.

Tipo de tratamiento	Puntaje según alternativas*		Puntaje final
	Análisis financiero	Análisis social y económico	
Digestión anaeróbica	2	5	3,5
Compostaje aeróbico	3	4	3,5
Incineración	1	1	1,0
Disposición final con captura y quema de biogás	4	2	3,0
Disposición final con captura de biogás y generación de energía	5	3	4,0

*El puntaje se asigna de mayor a menor, siendo cinco (5) el puntaje para la alternativa de mayor viabilidad y uno (1) la alternativa de menor viabilidad.

3.6 Valoración ambiental de escenarios y alternativas de manejo de RSUOR

3.6.1 Resultados y análisis de la valoración de impacto ambiental de escenarios y alternativas definidos a partir de la huella de carbono

El impacto ambiental del escenario 1 correspondiente a la situación actual, tiene asociada una huella de carbono de 468.184 Ton.Eq.CO₂ anuales (4,62 Ton.Eq.CO₂ por cada tonelada de residuo manejado), mientras que el escenario 2²⁶ tiene asociada una huella de carbono de 350.631,2 Ton.Eq.CO₂ anuales (3,46 Ton.eq.CO₂ por cada tonelada de residuo manejado) que representa la reducción del 29% con respecto a la HC del escenario 1 (Tabla 45).

Tabla 45. Huella de carbono según escenarios y reducción potencial del impacto ambiental asociada al manejo de RSUOR en el municipio de Pereira. 2017.

	Sin aprovech.	Esc. 1 Aprovech. Actual	Esc. 2 Aprovech. Factible	Aprovech. Total
Etapas del ciclo de vida	Ton. eq. CO ₂ /Año			
Obtención de materias primas y producción de bienes de consumo para el sector residencial (de la cuna a la puerta)	299.778,9	276.859,9	258.119,9	240.266,0
Recolección y transporte de RSUOR hasta su fin de vida	904,0	801,2	738,1	667,0
Fin de vida RSUOR aprovechados	-	- 22.919,0	- 40.658,6	- 57.512,1
Fin de vida RSUOR no aprovechados (Incineración)	-	-	-	-
Fin de vida de RSUOR no aprovechados (Disposición final en relleno sanitario)*	190.588,6	190.522,3	23.058,9	18,8
TOTAL (Ton.Eq.CO₂/Año)	491.271,6	468.183,5	350.631,2	242.952,6
Relación Ton.Eq.CO ₂ /Ton RSUOR	4,85	4,62	3,46	2,40
Reducción de la huella de carbono frente a un escenario sin aprovechamiento	0%	5%	29%	51%

*Con quema de biogás para el escenario 2.

A continuación se realiza el análisis del impacto ambiental asociado al manejo de RSUOR, incorporando alternativas como el aprovechamiento de RSUORA y RSUORO, la incineración y la quema del biogás en el relleno sanitario. La Figura 12 indica de manera general el impacto ambiental a partir de los escenarios y alternativas analizados.

²⁶ **Escenario 1:** Escenario de manejo actual. **Escenario 2:** Aprovechamiento del 70% de RSUORA (papeles, plásticos, vidrios y metales) y del 50% de RSUORO (biodegradables).

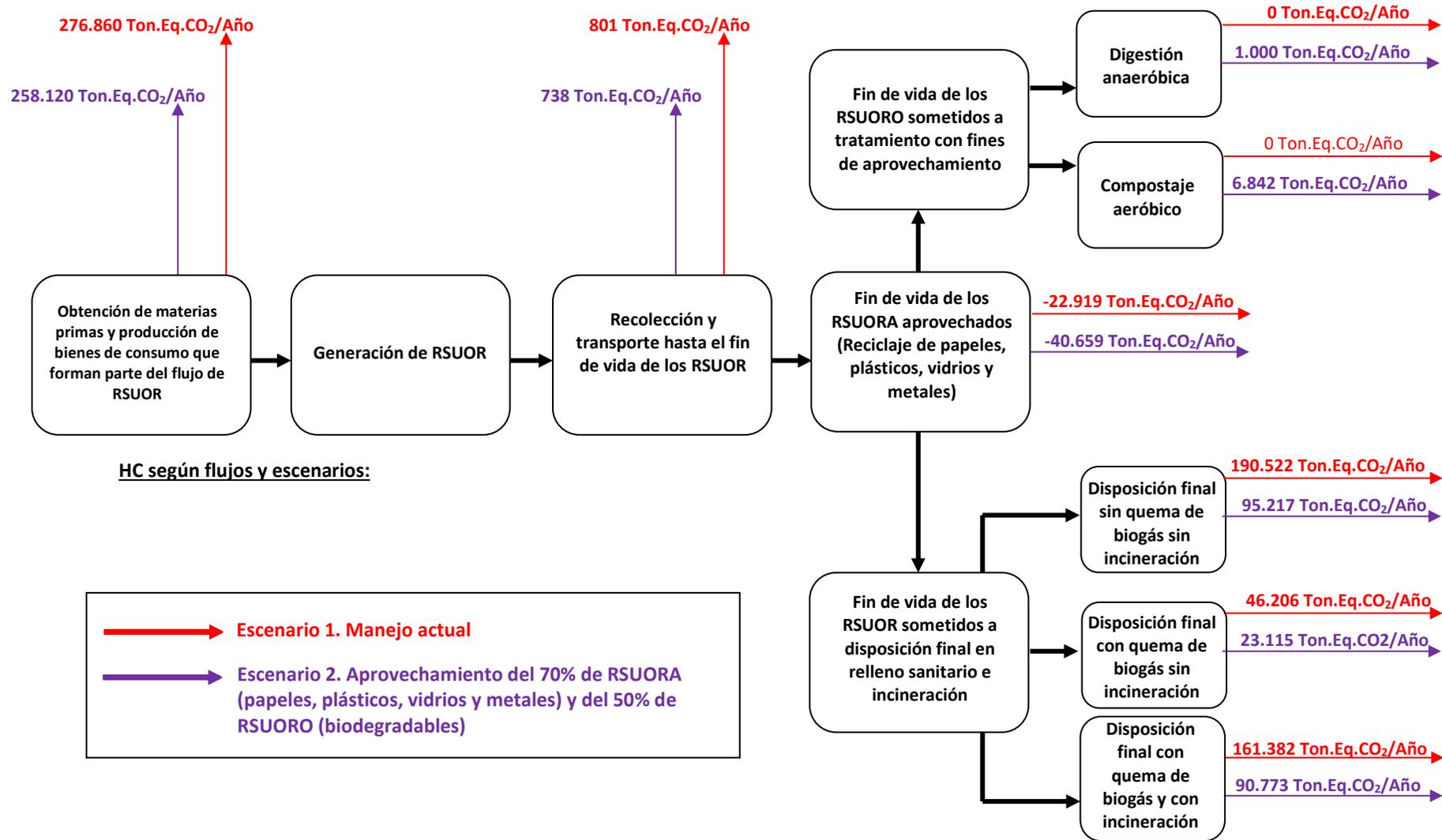


Figura 12. Valoración del impacto ambiental (Huella de Carbono), de escenarios de manejo de RSUOR en el municipio de Pereira, según alternativas. 2017.

3.6.1.1 HC del aprovechamiento de RSUORA (papeles, plásticos, vidrios y metales)

El aprovechamiento del 70% de estos materiales (escenario 2) generaría una reducción de la HC de 41.932 Ton.Eq.CO₂ anuales, según como se indica en la Tabla 46.

Tabla 46. Reducción de la generación de GEI asociada al aprovechamiento del 70% de RSUORA (papeles, plásticos, vidrios y metales) en el municipio de Pereira. 2017.

Etapa del ciclo de vida de los RSUORA (papeles, plásticos, vidrios y metales)	Reducción GEI (Ton.Eq.CO ₂ /Año)
Obtención de materias primas y producción de bienes de consumo para el sector residencial (de la cuna a la puerta)	- 41.659,1
Recolección y transporte de RSUOR hasta su fin de vida	- 165,9
Fin de vida de RSUOR no aprovechados (Disposición final en relleno sanitario)	- 107
Total reducción GEI por aprovechamiento de RSUORA	- 41.932

El aprovechamiento del 70% de estos materiales se puede considerar factible en el corto plazo (próximos 4 años), teniendo en cuenta que en la actualidad en condiciones informales y marginales los recicladores de oficio recuperaron en el año 2017 el 43,37% de los materiales que componen este flujo.

3.6.1.2 HC del tratamiento con fines de aprovechamiento de RSUORO

Frente al tratamiento con fines de aprovechamiento del 50% de los RSUORO, un sistema anaeróbico representa la mayor reducción de impacto ambiental en términos de emisiones de GEI, ya que generaría la reducción de 94.208,1 Ton.Eq.CO₂ frente a la reducción de 88.366,4 Ton.Eq.CO₂ de un sistema aeróbico, tal como se indica en la Tabla 47.

Tabla 47. Generación de GEI asociada al tratamiento con fines de aprovechamiento del 50% de los RSUORO (biodegradables) en el municipio de Pereira. 2017.

Etapa del ciclo de vida de los RSUORO (biodegradables)	GEI Asociados (Ton.Eq.CO ₂ /Año)	
	Sistema aeróbico	Sistema anaeróbico
Fin de vida RSUORO aprovechados (tratamiento)	6.842,1	1.000,4
Fin de vida de RSUORO no aprovechados (Disposición final en relleno sanitario)		-95.208,5
Total reducción GEI por aprovechamiento de RSUORA	-88.366,4	-94.208,1

3.6.1.3 HC de la disposición final en relleno sanitario

La generación de GEI en el sitio de disposición final (relleno sanitario), está asociado a los siguientes aspectos:

- Emisiones de CH₄ en biogás por descomposición de RSUORO (biodegradables).
- Emisiones de CH₄ por tratamiento de lixiviados en el sitio de disposición final.
- Emisiones de GEI por operación de maquinaria. Se tuvo en cuenta la generación de CO₂, CH₄ y N₂O, transformándolas en valores equivalentes de CO₂ (alcance 1).
- Emisiones de GEI asociadas al consumo eléctrico en las oficinas, planta de tratamiento de lixiviados y estación de lavado, en el sitio de disposición final (alcance 2).

A continuación se indican los criterios de cálculo de para determinar la generación de GEI (Tabla 48).

Tabla 48. Aspectos tenidos en cuenta para el cálculo de la generación de GEI para la disposición final en relleno sanitario, bajo el escenario 2 de manejo de RSUOR en el municipio de Pereira. 2017.

Aspecto		Cantidad
Residuos a disponer (Ton/Año)	Biodegradables	35.729,0
	Papeles	3.397,2
	Plásticos	3.075,1
	Vidrios	1.142,5
	Metales	352,5
	Otros	3.271,6
Consumo de combustible maquinaria (Diesel B-10) (Gal/Año)*		25.614
Consumo de energía eléctrica (kWh/Año)*		34.795
Lixiviado a tratar (m ³ /Año)		28.634

*Información suministrada por ATESA de Occidente S.A E.S.P. (2017).

El resultado indica una reducción mayor de la huella de carbono si se acude a la quema del biogás generado en la zona activa del relleno sanitario mediante captura, conducción por chimeneas y flameado o extracción para aprovechamiento energético (Tabla 49).

Tabla 49. Generación de GEI asociada a la disposición final en relleno sanitario, bajo el escenario 2 de manejo de RSUOR en el municipio de Pereira. 2017.

Fuente de emisión de GEI en el sitio de disposición final	Generación de GEI (Ton.Eq.CO ₂)	
	Sin quema de biogás	Con quema de biogás
Emisiones de CH ₄ en biogás por descomposición de RSUORO (biodegradables)	74.830,7	2.672,5
Emisiones de CH ₄ por tratamiento de lixiviados	20.172,1	20.172,1
Emisiones de GEI por operación de maquinaria	263,5	263,5
Emisiones de GEI asociadas al consumo eléctrico	6,8	6,8
HC TOTAL	95.273,1	23.114,9

3.6.1.4 HC de la incineración

Para la valoración ambiental de esta alternativa se tuvo en cuenta que la prioridad de manejo para residuos como papeles y plásticos es el aprovechamiento, por esta razón solo se consideró la incineración del 30% de papeles y plásticos no aprovechados y los residuos que conforman la categoría "otros". En este mismo escenario se plantea el tratamiento con fines de aprovechamiento del 50% de RSUORO, lo que significa que el 50% restante debe ser sometido a disposición final en relleno sanitario por tratarse de un residuo no incinerable, al igual que los residuos de vidrio y metal no aprovechados, por no tener poder calorífico y no ser aptos para esta tecnología. Esta última circunstancia significa que a la HC de la incineración se le sumó la HC de la disposición final de residuos no incinerables, lo que significa que estas dos alternativas son complementarias.

El resultado indica que incorporando la incineración al escenario 2 de manejo, la huella de carbono se sería de 162.931 Ton.Eq.CO₂/Anuales, mientras que este mismo escenario sin incineración generaría 95.273²⁷ Ton.Eq.CO₂/anuales (Tabla 50). Esto significa que la incineración representaría un incremento de 67.658 Ton.Eq.CO₂/Anuales.

²⁷ Sin quema de biogás.

Tabla 50. Comparación de emisiones de GEI asociadas a la incineración bajo el escenario 2 de manejo de RSUOR en el municipio de Pereira. 2017.

1. Escenario 2 de manejo con incineración		
1.1 Emisiones por incineración		
Tipo de material	Cantidad a incinerar (Ton/Año)	Emisión de GEI (Ton.Eq.CO₂)
Papeles	3.397	22.758
Plásticos	3.075	22.893
Madera	274	1.831
Textil	1.023	6.951
Otros	1.975	13.281
Total emisiones por incineración		67.714
1.2 Emisiones por disposición final		
Aspecto	Cantidad	Emisión de GEI (Ton.Eq.CO₂)
Residuos biodegradables a disponer (Ton/Año)	35.729	74.831
Residuos de vidrio a disponer (Ton/Año)	1.143	
Residuos de metal a disponer (Ton/Año)	353	
Consumo combustible maquinaria (Diesel B-10) (Gal/Año)*	20.300	209
Consumo energía eléctrica (kWh/Año)*	27.577	5
Lixiviado a tratar (m ³ /Año)	28.634	20,172
Total emisiones disposición final		95.217
Total emisiones incineración y disposición final escenario 2		162.931
2. Escenario 2 de manejo sin incineración		
Aspecto	Cantidad	Emisión de GEI (Ton.Eq.CO₂)
Residuos biodegradables a disponer (Ton/Año)	35.729,0	74.831
Residuos de papel a disponer	3.397,2	
Residuos de plástico a disponer	3.075,1	
Residuos de vidrio a disponer (Ton/Año)	1.142,5	
Residuos de metal a disponer (Ton/Año)	352,5	
Otros residuos a disponer (Ton/Año)	3.271,6	
Consumo combustible maquinaria (Diesel B-10) (Gal/Año)*	25.614	263
Energía eléctrica (kWh/Año)*	34.796	7
Lixiviado a tratar (m ³ /Año)	28.634	20.172
Total emisiones escenario 2 sin incineración		95.273

*Información suministrada por ATESA de Occidente S.A E.S.P. (2017).

3.6.2 Identificación y valoración de alternativas de menor impacto ambiental en términos de HC

El análisis permite concluir que ante un escenario 2 de manejo de RSUOR la alternativa de menor impacto ambiental es tratamiento anaeróbico y la disposición final en relleno sanitario con quema de biogás, que representa la reducción del 42% de la huella de carbono con respecto al escenario de manejo actual (escenario 1), como se indica en la Tabla 51.

Tabla 51. Impacto ambiental de alternativas de manejo de RSUOR del municipio de Pereira, tomando como referencia la huella de carbono. 2017.

Etapas del ciclo de vida	HC - Escenario1 (Manejo actual) (TonEq.CO ₂)	HC - Escenario 2 (Ton.Eq.CO ₂ /Año) Aprovechamiento de RSUOR (70%) y RSUOR (50%)				
		Tratamiento de RSUOR con fines de aprovechamiento		Disposición final en relleno sanitario*		Incineración*
		Digestión anaeróbica de RSUOR	Compostaje aeróbico de RSUOR	Sin quema de biogás	Con quema de biogás	
Obtención de materias primas y producción de bienes de consumo que forman parte del flujo de RSUOR (de la cuna a la puerta)	276.859,9	258.119,9	258.119,9	258.119,9	258.119,9	258.119,9
- GEI Producción alimentos	58.186,3	58.186,3	58.186,3	58.186,3	58.186,3	58.186,3
- GEI Producción papel	187.960,4	174.614,7	174.614,7	174.614,7	174.614,7	174.614,7
- GEI Producción plástico	19.345,5	14.391,3	14.391,3	14.391,3	14.391,3	14.391,3
- GEI Producción vidrio	4.958,4	5.011,8	5.011,8	5.011,8	5.011,8	5.011,8
- GEI Producción metales	6.409,4	5.915,8	5.915,8	5.915,8	5.915,8	5.915,8
Recolección y transporte de RSUOR hasta su fin de vida (aprovechamiento y disposición final)	801,2	738,1	738,1	738,1	738,1	738,1
- Emisiones de CO ₂ vehículos recolectores	800,4	737,3	737,3	737,3	737,3	737,3
- Emisiones de CH ₄ vehículos recolectores	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
- Emisiones de N ₂ O vehículos recolectores	0,8	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7
Fin de vida RSUOR aprovechados (Reciclaje)	-22.919,0	-40.658,6	-34.817,0	-40.658,6	-40.658,6	-40.658,6
- Digestión anaeróbica de RSUOR (Biodegradables)	-	1.000,4	6.842,1	1.000,4	1.000,4	1.000,4
- Reducción GEI por reciclaje de papeles	-12.019,7	-25.365,5	-25.365,5	-25.365,5	-25.365,5	-25.365,5
- Reducción GEI por reciclaje de plásticos	-8.535,1	-13.489,3	-13.489,3	-13.489,3	-13.489,3	-13.489,3
- Reducción GEI por reciclaje de vidrios	-1.706,3	-1.652,8	-1.652,8	-1.652,8	-1.652,8	-1.652,8
- Reducción GEI por reciclaje de metales	-657,8	-1.151,4	-1.151,4	-1.151,4	-1.151,4	-1.151,4
Fin de vida RSUOR no aprovechados (Incineración)	-	-	-	-	-	67.714
- Emisiones por incineración de papeles	-	-	-	-	-	22.758,2
- Emisiones por incineración de plásticos	-	-	-	-	-	22.892,6
- Emisiones por incineración de madera	-	-	-	-	-	1.830,8
- Emisiones por incineración de textil	-	-	-	-	-	6.950,8
- Emisiones por incineración de otros residuos	-	-	-	-	-	13.281,7
Fin de vida de RSUOR no aprovechados (Disposición final en relleno sanitario)	190.522,3	95.273,2	95.273,2	95.273,2	23.115	95.217,1
- Emisiones de CH ₄ en biogás por descomposición de residuos biodegradables	149.661,4	74.830,7	74.830,7	74.830,7	2.672,5	74.830,7
- GEI del tratamiento de lixiviados (sistema anaeróbico)	40.344,2	20.172,1	20.172,1	20.172,1	20.172,1	20.172,1
- Emisiones de CO ₂ asociadas a la operación de maquinaria en el relleno sanitario	503,1	263,2	263,2	263,2	263,2	208,6
- Emisiones de CH ₄ asociadas a la operación de maquinaria	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
- Emisiones de N ₂ O asociadas a la operación de maquinaria	0,5	0,3	0,3	0,3	0,3	0,2
- GEI asociados al consumo de energía eléctrica (oficinas, PTARND y estación de lavado)	13,1	6,8	6,8	6,8	6,8	5,4
HUELLA DE CARBONO TOTAL (Ton. Eq. CO₂/Año)	468.183,5	355.131,5	360.973,2	355.131,5	282.973,3	422.789
REDUCCIÓN DE LA HC	5%	28%	27%	28%	42%	14%
Huella de carbono con respecto a la generación de RSUOR (Ton. Eq. CO₂/Ton. RSUOR)	4,62	3,51	3,56	3,51	2,79	4,17

*Se calculó con digestión anaeróbica, por ser la alternativa de menor impacto en este flujo de residuos.

Sin embargo, y sin desconocer la importancia que tiene el aprovechamiento, la reducción en la generación de residuos es la acción más relevante para reducir el impacto ambiental, ya que ante un escenario hipotético de aprovechamiento del 100% de materiales recuperables²⁸ (biodegradables, papeles, plásticos, vidrios y metales), la HC reduciría en un 51% (de 4,85 a 2,4 Ton.Eq.CO₂/Ton.RSUOR), mientras que la reducción en la generación de residuos representaría una reducción directa del 100% de los impactos ambientales, ratificando la importancia del principio de “diseñar para la prevención de residuos” de la Economía Circular (Ellen MacArthur, 2013).

²⁸ El 97% de los RSUOR del municipio de Pereira son aprovechables.

CAPÍTULO IV. MODELO ADMINISTRATIVO DE ARREGLOS ESTRUCTURALES, QUE DESDE UN ENFOQUE DE ECONOMÍA CIRCULAR CONDUZCAN A UN ESCENARIO DE CERO DISPOSICIÓN FINAL EN CIUDADES INTERMEDIAS DE COLOMBIA TOMANDO COMO ESTUDIO DE CASO EL MUNICIPIO DE PEREIRA

4.1 Transformaciones a la actual estructura de manejo de RSUOR en el municipio de Pereira

Partiendo del reconocimiento de dos sistemas asociados al manejo actual de RSUOR: a) un sistema formal correspondiente a la prestación del servicio de aseo de no aprovechables (sistema tradicional) y b) un sistema informal conformado por las actividades de aprovechamiento, la estructura propuesta se centra en conformar un solo sistema de manejo formal basado en el mantenimiento de las relaciones fuertes y formales, la transformación de relaciones informales y débiles, la eliminación de relaciones ilegales y la corrección de conflictos y rupturas de procesos. (Figura 13).

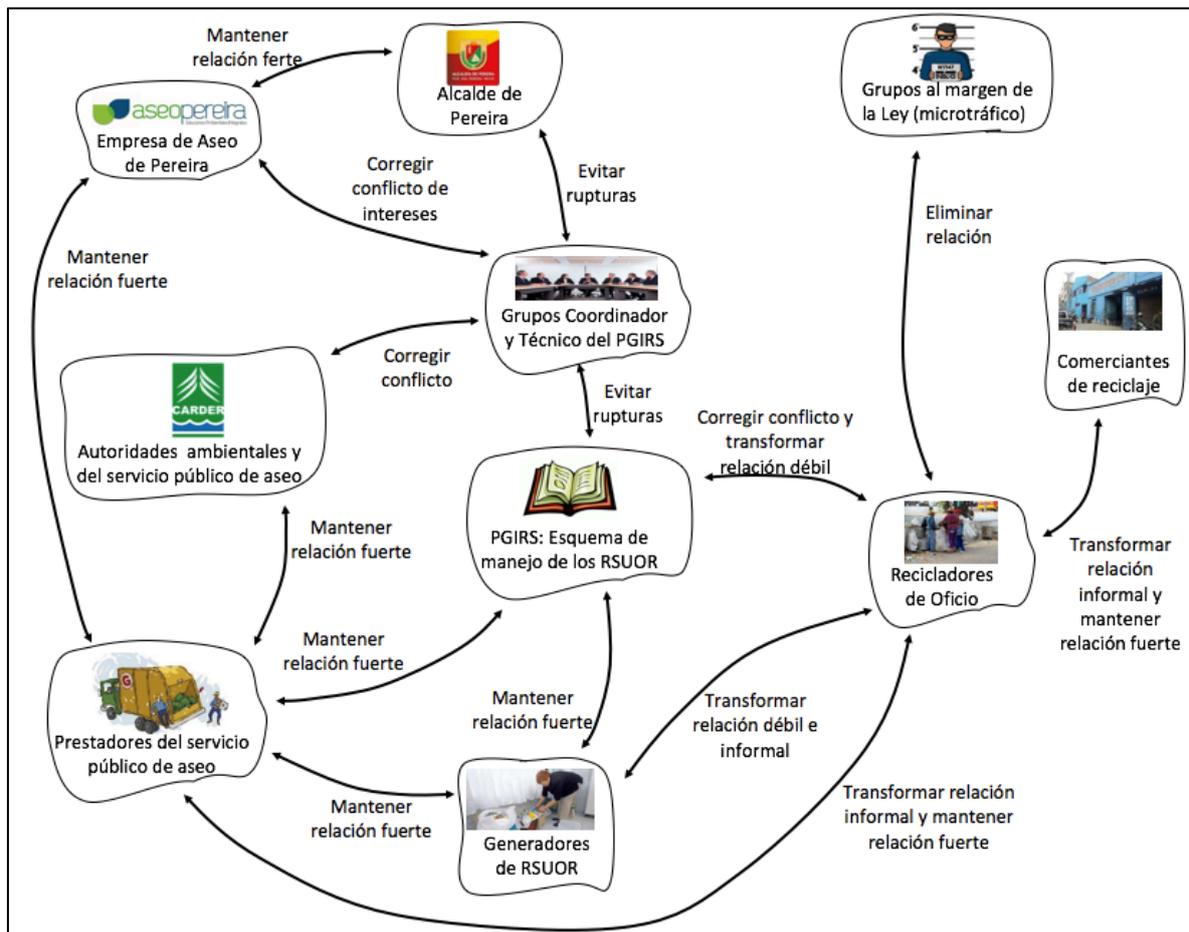


Figura 13. Sistema de relaciones de las partes interesadas en el marco de una propuesta de un sistema administrativo de manejo de RSUOR en el municipio de Pereira. 2017.

Con los cambios planteados se espera mejorar la comunicación entre las partes interesadas, fortaleciendo su relacionamiento y evitando rupturas y conflictos, conformando un sistema cuya condición emergente corresponda a una estructura fuerte cuyas dinámicas de auto-organización deriven en su gobernabilidad.

4.1.1 Mantener relaciones fuertes y formales

El sistema formal corresponde a la prestación del servicio público de aseo de residuos no aprovechables, que consiste en la recolección, transporte y disposición final sin aprovechamiento. Este sistema está caracterizado por **relaciones fuertes**, de carácter contractual y jurídico entre la

administración municipal, los prestadores del servicio de aseo de no aprovechables, los usuarios del servicio y autoridades ambientales y de servicios públicos. Estas relaciones son importantes para el sistema y deben ser mantenidas porque de ellas dependen las condiciones sanitarias de la zona urbana de la ciudad (espacios públicos), y las condiciones ambientales y sanitarias del sitio de disposición final.

4.1.2 Transformar relaciones informales y débiles

El sistema informal corresponde a los procesos de aprovechamiento de RSUOR (papeles, plásticos, vidrios y metales principalmente), caracterizados por relaciones informales, débiles e ilegales en algunos casos. Este sistema debe ser transformado a condiciones de formalidad, fortaleciendo las relaciones entre las partes interesadas y constituyendo procesos sostenibles que eviten rupturas cada cuatro años ante cada cambio de administración.

Las **relaciones informales** se presentan entre los recicladores de oficio con los generadores de residuos, las empresas prestadoras del servicio público de aseo y los chatarreros o comerciantes de reciclaje. La nueva estructura debe incorporar un esquema de aprovechamiento que establezca la separación en la fuente como una acción obligatoria acompañada de procesos de educación ambiental a los generadores, al igual que el desarrollo de frecuencias, horarios y rutas de recolección selectiva y diferenciada que garantice el acceso cierto y efectivo de los recicladores de oficio al material reciclable. Esto se justifica en el hecho de que los recicladores de oficio desempeñan su labor en función de las rutas, frecuencias y horarios del servicio de aseo de no aprovechables, obligando a la armonización entre ambos servicios. Frente a la comercialización del material recuperado se evidenció un vínculo fuerte entre los recicladores de oficio y las chatarrerías o bodegas donde comercializan el material, que hace pensar en la necesidad mantener este vínculo incorporando formalmente a los comerciantes de reciclaje en el esquema, tal como lo manifestaron las partes interesadas durante el desarrollo del presente trabajo, sin que ello signifique que estos comerciantes se beneficien de acciones afirmativas cuyo único destinatario son los recicladores de oficio.

Como consecuencia de la actual estructura operativa del esquema de manejo de RSUOR existe una **relación débil** entre los recicladores de oficio y los generadores de RSUOR, a pesar de que la mayoría de las personas que separan en la fuente le entregan el material a los recicladores de oficio de su respectivo sector. Esta relación debe ser transformada fortaleciendo el vínculo entre los recicladores y la comunidad mediante el acompañamiento de la administración municipal a través de programas de divulgación y educación ambiental que acerquen a estas dos partes interesadas, e incorporen formalmente a los recicladores de oficio en el esquema operativo de prestación del servicio público de aseo del municipio. A pesar de que las organizaciones de recicladores de oficio son tenidas en cuenta y hacen parte del Grupo Coordinador del PGIRS, su participación es poco efectiva y debe ser transformada en acciones afirmativas que conduzcan a la inclusión y mejoramiento en las condiciones administrativas, operativas y económicas de estas organizaciones.

4.1.3 Eliminar relaciones ilegales

Aunque se presenta de manera marginal, existe una **relación ilegal** entre algunos recicladores de oficio en condición de habitante de calle y grupos al margen de la ley que desarrollan actividades de microtráfico o intercambio de reciclaje por sustancias alucinógenas. Esta práctica afecta la actividad de reciclaje en el municipio ya que, como consecuencia de ella se restringió la operación de bodegas de reciclaje en la zona del centro de la ciudad en horas de la noche. Teniendo en cuenta que la recolección de residuos en esta zona se realiza principalmente en horas de la noche, se debe pensar en la modificación de esta medida y buscar alternativas que permitan la comercialización del material recuperado por los recicladores de oficio en estas rutas.

4.1.4 Corregir conflictos y evitar rupturas de procesos

La dinámica del sistema y las sensaciones de inconformidad expresadas por las partes interesadas indican conflictos y rupturas de procesos que deben ser corregidos para mejorar la eficiencia. Los

conflictos identificados son la exclusión de los recicladores de oficio del sistema formal de manejo de RSUOR, el relacionamiento de la autoridad ambiental con la administración municipal y el conflicto de intereses que tiene la Empresa de Aseo de Pereira con el sistema, mientras que las rupturas están relacionadas con factores políticos que modifican las dinámicas del sistema ante los cambios de administración municipal y la llegada de nuevos funcionarios.

Frente al **conflicto** presentado con los recicladores de oficio, las partes interesadas manifestaron la necesidad de promover su inclusión en la estructura formal del servicio público de aseo, mediante la adopción de un esquema de aprovechamiento que fortalezca el vínculo entre los generadores de residuos y las organizaciones de recicladores, e incremente gradualmente su capacidad para prestar el servicio en condiciones de calidad, continuidad y cobertura.

El **conflicto** entre la autoridad ambiental y la administración municipal surge de un relacionamiento basado en procesos de vigilancia y control que genera tensión entre ambas partes. Esta forma de relacionamiento, que aunque también se presenta con menos tensión con otras autoridades como la Contraloría, la Procuraduría y la personería, se puede corregir en la medida que los organismos de control sean integrados efectivamente a los procesos de planificación y desarrollo de iniciativas por parte de la Alcaldía Municipal. Aunque las autoridades ambientales y entes de control hacen parte del Grupo Coordinador del Plan de Gestión Integral de Residuos Sólidos (PGIRS), tienen una participación pasiva que debe ser modificada a un rol propositivo, de apoyo y acompañamiento. Es decir, se requiere una transformación institucional y de políticas locales que modifique el enfoque y el sentido de la participación de las autoridades ambientales en las dinámicas de planificación y manejo de RSUOR.

La Empresa de Aseo de Pereira presenta un **conflicto de intereses**, que surge del “Contrato de operación del servicio público de aseo en el municipio de Pereira” suscrito el 16 de febrero de 2007 con la empresa ATESA de Occidente, a través del cual ATESA asume bajo la modalidad de concesión los componentes y actividades del servicio público de aseo a los suscriptores de la Empresa de Aseo de Pereira. Este contrato, celebrado inicialmente a 20 años y prorrogado a 30 años mediante el “Otrosi No.3” del 09 de julio de 2010, genera un vínculo contractual y económico entre estas dos empresas. Esta circunstancia convierte a la Empresa de Aseo de Pereira en parte interesada en los procesos de planificación y gestión del manejo de los RSUOR, comprometiendo su neutralidad y objetividad en el liderazgo y promoción de actividades del servicio público de aseo que representen competencia o afectación del mercado de ATESA de Occidente, quien cuenta con aproximadamente el 96% de la cobertura del servicio. Ante esta circunstancia el papel de la Empresa de Aseo de Pereira, en el marco del PGIRS, debería enfocarse en el tratamiento con fines de aprovechamiento de los RSUOR biodegradables (RSUORO) como el flujo de mayor impacto ambiental en las condiciones actuales, ya que cuenta con la capacidad administrativa, financiera y operativa para hacerse cargo de este proceso, además del vínculo con la empresa ATESA de Occidente.

La **ruptura en procesos** de planificación y gestión frente al manejo de los RSUOR se presenta normalmente ante nuevos periodos de gobierno local y el cambio de partido político al frente de la administración municipal. Estos cambios traen consigo nuevos equipos de profesionales en la dirección del tema, cuyo conocimiento, experiencia y expectativas generan rupturas en las dinámicas y procesos iniciados en administraciones anteriores, principalmente en la prestación del servicio público de aseo en la actividad de aprovechamiento, es decir en el sistema informal, ya que las actividades del servicio de no aprovechables están suficientemente reglamentadas e incorporadas en la cultura local. Ante estas rupturas surge la necesidad de reglamentar la prestación del servicio público de aseo en la actividad de aprovechamiento, transformándola en una actividad formal basada en normas cuyo cumplimiento trascienda los cambios de gobierno local, tal como ocurre con la prestación del servicio de no aprovechables. Igualmente se debe fortalecer la relación y comunicación entre las partes interesadas, teniendo claridad frente al papel e interés de cada una de ellas en el sistema de manejo de RSUOR.

4.2 Modelo matemático para la valoración de impactos ambientales, económicos y sociales de alternativas y escenarios de manejo de RSUOR en el municipio de Pereira

Con el fin de medir el impacto de las transformaciones propuestas a la actual dinámica de generación y manejo de RSUOR en el municipio de Pereira, se diseñó un modelo matemático (Anexo 10) que permite valorar la eficiencia de la estructura actual y de la estructura propuesta. Tanto la valoración como el análisis se hacen a partir del sistema de indicadores propuesto, y de variables de carácter económico, social y ambiental, como el ingreso promedio de los recicladores de oficio, el número de recicladores que podrían beneficiarse con un ingreso igual a un salario mínimo mensual legal vigente, y la reducción de la huella de carbono.

La aplicación del modelo matemático permite establecer, desde el Índice Agregado de Economía Circular, una posible transformación de la actual estructura ubicada en un rango medio bajo (29,25 puntos) a un rango medio alto (62,80 puntos) en el escenario 2 propuesto. (Tabla 52).

Tabla 52. Impacto esperado de las transformaciones propuestas a la actual estructura de generación y manejo de RSUOR en el municipio de Pereira. 2017.

Variables		Escenario 1 (Manejo actual)	Escenario 2 (Aprovechamiento factible)
1. Variables de entrada			
Generación de RSUOR (Ton/Año)		101.287	
Minimización en la generación (%)		0%	
Aprovechamiento RSUORO (Biodegradables)	Aprovechamiento aeróbico (%)	0%	0%
	Aprovechamiento anaeróbico (%)	0%	50%
Aprovechamiento RSUORA	Aprovechamiento papeles (%)	33,17%	70%
	Aprovechamiento Plásticos (%)	44,29%	70%
	Aprovechamiento vidrios (%)	72,26%	70%
	Aprovechamiento metales (%)	39,99%	70%
Manejo RSUORNA	Incineración	0%	0%
	Disposición final en relleno sanitario	100%	100%
Eficiencia de separación en la fuente de RSUORO (%)		0%	50%
Eficiencia de separación en la fuente de RSUORA (%)		49,9%	81%
2. Variables de salida			
IFR		29,2	40,4
IBC		10,6	39,1
IHC		36,7	62,6
IRI		51,2	90
IASE		18,6	88,9
Índice Agregado de Economía Circular (IAEC)		29,25	64,2
Ingreso promedio de un reciclador de oficio (\$/Reciclador-mes)		355.580	603.038
Recicladores con un ingreso igual a un SMMLV (Recicladores)*		542	919
Huella de carbono (Ton.Eq.CO ₂ /Año)		468.183	282.973
Reducción de la Huella de carbono (%)		5%	42%

*El censo oficial de recicladores de la Alcaldía de Pereira estima que de los 1124 recicladores de oficio identificados, 865 no presentan condición de habitante de calle. Por lo tanto esta es la cifra que se toma de referencia como el número mínimo de recicladores de oficio que deberían ganar un salario mínimo.

Aunque todos los indicadores presentarían un incremento en su puntaje, la estructura propuesta representaría un impacto mayor en los aspectos de carácter social medidos en los indicadores de reciclaje inclusivo (IRI) y de aspectos sociales y económicos (IASE), que pasan de rango medio alto (51,2 puntos) a alto (90 puntos) y de bajo (18,6 puntos) a alto (88,9 puntos) respectivamente.

En términos económicos y sociales, la estructura propuesta representaría un incremento significativo en los ingresos de los recicladores de oficio que pasarían de ganar en promedio \$355.580 mensuales a ganar \$603.038 mensuales, es decir que incrementarían su ingreso del 48% de un salario mínimo

mensual al 82%. Igualmente, se incrementaría de 542 a 919 el número potencial de recicladores de oficio con posibilidad de ganar un salario mínimo mensual, lo cual es importante teniendo en cuenta que según el censo oficial (Alcaldía de Pereira, 2017), 859 del total de 1.124 recicladores de oficio censados no se encuentran en condición de habitante de calle, por lo que la cifra estimada cubre a la totalidad de los recicladores con mayor potencial para incorporar en procesos de formalización.

En cuanto al impacto ambiental, las transformaciones propuestas representarían la reducción del 42% del impacto en términos de huella de carbono, en contraste con el 5% de reducción asociado a la estructura actual, pasando este indicador de un nivel medio bajo (36,7 puntos) a un nivel medio alto (62,6 puntos).

4.3 Propuesta de sistema administrativo para el manejo de RSUOR en el municipio de Pereira

El principal rasgo de la estructura propuesta consiste en transformar la dinámica actual conformada por un sistema formal y uno informal, en un solo sistema formal que permita el manejo de los RSUOR bajo un esquema diferencial de residuos aprovechables y no aprovechables, con la participación efectiva de las partes interesadas (generadores, recicladores de oficio, empresas prestadoras del servicio público de aseo y administración municipal) y un sistema de información efectivo que permita medir la dinámica y eficiencia del sistema (Imagen 18 y Figura 14). Se tomaron como referencias normativas los pronunciamientos de la Honorable Corte Constitucional a través de las sentencias T-24 de 2003²⁹, T-291 de 2009³⁰ y T-387 de 2012³¹ y el Auto 275 de 2011³², al igual que los lineamientos del Decreto 2981 de 2013, el Decreto 596 de 2016, la Resolución 276 de 2016 y la Resolución CRA 720 de 2015.

²⁹ <http://www.corteconstitucional.gov.co/relatoria/2003/T-724-03.htm>

³⁰ <http://www.corteconstitucional.gov.co/relatoria/2009/T-291-09.htm>

³¹ <http://www.corteconstitucional.gov.co/relatoria/2012/T-387-12.htm>

³² www.corteconstitucional.gov.co/relatoria/autos/2011/a275-11.htm



Imagen 18. Jornadas de trabajo, discusión y análisis con las partes interesadas en el manejo de los RSUOR en el municipio de Pereira, 2017

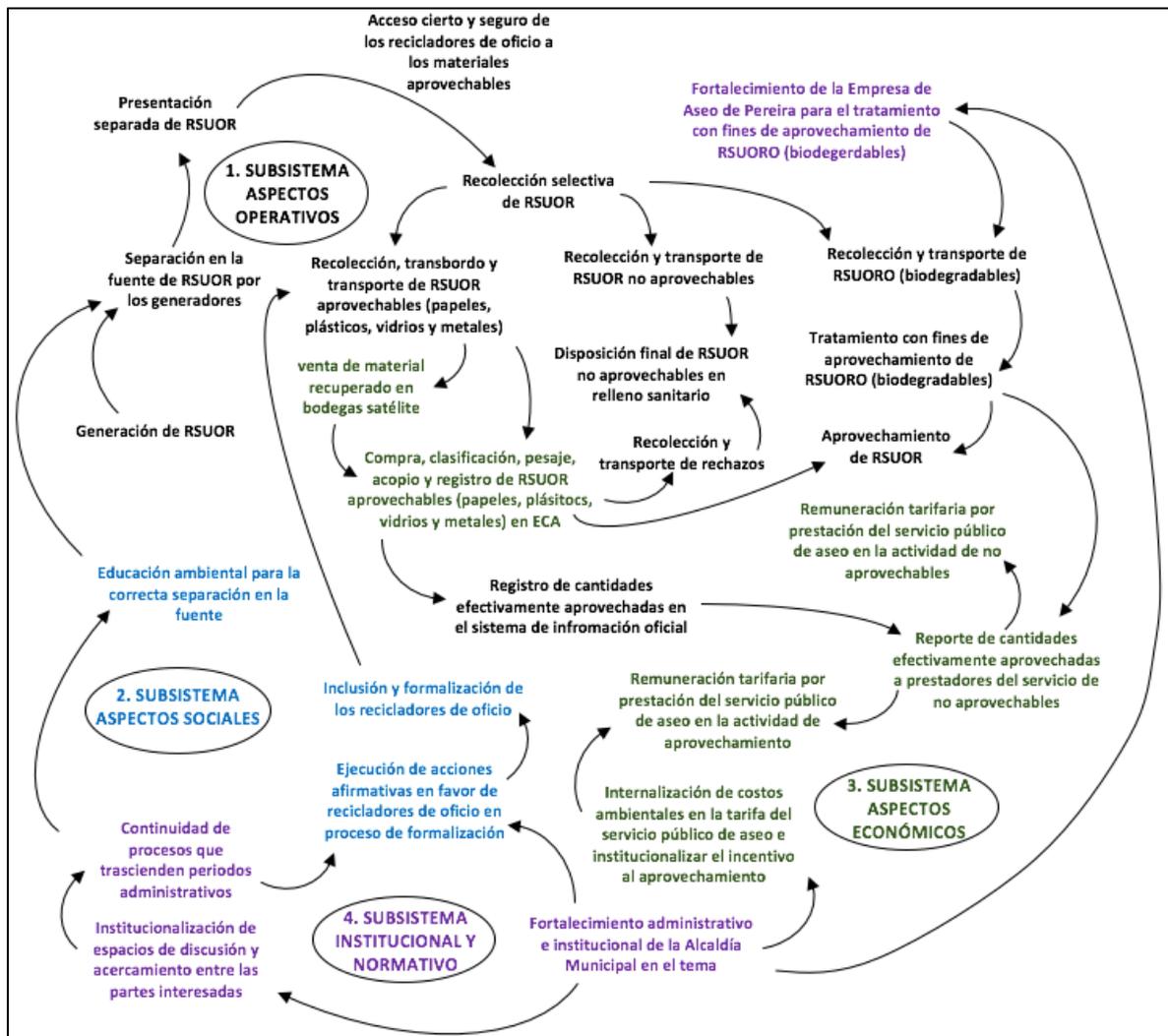


Figura 14. Sistema administrativo propuesto para el manejo de los RSUOR en el municipio de Pereira. 2017.

El sistema administrativo propuesto en el presente estudio fue tomado como base y referencia para el esquema municipal de aprovechamiento de residuos sólidos titulado “Esquema de aprovechamiento del servicio público de aseo y formalización de los recicladores de oficio para el municipio de Pereira”, adoptado por la Alcaldía Municipal mediante Decreto 270 del 03 de abril de 2019, como consecuencia del proceso de concertación y trabajo con las partes interesadas desde el año 2014 en el marco del desarrollo de la presente investigación. Tanto el Decreto como el documento técnico que hace parte integral de éste, se encuentran en el Anexo 16 (Figura 15).

transformación hacia una sola estructura formal para el manejo de los residuos aprovechables y no aprovechables.

El esquema operativo presenta la siguiente estructura:

- **Aspectos Operativos:**

- Separación en la fuente.
- Presentación de los residuos para su manejo.
- Recolección, transbordo y transporte.
- Requisitos para las Estaciones de Clasificación y Aprovechamiento (ECA).
- Material de rechazo en las ECA.
- Horario de apertura y cierre de las bodegas de reciclaje y las ECA.
- Sistema de información

- **Aspectos sociales:**

- Acciones enfocadas hacia los generadores de RSUOR: a) Sensibilización frente al manejo y separación en la fuente, b) derechos de los usuarios y c) deberes de los usuarios.
- Acciones enfocadas hacia los recicladores de oficio: a) Progresividad para la formalización, b) fases para la formalización progresiva de los recicladores de oficio, c) registro ante la Superintendencia de Servicios Públicos Domiciliarios (SSPD), d) planes de Fortalecimiento Empresarial, e) provisión de inversiones, f) aspectos administrativos mínimos, g) acciones afirmativas de la Alcaldía Municipal en el proceso de formalización de los recicladores de oficio, h) aportes bajo condición e i) deberes de las personas prestadoras de la actividad de aprovechamiento:

- **Aspectos económicos:**

- Tarifa del servicio público de aseo:
 - Remuneración tarifaria: a) Metodología tarifaria para la actividad de aprovechamiento, b) integralidad de la actividad de aprovechamiento, c) registro de las personas prestadoras de la actividad de aprovechamiento, d) prácticas no autorizadas, e) reporte de información para el cálculo de la remuneración vía tarifa de la actividad de aprovechamiento al Sistema Único de Información (SUI) y f) reporte de información para el cálculo del costo de la remuneración vía tarifa de la actividad de aprovechamiento a la persona prestadora de la actividad de recolección y transporte de residuos no aprovechables.
 - Facturación e información de la actividad de aprovechamiento del servicio público de aseo: a) Obligación de facturación integral del servicio público de aseo, b) reporte de información para el cálculo de la remuneración vía tarifa de la actividad de aprovechamiento, c) Publicación de información reportada al Sistema Único de Información (SUI) para el cálculo de la remuneración vía tarifa de la actividad de aprovechamiento, d) incentivo a la separación en la fuente (DINC), e) cálculo de la tarifa mensual final al suscriptor, f) medición y balance de masas, g) publicación de información reportada al Sistema Único de Información (SUI) para el cálculo de la remuneración vía tarifa de la actividad de aprovechamiento, h) publicaciones de tarifas e i) metodología para la determinación del equilibrio.
 - Cobro y gestión de los recursos de la actividad de aprovechamiento del servicio público de aseo: a) Cobro de la actividad de aprovechamiento, b) recaudo, c)

recursos de la facturación del servicio público de aseo correspondientes a la actividad de aprovechamiento, d) distribución del costo de comercialización asociado a la actividad de aprovechamiento, e) traslado de recursos de la facturación del servicio público de aseo correspondientes a la actividad de aprovechamiento, f) gestión de recuperación de cartera y g) Comité de conciliación de cuentas.

- **Atención al usuario:** a) Contrato de condiciones uniformes del servicio público aseo (CCU) para la actividad de aprovechamiento, b) vinculación de catastros, c) recibo de peticiones quejas y recursos (PQR) y d) atención de peticiones, quejas y recursos (PQR) relativos al contrato de servicios públicos:

- **Venta de material recuperado**

4.3.2 Aspectos institucionales y normativos

4.3.2.1 Aspectos institucionales

a) Descentralización del sistema administrativo en la Alcaldía Municipal: La estructura de manejo de RSUOR en el municipio de Pereira corresponde a un sistema centralizado, altamente dependiente de la capacidad económica y administrativa de la administración municipal. Esta condición determinada por el marco normativo nacional, hace pensar en la necesidad de fortalecer las competencias profesionales de los funcionarios de la Alcaldía, y la asignación de recursos que permitan transformar el actual sistema hacia una estructura eficiente.

Este fortalecimiento debe verse reflejado en la capacidad para direccionar y promover procesos de relacionamiento y trabajo concertado entre las partes interesadas. Para esto la alcaldía deberá continuar propiciando espacios de discusión y acercamiento entre actores con intereses comunes, con el fin de alcanzar un sistema auto-organizado con una dinámica sostenible que trascienda los cambios de periodos administrativos:

- Organizaciones de recicladores de oficio y prestadores privados de servicio público de aseo de no aprovechables, a través de los Comités de Conciliación de Cuentas.
- Autoridades ambientales y de prestación del servicio público de aseo con la administración municipal y los prestadores del servicio de aprovechables y no aprovechables, con el fin de medir la efectividad del esquema de aprovechamiento.
- Autoridades de policía con representantes del Grupo Coordinador del PGIRS y organizaciones de recicladores de oficio, con el fin de hacer seguimiento y ajustar la reglamentación de la venta del material recuperado, tanto en bodegas de reciclaje como en estaciones de clasificación y aprovechamiento (ECA).
- Instituciones públicas como la Secretaría de Desarrollo Social, Planeación Municipal, Secretaría de Gobierno, Secretaría de Desarrollo Social y Gestión Ambiental, Empresa de Aseo, Corporación Autónoma Regional de Risaralda (CARDER), Personería Municipal y Procuraduría Delegada para Asuntos Ambientales, con el fin de definir competencias y concertar la participación en el sistema y la asignación de recursos.
- Reuniones periódicas del Grupo Coordinador del PGIRS, como espacio oficial de diálogo y concertación de alternativas entre las partes interesadas.

b) Papel de la Empresa de Aseo de Pereira: La actual estructura, analizada desde la relación entre las partes interesadas, indica la necesidad de reconsiderar el papel de la Empresa de Aseo de Pereira en la dinámica de manejo de los RSUOR, ya que ésta se constituye en parte interesada por tener un vínculo contractual y económico con la empresa ATESA de Occidente S.A E.S.P quien tiene la posición dominante en la prestación del servicio público de aseo en el municipio. Esta circunstancia hace pensar en la necesidad de re-direccionar el papel de la Empresa de Aseo de Pereira en aspectos específicos desde sus fortalezas, como la calidad en la prestación del servicio, el direccionamiento de una unidad

especializada del servicio al interior de la alcaldía (inventoría y plan de mejoramiento), el tratamiento con fines de aprovechamiento de residuos orgánicos de rápida degradación, o el estudio que conduzca a la ubicación del futuro sitio de disposición final (relleno sanitario) teniendo en cuenta que el sitio actual cuenta con vida útil inferior a 10 años.

4.3.2.2 Aspectos normativos

a) Papel de las bodegas de reciclaje o “chatarrerías”: Dentro de los ajustes normativos se identifica la necesidad de incorporar al esquema de aprovechamiento a las bodegas de reciclaje que tradicionalmente se conocen como “chatarrerías”. Para el municipio de Pereira, dejar por fuera del esquema formal de aprovechamiento a estos establecimientos significaría dejar por fuera aproximadamente el 90% de los recicladores de oficio, además de ir en contra de la dinámica real de recuperación de materiales como papeles, plásticos, vidrios y metales. Sin embargo, a pesar de que el marco normativo nacional desconoce su existencia, el municipio tiene la posibilidad de incorporarlos formalmente a través del esquema de aprovechamiento, respetando los pronunciamientos de la Corte Constitucional a través de sus sentencias, y de las normas que priorizan la inclusión de los recicladores de oficio. Es decir, que el municipio podrá adoptar un esquema operativo que incorpore a las bodegas de reciclaje, cuidando que éstas no se apropien de recursos de tarifa o acciones afirmativas que en derecho le corresponden a los recicladores de oficio y sus organizaciones.

b) Incentivo al aprovechamiento: A pesar de que la actual estructura de manejo de RSUOR incorpora el aprovechamiento como una actividad complementaria del servicio público de aseo, y permite la remuneración del aprovechamiento de materiales como papeles, plásticos, vidrios y metales, no existe en las normas un incentivo que permita la inversión de recursos por parte de la administración municipal en proyectos de aprovechamiento alternativos a la disposición final. Como ya se mencionó, la estructura tarifaria es insuficiente para promover iniciativas que conduzcan a la minimización de la disposición final y la reducción de impactos ambientales, haciendo necesario la incorporación de un instrumento económico que promueva el aprovechamiento de RSUOR a gran escala, como el tratamiento con fines de aprovechamiento de residuos biodegradables, cuya generación en el municipio de Pereira es de 71.458 toneladas anuales, teniendo asociado el 53% del impacto ambiental total en términos de huella de carbono. Al respecto existe la expectativa frente a la efectividad del Decreto 2412 de 2018, el cual permitirá el recaudo anual de aproximadamente 900 millones de pesos con destino exclusivo a proyectos de aprovechamiento.

b) Norma local que reglamente la actividad de aprovechamiento: Durante la realización del presente trabajo se hizo evidente la ausencia de una norma local que reglamente el aprovechamiento de materiales presentes en los RSUOR, situación que convierte esta actividad en un proceso informal. Lo anterior evidencia la necesidad de contar con una norma local que incorpore el aprovechamiento de RSUOR y defina las reglas para cada parte interesada y la consolidación de una sola estructura formal. Para la consolidación de esta norma local, se deben tomar como referencia los lineamientos definidos en normas como el Decreto 2981 de 2013, la Resolución CRA 720 de 2015, el Decreto 596 de 2016, la Resolución 276 de 2016 y las diferentes sentencias de la Corte Constitucional, especialmente el Auto 275 de 2011. Sin embargo, estas normas definen lineamientos y los aspectos específicos del municipio deben ser discutidos y concertados con las partes interesadas, tal como se propone en el presente estudio.

4.4 Propuesta de un método hacia arreglos estructurales que promuevan la cero disposición final de RSUOR en ciudades intermedias de Colombia

El método que se propone a continuación surge del desarrollo del presente trabajo, y es el resultado de la aplicación de la Metodología para sistemas blandos (Soft Systems Methodology: SSM) de Peter. B. Checkland (Ossa, 2016). Se plantea a partir de dos esquemas conceptuales (primer y segundo nivel) que conducen a un enfoque sistémico iterativo propio de un sistema dinámico que está en constante

cambio, y que debe ser ajustado a partir de la interacción de las partes interesadas y de las transformaciones alcanzadas.

Inicialmente se define el esquema conceptual de primer nivel a partir de la identificación de los subsistemas relevantes que forman parte del manejo de Residuos Sólidos Urbanos Ordinario de origen Residencial (RSUOR) y su relación causal, identificada tanto desde los aspectos operativos que constituyen este flujo, como desde componentes social, económico, institucional y normativo. Posteriormente se define el esquema conceptual de segundo nivel, desarrollado a partir de las desagregaciones de cada uno de los subsistemas identificados en el primer nivel, a partir de las sensaciones de inconformidad identificadas con las partes interesadas y la dinámica de cada subsistema.

4.4.1 Esquema conceptual de primer nivel

El esquema de primer nivel se define a partir de los siguientes aspectos:

- Definición del sistema de interés y su patrón.
- Identificación de los subsistemas relevantes y su relación causal.

a) Definición del sistema de interés y su patrón: El sistema de interés puede ser definido en función del territorio de interés, el tipo de residuos, la fuente de generación y el patrón que constituye el manejo de los residuos, según como se indica a continuación:

- **Patrón que constituye el manejo:** Se define a partir de los procesos que configuran el manejo de los residuos. Se recomienda definirlo a partir del flujo de los residuos, acudiendo al concepto de análisis de ciclo de vida, por lo que incluye las etapas de *generación, manejo en la fuente, presentación, recolección, transporte, clasificación, tratamiento, aprovechamiento y disposición final*.
- **Territorio de interés:** Se define en función del área de generación, es decir residuos urbanos o rurales.
- **Tipo de residuos:** Se define en función del tipo de residuos de interés, ordinarios, especiales o peligrosos.
- **Fuente de generación:** Residenciales, industriales, comerciales y oficiales.

Tomando como ejemplo el presente estudio, una definición del sistema de interés puede ser: *Manejo de residuos sólidos urbanos ordinarios de origen residencial (RSUOR) en el municipio de Pereira, en las etapas de generación, manejo en la fuente, presentación, recolección, transporte, clasificación, tratamiento³³, aprovechamiento y disposición final*.

De esta manera, aunque el sistema de interés y el patrón de manejo de los residuos sólidos puede ser el mismo en diferentes municipios, su dinámica será diferente en cada uno de ellos pues está influenciada por variables económicas, socioculturales, legales e institucionales propias que llevan a una estructura emergente distinta para cada municipio.

b) Identificación de los subsistemas relevantes y su relación causal: Los sistemas relevantes son definidos a partir del trabajo con las partes interesadas y la manifestación de las sensaciones de inconformidad por parte de estas. En primer lugar es necesario identificar entonces las partes interesadas que hacen parte del sistema definido, que pueden ser las siguientes:

- Generadores de RSUOR.
- Empresas prestadoras del servicio público de aseo.
- Recicladores de oficio.

³³ Los sistemas de estabilización (aeróbica o anaeróbica) de residuos orgánicos de rápida degradación, pueden ser entendidos como un proceso de tratamiento con fines de aprovechamiento.

- Entidades públicas relacionadas con la gestión y el manejo de los RSUOR, en sus diferentes roles y funciones.
- Comerciantes de reciclaje (bodegas, chatarrerías, etc).

Una vez identificadas las partes interesadas, se procede a trabajar con ellas a través de reuniones, talleres, trabajo de campo y participación en espacios formales de discusión y concertación como el grupo coordinador del Plan de Gestión Integral de Residuos Sólidos (PGIRS), sin tomar posiciones y capturando información, percepciones, cosmovisión, etc. De este trabajo se deriva la identificación de los subsistemas relevantes y la dinámica causal que constituye el sistema de interés y sus transformaciones o cambios factibles y deseables, que para el caso del presente trabajo se ilustran en el Anexo 1.

Los subsistemas 1 a 4 constituyen el reconocimiento del sistema actual y su eficiencia a partir de un sistema de indicadores, permitiendo identificar con las partes interesadas las transformaciones a la actual estructura. Los subsistemas 5 y 6 corresponden a la identificación de alternativas que conduzcan a cambios factibles y deseables, tanto del flujo de residuos no aprovechables como el de residuos aprovechables. Finalmente, los subsistemas 7 y 8 permiten, a partir de un modelo que permita priorizar las alternativas identificadas mediante el uso de un sistema de indicadores técnicos y operativos, económicos y sociales, priorizar las alternativas seleccionadas y proponer los arreglos a la actual estructura. Dichos arreglos se plantean a partir de transformaciones de aspectos institucionales, sociales, económicos y técnicos, que concluyen con una propuesta de modelo administrativo. Se puede tomar como ejemplo el esquema de primer nivel del presentado en la Figura 1 del presente trabajo.

4.4.2 Esquema conceptual de segundo nivel

En el esquema de segundo nivel se hace una desagregación de cada subsistema del esquema conceptual de primer nivel. Esta desagregación se hace a partir de las interacciones con las partes interesadas y surgen del reconocimiento de las dinámicas observadas y percibidas por ellas. Por eso se trata de un sistema iterativo que obliga a “devolverse” y ajustar el modelo en la medida que se incorporen nuevas dinámicas y nuevas transformaciones. A continuación, se indica tomando como ejemplo el esquema conceptual de segundo nivel del presente trabajo, cada uno de los subsistemas relevantes desagregados, indicando actividades realizadas y fuentes de información (Anexo 1) (Tabla 53).

Tabla 53. Elementos esquema conceptual de segundo nivel (ver anexo 1) a partir de los subsistemas relevantes del sistema de interés. Propuesta de un método hacia arreglos estructurales que promuevan la cero disposición final de RSUOR en ciudades intermedias de Colombia. 2017.

Subsistema relevante	Actividades	Fuentes de información
1 Identificar el potencial de aprovechamiento de los RSUOR, mediante la determinación de la producción y la composición física.	1.1 Conocer la generación y composición física de los RSUOR.	<u>Frente a la generación:</u> - Información reportada en la báscula del relleno sanitario, tomando como mínimo el promedio mensual de los últimos 6 meses, a partir de reportes suministrados por las empresas prestadoras del servicio o del operador del relleno sanitario.
	1.2 Estimar las fracciones de residuos orgánicos de rápida degradación, residuos reciclables con potencial de comercialización (papeles, plásticos, vidrios y metales) y materiales no aprovechables o rechazos.	<u>Frente a la composición:</u> - Información primaria: Caracterización según lineamientos del RAS-2012, título F, numeral F.1.4.1.3 (Página 39). - Información secundaria: Tomando como fuente oficial la composición reportada en el PGIRS, por los operadores de los sitios de disposición final o por las autoridades ambientales.
	1.3 Conocer el potencial de aprovechamiento de materiales reciclables presentes en el flujo de RSUOR.	<u>Cálculos y proyecciones:</u> Se pueden realizar utilizando como referencia la “Guía para la formulación, implementación, evaluación, seguimiento, control y actualización de los Planes de Gestión Integral de Residuos Sólidos (PGIRS)” (MINVIVIENDA, 2015) y la Guía Ras – 001 para la definición del nivel de complejidad y evaluación de la población, la dotación y la demanda de agua (Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, 2003).
2 Conocer los hábitos actuales de comportamiento, percepciones y nivel de conocimiento de los generadores frente al aprovechamiento y manejo en la fuente de RSUOR.	2.1 Identificar el nivel de conocimiento y las percepciones de los generadores de RSUOR frente al manejo actual y posibles prácticas de separación en la fuente y entrega selectiva de materiales, a partir de las condiciones socioeconómicas y tipo de vivienda.	<u>Muestreo aleatorio simple estratificado:</u> $n = \frac{NxZ^2xPxQ}{((N - 1)x E^2) + (Z^2xPxQ)}$ Donde: n: Tamaño de la muestra de cada estrato. N: Número de suscriptores de cada estrato. Z: Parámetro asociado al nivel de confianza. E: Error esperado. P: Probabilidad de éxito (respuestas positivas). En este caso se debe tomar una pregunta de la encuesta como referencia. Q: 1-P La encuesta contendrá preguntas del siguiente tipo: - Hábitos de comportamiento. - Percepciones y nivel de conocimiento.
	2.2 Conocer patrones y prácticas actuales frente a la generación y manejo en la fuente por parte de los generadores de RSUR, a partir de las condiciones socioeconómicas y tipo de vivienda.	
3. Caracterizar los aspectos técnicos, económicos, sociales y ambientales de los procesos de aprovechamiento de RSUOR.	3.1 Caracterizar a la comunidad de recicladores de oficio que realizan su labor a partir de RSUR, desde aspectos sociales, económicos y operativos (recolección, transporte, clasificación, acopio y comercialización).	- Información primaria: Trabajo de campo con actividades de observación, registro fotográfico, entrevistas semiestructuradas, talleres, reuniones, censo de recicladores de oficio, organizaciones y bodegas, visitas y captura de información en sitios de comercialización de reciclaje para consolidar información asociada a precios, condiciones de compra, etc.).

Subsistema relevante	Actividades	Fuentes de información
	3.2 Caracterizar a las organizaciones de recicladores de oficio existentes, estableciendo capacidades organizacionales.	- Información secundaria: Resultados censo oficial de recicladores, organizaciones y bodegas en el PGIRS. - Comparación situación actual de los recicladores de oficio y las organizaciones con respecto al marco normativo.
	3.3 Establecer las actuales dinámicas y condiciones de mercado para el aprovechamiento de RSUOR biodegradables y no biodegradables con potencial de comercialización (papel, plástico, vidrio y metales).	
	3.4 Consolidar el flujo de los RSUOR aprovechados actualmente.	- Uso de excel y la herramienta herramienta STAN 2.6 (2007). Este análisis permitirá consolidar las fracciones y cantidad de materiales que conformarán los flujos de residuos según su fin de vida, que pueden ser la disposición final, el aprovechamiento (papeles, plásticos, vidrios y metales) o el tratamiento con fines de aprovechamiento (orgánicos de rápida degradación).
	3.5 Valorar los impactos ambientales derivados del aprovechamiento actual de RSUOR.	Aplicación del sistema de indicadores ambientales asociados a la generación y manejo de RSUOR, conformado por: - Inidcador de Flujo de RSUOR (IF). - Indicador de Basura Cero (IBC). - Indicador de Huella de Carbono (IHC). - Indicador de Reciclaje Inclusivo (IRI). - Indicador de Aspectos Sociales y Económicos (IASE).
4. Describir los actuales procesos recolección, transporte y disposición final de RSUR en el servicio de aseo de no aprovechables, mediante la determinación de aspectos técnicos, sociales, económicos y ambientales.	4.1 Describir aspectos técnicos (operativos) y financieros asociados al manejo de los RSUOR que no están siendo aprovechados en la actualidad.	Se consolidará a partir de la siguiente información secundaria: - Información suministrada por las empresasprestadoras del servicio de aseo de no aprovechables. - Información tomada del PGIRS como fuente oficial.
	4.2 Establecer la posible relación entre los actuales patrones de comportamiento por parte de los generadores, con los aspectos operativos, económicos y ambientales del manejo de los RSUOR en el servicio de aseo de no aprovechables.	
	4.3. Consolidar el flujo de los RSUOR no aprovechados.	- Uso de excel y la herramienta herramienta STAN 2.6 (2007). Este análisis permitirá consolidar las fracciones y cantidad de materiales que conforman los flujos de residuos según etapas de manejo: Generación, recolección, transporte, aprovechamiento en industria (papeles, plásticos, vidrios y metales), tratamiento con fines de aprovechamiento de residuos biodegradables de rápida degradación, tratamiento térmico o disposición final en relleno sanitario.
	4.4 Valorar los impactos ambientales generados como consecuencia del actual manejo de RSUOR no aprovechados.	Aplicación del modelo de cálculo de la Huella de Carbono, como indicador de presión ambiental y ecológica propuesto en el presente trabajo (Anexos 9 y 10).

Subsistema relevante	Actividades	Fuentes de información
5. Identificar y caracterizar alternativas para incrementar el aprovechamiento de RSUOR, mediante la incorporación de aspectos sociales, económicos, técnicos, institucionales y ambientales.	5.1 Identificar y caracterizar alternativas de manejo en la fuente para incrementar el aprovechamiento de RSUOR, a partir de condiciones y percepciones actuales.	A diferencia de los componentes técnicos y operativos, las alternativas que incorporan aspectos sociales y culturales deben surgir de las partes interesadas, en este caso los generadores de RSUOR, empresas prestadoras del servicio público de aseo, recicladores de oficio y entidades públicas.
	5.2 Identificar y caracterizar alternativas para mejorar el aprovechamiento de RSUOR no biodegradables o de lenta degradación (RSUORA) como papeles, plásticos, vidrios y metales, a través de procesos selectivos de recolección, transporte, clasificación, acopio y comercialización, incorporando aspectos sociales, económicos y operativos	No se trata de identificar y hacer una lista de alternativas para descartar y priorizar algunas, sino de identificar y concertar con las partes interesadas las alternativas que conduzcan a transformaciones deseables y factibles, a partir de actividades, percepciones, sensaciones de inconformidad y cosmovisión identificadas en los primeros cuatro subsistemas relevantes. Las alternativas corresponderán entonces a las condiciones ideales definidas por las partes interesadas, sin desconocer barreras socioculturales, económicas y técnicas, ni criterios normativos y lineamientos de políticas públicas. Para esto se debe realizar trabajo en campo (a través de sistemas piloto por ejemplo) y jornadas de trabajo con las partes interesadas (reuniones y talleres de discusión y concertación), preferiblemente en espacios neutrales como auditorios o aulas de alguna institución educativas, por ejemplo.
	5.3 Identificar y caracterizar alternativas para el aprovechamiento de RSUOR de rápida degradación (RSUORO).	El primer componente para el aprovechamiento de RSUORO es la separación en la fuente como condición para desarrollar cualquier alternativa tecnológica de tratamiento con fines de aprovechamiento. En este sentido la primera alternativa que deben tener en cuenta las partes interesadas es la capacidad para enfrentar un proceso de separación en la fuente de residuos orgánicos de rápida degradación, y la definición del plazo para su incorporación en el esquema de aprovechamiento y por ende en la estructura operativa del servicio público de aseo. Esta decisión representa el reto de contar con tres categorías en la separación en la fuente, depende de factores culturales por parte de los generadores y de la capacidad operativa de los prestadores del servicio público de aseo en este componente, por esta razón es recomendable incorporarla como una actividad complementaria del servicio en el mediano plazo, al menos para el sector residencial. El paso siguiente es la selección de una alternativa tecnológica aeróbica ó anaeróbica, ante lo cual se recomienda utilizar los criterios definidos en el “Estudio de Técnicas Alternativas de Tratamiento, Disposición final y/o Aprovechamiento de Residuos Sólidos – Propuesta de Ajuste al Decreto 838 de 2005” del Banco Interamericano de Desarrollo (BID, 2016) (Anexo 15) aplicados en el presente estudio.
6. Identificar y caracterizar alternativas para el manejo de RSUOR no aprovechables, mediante la incorporación	6.1 Definir criterios y variables de medición frente a los impactos de la incineración y la disposición final de RSUOR no aprovechables en relleno sanitario.	Para la evaluación de estas dos alternativas se recomienda utilizar los criterios definidos en el “Estudio de Técnicas Alternativas de Tratamiento, Disposición final y/o Aprovechamiento de Residuos Sólidos – Propuesta de Ajuste al Decreto 838 de

Subsistema relevante	Actividades	Fuentes de información
de aspectos económicos, técnicos, sociales y ambientales.	6.2 Caracterizar la incineración y la disposición final en relleno sanitario, valorando impactos ambientales e incorporando aspectos económicos, técnicos, sociales y ambientales.	2005” del Banco Interamericano de Desarrollo (BID, 2016) (Anexo 15) aplicados en el presente estudio. Adicionalmente, se recomienda utilizar el modelo de cálculo de la Huella de Carbono, como indicador de presión ambiental y ecológica propuesto en el presente trabajo (Anexos 9 y 10), como criterio complementario para la selección de la alternativa.
7. Priorizar las alternativas seleccionadas mediante un modelo holístico, que permita medir y analizar el impacto de posibles arreglos estructurales a partir de un sistema de indicadores, priorizando escenarios de menor impacto ambiental desde los principios de Basura Cero (BC) y Economía Circular (EC) en los procesos de manejo en la fuente, aprovechamiento y disposición final de RSUOR.	7.1 Diseñar un modelo holístico que permita medir y analizar el impacto de posibles alternativas y escenarios de manejo de RSUOR.	El modelo holístico propuesto se estructura a partir de la articulación del sistema del sistema de indicadores ambientales asociados a la generación y manejo de RSUOR, y del modelo de cálculo de la Huella de Carbono propuesto en el presente trabajo (Anexos 9 y 10).
	7.2 Valorar escenarios a partir de las alternativas identificadas y caracterizadas.	Los escenarios serán valorados a partir de las alternativas y transformaciones definidas por las partes interesadas, y la caracterización se realizará a partir de la información primaria y secundaria recopilada en el marco del desarrollo de los subsistemas 1, 2, 3 y 4. La validez de la valoración de los escenarios y transformaciones analizados, se sustenta en la calidad de la información incorporada en los modelos, la cual debe ser información oficial o suministrada directamente por las partes interesadas, quienes a su vez validarán que las transformaciones propuestas sean deseables y factibles.
	7.3 Priorizar alternativas y escenarios de mejor impacto ambiental desde los principios de BC y EC, a partir de la ponderación de aspectos sociales, técnicos, económicos e institucionales.	
	7.4 Redefinir posibles escenarios y alternativas a partir de la posibilidad de lograr cambios deseables y factibles.	
	7.5 Identificar y analizar cambios deseables y factibles que permitan proponer arreglos estructurales frente a los escenarios y alternativas seleccionadas.	
7.6 Proponer arreglos estructurales que conduzcan a la minimización de los impactos ambientales, desde los principios de BC y EC.	Una vez identificadas las transformaciones, se propondrá un modelo administrativo que incorpore los arreglos requeridos por la actual estructura, y por lo tanto un sistema de manejo de RSUOR que conduzca al cumplimiento de los principios de BC y EC. Para ello se recomienda la siguiente estructura, tomada del presente estudio.: <u>1. Aspectos operativos.</u> 1.1 Separación en la fuente. 1.2 Presentación de los residuos para su manejo. 1.3 Recolección, transbordo y transporte. 1.4 Estaciones de Clasificación y Aprovechamiento (ECA). 1.5 Material de rechazo en las ECA. 1.6 Horario de apertura y cierre de bodegas de reciclaje y ECA. 1.7 Sistema de información. <u>2. Aspectos sociales.</u> 2.1 Acciones enfocadas hacia los generadores de RSUOR. 2.2 Acciones enfocadas hacia los recicladores de oficio. <u>3. Aspectos económicos.</u>	

Subsistema relevante	Actividades	Fuentes de información
		3.1 Tarifa del servicio público de aseo. 3.2 Venta de material recuperado. 4. Aspectos institucionales y normativos. 4.1 Aspectos institucionales. 4.2 Aspectos normativos.
8. Proponer un modelo administrativo que priorice escenarios de menor impacto ambiental para el manejo de los RSUOR en el municipio, bajo los principios de BC y EC.	8.1 Transformaciones desde aspectos institucionales.	Las transformaciones deseables y factibles son el resultado del proceso de identificación de las sensaciones de inconformidad por las partes interesadas, para posteriormente identificar y seleccionar alternativas que permitan estructurar un modelo administrativo que conduzca a la transformación del sistema, desde aspectos institucionales, sociales, económicos, técnicos. Transformaciones: Se propone que las transformaciones propuestas se sustenten en: - Mantener relaciones fuertes y formales. - Transformar relaciones informales y débiles. - Eliminar relaciones ilegales. - Corregir conflictos y evitar rupturas de procesos. Modelo administrativo: Se propone un modelo desde un enfoque sistémico, que se centra en la relación de las partes interesadas a partir de los siguientes subsistemas que constituyen la estructura propuesta desde transformaciones deseables y factibles: - Subsistema operativo. - Subsistema social. - Subsistema económico. - Subsistema institucional y normativo. Para el caso puntual del municipio de Pereira, el sistema administrativo propuesto se puede observar en la Figura 14, y su estructura en los numerales 4.1 al 4.3 del presente trabajo.
	8.2 Transformaciones desde aspectos sociales.	
	8.3 Transformaciones desde aspectos económicos.	
	8.4 Transformaciones desde aspectos técnicos.	
	8.5 Modelo administrativo que priorice escenarios de menor impacto ambiental para el manejo de los RSUOR en el municipio de Pereira, bajo los principios de BC y EC.	

5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

1. La generación y manejo de RSUOR constituye un sistema dinámico y complejo, que hace necesario enfoque sistémico y holístico, con metodologías propias de estos sistemas.
2. Existe un choque entre enfoques ambientales desde aspectos biofísicos (reducción de impactos en el entorno biótico y abiótico), sociales (inclusión efectiva de recicladores de oficio) y financiero (menor costo y mayor utilidad definidas por las leyes del mercado).
3. La estructura rígida de la administración municipal y poco adaptativa del sistema administrativo del gobierno local, hace que las transformaciones positivas (culturalmente factibles) en términos de aprovechamiento, provengan del relacionamiento entre los generadores de residuos, los recicladores de oficio y los comerciantes de reciclaje.
4. El principio de libre competencia definido en la Ley 142 de 1994, genera un conflicto frente al aprovechamiento y la aplicación “efectiva” de la inclusión de recicladores de oficio definida en las sentencias de la Corte Constitucional y las normas expedidas por el Gobierno Nacional.
5. La inexistencia de un sistema oficial de indicadores de generación y manejo de residuos sólidos, impide medir la eficiencia del sistema en escalas temporales y espaciales (nivel local, regional y nacional).

BIBLIOGRAFÍA

- Abbasi, T., Premalatha, M., Abbasi, S.A., (2012). Masdar City: a zero carbon, zero waste myth. *Curr. Sci*, 102 (1), p. 12.
- Alcaldía de Pereira. (2015a). Censo de recicladores e inventario de sitios de comercialización y compras de reciclaje, bodegas, centros de acopio, estaciones de clasificación y aprovechamiento de residuos sólidos urbanos.
- Alcaldía de Pereira. (2015b). Plan Municipal de Gestión Integral de Residuos Sólidos (PGIRS).
- Alcaldía de Pereira. (2016). Decreto 1034 del 29 de diciembre de 2017. Por medio del cual se actualiza el Plan Municipal de Gestión Integral de Residuos Sólidos (PGIRS) en el municipio de Pereira, adoptado mediante el Decreto 1002 de 2015.
- Alcaldía de Pereira., (2015). Pruebas piloto para definir esquemas y lineamientos en la incorporación del componente de aprovechamiento de residuos ordinarios en la estrategia municipal “basura cero”, a incorporar en el Plan Municipal de Gestión Integral de Residuos Sólidos del Municipio de Pereira.
- Alcaldía de Pereira., (2017). Censo de recicladores de oficio y bodegas de reciclaje del municipio de Pereira.
- Altaf, M.A., Deshazo, J.R. (1996). Household demand for improved solid waste management: a case study of Gujranwala, Pakistan. *World Development*, 24, 857–868.
- Anand, P. B., (1999). Waste management in Madras Revisited. *Environment and Urbanization*, 11(2), pp. 161–176.
- ANDI. (2016). Informe de sostenibilidad periodo 2010 – 2015. Cámara de la Industria de Pulpa, Papel y Cartón. www.andi.com.co/Uploads/Informe%20sostenibilidad%20%202014-2015.pdf
- Angelakoglou, K., Gaidajis, G., (2015). A review of methods contributing to the assessment of the environmental sustainability of industrial systems. *J. Clean. Prod.* 108, 725e747. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jclepro.2015.06.094>.
- ASIPLA. (2009). Análisis del Impacto de los Gases de Efecto Invernadero en el Ciclo de Vida de los Embalajes y Otros Productos Plásticos en Chile V1.0. <https://docplayer.es/8551946-Asipla-analisis-del-impacto-de-los-gases-de-efecto-inver...>
- Arnold, M. (2005) comunicación personal; Beck-Friis (2002); Detzel et al. (2003); Petersen et al. 1998; Hellebrand 1998; Hogg, D. (2002); Vesterinen (1996).
- ATESA de Occidente S.A E.S.P. (2011). Plan de Manejo Ambiental Relleno Sanitario “La Glorita”, 14-17.
- ATESA de Occidente S.A E.S.P., (2011). Plan de Manejo Ambiental Relleno Sanitario “La Glorita”, 14-17.
- Attenborough, G. R.; Gregory, D. H., L. McGeochan. (2002). Development of a landfill gas risk assessment model, Gassim. Proceedings, 25th Annual landfill gas symposium, Solid Waste Association of North America, Monterey, CA, USA p.24-26.
- Badran, M.F., El-Haggar, S.M., (2006). Optimization of municipal solid waste management in Port Said – Egypt. *Waste Manage.* 26 (5), 534–545.
- Björk, Hans. (2012). Zero Waste Society in Borås City, Sweden e Strategies to Action. University of Borås. Available from: <http://www.uncrd.or.jp/content/documents/Hans%20Bjork-Sweden.pdf>.

- Braungart, Michael, McDonough, William, Bollinger, Andrew, September., (2007). Cradle-to-cradle design: creating healthy emissions e a strategy for ecoeffective product and system design. *J. Clean. Prod.*. ISSN: 0959-6526 15 (13-14), pp. 1337-1348.
- British Standards Institution., (2011). The Guide to PAS 2050:2011: How to Carbon Footprint Your Products, Identify Hotspots and Reduce Emissions in Your Supply Chain. BSI, London.
- Brown, M., Herendeen, R., (1996). Embodied energy analysis and EMERGY analysis: a comparative view. *Ecol. Econ.* 19, 219e235. [http://dx.doi.org/10.1016/S0921-8009\(96\)00046-8](http://dx.doi.org/10.1016/S0921-8009(96)00046-8).
- Brown, M.T., Ulgiati, S., (2004). Energy quality, emergy, and transformity: H.T. Odum's contributions to quantifying and understanding systems. *Ecol. Model.* 178, 201e213. <http://dx.doi.org/10.1016/j.ecolmodel.2004.03.002>.
- Brunner, P.H., (2012). Substance flow analysis: a key tool for effective resource management. *J. Ind. Ecol.* 16, 293e295. <http://dx.doi.org/10.1111/j.1530-9290.2012.00496.x>.
- Brunner, P.H., Rechberger, H., (2004). Practical Handbook of Material Flow Analysis, Advanced Methods in Resource and Waste Management. CRC/Lewis, Boca Raton, FL.
- Buenrostro, O., Bocco, G. (2003). Solid waste management in municipalities in Mexico: goals and perspectives. *Resources, Conservation and Recycling*, 39, 251–263.
- Capra, F., (1996). La trama de la vida – Una nueva perspectiva de los sistemas vivos. Ediciones Anagrama – Edición compactos.
- Chardí, L. (2016). Huella de carbono generada por el consumo de frutas y verduras en España. Universidad Politécnica de Valencia. https://riunet.upv.es/bitstream/handle/.../TFM_Laura%20Chardí%20Puchalt.pdf?...3
- Checkland, P.B. (2000). Soft Systems Methodology: A Thirty Years Retrospective. *Systems Research and Behavioral Science*, 17, P. S11-S58.
- Clay, S., Gibson, D., Ward, J., (2007). Sustainability Victoria: influencing resource use, towards zero waste and sustainable production and consumption. *Journal of Cleaner Production*, 15, pp. 782-786.
- Colon, Marine, Fawcett, Ben, December (2006). Community-based household waste management: lessons learnt from EXNORA's 'zero waste management' scheme in two South Indian cities. *Habitat International*. ISSN: 0197-3975, 30 (4), pp. 916-931. <http://dx.doi.org/10.1016/j.habitatint>.
- COMISIÓN EUROPEA., (2014). Balance de la Estrategia Europa 2020 para un crecimiento inteligente, sostenible e integrador. Bruselas. COM(2014) 130 final.
- Connett, P. (2013). The Zero Waste Solution. *Chelsea Green Publishing, Vermont*, P. 307.
- Connett, P., (2006). Zero waste wins. *Altern. J*, 32 (1), pp. 14-15.
- Costi, P., Minciardi, R., Robba, M., Rovatti, M., Sacile, R. (2004). An environmentally sustainable decision model for urban solid waste management. *Waste Manage.* 24 (3), 277–295.
- Cucek, L., Kleme_s, J.J., Kravanja, Z., (2012). A Review of Footprint analysis tools for monitoring impacts on sustainability. *J. Clean. Prod.* 34, 9e20. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jclepro.2012.02.036>.
- Curran, T., Williams, I.D., 15 March., (2012). A zero waste vision for industrial networks in Europe. *J. Hazard. Mat.* ISSN: 0304-3894, pp. 207-208, 3-7. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jhazmat>.
- Dahl, A.L. (2012). Achievements and gaps in indicators for sustainability. *Ecological Indicators* pp. 14–19. <http://dx.doi.org/10.1016/j.ecolind.2011.04.032>, ISSN 1470-160X.

- DEAT, (1996). Department of Environmental Affairs and Tourism, Government of South Africa. Memorandum to the Portfolio Committee: Private Members Legislation Proposal (National Assembly). Waste Management in South Africa Compiled by Du Plooy, J., Ground, E., pp. 1–11.
- Di Maio, F., Rem, P.C., (2015). A robust indicator for promoting circular economy through recycling. *J. Environ. Prot.* 06, 1095e1104. <http://dx.doi.org/10.4236/jep.2015.610096>.
- DNP., (2015). Tipologías Departamentales y Municipales: Una propuesta para comprender las entidades territoriales colombianas. Departamento Nacional de Planeación.
- DNV-GL., (2016). Estudio de técnicas alternativas de tratamiento, disposición final y/o aprovechamiento de residuos sólidos - Propuesta de ajuste al Decreto 838 de 2005. Banco Interamericano de Desarrollo. Asociación de Participación MAG.
- EEA, 2016, Circular economy in Europe. Developing the knowledge base. Report No 2/2016.
- Ekanem, C.H., Ekanem, H.E., Eyenaka, F.D., Isaiah, E.A. (2013). Zero Waste: An Innovation for Less Polluting Emission Processes, Resource Management Practices and Policies. *Mediterranean Journal of Social Sciences*, 4 (8), pp. 53-64.
- Elia, V., Grazia, M., Tornese, F., (2017). Measuring circular economy strategies through index methods: A critical analysis. *Journal of Cleaner Production* 142 (2017) 2741e2751. www.elsevier.com/locate/jclepro
- Ellen MacArthur Foundation, (2013). Towards the circular economy. Economic and business rationale for an accelerated transition.
- Empresa de Aseo de Pereira. (2014). Caracterización de los residuos sólidos ordinarios del municipio de Pereira. Alcaldía Municipal. Pereira, Colombia.
- ETEISA. Estudios y Técnicas Especializadas en Ingeniería, S.A. (2006). Estudio de prefactibilidad para el aprovechamiento del biogas generado en el relleno sanitario “La Glorita”, municipio de Pereira.
- Fehr, M., Santos, F.C., October. (2009). Landfill diversion: moving from sanitary to economic targets. *Cities*. ISSN: 0264-2751 26 (5), 280e286. <http://dx.doi.org/10.1016/j.cities>.
- Frischknecht, R., Wyss, F., Büsser Knöpfel, S., Lützkendorf, T., Balouktsi, M., (2015). Cumulative energy demand in LCA: the energy harvested approach. *Int. J. Life Cycle Assess.* 20, 957e969. <http://dx.doi.org/10.1007/s11367-015-0897-4>.
- Fujita, Kuniko, Hill, Richard Child, December., (2007). The zero waste city: Tokyo’s quest for a sustainable environment. *J. Comp. Policy Anal.* 9 (4), pp. 405-425.
- Fundación Natura; CAEM, (2016) Guía técnica orientada al cálculo y gestión de la huella asociada al manejo y disposición de residuos (líquidos y sólidos). Bogotá D.C. Colombia.
- Geng, Y., Sarkis, J., Ulgiati, S., Zhang, P., (2013). Measuring China's circular economy.
- Genovese, A., Acquaye, A.A., Figueroa, A., Koh, S.C.L., (2015). Sustainable supply chain management and the transition towards a circular economy: evidence and some applications. *Omega*. <http://dx.doi.org/10.1016/j.omega.2015.05.015>.
- GFN. Ecological Footprint Standards, (2009).
- Ghannadzadeh, A., Thery-Hetreux, R., Baudouin, O., Baudet, P., Floquet, P., Joulia, X., (2012). General methodology for exergy balance in ProSimPlus process simulator. *Energy* 44, 38e59. <http://dx.doi.org/10.1016/j.energy.2012.02.017>.

- Ghisellini, P., Cialani, C., Ulgiati, S., (2016). A review on circular economy: the expected transition to a balanced interplay of environmental and economic systems. *J. Clean. Prod.* 114, 11-32. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jclepro.2015.09.007>.
- Greyson, J., (2007). An economic instrument for zero waste, economic growth and sustainability. *Journal of Cleaner Production*, 15, pp. 1382-1390.
- Greyson, J., (2007). An economic instrument for zero waste, economic growth and sustainability. *Journal of Cleaner Production*, 15, pp. 1382-1390.
- Guogang, J., Chen, J., (2011). Research on evaluation of circular economy development. In: Proceedings of the 8th International Conference on Innovation &
- Haan, C.H., Coad, A., Lardinois, I., (1998). Municipal solid waste management—Involving micro- and small enterprises: Guidelines for municipal managers. *International Training Centre of the ILO, SKAT, WASTE, Turin, Italy*.
- Haas, W., Krausmann, F., Wiedenhofer, D., Heinz, M., (2015). How circular is the global Economy: an assessment of material flows, waste production, and recycling in the European Union and the World in 2005: how circular is the global economy. *J. Ind. Ecol.* 19, 765e777. <http://dx.doi.org/10.1111/jiec.12244>.
- Heck, P., (2006). Circular Economy Related International Practices and Policy Trends: Current Situation and Practices on Sustainable Production and Consumption and International Circular Economy Development Policy Summary and Analysis.
- Henry, R.A., Yongsheng, Z., Jun, D. (2006). Municipal solid waste management challenges in developing countries – Kenyan case study. *Waste Management*, 26, 92–100.
- Herendeen, R.A., (2004). Energy analysis and EMERGY analysis: a comparison. *Ecol. Model.* 178, 227e237. <http://dx.doi.org/10.1016/j.ecolmodel.2003.12.017>.
- Herva, M., Franco, A., Carrasco, E.F., Roca, E., (2011). Review of corporate environmental indicators. *J. Clean. Prod.* 19, 1687e1699. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jclepro.2011.05.019>.
- Ho, S., Lee, Ch., Lai, Y. (2007). Zero Waste Policy for Municipal Solid Waste in Taiwan. *Environmental Protection Administration, Executive Yuan, Taiwan*, 41, Section 1, Chung-Hwa Rd., Taipei 10042. <http://www.earthlodgeherbals.com/CointreauAustraliaKeynote2.ppt>.
- Hoekstra, A.Y., Hung, P.Q., (2002). Virtual Water Trade: a Quantification of Virtual Water Flows between Nations in Relation to International Crop Trade.
- Huang, C.-L., Vause, J., Ma, H.-W., Yu, C.-P., (2012). Using material/substance flow analysis to support sustainable development assessment: a literature review and outlook. *Resour. Conserv. Recycl.* 68, 104e116. <http://dx.doi.org/10.1016/j.resconrec.2012.08.012>.
- Huijbregts, M.A.J., Rombouts, L.J.A., Hellweg, S., Frischknecht, R., Hendriks, A.J., van de Meent, D., Ragas, A.M.J., Reijnders, L., Struijs, J., (2006). Is cumulative fossil energy demand a useful indicator for the environmental performance of products? *Environ. Sci. Technol.* 40, 641e648. <http://dx.doi.org/10.1021/es051689g>.
- International Organization for Standardization 14040, 2006. Environmental Management - Life Cycle Assessment - Principles and Framework.
- International Organization for Standardization 14067., (2013). Greenhouse Gases - Carbon Footprint of Products - Requirements and Guidelines for Quantification and Communication.

- IPCC (2006). Intergovernmental Panel on Climate Change. Pre-publication Draft 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories. IPCC/IGES, Hayama, Japan. Available at <http://www.ipccnggip.iges.or.jp/public/2006gl/ppd.htm>.
- Kaseva, M.E., Mbuligwe, S.E. (2005). Appraisal of solid waste collection following private sector involvement in Dar es Salaam city, Tanzania. *Habitat International*, 29, 353–366.
- Kennedy, C., Cuddihy, J., Engel-Yan, J., (2008). The changing metabolism of cities. *Journal of Industrial Ecology*. 11 (2), pp. 43-59.
- Kinuthia, J.M., Nidzam, R.M., August., (2011). Towards zero industrial waste: utilisation of brick dust waste in sustainable construction. *Waste Management*. ISSN: 0956-053X 31 (8), pp. 1867-1878. <http://dx.doi.org/10.1016/j.wasman>.
- Koellner, T., Scholz, R.W., (2008). Assessment of land use impacts on the natural environment: Part 2: generic characterization factors for local species diversity in Central Europe. *Int. J. Life Cycle Assess.* 13, 32e48. <http://dx.doi.org/10.1065/lca2006.12.292.2>.
- Lacoste, J., P. (1997). Comment Valoriser La Biogas de Décharges. *Décision Environment*.
- Lee, C., Yeung, C., Chung, S. (2016). A mathematical model for municipal solid waste management – A case study in Hong Kong. *Waste Management (Article in Press)*. <http://dx.doi.org/10.1016/j.wasman.2016.06.017>.
- Manfredi, S., Goralczyk, M., (2013). Life cycle indicators for monitoring the environmental performance of European waste management. *Resources, Conservation and Recycling*, 81, pp. 8-16.
- Maqsood A.H., Enayetullah, I., (2000). Community based solid waste management: The Asian experience. Paper Presented at the Waste Concern Regional Seminar on Community Based Solid Waste Management, Dhaka (Bangladesh), pp. 19–20 February, Waste Concern Publications, Dhaka.
- Marmolejo, L., Torres, P., Oviedo, E., Bedoya, D., Amezcua, C., Klinger, R., Albán, F., Díaz, L., (2009). Flujo de residuos: Elemento base para la sostenibilidad del aprovechamiento de residuos sólidos municipales Ingeniería y Competitividad. *Ingeniería y Competitividad*, vol. 11, No. 2, pp. 79-93.
- Mason, I.G., Brooking, A.K., Oberender, A., Harford, J.M., Horsley, P.G. July., (2003). Implementation of a zero waste program at a university campus. *Resour. Conserv. Recycl.* ISSN: 0921-3449, 38 (4), pp. 257-269. [http://dx.doi.org/10.1016/S0921-3449\(02\)00147-7](http://dx.doi.org/10.1016/S0921-3449(02)00147-7).
- Matete, N., Trois, C. (2008). Towards zero waste in emerging countries - a South African experience. *Waste Manage.* ISSN: 0956-053X 28 (8), pp. 1480-1492. <http://dx.doi.org/10.1016/j.wasman>.
- Mazzanti, Massimiliano, Montini, Anna, Nicolli, Francesco, November., (2009). The dynamics of landfill diversion: economic drivers, policy factors and spatial issues: evidence from Italy using provincial panel data. *Resour. Conserv. Recycl.* ISSN: 0921-3449 54 (1), 53e61. <http://dx.doi.org/10.1016/j.resconrec>.
- Meadows D. (1999). Leverage points: places to intervene in a system. Vermont: Sustainability Institute, <http://www.sustainabilityinstitute.org>.
- Morató, J., Tollin, N., Jiménez, L., (2017). Situación y evolución de la economía circular en España. Fundación para la Innovación – COTEC.
- Moriguchi, Y., (2007). Material flow indicators to measure progress toward a sound material-cycle society. *J. Mater. Cycles Waste Manag.* 9, 112e120. <http://dx.doi.org/10.1007/s10163-007-0182-0>.

- Mueller, William, March., (2013). The effectiveness of recycling policy options: waste diversion or just diversions? *Waste Manage..* ISSN: 0956-053X 33 (3), 508e518 <http://dx.doi.org/10.1016/j.wasman>.
- Murphy, S., Pincetl, S. (2013). Zero waste in Los Angeles: Is the emperor wearing any clothes? *Resources, Conservation and Recycling*, 81, pp. 40-51.
- Nader, S., (2009). Paths to a low carbon economy—the Masdar example. *Energy Procedia*, 1, pp. 3951-3958.
- Narodoslawsky, M., Krotscheck, C., (1995). The sustainable process index (SPI): evaluating processes according to environmental compatibility. *J. Hazard. Mater.* 41, 383e397. [http://dx.doi.org/10.1016/0304-3894\(94\)00114-V](http://dx.doi.org/10.1016/0304-3894(94)00114-V).
- Nawaz, I., Tiwari, G.N., (2006). Embodied energy analysis of photovoltaic (PV) system based on macro- and micro-level. *Energy Policy* 34, 3144e3152. <http://dx.doi.org/10.1016/j.enpol.2005.06.018>.
- ONU, C., (2000). Sustainable waste management in developing countries. In: *Proceedings of the Biennial Congress of the Institute of Waste Management of Southern Africa, WasteCon'00 1*, Cape Town, South Africa, pp. 367–378.
- Ossa C.A. (2016). *Teoría general de sistemas. Conceptos y aplicaciones*. Edit. UTP, Pereira, Colombia, pp. 363.
- Panesso, A., Cadena, J., Mora, J., Ordoñez, M. análisis del biogás captado en un relleno sanitario como combustible primario para la generación de energía eléctrica. *Scientia Et Technica*, vol. XVII, núm. 47, abril, 2011, pp. 23-28. ISSN: 0122-1701. Universidad Tecnológica de Pereira.
- Pereira, Colombia Phillips, P., Tudor, T., Bird, H., Bates, M., (2011). Critical review of a key waste strategy initiative in England: Zero waste places projects 2008–2009. *Resour., Conserv. Recycl.*, 55, pp. 335-343. <http://dx.doi.org/10.1016/j.resconrec>.
- Pizarro, J. A., Oscariz, J., (2009). *Informe hacia el vertido cero*. Ecosystems. Barcelona.
- Premalatha, M., Tauseef, S.M., Abbasi, Tasneem, Abbasi, S.A. (2013). The promise and the performance of the world's first two zero carbon eco-cities. *Renew. Sustain. Energy Rev.* 25, 660e669. <http://dx.doi.org/10.1016/j.rser>.
- Premalatha, M., Tauseef, S.M., Abbasi, Tasneem, Abbasi, S.A., (2013). The promise and the performance of the world's first two zero carbon eco-cities. *Renew. Sustain. Energy Rev.* 25, 660e669. <http://dx.doi.org/10.1016/j.rser>.
- Provincia de Santa Fe, Cámara de Diputados. (2008). *Ley Integral de Basura Cero*.
- Quiroga, M. (2001). *Indicadores de sostenibilidad ambiental y de desarrollo sostenible: estado del arte y perspectivas*. Santiago de Chile: ONU-CEPAL-ECLAC. División de Medio Ambiente y Asentamientos Humanos. Serie Manuales. 18 pp.
- Quiroga, M. (2007). *Indicadores ambientales y de desarrollo sostenible: avances y perspectivas para América Latina y el Caribe*. Santiago de Chile: ONU-CEPAL. División de Estadística y Proyecciones Económicas. Serie 55 Manuales. 18 pp.
- Rashidi, Zh., Karbassi, A. R., Ataei, A., Ifaei, P., Samiee-Zafarghandi, R. and Mohammadzadeh, M. J. *Int. J. Environ. Res.*, (2012). Power Plant Design Using Gas Produced By Waste Leachate Treatment Plant. 6(4):875-882, Autumn 2012 ISSN: 1735-6865.
- Rees, W.E., 1992. Ecological footprints and appropriated carrying capacity: what urban economics leaves out. *Environ. Urban.* 4, 121e130. <http://dx.doi.org/10.1177/095624789200400212>.

- Ress, W., & Wackernagel M., (1996). Our Ecological Footprint, Reducing Human Impact on the Earth. Gabriola Island, B.C, Canadá: New Society Publishers.
- Rosen, M.A., Dincer, I., (2001). Exergy as the confluence of energy, environment and sustainable development. *Exergy Int. J.* 1, 3e13. [http://dx.doi.org/10.1016/S1164-0235\(01\)00004-8](http://dx.doi.org/10.1016/S1164-0235(01)00004-8).
- Rosen, M.A., Dincer, I., Kanoglu, M., (2008). Role of exergy in increasing efficiency and sustainability and reducing environmental impact. *Energy Policy* 36, 128e137. <http://dx.doi.org/10.1016/j.enpol.2007.09.006>.
- Scholz, R., (2007). Assessment of land use impacts on the natural environment. Part 1: an analytical framework for pure land occupation and land use change (8 pp). *Int. J. Life Cycle Assess.* 12, 16e23. <http://dx.doi.org/10.1065/lca2006.12.292.1>.
- Secretaría de Desarrollo Social y Político., (2013). Caracterización del consumo de sustancias psicoactivas en la ciudad de Pereira. Alcaldía de Pereira.
- Secretaría de Desarrollo Social y Político., (2014). Acercamiento a la problemática de las personas que ejercen labor de reciclaje en la ciudad de Pereira. Alcaldía de Pereira.
- SF-Environment., (2013). San Francisco Zero Waste Legislation. Available from: <http://www.sfenvironment.org/zero-waste/overview/legislation> (cited 02.03.13).
- Shieldas, D.J, Solar, S.V, Martin, W.E., (2002). The role of values and objectives in communicating indicators of sustainability. *Ecological Indicators* 2, (November (1/2)), pp. 149-160, [http://dx.doi.org/10.1016/S1470-160X\(02\)00042-0](http://dx.doi.org/10.1016/S1470-160X(02)00042-0), ISSN1470-160X.
- Siemens., (2012). Green City Index [Online]. Available: <http://www.siemens.com/entry/cc/en/greencityindex.htm>.
- Snyman, J., Vorster, K., (2010). Towards zero waste: A case study in the City of Tshwane. *Waste Manag. Res.*, 29, pp. 512-520.
- Song, Q., Li, J., Zeng, X. (2015). Minimizing the increasing solid waste through zero waste strategy. *Journal of Cleaner Production*, 104, pp. 199-210.
- Spangenberg, J., Femia, A., Hinterberger, F., Schütz, H., (1999). Material Flow-based Indicators in Environmental Reporting, Environmental Issues Series. European Environment Agency; Office for Official Publications of the European Communities; Bernan Associates [distributor], Copenhagen: Luxembourg: Lanham, Md.
- STAN2web., (2013). STAN Homepage, <http://www.stan2web.net/>, retrieved April 10, 2013, Practical.
- Superintendencia de Servicios Públicos Domiciliarios - SSP. (2013). Disposición Final de Residuos Sólidos en Colombia. Bogotá, Colombia.
- Tennant, W., R. (2003). Going for zero: a comparative critical analysis of zero waste events in southern New South Wales. *Australas. J. Environ. Manag.* 10 (1), pp. 46-55.
- The Economist Intelligence Unit., (2017). Avances y desafíos para el reciclaje inclusivo: Evaluación de 12 Ciudades de América Latina y el Caribe.
- Torres, P., Caicedo, C. (2015). Las ciudades intermedias con mayor potencial en Colombia, un sistema de identificación. Banco Interamericano de Desarrollo. Departamento de Países del Grupo Andino. III. Título. IV. Nota Técnica No. IDB-TN-758.
- UN-HABITAT. (2010). Solid Waste Management in the World's Cities. Water and Sanitation in the World's Cities Report 2010. Earthscan, Washington DC.

- UNIVERSIDAD DE ANTIOQUIA, (2006). Facultad de Ciencias Sociales. Estudio previo conveniencia y oportunidad centro de atención al habitante de calle. Sistema de atención, sensibilización básica, resocialización y reinserción sociolaboral, Universidad de Antioquia, Medellín, p 3.
- USEPA., (2002) U.S. Environmental Protection Agency. Solid Waste Management and Greenhouse gases: A Lifecycle Assessment of Emissions and Sinks. Retrieved on March 5, 2013. Available at <http://www.epa.gov/climatechange/wycd/waste/downloads/greengas.pdf>
- US EPA, (2006). Solid Waste Management and Greenhouse Gases - A Life-Cycle Assessment of Emissions and Sinks 3rd Edition. United States Environmental Protection Agency, p22. <https://nepis.epa.gov/Exe/ZyPURL.cgi?Dockkey=60000AVO.TXT>
- Verein Deutscher Ingenieure., (2012). VDI 4600-Cumulative Energy Demand (KEA) -Terms, Definitions, Methods of Calculation.
- WCED-World Commission on Environment and Development. (1987). Our Common Future, Chapter 2: Towards Sustainable Development, Available online <http://www.un-documents.net/ocf-02.htm>.
- WRI, WBCSD., (2011). Product Life Cycle Accounting and Reporting Standard. International Organization for Standardization 14067, 2013. Greenhouse Gases - Carbon Footprint of Products - Requirements and Guidelines for Quantification and Communication.
- Yoshida, Hiroko, Gable, Joshua J., Park, Jae K., March., (2012). Evaluation of organic waste diversion alternatives for greenhouse gas reduction. *Resour. Conserv. Recycl.* ISSN, 0921-3449 60, pp. 1-9. <http://dx.doi.org/10.1016/j.resconrec>.
- Young, C.Y.; Ni, S.P.; Fan, K.S., (2010). Working towards a zero waste environment in Taiwan. *Waste Manag. Res.*, 28, pp. 236-244.
- Zaman, A. (2014b). Identification of key assessment indicators of the zerowaste management systems. *Ecological Indicators*, 36, pp. 682-693.
- Zaman, A. (2015). A comprehensive review of the development of zero waste management: lessons learned and guidelines. *Journal of Cleaner Production*, 91, pp. 12-25.
- Zaman, A., (2014a). Measuring waste management performance using the 'Zero Waste Index': the case of Adelaide, Australia. *Journal of Cleaner Production*, 66, pp. 407-409.
- Zaman, A., Lehman, S. (2011a). Challenges and Opportunities in Transforming a City into a "Zero Waste City". *Challenges*, 2, pp. 73-93.
- Zaman, A., Lehman, S. (2013). The zero waste index: a performance measurement tool for waste management systems in a "zero waste city". *Journal of Cleaner Production*. 50 (2013), 123-132.
- Zaman, A., Lehmann, S. (2011b). Urban growth and waste management optimization towards "zero waste city". *City, Culture and Society*, 2, pp. 177-187.
- Zhijun, F., Nailing, Y., (2007). Putting a circular economy into practice in China. *Sustain. Sci.* 2, 95e101. <http://dx.doi.org/10.1007/s11625-006-0018-1>.
- Zotos, G.; Karagiannidis, A.; Zampetoglou, S.; Malamakis, A.; Antonopoulos, I.S.; Kontogianni, S.; Tchobanoglous, G., (2008). Developing a holistic strategy for integrated waste management within municipal planning: Challenges, policies, solutions and perspectives for Hellenic municipalities in the zero-waste, low-cost direction. *Waste Manag.*, 29, pp. 1686-1692.
- ZWIA., (2004). Zero Waste Definition Adopted by Zero Waste Planning Group. Available from: http://www.zwia.org/main/index.php?option=com_content&view=article&id.49&Itemid.37.

- ZWIA., (2009). Zero Waste Definition. Zero Waste International Alliance. Available from: <http://zwia.org/standards/zw-definition/>.
- ZWIA., (2015). Zero Waste Definition. Zero Waste International Alliance. Available from: <http://www.earthresource.org/zerowaste.html>.