

**Universidad de Costa Rica  
Facultad de Ingeniería  
Escuela de Ingeniería Civil**

**Diagnóstico y recomendaciones para el manejo de residuos sólidos en el  
cantón de Palmares**

**Proyecto de Graduación**

que para obtener el grado de Licenciatura en Ingeniería Civil

Presenta:

**Erick Brenes Rodríguez**

Directora de Proyecto de Graduación:

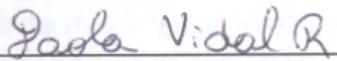
**Ing. Paola Vidal Rivera**

Ciudad Universitaria Rodrigo Facio

Costa Rica

Mayo, 2011

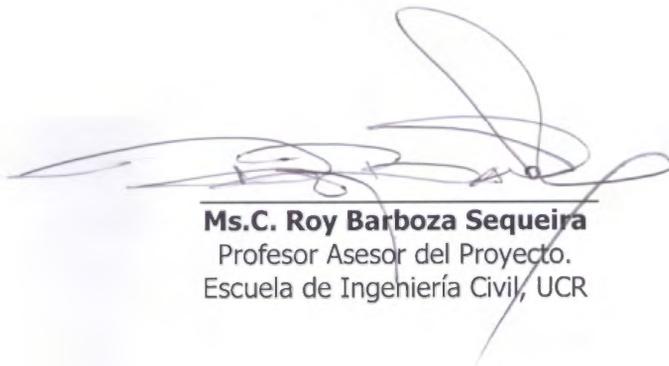
## COMITÉ ASESOR



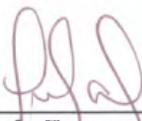
**Lic. Paola Vidal Rivera.**  
Directora del Proyecto.  
Escuela de Ingeniería Civil, UCR



**Erick Brenes Rodríguez**  
Estudiante



**Ms.C. Roy Barboza Sequeira**  
Profesor Asesor del Proyecto.  
Escuela de Ingeniería Civil, UCR



**Lic. Luis Zamora González.**  
Profesor Asesor del Proyecto.  
Escuela de Ingeniería Civil, UCR

**Fecha:** 2011, Junio, 22

El suscrito, **Erick Brenes Rodríguez**, cédula 1-1278-0408, estudiante de la carrera de Licenciatura en Ingeniería Civil de la Universidad de Costa Rica, con número de Carné **A40916**, manifiesta que es autor del Proyecto Final de Graduación **Diagnóstico y recomendaciones para el manejo de residuos sólidos en el cantón de Palmares** bajo la dirección de la **Licenciada Paola Vidal Rivera** quien, en consecuencia, tiene derechos de autor compartidos sobre los resultados de esta investigación.

Así mismo, hago traspaso de los derechos de utilización del presente trabajo a la Universidad de Costa Rica para fines académicos: docencia, investigación, acción social y divulgación.

**Nota:** De acuerdo con la Ley de Derechos de Autor y Derechos Conexos N° 6683, Artículo 7 (Versión actualizada el 02 de julio de 2001); "no podrá suprimirse el nombre del autor en las publicaciones o reproducciones, ni hacer en ellas interpolaciones, sin una conveniente distinción entre el texto original y las modificaciones o adiciones editoriales". Además, el autor conserva el derecho moral sobre la obra, Artículo 13 de esta ley, por lo que es obligatorio citar la fuente de origen cuando se utilice información contenida en esta obra.

## **DEDICATORIA**

A Dios por su amor infinito y a mis padres a los que les debo todo en la vida.

## **AGRADECIMIENTOS**

A la directora del proyecto Paola Vidal y a los asesores Luis Zamora y Roy Barboza, así como a todos los buenos profesores a través de la carrera.

A Henry López y Jeannina Rojas de la municipalidad de Palmares por la información brindada y el interés mostrado. Además a Tatiana y sus compañeros de TCU por la excelente colaboración.

A los grandes amigos y amigas, en especial Diana, Felo, José David, Joss, Julio, Raily y muchas otras personas con las que tuve la dicha de compartir y aprender.

A mis familiares por su apoyo y confianza en todo momento y a Dios por permitirme alcanzar esta meta.

Brenes Rodríguez, Erick Antonio

**Diagnóstico y recomendaciones para el manejo de residuos sólidos en el Cantón de Palmares**

Proyecto de Graduación – Ingeniería Civil – San José. C.R.:

**E. Brenes R., 2011**

xvi, 212,[84]h; ils.col. – 31 refs.

## **RESUMEN**

Se realiza una evaluación de los componentes implicados en la gestión de residuos sólidos en relación con los servicios brindados actualmente por la Municipalidad de Palmares y a los requerimientos para llevar a cabo un programa de reciclaje a nivel cantonal.

Se estudia los factores geográficos y demográficos, así como la infraestructura vial y las actividades económicas propias del cantón. Se analizan las características y la calidad de los servicios brindados por la Municipalidad, tomando en cuenta su capacidad de acuerdo con los recursos que se tienen, los ingresos percibidos y la forma como estos son captados. Posteriormente, mediante un trabajo de campo, se profundiza en lo concerniente al sistema de recolección. Se registran las rutas con la ayuda de sistemas de información geográfica y se establecen las observaciones y conclusiones correspondientes. El diseño de una mejora en los recorridos de recolección representa un producto adicional mostrado en esta investigación. También, se determina la generación y composición de los residuos originados por el sector residencial, a través de muestreos y encuestas realizados a un total de 39 viviendas. Además, se complementa con una estimación de los desechos aprovechables producidos por los generadores de comercios e industrias. Finalmente, mediante una combinación de la experiencia observada en otras comunidades, la investigación bibliográfica y la consulta directa a otros entes involucrados en el mercado del reciclaje se realiza un análisis técnico y financiero de la factibilidad de llevar a cabo un programa cantonal de reciclaje. Se compara la respuesta de varios escenarios posibles ante variaciones en parámetros difíciles de controlar o predecir. Además, se enumeran los requerimientos y factores en los que se debe centrar la atención para hacer obtener éxito en un plan de aprovechamiento de residuos, tal y como se propone.

Los resultados demuestran que la generación de residuos aprovechables en Palmares dan cabida a un potencial mercado de reciclaje. Además, se observa que la población del cantón posee la tendencia a la sensibilización y a la colaboración. No obstante, un programa de recuperación de material reciclable separado en origen, con todas las actividades que conlleva, no es financieramente factible sin la intervención de la empresa privada. Se le debe sumar un incremento en las tarifas pagadas por los contribuyentes por concepto de servicios municipales, así como un adecuado plan de financiamiento. Además, dado el predominio de material orgánico en los residuos generados es imperativo tomar acciones para el tratamiento de los mismos. E.B.R.

**Conceptos Clave:** Residuos sólidos, reciclaje, recuperación de residuos, recolección convencional, recolección diferenciada, morosidad, concienciación, información, factibilidad financiera.

Ing. Paola Vidal Rivera

Escuela de Ingeniería Civil

# ÍNDICE GENERAL

## **CAPÍTULO 1. INTRODUCCIÓN**

1.1 Justificación.....	1
1.1.1 Problema Específico.....	1
1.1.2 Importancia.....	2
1.2 Objetivos.....	3
1.2.1 Objetivo General.....	3
1.2.2 Objetivos Específicos.....	3
1.3 Metodología.....	4
1.3.1 Aspectos generales más relevantes del cantón.....	4
1.3.2 Diagnóstico de la gestión municipal en materia de manejo de residuos sólidos.....	6
1.3.3 Diagnóstico de la recolección.....	6
1.3.4 Estimación de la generación y composición de los residuos y proyecciones.....	7
1.3.5 Factibilidad técnica y financiera para implementar un centro de recuperación de material reciclable .....	9
1.3.6 Sistema de recolección mejorado.....	10
1.4 Delimitación del Problema.....	11
1.4.1 Alcances.....	11
1.4.2 Limitaciones.....	13

## **CAPÍTULO 2. MARCO TEÓRICO Y ANTECEDENTES**

2.1 Aspectos generales del manejo de desechos sólidos.....	15
2.2 Elementos funcionales de la Gestión Integral de Residuos Sólidos.....	16
2.2.1 Generación y composición de residuos sólidos.....	16
2.2.2 Manipulación, separación y almacenamiento en origen.....	22
2.2.3 Recolección, transferencia y transporte.....	23
2.2.4 Separación, procesamiento y transformación.....	28
2.2.5 Evacuación Final.....	34

2.3 Gestión Municipal.....	34
2.3.1 Tarifas de recolección.....	34
2.3.2 Morosidad.....	36
2.4 Antecedentes teóricos y prácticos.....	36
2.4.1 Situación en el país.....	37
2.4.2 Casos de municipalidades que actualmente ejecutan planes para la gestión de residuos.....	40
2.4.4 Empresas privadas de reciclaje.....	43
2.5 Aspectos Legales.....	49
2.5.1 Ley de gestión Integral de Residuos.....	49
2.5.2 Reglamento sobre el manejo de basuras.....	51
 <b>CAPÍTULO 3. CANTÓN DE PALMARES Y GESTIÓN MUNICIPAL DE RESIDUOS</b>	
3.1 Aspectos Generales del cantón de Palmares.....	53
3.1.1 Extensión de cantón y poblados principales.....	53
3.1.2 Red vial.....	54
3.1.3 Topografía del cantón.....	54
3.1.4 Población.....	54
3.1.5 Actividades económicas y uso del suelo.....	56
3.1.6 Disposición de los residuos generados.....	60
3.2 Servicios municipales.....	61
3.2.1 Recolección y disposición de residuos no separados.....	61
3.2.2 Aseo de vías.....	62
3.2.3 Reciclaje.....	62
3.3 Recursos Municipales para la Gestión de Residuos.....	63
3.3.1 Tarifas, ingresos y egresos.....	63
3.3.2 Morosidad e ingresos reales.....	64
3.3.3 Personal.....	66

3.4 Análisis de la Gestión de Residuos en el cantón de Palmares.....	66
--	----

#### **CAPÍTULO 4. RESULTADOS DEL TRABAJO DE CAMPO**

4.1 Del Sistema de recolección actual.....	77
4.1.1 Organización.....	77
4.1.2 Rutas y cobertura.....	81
4.1.3 Otros aspectos de la recolección.....	85
4.2 Generación y composición de los desechos sólidos de origen domiciliar.....	92
4.2.1 Resultados del muestreo y estimación de la generación domiciliar.....	92
4.2.2 Comparación con poblaciones similares.....	95
4.3 Estimación de la generación y composición de los residuos originados por otros sectores económicos.....	97
4.4 Generación total y proyecciones.....	100
4.5 Otros aspectos observados.....	104
4.6 Análisis de resultados.....	106

#### **CAPÍTULO 5. FACTIBILIDAD DE IMPLEMENTAR UN CENTRO DE RECUPERACIÓN**

5.1 Administración del centro de recuperación.....	117
5.1.1 Definición de las funciones de las partes involucradas.....	117
5.1.2 Escenarios previstos.....	119
5.2 Requerimientos técnicos y funcionales para el centro de acopio.....	121
5.2.1 Especificaciones de los materiales.....	121
5.2.2 Equipo e instalaciones.....	126
5.2.3 Personal.....	129
5.2.4 Del sitio.....	131
5.2.5 Distribución del espacio.....	135
5.2.6 Medidas de mitigación.....	138
5.3 Ingresos.....	139
5.3.1 Ingresos por venta de materiales.....	139

5.3.2	Ingresos por pago de servicios municipales.....	140
5.4	Costos.....	140
5.4.1	Costos de inversión inicial.....	140
5.4.2	Costos de operación.....	142
5.5	Análisis Financiero.....	144
5.5.1	Parámetros contemplados y suposiciones.....	144
5.5.2	Resultados.....	148
5.5.3	Análisis de sensibilidad.....	153

## **CAPÍTULO 6. PROPUESTAS**

6.1.	Propuesta de mejora del sistema existente de recolección de residuos convencionales.....	162
6.1.1	Características técnicas del sistema propuesto.....	162
6.1.2	Rutas de recolección.....	164
6.1.3	Horarios.....	169
6.2.	Propuesta de sistema de recolección diferenciada de material reciclable.....	171
6.2.1	Características técnicas del sistema.....	171
6.2.2	Rutas y horarios.....	174
6.3	Otras medidas.....	175
6.3.1	Campañas de educación, conciencia social, información y divulgación....	175
6.3.2	Evaluación, mejora y crecimiento.....	179
6.3.3	Mecanismos de control.....	182
6.3.4	Posibilidades de financiamiento.....	186
6.4	Tratamiento de materia orgánica.....	187
6.4.1	Transformación de residuos mediante compostaje aerobio.....	190
6.4.2	Tratamiento de residuos con semolina fermentada.....	191
6.4.3	Tratamiento de residuos con Bokashi.....	192
6.4.4	Tratamiento de residuos a través de Vermicompostaje.....	193

6.4.5 Transformación de residuos para el aprovechamiento energético.....194

**7. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....197**

**8. BIBLIOGRAFÍA.....209**

## ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 2.1. Fuentes de residuos sólidos en la comunidad.....	18
Cuadro 2.2. Distribución estimada de todos los componentes de los residuos sólidos urbanos de una comunidad típica excluyendo los residuos industriales y agrícolas.....	19
Cuadro 2.3. Distribución típica de componentes en los residuos sólidos urbanos domésticos para países de bajos, medianos y altos ingresos, excluyendo materiales reciclados.....	20
Cuadro 2.4. Tipos de plásticos, designación de códigos y algunas fuentes de generación. ....	21
Cuadro 2.5. Especificaciones típicas de materiales y del mercado en Costa Rica.....	30
Cuadro 2.6. Factores de recuperación para materiales reciclados y separados en su origen. ....	33
Cuadro 2.7. Composición de los residuos generados en San José en el 2002.....	38
Cuadro 2.8. Costos aproximados del Plan de gestión de residuos sólidos en Santo Domingo de Heredia.....	43
Cuadro 2.9. Materiales recibidos y rentabilidad según datos aportados por la Empresa Reciclaje Palmares.....	46
Cuadro 2.10. Compradores y precios del material procesado por la empresa Reciclaje Palmares. ....	47
Cuadro 2.11. Materiales recibidos y rentabilidad según experiencia de la Empresa Reciclaje Palmares.....	48
Cuadro 3.1. Distritos del cantón de Palmares.....	53
Cuadro 3.2. Pendientes de la red vial en Palmares.....	55
Cuadro 3.3. Población y viviendas en el cantón de Palmares.....	55
Cuadro 3.4. Población y viviendas en el cantón de Palmares.....	57
Cuadro 3.5. Uso de suelo en el cantón de Palmares.....	57
Cuadro 3.6. Actividades económicas del cantón de Palmares en el 2007.....	60
Cuadro 3.7. Disposición de los residuos sólidos en Palmares.....	61

Cuadro 3.8. Desechos recolectados mensualmente del año 2005 al 2010 (en Toneladas). .....	62
Cuadro 3.9. Ingresos del Departamento de servicios de la Municipalidad de Palmares....	64
Cuadro 3.10. Egresos del Departamento de servicios de la Municipalidad de Palmares....	64
Cuadro 3.11. Morosidad Invisible e ingresos potenciales. ....	65
Cuadro 3.12. Cantidad de viviendas, comercios y de Abobados al Servicio Eléctrico en Palmares.....	65
Cuadro 4.1. Sistema de recolección durante un sábado típico antes de junio de 2010.....	79
Cuadro 4.2. Sistema de recolección durante un sábado típico después de junio de 2010.	80
Cuadro 4.3. Sistema de recolección después de enero de 2011 .....	81
Cuadro 4.4. Distancias recorridas y tiempos por núcleo registrados en el trabajo de campo.....	84
Cuadro 4.5. Ventajas de los sistemas de recolección.....	90
Cuadro 4.6. Inconvenientes de los sistemas de recolección.....	91
Cuadro 4.7. Resultados de los muestreos y encuestas domiciliarias para estimar la generación y composición de desechos sólidos en Palmares.....	94
Cuadro 4.8. Clasificación de la generación de residuos urbanos y rurales.....	94
Cuadro 4.9. Cantidad anual de residuos generados por el sector residencial en Palmares.....	94
Cuadro 4.10. Composición estimada de los residuos generados por el sector residencial en Palmares.....	95
Cuadro 4.11. Comparación de la generación de residuos de origen residencial del cantón de Palmares con los demás cantones de FEDOMA.....	96
Cuadro 4.12. Suposiciones realizadas para estimar la cantidad de residuos generados por otros sectores económicos. ....	98
Cuadro 4.13. Estimación de la cantidad de residuos generados por otros sectores económicos. ....	99

Cuadro 4.14. Generación de residuos sólidos en Palmares tomando en cuenta todos los sectores generadores de residuos. ....	100
Cuadro 4.15. Proyecciones de generación de residuos para los años 2010, 2020 y 2030. ....	103
Cuadro 5.1. Ventajas y desventajas de la propiedad pública a diferencia la privada.....	121
Cuadro 5.2. Especificaciones para los materiales recibidos en el centro de recuperación .....	122
Cuadro 5.3. Estimación del peso y volumen de los residuos generados aprovechables...	136
Cuadro 5.4. Cálculo del espacio necesario para el almacenamiento de cada tipo de residuo.....	137
Cuadro 5.5. Medidas de mitigación. ....	138
Cuadro 5.6. Ingresos por la venta de material reciclable. ....	139
Cuadro 5.7. Inversión inicial. ....	141
Cuadro 5.8. Costos fijos por salarios. ....	142
Cuadro 5.9. Otros costos fijos. ....	142
Cuadro 5.10. Costos variables. ....	143
Cuadro 5.11. Desviación de residuos que son llevados al relleno sanitario. ....	143
Cuadro 5.12. Resultados del análisis financiero sobre el cálculo de tarifas y el VAN.....	149
Cuadro 5.13. Análisis de sensibilidad para el Escenario 2. ....	156
Cuadro 6.1. Rutas de recolección propuestas.....	165
Cuadro 6.2. Simbología para las rutas de recolección.....	166
Cuadro 6.3. Comparación entre las rutas observadas y las propuestas.....	169
Cuadro 6.4. Horario de recolección propuesto para residuos convencionales.....	170
Cuadro 6.5. Coste relativo según la administración del sistema de recolección.....	172
Cuadro 6.6. Horario de recolección propuesta para residuos reciclables.....	174

Cuadro 6.7. Actividades que se pueden implementar en las campañas de sensibilización. .....	177
Cuadro 6.8. Variables que se deben medir y controlar para la toma de decisiones municipales. ....	180
Cuadro 6.9. Ventajas y desventajas del uso de fertilizantes naturales en comparación con los artificiales. ....	188
Cuadro 6.10. Contenido de nutrientes de los desechos típicos.....	189

## **ÍNDICE DE FIGURAS**

Figura 1.1. Metodología a seguir para el desarrollo del proyecto.....	5
Figura 1.2. Observación del servicio de recolección y registro de las rutas.....	6
Figura 1.3. Muestreo para determinar la composición y generación de residuos en el cantón.....	8
Figura 1.4. Encuesta complementaria a hogares generadores de las muestras tomadas....	8
Figura 4.1. Esquema idealizado de las rutas de recolección.....	82
Figura 4.2. Fotografía. Inspecciones Municipales. ....	86
Figura 4.3. Fotografía. Carácter opcional de la indumentaria de seguridad para los peones recolectores. ....	86
Figura 4.4. Fotografía. Forma de trasladarse cuando el camión está en movimiento. ....	87
Figura 4.5. Fotografía. Personal de aseo de vías y sitio públicos. ....	87
Figura 4.6. Fotografía. Predio municipal para la recolección. ....	89
Figura 4.7. Fotografía. Recolección de los desechos previamente llevados al predio municipal por la vagoneta. Captación de material reciclable. ....	89
Figura 4.8. Esquema del manejo de los datos para calcular la generación de residuos....	92
Figura 4.9. Contribución a la generación de residuos por parte del sector residencial con respecto a la de los otros sectores económicos. ....	100
Figura 4.10. Porcentaje aportado por cada sector según el tipo de residuo. ....	101

Figura 4.11. Porcentaje de cada componente de los residuos generados por el sector residencial según lo estimado para el 2010. ....	101
Figura 4.12. Porcentaje de cada componente de los residuos generados por los otros sectores económicos según lo estimado para el 2010. ....	102
Figura 4.13. Porcentaje de cada componente de los residuos generados por todos los sectores según lo estimado para el 2010. ....	103
Figura 5.1. Diagrama de flujo para el papel y el cartón. ....	123
Figura 5.2. Diagrama de flujo para residuos de plástico y de tetra-pack. ....	124
Figura 5.3. Diagrama de flujo para residuos de vidrio. ....	124
Figura 5.4. Diagrama de flujo para residuos de metal. ....	126
Figura 5.5. Fotografías: (a) Máquina compactadora Inversiones Recipal. (b) Máquina compactadora modelo G90. ....	128
Figura 5.6. Trituradora de Vidrio, Isotex. ....	129
Figura 5.7. Ubicación del Centro de Recuperación. ....	131
Figura 5.8. Frente del lote previsto para la construcción del centro de recuperación. ...	132
Figura 5.9. Distribución Arquitectónica del centro de recuperación propuesto. ....	133
Figura 5.10. Variación del flujo de efectivo municipal. Escenario 0. ....	150
Figura 5.11. Variación del Valor Actual Neto con la tasa de interés. Escenario 0. ....	151
Figura 5.12. Variación del flujo de efectivo municipal. Escenario 1. ....	151
Figura 5.13. Variación del Valor Actual Neto con la tasa de interés. Escenario 1. ....	151
Figura 5.14. Variación del flujo de efectivo de la Municipalidad y de la empresa privada. Escenario 2. ....	152
Figura 5.15. Variación del Valor Actual Neto con la tasa de interés para la Municipalidad y la empresa privada. Escenario 2. ....	153
Figura 5.16. Variación del flujo de efectivo de la Municipalidad y la empresa privada. Escenario 3. ....	153
Figura 5.17. Variación del Valor Actual Neto con la tasa de interés para la Municipalidad y la empresa privada. Escenario 3. ....	154

Figura 5.18. Sensibilidad del monto de tarifa residencial base ante cambios en el porcentaje de morosidad. ....	154
Figura 5.19. Sensibilidad del monto de tarifa residencial base ante el porcentaje anual de aumento en los precios de los materiales. Escenario 1. ....	155
Figura 5.20. Sensibilidad del Valor Actual Neto ante el porcentaje anual de aumento en los precios de los materiales. Escenarios 2 y 3. ....	156
Figura 5.21. Casos especiales del análisis de sensibilidad. ....	156
Figura 5.22. Sensibilidad del Escenario 2 ante cambios en los costos de inversión inicial y los ingresos por venta de materiales. ....	158
Figura 6.1. Nomenclatura utilizada para el orden de recolección en las rutas propuestas. ....	166
Figura 6.2. Ejemplo 1. ....	167
Figura 6.3. Ejemplo 2. ....	168
Figura 6.4. Estrategia para las campañas de concienciación. ....	175
Figura 6.5. Sistema municipal para minimizar el enterramiento de los residuos sólidos..	194

# **CAPÍTULO 1. INTRODUCCIÓN**

## **1.1 Justificación**

### **1.1.1 Problema Específico**

El estilo de vida globalizado de las sociedades actuales, con poblaciones crecientes y necesidades cada vez más acentuadas, con los avances científicos y tecnológicos ligados a los procesos de producción y de consumo, provocan, además de una demanda irracional y desequilibrada de recursos naturales, un aumento en los volúmenes de desechos.

Esta problemática es más evidente en los países en vías de desarrollo y, por esto, Costa Rica no escapa a esa realidad. Existen personas que trabajan para enfrentar esta circunstancia que agobia a gran parte de la población pero, en la mayoría de los casos no se cuenta con una adecuada planificación ambiental a largo plazo ni con las leyes apropiadas para resolver el problema. Esto provoca que de los esfuerzos que se realizan no se obtengan los resultados deseados. Además, no existe una formación cultural capaz de reconocer la importancia de un buen manejo de los residuos.

A partir de julio de 2010, empieza a regir en Costa Rica la nueva ley de gestión integral de residuos. En ella se establece el rol que debe desempeñar las diferentes entidades estatales y, además, se exige a las municipalidades desarrollar un Plan de Manejo de Residuos en la presente administración. El municipio del cantón de Palmares de Alajuela, al igual que muchos otros del país, ha empezado a tomar medidas al respecto. Con la presente investigación, se buscará brindar una colaboración para la toma de decisiones en la elaboración de un plan de este tipo que favorezca al medio ambiente.

Se debe tener muy claro que el problema del manejo de desechos sólidos es complejo. En él interviene un gran número de variables que debe ser considerado de manera integral al realizar un análisis para determinar un plan de manejo correcto.

En la primera parte de este trabajo se realizará una valoración de la magnitud del problema de manejo de desechos sólidos en esta comunidad. Se profundizará en las condiciones geográficas y demográficas propias del cantón, en la actividad comercial y en otras características sociales de esta población. También se indagará sobre el accionar de la Municipalidad y los servicios que brinda. Además, como parte de este diagnóstico, se analizarán, de manera detallada, el sistema de recolección de desechos urbanos, los

recursos disponibles y las rutas para realizar este servicio. Finalmente, se determinará, de manera estadística, la composición y generación de los residuos producidos en el cantón.

En la segunda fase se analizará, desde el punto de vista técnico y financiero, la factibilidad de ejecutar un nuevo proyecto municipal. Este consiste en construir un centro de recuperación de material reciclable en el distrito de La Granja en un terreno de propiedad pública. También se buscará mejorar algunos aspectos negativos observados en el diagnóstico. Además, se comentarán las implicaciones que conlleva un plan de reciclaje para este cantón.

### **1.1.2 Importancia**

La correcta implementación de un plan de manejo de desechos sólidos implica ventajas importantes, desde diferentes puntos de vista, en el desarrollo de una comunidad. No obstante, es indispensable realizar un diagnóstico que permita conocer el estado del problema.

El impacto ambiental negativo de la actividad humana se debe, en gran medida, a los residuos producidos por una comunidad y a la mala disposición de estos. Esto se manifiesta como la contaminación del aire, del suelo y del agua y contribuye con el empobrecimiento del paisaje.

Por otro lado, los desechos sólidos que son lanzados diariamente al medio alcanzan el orden de toneladas. Estos tienen un gran valor económico y financiero al reinsertarlos al mercado en alguna forma. "Una idea, mantenida durante años, sostiene que lo que un individuo desecha como sin valor es la fortuna para otro individuo" (F, Loud. 1996). El aprovechamiento de materiales tales como papel, plásticos, textiles y metales, entre muchos otros, mediante los procesos de separación y reciclaje, representa la clave de la factibilidad financiera de este tipo de programas. De igual forma, es importante el potencial que tiene el producto obtenido a partir del compostaje de materia orgánica como abono natural.

El conocimiento de los parámetros de generación de desechos y la evaluación del manejo que existe actualmente, permitirá optimizar recursos valiosos provenientes del municipio y que, por lo tanto, tienen un carácter limitado. Incluso, es posible atraer empresas privadas que inviertan en este espacio. Este sector cuenta con un mayor potencial para llevar a cabo una gestión administrativa y financiera más flexible. Tiene

mayores posibilidades de promover campañas de separación de desechos para mejorar su productividad y rentabilidad. Además, posee una mayor capacidad para brindar una mejor cobertura de recolección y brindar un servicio más eficiente.

## **1.2 Objetivos**

### **1.2.1 Objetivo General**

Evaluar y recomendar opciones para mejorar las condiciones de manejo de desechos sólidos en el cantón de Palmares.

### **1.2.2 Objetivos Específicos**

- Evaluar la gestión municipal en materia de manejo de residuos sólidos como lo indica la Ley de Gestión Integral de Residuos.
- Estimar los parámetros de generación y composición de desechos sólidos en el cantón mediante muestreos y análisis estadístico, realizar una proyección en función del crecimiento de la población y un análisis de comparación con poblaciones que posean condiciones socioeconómicas, geográficas y físicas similares.
- Identificar las características actuales del sistema de recolección y aprovechamiento de los residuos reciclables.
- Realizar un análisis preliminar de la factibilidad técnica y financiera al construir un centro municipal de recuperación de material reciclable separado en su origen.
- Proponer mejoras aplicables al manejo de los desechos sólidos en el cantón y establecer los requerimientos para desarrollar un programa de reciclaje municipal.

## **1.3 Metodología**

La metodología seguida en el desarrollo del proyecto se presenta en la Figura 1.1. En esta, las actividades dentro de los rectángulos con letra destacada representan las acciones principales del proyecto. Los insumos necesarios para que se efectúen las actividades se ilustran con rectángulos sin resaltar ubicados a su izquierda. Los productos que se obtendrán se muestran como cuadros con doble línea y esquinas redondeadas a la derecha.

### **1.3.1 Aspectos generales más relevantes del cantón**

En el Capítulo 3 se realiza una recopilación de las características del cantón. Se utilizan Sistemas de Información Geográfica (SIG) provenientes de la Municipalidad para representar visualmente la extensión del cantón, la forma de catastro y los principales poblados y barrios. Por otro lado, el Programa de Investigación en Desarrollo Urbano Sostenible (ProDUS) de la Universidad de Costa Rica facilita datos en SIG correspondiente a la red vial, curvas de nivel, ríos y uso del suelo en Palmares.

Existe la posibilidad de usar el programa *ArcGIS 10*, disponible en ProDUS, que presenta la información obtenida a través de mapas. Se elabora un modelo de elevación digital y se realizan los análisis correspondientes.

En cuanto a los aspectos demográficos, se utiliza el resultado del Censo Piloto Palmares 2010 realizado por el Instituto Nacional de Estadística y Censo (INEC). Se emplean datos de la cantidad de habitantes y viviendas por distrito, así como de las tasas de incremento poblacional. Este estudio también aporta información valiosa acerca de la forma en que los habitantes del cantón disponen de sus residuos y de la actitud ciudadana en cuanto al reciclaje y aprovechamiento de los residuos.

Las actividades económicas que se efectúan en el cantón se estudian en función de la cantidad de comercios, industrias y servicios prestados en el cantón. Esta información se extrae de la base de datos de patentes, pero se requiere una extensa depuración ya que la base de datos no está ordenada para determinar la cantidad de negocios.

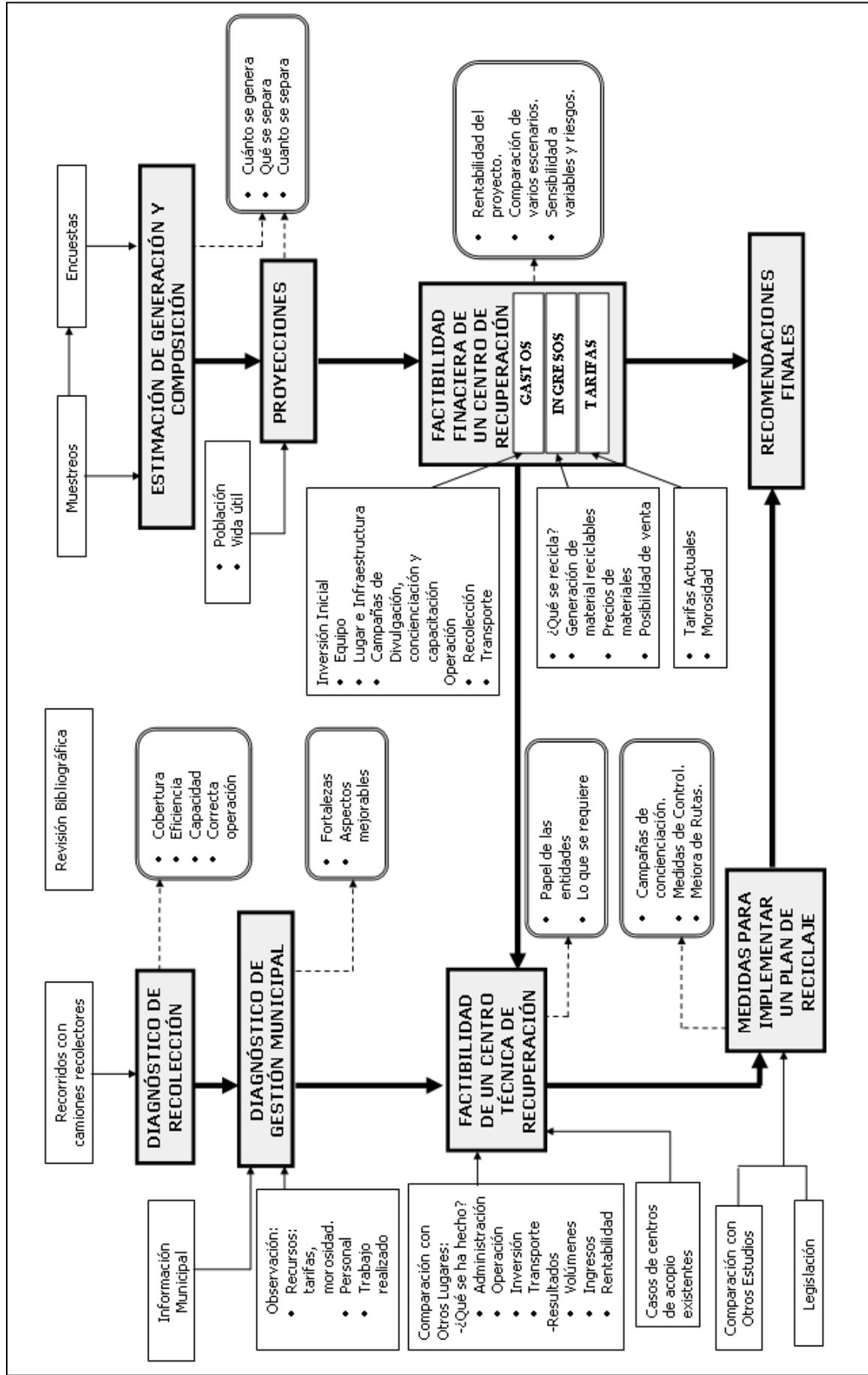


Figura 1.1 Metodología a seguir para el desarrollo del proyecto.

### **1.3.2 Diagnóstico de la gestión municipal en materia de manejo de residuos sólidos**

En esta etapa se recolecta información del trabajo realizado por la Municipalidad y otras entidades públicas para enfrentar el problema del manejo de desechos sólidos y de los resultados obtenidos.

Se investiga acerca de los servicios brindados y los recursos con los que cuenta el gobierno local para sufragarlos: personal, equipo, terrenos y vehículos. Se determinan las características financieras tales como: tarifas, cantidad de abonados, morosidad y costos en general.

De esta forma es posible establecer las debilidades y fortalezas de la institución, así como los insumos con los que se cuenta y los que no se tienen aún y que son necesarios para un manejo adecuado de los desechos sólidos.

### **1.3.3 Diagnóstico de la Recolección**

Para poder evaluar el sistema de recolección se solicita información a la Municipalidad y a la empresa subcontratada que da el servicio. Además, se consigue el permiso para hacer el recorrido en los camiones, al lado del chofer, por cada una de las rutas de recolección como se muestra en la Figura 1.2. Los itinerarios se registran mediante el uso de un Sistema de Posicionamiento Global (GPS).



**Figura 1.2** Observación del servicio de recolección y registro de las rutas.

Adicionalmente, se toma nota de todas las observaciones relevantes y de las preguntas que se les hacen a los conductores y trabajadores del sistema de recolección. Los recorridos quedan respaldados con fotografías.

La actividad anterior se lleva a cabo con el fin de realizar una evaluación del sistema de recolección en términos de eficiencia, seguridad ocupacional y cobertura distancias y tiempos de recorrido. Los datos obtenidos se procesan por medio del programa para manejo de sistemas de información geográfica, *ArcGIS*.

Como corolario de esta actividad, se logra el conocimiento de los horarios de recolección. Esto permite establecer un plan de ejecución para la toma de mediciones en campo, como se presentará más adelante. Por otro lado, las fotografías obtenidas, especialmente en los cuadrantes del distrito central, sirven para tener una idea de la cantidad y tipo de residuos generados por el sector comercial. Además, ayudan a identificar el nivel de ingresos y otras características de los distintos barrios del cantón.

#### **1.3.4 Estimación de la generación y composición de los residuos y proyecciones**

Para conocer la generación y composición de los residuos sólidos del cantón se realiza un muestreo a nivel domiciliar a través de todos los distritos (Ver Figura 1.2).

Este consiste en una encuesta corta dirigida a un integrante de la casa en el día de recolección después de haberse hecho la medición del peso de los diferentes componentes de los desechos colocados en la acera por un miembro de esa vivienda.

Para llevar a cabo estos cálculos, se cuenta con el equipo de medición y protección suministrado por ProDUS. La Municipalidad de Palmares también apoya la actividad, a través de dos funcionarios que colaboran con las mediciones y brindan transporte, por todo el cantón, con un vehículo del ayuntamiento. Además, estudiantes de la Sede de Occidente de la Universidad de Costa Rica contribuyen voluntariamente con la tarea como parte de un proyecto en el marco de su Trabajo Comunal Universitario (TCU). (Ver Figura 1.3)

En total se obtienen 39 muestras asociadas a su correspondiente encuesta. Los componentes son separados y pesados. La clasificación utilizada es: 1.Residuos orgánicos, 2.Papel y cartón, 3. Plásticos, 4.Metales, 5. Vidrio, 6.Tetrabrik y tetrapak y 7.Otros.



**Figura 1.3.** Muestreo para determinar la composición y generación de residuos en el cantón.

Las encuestas son realizadas a los domicilios como se muestra en la Figura 1.4. Con estas, se determina la siguiente información:

- ¿Cuántas personas habitan de manera fija en el hogar?
- ¿A cuánto días de generación de desechos corresponde la muestra?
- ¿Si en la vivienda se clasifican los desechos?
- ¿Qué tipo de residuos se separa? ¿Cómo dispone de ellos?



**Figura 1.4.** Encuesta complementaria a hogares generadores de las muestras tomadas.

De esta forma se conoce la composición por peso de la muestra, el origen en términos de ubicación y el tipo de barrio, la cantidad de personas y el tiempo que tardan en generarla. Una vez procesada la información, se aplica una normalización de manera que se obtiene la generación en kilogramos/persona/día.

Los resultados obtenidos se comparan con los del estudio realizado por ProDUS para la Federación de Municipalidades de Occidente (FEDOMA). En este se lleva a cabo una metodología de muestreo similar pero con una cantidad considerablemente mayor de muestras.

Haciendo uso de la base de datos de patentes de la Municipalidad de Palmares, de una serie de supuestos basados en la investigación bibliográfica y de las encuestas a distintos tipos de comercios en Palmares, se estima la generación de residuos diferentes a los originados por el sector domiciliario, principalmente los comerciales e industriales. Los valores obtenidos de esta forma, representan tan solo una primera aproximación. El cálculo real de este parámetro implica realizar una investigación más profunda que consiste en muestreos similares a los realizados para las viviendas. Esta actividad está fuera del alcance de este proyecto.

La encuesta a comercios se realiza únicamente en los cuadrantes del distrito central al considerar que en este lugar se concentra una gran cantidad de negocios. Los 23 locales encuestados se clasifican según los criterios que se describen en el Capítulo 3. En el Anexo 1, se presentan las preguntas realizadas y los datos obtenidos. No obstante, aunque la encuesta solicita información acerca de la cantidad de residuos que genera el negocio, ninguna de las personas que se encuentra en el local tiene una idea de cuántos residuos generan. Por esto, se conoce sólo el tipo de residuo que se presenta.

Posteriormente, se llevan a cabo proyecciones de la generación de residuos para los años 2010, 2020 y 2030 basados en las tendencias de población para el cantón.

#### **1.3.5 Factibilidad técnica y financiera para implementar un centro de recuperación de material reciclable**

Mediante un trabajo de campo se identifican los insumos requeridos para ejecutar un proyecto municipal en Palmares. Esto se hace basado en encuestas realizadas a empresas privadas dentro y fuera del cantón, así como a municipios de comunidades que han tenido experiencias positivas en materia de manejo de desechos sólidos (principalmente en lo que respecta a programas de reciclaje en centros de recuperación)

Además de establecer estos requerimientos, las entrevistas sirven para recopilar información general del carácter financiero tales como la inversión inicial, costos en las diferentes etapas de estos proyectos e ingresos promedio. Se obtienen también

algunos datos de cantidades procesadas, de las características geométricas de las instalaciones, de los porcentajes de ocupación, de los tiempos de almacenamiento y de las dificultades técnicas enfrentadas en cada caso.

La información anterior, así como la proveniente de la investigación de otras fuentes teóricas, sumada a una revisión de la normativa correspondiente, se adapta a la información disponible para Palmares. El fin es establecer una propuesta técnica para el centro de recuperación.

Por otro lado, la información recabada hasta el momento permite identificar los tipos de costos implicados en cuanto a la inversión inicial, la operación, divulgación, educación a la población y otras actividades necesarias para la implementación de un plan de aprovechamiento de material reciclable. Sin embargo, el detalle de criterios de selección, los precios de los equipos y requerimientos del programa representan una información reservada en la mayoría de los casos. Es necesario reconocer y acudir a proveedores directos para solicitar cotizaciones y facturas preformas.

Además, se encuentra una fuente de información actualizada de empresas e industrias dedicadas al reciclaje. En la página de Internet *www.redcicla.com*, abierta al público por la Fundación CEPRONA, se detalla información de los requerimientos y precios ofrecidos por asociaciones, empresas e industrias que compran el material potencialmente procesado en el centro de recuperación propuesto.

De esta forma, se lleva a cabo un análisis financiero y otro de sensibilidad. Se diseñan cuatro escenarios y se analiza la variación de las tarifas cobradas por concepto de servicios municipales y de la rentabilidad del proyecto. Esto se hace a través de los indicadores de Valor Actual Neto (VAN) y de la Tasa Interna de Retorno (TIR). Se modelan cambios en parámetros tales como: las tasas de interés, el pago de servicios, precios de materiales, aumentos en los costos y disminución de los ingresos.

### **1.3.6 Sistema de recolección mejorado**

De nuevo, se utiliza la herramienta *ArcGIS 10* no sólo para representar visualmente las rutas sino también para establecer comparaciones de distancias y tiempos.

El mapa de uso de suelo permite definir los tramos de red vial a los que se les debe dar cobertura. Con el registro del GPS y los parámetros de cobertura y tiempos de recorrido, obtenidos en el Capítulo 4, se diseña la base para la nueva ruta.

Los criterios utilizados para proponer la mejora en las rutas de recolección, tanto de desechos sólidos convencionales, como de los residuos reciclables, en el caso que estos sean recolectados, son escogidos en función de criterios técnicos. Estos buscan reducir las distancias recorridas y el consumo energético, el buen uso de los camiones y el aprovechamiento máximo de su capacidad, así como el de establecer un horario estable, factible y claro para los usuarios del servicio.

Uno de los criterios, consiste en disminuir la cantidad de veces que el camión pasa por el mismo lugar ya sea recolectando o no. Se reconoce también, el beneficio que se obtiene al disminuir los giros izquierdos, sobre todo en los cuadrantes del distrito central. Esto se logra estableciendo un sistema de recolección de calles y avenidas por separado y la detección de puntos en los que se puede apuñar o acumular. Se trata también de reducir las distancias cuando el camión realiza la maniobra de reversa.

Al usar el modelo de elevación digital se procura la minimización de consumo de combustible evitando paradas con pendientes ascendentes, esfuerzos extras en el motor y sobrecargas, principalmente en los lugares con topografía irregular o pendientes muy elevadas.

Los camiones se distribuyen de manera que les corresponda una cierta cantidad de material calculada de acuerdo con su capacidad. Por lo tanto, es necesario estimar la densidad de residuos que se producirá en cada barrio del cantón en particular. Se reconocen las fortalezas en la asignación actual de las rutas de recolección, por lo que la propuesta utiliza como base estos recorridos. A estos se les aplica sistemáticamente los criterios de mejora. En todo momento se toman en cuenta las observaciones de campo con el fin de identificar todas las particularidades asociadas con el trabajo de recolección.

Los criterios del diseño de las rutas propuestas se discuten con mayor detalle en el Capítulo 6.

## **1.4 Delimitación del Problema**

### **1.4.1 Alcances**

Espacialmente, el trabajo referente al diagnóstico comprendido por muestreos y encuestas, observaciones, análisis, conclusiones y recomendaciones; se realizan para el cantón de Palmares, incluyendo los siete distritos que lo componen.

Las observaciones y recomendaciones realizadas tienen como fundamento las disposiciones de la ley para la gestión integral de residuos, aprobada por la asamblea legislativa el 25 de mayo de 2010 y publicada en el diario La Gaceta, el 13 de Julio de ese año.

Los muestreos y datos para la estimación generación y composición de residuos de origen domiciliario obtenidos en este trabajo, se ubican en un instante dado y revelan la situación en el momento que se tomaron. Cuando se habla de tasas de generación de residuos se consideran únicamente los desechos recolectados. Los residuos que se disponen de otra forma no se consideran en el análisis. Para obtener la generación real se debe aplicar otra metodología que queda fuera del alcance de este estudio, o bien, establecer criterios que permitan suponer un factor que los tome cuenta. De manera estricta, los valores obtenidos corresponden a tasas de recolección.

Queda fuera del alcance del proyecto, la estimación detallada de la generación de residuos por otros sectores distintos al domiciliario. Sin embargo, se realiza una primera estimación de esta información de manera general, para no excluir su efecto dentro del análisis de factibilidad del posible centro de acopio.

La estimación de los residuos especiales y peligrosos no está contemplada dentro del cálculo de generación de desechos.

El diagnóstico de la disposición final de los desechos así como las recomendaciones relacionadas, no se toma en cuenta dentro del proyecto, ya que el relleno sanitario al que son llevados (relleno sanitario de la Carpio) se encuentra ubicado muy lejos del cantón y la Municipalidad no tiene ingerencia sobre el mismo.

Se plantea y estudia la posibilidad de construir un centro reciclaje para captar la fracción inorgánica de los residuos municipales que hayan sido separada previamente en su fuente. Específicamente, se recibirían: papeles, cartón, plásticos, vidrios, metales e incluso algunos desechos especiales.

El tratamiento de los residuos orgánicos conlleva el análisis y la escogencia de soluciones, entre una gran variedad de tecnologías disponibles. La propuesta de una solución para el tratamiento de este tipo de residuos queda fuera del alcance de esta investigación; pese a que, como se verá, la cantidad de materia orgánica representa un porcentaje importante de los desechos generados en el cantón. No obstante, al final se presentan los criterios técnicos que se deben considerar para la futura implementación de un sistema para captar y aprovechar los desechos orgánicos.

El análisis de factibilidad preliminar para la implementación del centro de recuperación, se llevará a cabo en términos estrictamente técnicos y financieros. En esta etapa, se elaborará un diseño de carácter funcional. Sin embargo, dado que se trata de un problema integral, las consideraciones realizadas tomarán en cuenta los posibles parámetros sociales y legales, de manera que queden previstos para un análisis posterior.

El proyecto municipal de construcción de un centro de recuperación, ya cuenta con una propiedad que se piensa destinar para este fin. En esta investigación, se analizan las ventajas e inconvenientes de este sitio, pero no se evalúa la escogencia de otro terreno.

La información obtenida en cuanto a costos e ingresos, generados al implementar un centro de recuperación, fue obtenida para un momento dado. Queda fuera del alcance de la investigación, la estimación de la variabilidad de estos parámetros con el tiempo. Por otro lado, el análisis de sensibilidad que se presenta trata de evaluar la respuesta financiera ante variaciones en estos rubros.

#### **1.4.2 Limitaciones**

La organización de la recolección y disposición final actual es diferente al momento de las observaciones. Esto porque recientemente la municipalidad realizó un nuevo contrato para este servicio. Sin embargo, los insumos obtenidos son de utilidad para las propuestas realizadas.

Dado el tamaño de la población estudiada y las características del muestreo de composición y generación, este no se puede realizar de manera exhaustiva. Por esta razón, no se efectúa un análisis determinístico. Por el contrario, se trata de un análisis estadístico.

Para efectuar los muestreos, se contó con la contribución voluntaria por parte de: ProDUS, para el préstamo del equipo de medición necesario; de la Municipalidad de Palmares que brindó, no solo el permiso, sino la colaboración y seguimiento de las mediciones con la ayuda del personal del ayuntamiento y un vehículo; y de estudiantes de la sede de occidente, como parte de su Trabajo Comunal Universitario, sin los que no habría sido posible realizar el trabajo. Sin embargo, dada la cantidad de tiempo y la dificultad que implica un muestreo de esta clase, se obtuvo un tamaño de muestra menor a deseable.

En campo aparecen algunas limitaciones. Por ejemplo la estimación previa del tiempo de duración del muestreo es sumamente variable. Depende de los varios factores:

- Forma en que en la vivienda clasifiquen sus desechos: ya sea separados por la composición o todo revuelto en la misma bolsa o caja. Evidentemente el primer caso representa menor inversión de tiempo.
- Horario variable de recolección por parte del camión: Aunque los horarios están establecidos, algunas veces el camión recolector cambia la ruta, o el tiempo de recorrido es distinto al calculado.
- Cantidad de desechos en la vivienda: Existen viviendas en las que se producen muchos más desechos que en otras.

El muestreo consiste en una muestra dividida por sectores en los que se concentra la población, por lo que se realiza dentro de barrios, urbanizaciones o caseríos. Se trata de que la muestra sea totalmente aleatoria, pero en el campo se presentan el caso de muestras que deben ser descartadas por la naturaleza de la medición, tales como montículos de desechos para los cuáles no se puede determinar la vivienda de procedencia.

Por estas razones, se busca establecer una comparación con otras comunidades que poseen características socioculturales y geográficas similares. En estas existen datos de generación y composición, obtenidos con tamaños de muestra mayores que el que se tiene para este estudio. Se debe tomar en cuenta el hecho de que las tendencias culturales son distintas y que las costumbres y políticas en torno a la generación y manejo de desechos pueden variar.

No existen datos históricos de la generación y composición de los residuos para el cantón en estudio, por lo que actualmente resulta imposible realizar un análisis de las tendencias estacionales de generación.

No se alcanza anticipar los efectos de las políticas municipales para la reducción en origen y captación de residuos aprovechables, por que los programas existentes son relativamente nuevos y no cuentan con un registro de resultados.

Los detalles técnicos en cuanto a rendimientos y capacidad de los equipos necesarios, representa información confidencial para las empresas que se entrevistan en la mayoría de los casos. Sólo se cuenta con las fichas técnicas suministradas por los proveedores directos.

## **CAPÍTULO 2. MARCO TEÓRICO Y ANTECEDENTES**

### **2.1 Aspectos generales del manejo de desechos sólidos**

Los Residuos Sólidos Urbanos incluyen todos los materiales sólidos o semisólidos que el poseedor considera de poco valor para ser retenidos. La gestión de estos implica la preocupación y la planificación para determinar qué hacer con esos materiales.

En el Artículo 6 de Ley N° 8839 se define la gestión integral de residuos como: "conjunto articulado e interrelacionado de acciones regulatorias, operativas, financieras, administrativas, educativas, de planificación, monitoreo y evaluación para el manejo de los residuos, desde su generación hasta la disposición final."

El Artículo 4 de la misma ley establece que la gestión integral de residuos debe hacerse de acuerdo con el siguiente orden jerárquico: I. Evitar, II. Reducir, III. Reutilizar, IV. Valorizar, V. Tratar y VI. Disponer.

La reducción en el origen ocupa los primeros puestos en la jerarquía. Una disminución en los productos que compran los consumidores, algunas veces de manera innecesaria, provocaría una baja en la cantidad de materia prima que se usa en su fabricación y empaque. "Puede realizarse a través del diseño, la fabricación y el envasado de productos con un material tóxico mínimo, un volumen óptimo de material, o una vida útil más larga. También a través de formas de compra selectivas y reutilización de productos" (Tchobanoglous, 1994)

La reutilización, valorización y tratamiento son las siguientes prioridades porque, igual que se puede obtener algún beneficio económico por la recuperación del valor de los materiales reciclables, se reduce la cantidad de residuos enterrados, con las ventajas en cuanto a espacio disponible para rellenos sanitarios y al impacto negativo a nivel ambiental. Las actividades asociadas con este nivel de la jerarquía implican la separación y recolección de los materiales, la preparación para la reutilización y la transformación en nuevos productos por medio de la alteración física, química o biológica de los residuos.

La disposición es el destino final de los residuos que no tienen un uso adicional o energético. Además, son los materiales residuales producto de algún proceso de recuperación. Debe ser la última posición en la jerarquía y se aplica a los residuos que no tienen ninguna otra alternativa. Las formas más comunes de disposición final son los vertederos o rellenos sanitarios.

Para la planificación integral de la gestión de residuos sólidos es necesaria la correcta combinación de alternativas y tecnologías en función de los residuos que se generan y que se pueden recuperar para la reutilización y el reciclaje, para el compostaje o para el aprovechamiento energético. Además, se requiere que las medidas implementadas sean adaptables a cambios futuros como las variaciones en la generación, en los precios de los materiales y productos o en la aparición de desarrollos tecnológicos. No obstante, sin una continua supervisión y evaluación para determinar el cumplimiento de los objetivos del sistema y establecer los parámetros para la toma de decisiones, no se puede ejecutar un plan de manejo de residuos sólidos exitoso.

Tchobanoglous (1994) sugiere las cuestiones de gestión correspondientes al ente desarrollador del sistema de manejo. Entre ellas se encuentran: la aplicación de normativas reguladoras, la mejora de métodos científicos para la interpretación de datos y desarrollar criterios técnicos, la financiación de infraestructura de gestión de residuos que es necesaria para llevar a cabo un manejo realmente adecuado de los residuos, la planificación urbana y la ubicación de unidades de gestión de residuos para identificar sitios ambientalmente aceptables para estos fines y que, además, satisfagan las demandas del público, el establecimiento y mantenimiento de personal calificado para desarrollar y controlar la gestión.

## **2.2 Elementos Funcionales de la Gestión Integral de Residuos Sólidos**

Tchobanoglous (1994) señala que "las actividades asociadas a la gestión de residuos sólidos, desde el punto de vista de la generación hasta la evacuación final, han sido agrupadas en seis elementos funcionales: 1) generación de residuos; 2) manipulación y separación en origen; 3) recogida; 4) separación, procesamiento y transformación; 5) transferencia y transporte; 6) evacuación"

### **2.2.1 Generación y Composición de residuos Sólidos**

Antes de establecer los parámetros que intervienen en cualquier planificación para la gestión de residuos sólidos es fundamental determinar la cantidad y el tipo de residuo que se está generando en la comunidad.

La generación de residuos sólidos normalmente está relacionada con el uso del suelo y su composición. Según Tchobanoglous (1994), los residuos sólidos se pueden clasificar de acuerdo con su origen en: 1) domésticos, 2) comerciales, 3) institucionales, 4) construcción y demolición, 5) servicios municipales, 6) zonas de

plantas de tratamiento, 7) industrial y 8) agrícola. El Cuadro 2.1 expone las instalaciones, actividades o localizaciones típicas para la generación asociada a cada uno de los orígenes.

Los datos típicos de una distribución de residuos sólidos según su origen se presentan en el Cuadro 2.2. Nótese que la porción doméstica y comercial constituyen entre un 50% a un 70% del total de residuos sólidos urbanos generados en una comunidad.

### **Tasas de Generación**

Las medidas utilizadas para cuantificar las cantidades de residuos sólidos generadas son las de volumen y las de peso. No obstante, el uso del volumen puede confundir, en el sentido de que un metro cúbico de material suelto representa menos cantidad de desechos que cuando este se encuentra compactado. Por lo tanto, si se utilizan medidas de volumen debe establecerse una relación con la densidad de los residuos que la componen.

Cuando se trata de residuos domésticos y comerciales, "la unidad de expresión más común utilizada para sus tasas de generación es  $kg/(hab*día)$ ." (Tchobanoglous, 1994, p.148). Sin embargo, caben otras formas de relacionar la generación para comercios e industrias, tales como  $kg/(cantidad\ de\ clientes*día)$  ó  $kg/(colonos\ por\ ventas*día)$  que pueden ser de más utilidad a la hora de hacer comparaciones entre poblaciones.

Hay que tener especial cuidado cuando se habla de tasas de generación para no confundirlas con las tasas de recolección. Al utilizar las de recolección no se toman en cuenta los residuos que son reciclados, enterrados en lugares ilegales, quemados o almacenados temporalmente.

Para estimar las tasas de recolección en  $kg/(persona*día)$  se puede utilizar un muestreo estadístico en sitio al obtener el peso de los desechos ya sea en los domicilios, comercios o cualquier otro origen dependiendo de la información que se requiera. Además, es útil conocer el peso de los componentes de los desechos (ver apartado: composición de residuos sólidos). Posteriormente, se establece la cantidad de personas y el tiempo que se dura para generar la muestra.

Otra forma de estimar la tasa de recolección es optar por un análisis del número de cargas. Se anotan los datos disponibles de pesos, volúmenes y las características de composición de los desechos para un periodo de tiempo específico.

**Cuadro 2.1.** Fuentes de residuos sólidos en la comunidad.

<b>Fuente</b>	<b>Instalaciones, actividades o localizaciones donde se generan</b>	<b>Tipos de residuos Sólidos</b>
<b>Doméstica.</b>	Viviendas aisladas y bloques de baja, mediana y elevada altura, etc.; unifamiliares y multifamiliares.	Residuos de comida, papel, cartón, plásticos, textiles, cuero, residuos de jardín, madera, vidrio, aluminio, otros metales, cenizas, hojas de calle, residuos especiales, residuos domésticos peligrosos.
<b>Comercial.</b>	Tiendas, restaurantes, mercados, edificios de oficinas, hoteles, imprentas, gasolineras, talleres mecánicos, etc.	Papel, cartón, plásticos, textiles, cuero, residuos de jardín, madera, vidrio, aluminio, otros metales, cenizas, hojas de calle, residuos especiales, residuos domésticos peligrosos, etc.
<b>Institucional.</b>	Escuelas, hospitales, cárceles, centros gubernamentales.	Como el comercial
<b>Construcción y demolición.</b>	Lugares nuevos de construcción, lugares de reparación/ renovación de carreteras, derribos de edificios, pavimentos rotos.	Madera, acero, hormigón, suciedad, etc.
<b>Servicios municipales.</b>	Limpieza de calles, paisajismo, limpieza de cuencas, parques y playas, otras zonas de recreo.	Residuos especiales, basura, barraduras de la calle, recortes de árboles y plantas, residuos de cuencas, residuos generales de parques, playas y zonas de recreo.
<b>Plantas de Tratamiento.</b>	Agua, aguas residuales y procesos de tratamiento industrial, etc.	Residuos de plantas de tratamiento, compuestos principalmente de fangos
<b>Residuos sólidos urbanos</b>	Todos los citados	Todos los citados
<b>Industrial</b>	Construcción y fabricación ligera y pesada, refinerías, plantas químicas, centrales térmicas, demolición, etc.	Residuos de procesos industriales, materias de chatarra, etc. Residuos no industriales incluyendo residuos de comida, residuos, cenizas, residuos de demolición y construcción, residuos especiales, residuos peligrosos.
<b>Agrícola</b>	Cosechas de campo, árboles frutales, viñedos, ganadería, granjas	Residuos de comida, residuos agrícolas, residuos, residuos peligrosos.

**Fuente:** Tchobanoglous (1994)

**Cuadro 2.2.** Distribución estimada de todos los componentes de los Residuos Sólidos Urbanos de una comunidad típica excluyendo los residuos industriales y agrícolas.

Categoría de residuos	Porcentaje en Peso	
	Rango	Típico
Domésticos y comerciales, excluyendo residuos especiales y peligrosos	50-75	62
Especiales	3-12	5
Peligrosos	0,01-1,0	0,1
Institucionales	3-5	3,4
Construcción y demolición	8-20	14
Servicios Municipales		
Limpieza de Calles	2-5	3,8
Árboles y paisajismo	2-5	3
Parques y zonas de recreo	1,5-3	2
Sumideros	0,5-1,2	0,7
Fangos de Plantas de tratamiento	3-8	6
Total		100

Fuente: Tchobanoglous (1994)

### Factores que afectan las tasas de generación

La reducción en el origen, las actitudes públicas, la legislación y los factores físicos y geográficos tienen un efecto importante sobre las tasas de generación.

Existen tendencias a la disminución del consumo y de la cantidad de materia prima que se extrae para las diferentes actividades que se realizan en las comunidades. Por ejemplo, los empresarios dedicados al reciclaje de papel sienten un descenso en los volúmenes del material en los últimos años. Cada vez son menos las personas que compran el periódico ya que tienen la opción de leer las noticias por Internet.

Existen distintas medidas que sirven para incentivar, ya sea de manera negativa o positiva, los hábitos de los entes generadores de residuos. Se debe considerar el impacto de los programas de educación y reciclaje en las personas y tener en cuenta que una reducción en la cantidad de desechos generados disminuye también el material potencialmente valioso. "La existencia de programas de reciclaje dentro de una comunidad afecta definitivamente a las cantidades de residuos recolectados para su procesamiento final o evacuación" (Tchobanoglous, 1994).

Además, otros aspectos como la localización geográfica, las condiciones sociales, los niveles de ingresos y épocas del año son factores que afectan las cantidades de residuos generados en una comunidad. El Cuadro 2.3, se presenta un ejemplo del efecto de nivel de ingresos sobre la generación de residuos de comida comparada con la de papel.

**Cuadro 2.3.** Distribución típica de componentes en los Residuos Sólidos Urbanos domésticos para países de bajos, medianos y altos ingresos, excluyendo materiales reciclados

Componente	Países de bajos ingresos	Países de medianos ingresos	Países de altos ingresos
<b>Orgánicos</b>			
Residuos de Comida	40-85	20-65	6-30
Papel	1-10	8-30	20-45
Cartón	1-10	8-30	5-15
Plásticos	1-5	2-6	2-8
Textiles	1-5	2-10	2-6
Goma	1-5	1-4	0-2
Cuero	1-5	1-4	0-2
Residuos de Jardín	1-5	1-10	10-20
Madera	1-5	1-10	1-4
<b>Inorgánicos</b>			
Vidrio	1-10	1-10	4-12
Latas de hojalata			2-8
Aluminio	1-5	1-5	0-1
Otros Metales			1-4
Suciedad, Cenizas	1-40	1-30	0-10

**Fuente:** Tchobanoglous

### **Composición de los residuos sólidos**

El PRESOL utiliza una clasificación para los residuos comúnmente utilizada en la industria de reciclaje. Los residuos orgánicos son los que se descomponen rápidamente, por lo general provienen de la manipulación e ingesta de alimentos y del jardín. Se les puede llamar también residuos putrefactibles o biodegradables. Los residuos inorgánicos están compuestos por todos los tipos de papel cartón, plásticos, vidrios, metales y cualquier otro material de origen sintético.

El papel residual está formado por papel periódico, cartón ondulado producto del empaquetamiento en bruto, papel blanco de alta calidad presente en oficinas o imprentas y el papel mezclado y de colores.

El plástico encontrado en los residuos sólidos urbanos y en algunas de las fuentes de generación, se sitúa dentro de las 7 categorías que se muestran en el Cuadro 2.4.

**Cuadro 2.4.** Tipos de Plásticos, designación de Códigos y algunas fuentes de generación.

<b>Código</b>	<b>Tipo</b>	<b>Fuentes</b>
PET/1	Polietileno tereftalato	Botellas de refrescos, mayonesa, aceite y en películas fotográficas.
PE-HD/2	Polietileno alta densidad	Contenedores de leche o agua, botellas de detergente y también de aceite.
PVC/3	Policloruro de Vinilo	La mayoría de las tuberías de conducción de agua. No es reciclable.
PE-LD/4	Polietileno de baja densidad	Envases de película fina y envolturas.
PP/5	Polipropileno	Cierres y etiquetas para botellas y contenedores, envolturas.
PS/6	Poliestireno	Envases para productos electrónicos y eléctricos
7	Otros materiales plásticos laminados	

**Fuente:** CostaRicaReciclaje.com

“El vidrio de recipiente (para recipientes de comida y bebidas), el vidrio plano (por ejemplo, vidrio de ventanas) y el vidrio prensado o ámbar y verde son los tres principales tipos encontrados en los Residuos Sólidos Urbanos” (Tchobanoglous, 1994).

También es posible hallar otros tipos de material en pequeñas proporciones tales como los textiles presentes en ropas y trapos, gomas, cuero de zapatos, de chaquetas y de tapicerías y residuos de jardín separados provenientes de la poda de árboles, arbustos, césped y otras plantas.

Los residuos especiales son los artículos voluminosos (muebles, lámparas u otros), electrodomésticos, productos de línea blanca, residuos de jardín recogidos por separado, baterías, aceite y neumáticos. Generalmente, estos residuos se recogen y se manejan por separado.

Por otro lado, “Los residuos o las combinaciones de residuos que representan una amenaza sustancial, presente o potencial, a la salud pública o a los organismos vivos han sido definidos como residuos peligrosos” (Tchobanoglous, 1994). Se

encuentran presentes en los productos domésticos de limpieza (abrillantadores, aerosoles, betún para calzado, quitamanchas y otros), medicinas vencidas, productos de cuidado personal (champúes médicos, quitaesmaltes), productos del automóvil (anticongelantes, líquido de frenos, gasolina y otros), productos de pintura, así como pilas, fotografías, pesticidas, fertilizantes e insecticidas.

### **2.2.2 Manipulación, separación y almacenamiento en origen**

Antes de que el gestor de residuos sólidos pueda disponer de cualquier material para su evacuación o para su recuperación, estos desechos deben ser manipulados por su generador, colocados en contenedores, almacenados y en algunos casos, ser separados o incluso procesados. Todo esto se lleva a cabo en el punto donde estos residuos se originan.

Por tanto, este es el inicio del ciclo. "Una vez que se ha decidido reciclar, hay cientos de decisiones que hay que adoptar acerca de cómo llevar a cabo el reciclaje... cómo separar los reciclables de los demás residuos y, una vez separados, cómo recolectarlos para su procesamiento y comercialización" (Hebert F. Lund, 1996).

La forma en que se separan y almacenan los residuos puede tener un efecto significativo sobre las características de sus componentes, su posterior tratamiento, sobre la salud pública y la actitud que tenga la población acerca del manejo de los residuos.

#### **Efectos del almacenamiento en sitio sobre los componentes**

"Cuando se colocan comida y otros residuos en contenedores de almacenamiento *in situ*, casi inmediatamente comienzan a sufrir descomposición microbiológica, como el resultado del crecimiento de bacterias y hongos" (Tchobanoglous, 1994). En este punto comienza a reproducirse las moscas y a desarrollarse malos olores.

La humedad proveniente de lluvia puede llegar a infiltrarse en los contenedores de residuos hasta el punto de que sus componentes absorben el agua. Este problema es común en las zonas con climas tropicales donde llueve la mayoría de los días. Otra forma en la que los desechos pueden absorber fluidos lo explica Tchobanoglous (1994): "Como los componentes que conforman los residuos tienen diferentes contenidos iniciales de humedad, se produce un equilibrio mientras permanecen almacenados en los contenedores"

Los componentes de mayor valor presentes en los residuos se pueden contaminar con sustancias tales como aceites, productos de limpieza y pinturas. Esto reduce sustancialmente el valor de los residuos recuperables.

### **Contenedores**

“Los tipos y las capacidades de los contenedores utilizados dependen de las características y tipos de residuos que hay que recoger, del tipo de sistema de recolección utilizado, de la frecuencia de recolección y del espacio disponible para colocar los contenedores”. (Tchobanoglous, 1994)

Existen varios sistemas que se catalogan como contenedores. Entre los más usados se encuentran las bolsas desechables de papel o plástico y las cajas de cartón. Cuando los volúmenes así lo ameritan, especialmente si se van a separar los residuos en el origen, se utilizan contenedores especialmente diseñados de plástico o metal galvanizado.

Las bolsas plásticas tienen la desventaja de que su costo es más elevado y su alta durabilidad representa un problema de disposición.

Los contenedores de plástico o metal galvanizado, además de su costo inicial, poseen la limitación de que su valor comercial provoca que se los roben.

### **Salud pública y estética**

Los residuos sólidos se generan en zonas con un espacio limitado para el almacenamiento. Esto tiene un impacto importante sobre la salud de las personas, el ambiente en general y la estética de la comunidad. Las condiciones estéticas están relacionadas con la producción de olores y condiciones desagradables, cuando no se presta la debida atención al mantenimiento de las condiciones de higiene. El uso de contenedores adecuados y limpios, sumado a un servicio de recolección oportuno y puntual ayudan a mantener un ambiente agradable.

#### **2.2.3 Recolección, transferencia y transporte**

Por recolección y transporte se entiende la etapa de la gestión integral de los residuos sólidos que comprende el proceso completo desde el almacenamiento temporal de los residuos hasta su transporte al lugar de tratamiento o disposición final. (PRESOL, 2007, diagnóstico de áreas prioritarias).

“La recolección y el transporte de los desechos sólidos son dos aspectos íntimamente relacionados, al punto de que la recolección se da conjuntamente con el

inicio del transporte. La diferencia o separación se da en virtud de que el sitio de tratamiento y/o disposición final no se encuentra al final de cada ruta de recolección, sino que luego de concluida la ruta, debe transportarse la carga hasta ese sitio” (Parini, L, 2005)

Las municipalidades pueden subcontratar la recolección y transporte a empresas privadas. En estos casos, es de vital importancia que la Municipalidad realice una supervisión y un control de la calidad del servicio.

El Manual McGraw-Hill de reciclaje define los siguientes criterios para la elección de un vehículo de recolección:

**Capacidad:** Dependerá de la cantidad y volumen de materiales recolectados en un periodo dado. La mayoría de los vehículos tienen capacidad teórica de 11 a 24 m<sup>3</sup>.

**Dimensiones del vehículo:** la forma física del vehículo, su longitud, anchura y altura. Los factores siguientes pueden influir en la elección: calles o vías estrechas, espacio libre limitado en pasos inferiores o puentes, radios de giro, etc.

**Flexibilidad:** Un aspecto frecuentemente pasado por alto es la flexibilidad del vehículo de recolección a los cambios en los tipos y volúmenes de los materiales recolectados, provocados por fluctuaciones estacionales durante el curso del programa”

**Características de diseño:** Posición del volante, longitud del vehículo, altura de carga, capacidad del vehículo, grado de selección (para el caso de recolección de reciclables), carga hidráulica, descarga.

### **Servicio de recolección de residuos no separados en origen (Recolección convencional)**

Existen varias formas en que el encargado de la recolección puede dar el servicio. Para las viviendas y comercios los más comunes son: el servicio en acera y el de callejón. En ellos se utiliza la recolección manual (con camiones compactadores convencionales de caja fija) o con vagoneta.

En el servicio de acera el propietario de la casa o los empleados de los comercios son los encargados de colocar los contenedores en la acera el día de la recolección

El servicio de callejón es común en zonas rurales donde existen calles con difícil acceso. En este los vecinos se organizan para colocar los residuos en la entrada del callejón, o bien, un empleado del servicio recoge los contenedores en el frente de cada casa o negocio de manera anticipada al camión, para agilizar la labor de recolección.

Para evitar la congestión de tráfico durante el día se procura, en la medida de lo posible, recoger los residuos en horas muy tempranas de la mañana o en la noche. "La recolección de los residuos normalmente se lleva a cabo con un equipo de tres, en algunos casos, cuatro operarios conformado por un conductor y dos o tres recolectores que cargan los residuos desde la acera al vehículo de recolección" (Tchobanoglous, 1994).

### **Recolección de residuos separados en origen (recolección diferenciada)**

Para lograr la recuperación de la mayor parte de los materiales generados en una comunidad, se requiere que se brinde un buen servicio de recolección tanto para los desechos convencionales como para los que son separados previamente. "Como los residentes y comercios no tienen que trasladar los residuos más allá de la acera, los programas de acera normalmente tienen una tasa de participación mucho más alta que los programas de centros de recolección selectiva". (Tchobanoglous, 1994).

Para recoger los residuos separados en su origen, se emplean varios tipos de camiones recolectores. Tchobanoglous (1994) señala: "1) vehículos de recolección estandarizados y 2) vehículos de recolección especializados, incluyendo camiones de reciclaje con caja cerrada, remolques de reciclaje, remolques con plataforma modificados, camiones de reciclaje con caja abierta, y remolques compartimentarizados".

"En la planificación de un programa para la recolección en acera de los reciclables hay que tener en cuenta muchos factores, entre ellos: la densidad de población en la zona servida (paradas posibles por kilómetro en cada ruta); el grado de separación en origen tolerable para los residentes, sin que dejen de participar; los niveles de captura deseados; el dinero disponible para el programa y las fuentes y fondos". (Lund, H, 1996)

Si se utilizan camiones compactadores estandarizados, en una semana se recogen, por ejemplo, papel y plásticos y en la otra, vidrio y latas. El vidrio es altamente abrasivo por lo que no se debe compactar ya que dañaría la placa de la

compactadora. Además, si no se rompe el vidrio es más fácil de seleccionar según sus colores.

El Reglamento sobre el manejo de basura establece que “los vehículos destinados a la recolección y transporte de desechos deberán reunir las condiciones propias para esta actividad... Su diseño cumplirá con las especificaciones que garanticen la correcta prestación del servicio y aseo.” (Artículo 29). Así mismo, todo vehículo destinado a esta actividad, ya sean camiones compactadores, con adrales o vagonetas deben contar con un sistema de empaques y de hules, que lo hagan impermeable a los líquidos concentrados generados por la compactación de los desechos. Cada vehículo debe tener un sistema de drenajes que conduzcan dichos líquidos hacia un compartimiento hermético adicional al vehículo, con capacidad suficiente para almacenar los mismos durante una jornada de recolección y transporte de desechos.

Tratándose de camiones de adrales o de vagonetas, además, deben contar y hacer uso, tanto durante la recolección como en el transporte, de un cobertor o manteado que cubra el material en su totalidad.

### **Itinerarios de recolección**

Algunos aspectos que se tienen en consideración al diseñar una ruta de recolección son los siguientes (Tchobanoglous, 1994):

1. Deben identificarse las políticas relacionadas con el punto de recolección y las frecuencias.
2. Los itinerarios deben estar coordinados con las características del sistema existente (número de operarios, equipo, etc.)
3. Las rutas deben ser diseñadas para que en la medida de lo posible empiecen y terminen cerca de calles principales utilizando barreras físicas como bordes de itinerario.
4. En zonas con pendientes elevadas, las rutas deberían empezar en la parte más alta y recolecten cuesta abajo. Con esto se evita que el camión tenga que frenar y acelerar en marchas muy fuertes lo cual representa una disminución en el gasto de combustible.
5. El último punto de recolección debe estar localizado lo más cerca posible del punto de evacuación o tratamiento.

6. Las zonas donde puede haber congestión vial deben ser recogidas en horas tempranas de la mañana o en la noche.
7. Las zonas en las que se generan las cantidades más importantes deben ser servidas de primeras.
8. Los puntos de recolección que se encuentran muy aislado deberían ser servidos en un solo viaje.

Además, es recomendable mantener frecuencias bajas de recolección en función de propiciar la reducción en la generación. "La recolección excesiva de desechos promueve una mayor generación de los mismos, puesto que las personas sienten la responsabilidad y necesidad de que, al estar pagando por ese servicio, deben sacar algún desecho, aunque esto, muchas veces, signifique sacar bolsas con cantidades insignificantes." (Méndez, 2008)

Las calles sin salida, angostas y de difícil acceso deben ser atendidas mediante el sistema de callejón para disminuir el tiempo que tarda el camión por entrar y hacer giros complicados que aumentan los gastos en combustible y en general, en desgaste del equipo.

Por otro lado, en la medida que se puedan disminuir los giros en las zonas más urbanizadas, especialmente los que se realizan hacia la izquierda, se ve reflejado en un ahorro en los tiempos de las rutas y en el consumo de combustible.

Se debe establecer la forma en que se recolecta en función de las limitaciones físicas. Méndez (2008) estudia la necesidad de realizar labores de recolección tipo doble peine en esos sitios, "lo cual consiste en recolectar únicamente en un sentido cuando se va en una dirección y en el otro sentido al variar la dirección, esto para disminuir el tiempo, la cantidad de paradas y así evitar las presas que esto puede producir, adicionalmente este tipo de recolección presenta mayor seguridad para los trabajadores."

Los recorridos de los camiones recolectores deben respetar el señalamiento vial y al conductor le corresponde procurar la seguridad de sus operarios, la de sí mismo y la de los demás usuarios de la vía pública.

Para establecer una ruta de recolección, se siguen los pasos de la metodología expuesta por Tchobanoglous (1994) para trazados de itinerarios de recolección.

**Paso 1.** Se recogen datos para los puntos de toma de residuos que proporcionen información de la localización de desechos, su cantidad estimada, frecuencia de recolección. Según el tamaño de la zona y la cantidad de residuos, esta se debe subdividir en áreas que correspondan aproximadamente a los usos de suelo (ya sea residencial, comercial, industrial, etc.)

**Paso 2.** Se confecciona una hoja de cálculo con la información recolectada en el paso anterior. Se analizan las rutas de recolección en función de la cantidad de desechos por bloques de casas o de comercios y de la capacidad de los camiones. Todos los criterios que se mencionan y las limitaciones que se presenten en cada caso específico se deben considerar en este paso.

**Paso 3.** Una vez realizado el análisis, se procede con el trazado del itinerario de la forma siguiente. Desde el garaje se trazan los recorridos de manera que se abarquen todos los puntos de toma de residuos. El último punto debe ser el más cercano al lugar de evacuación.

**Paso 4.** Cuando se fijen los itinerarios preliminares de recolección se determinan la densidad real de desechos y las distancias reales de transporte de cada itinerario. Se estiman para cada caso los requerimientos de mano de obra frente al tiempo de disponible de trabajo diario. Puede que sea necesario reajustar los itinerarios para equilibrar las tasas de trabajo.

#### **2.2.4 Separación, procesamiento y transformación**

La nueva ley de gestión integral de residuos, exige que los residuos deben ser valorizados "por medio del reciclaje, el co-procesamiento, el reensamblaje u otro procedimiento técnico que permita la recuperación del material y su aprovechamiento energético" (Artículo 4). Así mismo, señala que se tiene como prioridad la recuperación de materiales sobre el aprovechamiento energético, según criterios técnicos. Además establece, en ese mismo artículo, que se dispone de la menor cantidad de residuos.

#### **Implementación de las instalaciones para recuperación de materiales**

El desarrollo de una instalación de recuperación de materiales requiere que se preste una correcta atención a criterios ingenieriles y a cuestiones de implantación no ingenieriles. Tchobanoglous (1994) incluye los siguientes criterios de ingeniería: "1) definición de funciones de la Instalación de Recuperación de Residuos, 2) selección de los materiales que serán separados (ahora y en el futuro), 3) identificación de las especificaciones materiales que hay que cumplir actualmente y en el futuro, 4)

desarrollo de diagramas de flujo del proceso de separación, 5) determinación de la capacidad del proceso, 6) trazado y diseño de las instalaciones físicas, 7) selección del equipamiento e instalaciones que serán utilizados, 8) controles ambientales y 9) consideraciones estéticas” p.307.

En el Cuadro 2.5 se muestran las especificaciones solicitadas típicamente para los materiales recuperados de la separación según Tchobanoglous (1994) y las bases de datos existentes para las empresas e industrias recicladoras en Costa Rica.

De acuerdo con los volúmenes de residuos generados, con la composición de los mismos y de la infraestructura disponible, los programas de reciclaje operan de dos formas, según lo expone Tchobanoglous (1994):

### **Instalaciones para residuos separados en su origen.**

Cuando los residuos son separados en su origen existe la posibilidad de que la Municipalidad o el ente gestor proporcione la recolección mediante un servicio de acera, o bien, que los generadores sean los responsables de trasladar el material a un centro de recogida selectiva o de recompra. La elección de estas dos posibilidades depende de los recursos disponibles y la cantidad de residuos generados. Su escogencia puede influir de manera importante en las tasas de participación.

Los residuos separados pueden requerir un tratamiento adicional que depende de las especificaciones requeridas por los compradores y de las necesidades de transporte posterior. Este proceso implica una separación más detallada, limpieza, reducción de volumen mediante trituración o compactación entre otros.

Por razones de espacio para almacenamiento y transporte se debe considerar la opción de adquirir maquinaria para reducir el tamaño de los residuos. Puede darse el caso que se cuente con una gran cantidad de material que justifique el uso de embaladoras para empaquetar residuos de papel, cartón o plástico.

También se emplean trituradoras para el vidrio después de que es separado por colores. Es común que las empresas que reciben este material paguen un mejor precio por el vidrio entero.

**Cuadro 2.5.** Especificaciones típicas de materiales y del mercado en Costa Rica.

<b>Materiales</b>	<b>Contenido típico de las especificaciones. Fuente: Tchobanoglous (1994)</b>	<b>Mercado De Costa Rica (Según Costa Rica Reciclaje)</b>
Aluminio	Tamaños de partícula; grados de limpieza; contenido de humedad; densidad; cantidad, distancia de transporte y punto de entrega.	<b>Aluminio (latas):</b> Latas de aluminio de bebidas (refrescos, cerveza, jugos, etc.) Limpio, sin contaminantes y sin mezclar con otros metales. De preferencia comprimido. <b>Aluminio sólido:</b> (piezas de aluminio): marcos de ventana, utensilios de cocina, herramientas, etc. Algunos compran radiadores aluminio.
Papel y Cartón	Fuente; calidad; sin revistas; sin adhesivos; contenido en humedad; cantidad; almacenamiento; punto de entrega.	<b>Cartón:</b> Cajas de cartón usadas o nuevas y algunos tipos de cartulinas gruesas. Limpio, sin carbón, aceite ó plásticos, preferiblemente sin grapas y compactado; <b>papel blanco:</b> Papel de computadora, fotocopias y cuadernos (poca tinta) Limpio, sin contaminantes y sin revolver con otros tipos de papel; <b>papel periódico:</b> Diarios de circulación nacional y directorios telefónicos. El periódico debe estar limpio, seco, amarrado en fardos y sin presentar coloración amarilla, sin insertos (teleguías, revistas); <b>papel de segunda:</b> Papel de colores, revistas, folletos Limpio, sin contaminantes y sin revolver con otros materiales.
Plásticos	Tipos (por ejemplo, PET/1, PE-HD/2, ..., etc.); grado de limpieza, contenido de humedad.	En bolsas, limpio, seco, sin mezclar con otros materiales; <b>PET:</b> Botellas desechables de bebidas (agua, gaseosas, energéticas y otros), preferiblemente compactado; <b>HDPE:</b> Botellas y galones desechables de algunas bebidas color opaco (jugos, leche) Canastas y cajas de plástico de bebidas y verduras; <b>PVC:</b> Envases y empaques diversos; <b>LDPE:</b> Bolsas plásticas y láminas plásticas transparentes y de color ; <b>PP:</b> Envases y empaques diversos; <b>PS:</b> Envases y empaques diversos; <b>Otros plásticos:</b> Envases y empaques diversos. Para PVC, LDPE, PP, PS y otros plásticos se debe consultar el tipo de material que se acepta directamente con la empresa.
Vidrio	Cantidad de desperdicios de vidrios rotos, color, sin etiquetas o metal; grado de limpieza; libre de contaminación metálica; sin vidrios que no sean de recipientes; sin cerámica rota; almacenado y punto de entrega.	<b>Vidrio de botellas:</b> deben estar sin quebrar, limpias sin contaminarse y entregarse en sacos o cajas; <b>Vidrios quebrados:</b> Residuos de vidrio de botellas y envases quebrados o sin quebrar. Debe entregarse en estañones y separado por colores: ámbar, transparente y verde.

**Fuente:** Tchobanoglous (1994); [redcicla.org/basededatos](http://redcicla.org/basededatos)

**Cuadro 2.5. (cont)**

<b>Materiales</b>	<b>Contenido típico de las especificaciones. Fuente: Tchobanoglous (1994)</b>	<b>Mercado De Costa Rica (Según Costa Rica Reciclaje)</b>
Metales féreos	Fuente (Doméstica, industrial, etc.); peso específico; grado de limpieza; libre de contaminación con estaño, aluminio y plomo; cantidad, medio de transporte y punto de entrega.	Limpios, sin contaminantes y sin mezclar con otros metales; Piezas varias de <b>acero inoxidable</b> ; <b>hierro</b> : Partes automotrices, motor, caja. Hierro colado (gris); <b>Chatarra</b> : Piezas, herrajes y partes de hierro y zinc de diverso tipo. Algunos incluyen latas de comestibles y pinturas limpias. De preferencia comprimido.
Metales no féreos	Varían según los mercados locales	Limpios, sin contaminantes y sin mezclar con otros metales; <b>Piezas de antimonio</b> ; <b>bronce</b> : Piezas varias de bronce. Algunos compran radiadores bronce-cobre. <b>Cobre</b> : Piezas varias de cobre quemado, limpio, sin contaminantes. (Consultar directamente); <b>plomo</b> : Baterías de vehículo automotor. Baterías enteras y secas (sin ácido).
Textiles	Tipos de material; grado de limpieza.	

**Fuente:** Tchobanoglous (1994); redcicla.org/basededatos

### **Instalaciones para residuos no seleccionados.**

Mediante un sistema de recolección convencional prestado por el municipio, los residuos son llevados a un sitio para su separación y recuperación. Los procesos de separación en estas instalaciones pueden ser manuales o mecanizados. Los requerimientos de equipos dependen de la cantidad y el tipo de residuos por separar. Los residuos recuperables se reciben mezclados con material orgánico y desechos de todos los tipos (incluso residuos peligrosos). Debido a esto, las instalaciones deben diseñarse para el tratamiento continuo y eficaz.

Normalmente, estos lugares son utilizados como centros de transferencia. Necesitan equipos, procesos e instalaciones más sofisticadas, que sólo se justifican para volúmenes mucho más grandes que los que se generan para un centro de reciclaje de materiales separados en origen.

“Las IT/RM (instalaciones de transferencia y recuperación de materiales) integradas son instalaciones polivalentes que pueden incluir las funciones de un centro de recogida selectiva y procesos de separación, compostaje, bioconversión, producción de combustible derivado de residuos y funciones de transporte” (Tchobanoglous, 1994).

."Las operaciones de transferencia y transporte llegan a ser necesarias cuando las distancias a centros de procesamiento o a las zonas de evacuación disponibles se incrementan tanto que el transporte directo ya no es económicamente factible". (Tchobanoglous, 1994, citado de U.S. Environmental Protection Agency)

### **Consideraciones de diseño para la recuperación de materiales**

"El diseño de un programa de recuperación de materiales para el reciclaje implica tres conceptos básicos: 1) análisis de viabilidad, 2) diseño preliminar y 3) diseño final." (Tchobanoglous, 1994)

El estudio de viabilidad proporciona, a los responsables, recomendaciones claras sobre las características técnicas y económicas para el programa planificado. Este estudio contiene:

- Una explicación clara del papel que desempeña la instalación recomendada en la gestión integral de residuos sólidos.
- Diseño conceptual: se argumenta qué clase de instalaciones se requiere, la cantidad, tipos de residuos y la capacidad. Se pueden incluir imágenes o planos que den una idea del aspecto final del proyecto.
- Economía: Costes financieros y de operación. Se debe agregar un análisis de sensibilidad sobre los efectos de precios fluctuantes y cambios en las cantidades y composición de los materiales.
- Se debe realizar un análisis del régimen de propiedad y operación de las instalaciones. Las formas más comunes son la propiedad privada o la pública con gestión contratada.

El diseño preliminar incluye el desarrollo de un diagrama de flujo de los materiales, de un balance de masas y capacidades de los equipamientos e instalaciones físicas. Se establece una relación con el análisis de viabilidad para determinar los costes reales.

Es importante señalar las tasas de recuperación de materiales como un componente dentro del sistema de gestión integral de residuos. "El rendimiento de un programa de reciclaje generalmente se presenta como una *tasa de recuperación de materiales* o tasa de reciclaje, que es el producto de tres factores" (Tchobanoglous, 1994). Esta tasa se calcula como se muestra en la Ecuación 3.1.

$$TRM = [F_C \cdot F_R \cdot F_P] \quad \text{(Ecuación 3.1)}$$

Donde:

TRM := tasa de recuperación e materiales.

$F_C$  := Factor de composición: fracción del componente de residuos en la totalidad de los residuos.

$F_R$  := Factor de recuperación: fracción del material recuperado mediante un programa de reciclaje. (Ver Cuadro 2.6)

$F_P$  := Factor de participación: Fracción del público que participa en un programa de reciclaje.

**Cuadro 2.6.** Factores de recuperación para materiales reciclados y separados en su origen.

Material	Porcentajes de recuperación (%)	
	Rango	Típico
Papel mezclado	40 a 60	50
Cartón	25 a 40	30
Plásticos mezclados	30 a 70	50
Vidrio	50 a 80	65
Latas de hojalata	70 a 85	80
Latas de aluminio	85 a 95	90

**Fuente:** Tchobanoglous.

Para el diseño final, se incluyen planes y especificaciones que se utilizan en la construcción de las instalaciones. Se debe agregar un presupuesto detallado que se utiliza en el proceso de contratación.

### Consideraciones de la implantación de un centro de aprovechamiento

Se debe tomar en cuenta las siguientes cuestiones según lo recomendado por Tchobanoglous (1994).

- **Localización.** Las instalaciones deben ser ambiental y estéticamente aceptables. Deben estar localizadas preferiblemente de manera aislada de los centros de población, donde se puedan mantener zonas de seguridad alrededor.
- **Emisiones ambientales.** Se deben medir y evaluar aspectos de tráfico, ruido, polvo, olor, vuelo de materiales, descargas líquidas, aspecto desagradable y control de vectores. La mejor forma de establecer las

mejores condiciones es visitar y observar una gran cantidad de centros similares en funcionamiento previamente.

- **Salud y seguridad pública.** Se debe vigilar la seguridad de los empleados no sólo de las instalaciones, sino también del servicio de recolección de cualquier tipo; y también del público en general, especialmente cuando los materiales serán recibidos en el sitio de acopio.

### **2.2.5 Evacuación Final**

El último componente de la gestión integral de residuos es la evacuación o disposición final de los materiales rechazados o que no pueden ser aprovechados.

Las municipalidades, hoy en día en Costa Rica, incluyendo la que se analiza en este estudio, se concentra en recoger, transportar y fiscalizar el relleno sanitario donde depositan sus residuos sólidos "lo cual es muy importante, pero no se han centrado en el problema de fondo. El manejo de los residuos sólidos es un proceso donde intervienen muchos actores y factores (ambiental, social, entre varios) y por tal razón, debe abordarse en forma integral y no fraccionada como se está trabajando en la actualidad ". (FEMETRON)

Como se explica en el capítulo anterior, este último componente de la gestión integral de residuos escapa al alcance de este estudio e incluso del accionar de la Municipalidad de Palmares, pues actualmente no se cuenta con alternativas para la disposición final de los residuos de este cantón.

## **2.3 Gestión Municipal**

### **2.3.1 Tarifas de recolección**

Una tarifa o "una tasa es una medida cuantitativa de una parte o un todo y se usa para asignar los costos de una actividad" (Parini, L, 2005). Se dice que el producto de su percepción debe ser empleado en el mismo servicio, que contribuye a la razón de ser de la obligación por la cual se genera el servicio.

Parini (2005) señala las principales características de las tasas:

- Las tasas se pagan por el disfrute de un servicio real o potencial. El estado las puede cobrar a cada particular aunque no se tenga interés en él ya que representa un beneficio potencial.
- Deben elaborarse tomando en cuenta el costo efectivo del servicio más un porcentaje de utilidad para el desarrollo.

- Los recursos generados sólo pueden ser destinados a la financiación de gastos del servicio.
- Queda a juicio de la entidad respectiva el método de distribución de los costos del servicio.

Para el cálculo de una tasa por el servicio de recolección, se deben tener en cuenta variables como: la densidad poblacional, la frecuencia de recolección (definida a su vez por el costo del servicio, la calidad y la cantidad de residuos generados, las expectativas de la población, las limitaciones de almacenamiento e incluso el clima), la cobertura, las distancias en recolección y el transporte al sitio de disposición final.

Se deben determinar todos los costos asociados al servicio que incluyen los gastos efectivos y los costos administrativos principalmente. Además, es necesario identificar los usuarios mediante registros de cantidad y categorías.

“Para el cobro de las tasas existen categorías para identificar el tipo de usuario. Normalmente la primera categoría es la residencial y pública..., a esta categoría se le asigna un factor de ponderación de 1,0” (Parini, L, 2005). Se debe realizar estados financieros para determinar el balance de egresos contra ingresos, con el fin de conocer el déficit real de la actividad y efectuar los ajustes respectivos. Los factores de ponderación de las tarifas de recolección, para las diferentes categorías establecidas, surgen de variables tales como el tamaño de los comercios o el volumen de residuos generados.

Por su parte, el artículo 74 del Código Municipal establece que: “Por los servicios que preste, la Municipalidad cobrará el costo efectivo más un diez por ciento (10%) de utilidad para desarrollarlos..., la Municipalidad calculará cada tasa en forma anual y las cobrará en tramos trimestrales sobre saldo vencido. La Municipalidad queda autorizada para emanar el reglamento correspondiente, que norme en qué forma se procederá para organizar y cobrar cada tasa.”

Según la Guía para la gestión del manejo de residuos sólidos municipales, enfoque Centroamérica, la tarifa debe cubrir, por lo mínimo, los costos de los siguientes rubros:

- Sueldos, salarios, prestaciones y otros beneficios del personal administrativo y operativo del sistema.

- Costo de transporte (combustible, reparación, depreciación de equipos, compra de nuevos equipos y otros gastos).
- Costo de operación y monitoreo del sistema de recolección y disposición.
- Participación pública y educación comunitaria.
- Planificación, diseño y búsqueda de financiamiento para infraestructura.
- Mantenimiento de la infraestructura (edificios, caminos, sitios de disposición)
- Otros gastos administrativos.
- Morosidad

Actualmente en Costa Rica, la Ley permite implantar, en el seno de cada Municipalidad, tarifas diferenciadas que favorezcan e incentiven las iniciativas que estén llevando a cabo particulares, instituciones o empresas en función de la GIRS.

### **2.3.2 Morosidad**

Cuando no todos los favorecidos por un servicio son adecuadamente identificados o bien se sabe que están recibiendo el beneficio pero, por alguna razón, no cancelan el pago como es debido.

Se define morosidad visible como la "Cantidad de contribuyentes que están registrados como tales en la Municipalidad, pero que no están al día con sus pagos" (Gutiérrez, J y López 1996).

La morosidad invisible es: la "Cantidad de hogares o comercios que reciben el servicio de recolección, transporte y tratamiento de los desechos sólidos, y que no están inscritos como contribuyentes ante la Municipalidad" (Gutiérrez, J y López, 1996).

## **2.4 Antecedentes teóricos y prácticos**

Dado que el manejo integral de desechos sólidos es una preocupación relativamente nueva, mucha información necesaria para establecer cuáles son los requerimientos para un adecuado manejo de residuos sólidos no está presente de manera teórica. Es preciso tomar como referencia los estudios realizados por otras comunidades, así como la experiencia obtenida por otros municipios que está en ejecución y que han alcanzado resultados importantes y de otras empresas que se dedican a la recuperación de materiales.

### **2.4.1 Situación en el País**

“En el ámbito municipal costarricense, en materia de gestión de residuos sólidos persiste hoy en día el modelo imperante en los años 70s, que consistía en recolectar en forma indiscriminada los materiales, transportarlos y verterlos en rellenos sanitarios, en el mejor de los casos, o bien en botaderos o vertederos” (PGIRS Palmares, 2010).

A todo lo anterior se une el hecho de que la cantidad de residuos sólidos domiciliarios y de los particulares no dejan de crecer. Este crecimiento exponencial, aparte del hecho de que desbordan las capacidades municipales e institucionales, satura los sitios de disposición final, disminuyen drásticamente sus capacidades y su vida útil.

Esta problemática ejerce presión sobre las municipalidades pero también sobre entes gubernamentales como el Ministerio de Salud y el Ministerio de Ambiente.

En el marco de la Ley para la Gestión Integral de los Residuos o Ley N° 8839, aprobada en el mes de mayo de 2010 (La Gaceta N° 135 del 13 de julio de 2010), se intenta transformar la cultura actual de desechar y enterrar los residuos, por una que evite o disminuya su generación mediante prácticas de producción y consumo sostenibles, la reutilización de materiales, su aprovechamiento y su tratamiento.

Las políticas fomentadas dentro de esta ley impulsan acciones destinadas a establecer los Planes Municipales de Gestión Integral de Residuos Sólidos en cada uno de los gobiernos municipales del país.

#### **Generación y composición**

Según la información presentada en el Diagnóstico de Áreas Prioritarias del Plan Nacional de Residuos Sólidos (PRESOL), se estima que la composición de los residuos en el cantón de San José corresponde al mostrado en Cuadro 2.7. En este mismo estudio, también se aclara que la generación en kilogramos por habitante diaria ronda entre 0,785 kg/hb/día para comunidades pequeñas (menos de 50 000 habitantes) y 1.125 kg/hb/día para las ciudades más grandes (200 000 habitantes o más). Lo anterior implica un promedio de 0.860 kg/hb/día para todo el país, o bien, un total de 3784 toneladas al día generadas en el país.

En el Capítulo 4, se presentan datos más específicos de comunidades aledañas al cantón de Palmares e incluso se realiza un análisis comparativo.

**Cuadro 2.7.** Composición de los residuos generados en San José en el 2002

<b>Componente</b>	<b>%</b>
Orgánico	50,26
Papel	27,62
Plástico	15,52
Madera	0,53
Telas	1,39
Metales	1,39
Vidrio	1,19
Piedra	0,23
Tierra	0,28
Químicos	0,09
Agua	0,48
Hule	1,01
Totales	100

**Fuente:** PRESOL, 2007

### **Recolección**

En el caso de Costa Rica, aún hoy no existe información completa, confiable y actualizada sobre las características de los servicios de recolección y transporte de los residuos sólidos en las municipalidades (cobertura, vehículos, costos, cantidades y otros rubros). No obstante, en el PRESOL (2007) se estima que la cobertura media del país es alrededor de un 75%. En las municipalidades pequeñas (menos de 50.000 habitantes) y zonas rurales la cobertura media es de alrededor de un 65%.

### **Disposición Final**

“Las 9000 toneladas que generan diariamente los habitantes de Costa Rica se distribuyen entre botaderos a cielo abierto y vertederos semicontrolados que contaminan el aire y suelo, así como en rellenos sanitarios que ya no dan abasto.” (FEMETRON, 2010).

Según el Artículo 2 del Reglamento de Rellenos Sanitarios, la vigilancia y fiscalización de los rellenos sanitarios está a cargo del Ministerio de Salud.

Estos rellenos pueden ser operados de manera directa por las municipalidades o por una empresa privada. Los casos que presentan peores condiciones de gestión en Costa Rica son los que se administran en forma pública. A mediados de los años noventas, la empresa privada W.W.P. Continental de Costa Rica S.A. es la primera en implementar el concepto de relleno sanitario.

Actualmente, sólo en la Gran Área Metropolitana (GAM) operan cuatro rellenos sanitarios. Dos de ellos pertenecientes a la empresa Berthier EBI Costa Rica. Ellos son el de La Carpio en San José y El Huazo en Aserrí. Los otros dos corresponden a Los

Mangos en Alajuela y los Pinos en Cartago. Estos rellenos cubren las necesidades de 34 municipalidades. Se pueden mencionar otro relleno sanitario ubicado en Limón que es conocido como el Tomatal.

Los rellenos de La Carpio, los Mangos y los Pinos están llegando a su límite de capacidad.

La Carpio acumula residuos desde finales del año 2000. Alrededor de tres millones de toneladas métricas y se explora la posibilidad de explotar la última celda correspondiente al sitio donde se ubican las oficinas administrativas. Aún no se determina con exactitud cuánto tiempo de vida útil le queda.

El relleno de los Mangos en Alajuela recibe residuos desde 1997 y según disposiciones de SETENA, desde septiembre de 2009, el desarrollador del proyecto debe presentar un cronograma actualizado que contemple el cierre técnico de este.

Por otro lado, según el contrato en ejecución, el relleno de Los Pinos puede recibir residuos hasta principios del 2012, fecha en la cual se realiza su cierre definitivo.

El caso del Huazo, es el único que presenta una vida útil apreciable. Este sitio de disposición "inició sus operaciones en el año 2007 y cuenta con una propiedad que le permitirá mantenerse en operación por muchos años." (FEMETRON, 2010)

### **Esfuerzos para el aprovechamiento**

"Generalmente, en Costa Rica, los residuos sólidos domiciliarios son recogidos indiscriminadamente (sin separación ni selección previa) en bolsas plásticas y almacenados temporalmente en canastas metálicas creadas para tal efecto o en la misma acera o en el pavimento antes de que pase el vehículo recolector." (PRESOL, 2010).

No obstante, se pueden citar algunos grupos organizados que están trabajando en temas relacionados con la separación, recolección separada, acopio y aprovechamiento de residuos. Algunos citados en el PRESOL son:

- Comisión de Reciclaje del Distrito El Carmen (SAN JOSE)
- Fundación Escazú Recicla (ESCAZU)
- Asociación Renacer del Adulto Mayor (ALAJUELITA)
- Comité de Reciclaje de VASQUEZ DE CORONADO

- Comité Ambiental de La Florida de TIBAS
- Asoc. Pro-Personas con Discapacidad de ATENAS (APRODISA)
- Comité de Reciclaje Cantón de NARANJO.
- Asociación para la Recuperación Ambiental de OROTINA - ARADOR
- Comisión Desechos Sólidos Distrito San Francisco (CARTAGO).
- Comité de Reciclaje de San Miguel-SANTO DOMINGO
- Comité de Reciclaje de SANTA BARBARA
- Asociación de Gestión Ambiental de SAN RAFAEL DE HEREDIA
- Fundación Innovadora Desarrollo del Caribe - FIDESCA (LIMON).
- Y otras pequeñas empresas, grupos, iniciativas y personas relacionadas con la recuperación de materiales.

#### **2.4.2 Casos de municipales que actualmente ejecutan planes para la gestión de residuos**

El marco teórico relacionado con una perspectiva más práctica consiste en una investigación puntual de medidas tomadas por otras comunidades y los resultados obtenidos en cada caso. La información recaudada se enfoca en aspectos tales como:

- ¿Cuáles son las medidas que se han tomado?
- ¿Cómo ha sido la administración? ¿Ha sido municipal, privada o una combinación de ambas?
- Rentabilidad del proyecto, costos iniciales y de operación, ingresos, volúmenes recibidos y de producción.
- ¿Cuáles materiales aprovechan?, ¿de qué manera?, ¿cuál es el equipo utilizado?, ¿cómo se recolectan los desechos y cómo se transportan?, ¿se procesa el material o se transporta sin procesar?, ¿quién recibe los materiales y cuál es el precio?
- Resultados esperados y resultados obtenidos. Trabajo de concienciación e información así como la correspondiente respuesta de la comunidad.

#### **i. Municipalidad de Escazú: Programa de reciclaje Escazú Recicla**

Desde el año 2002 la Municipalidad de Escazú desarrolla un programa de reciclaje en la comunidad financiado por cooperación del gobierno holandés y

asistencia técnica de la Fundación TAMU- Costa Rica que se comienza a ejecutar a principios del 2008. Además se aprueba el Reglamento municipal para el manejo discriminado de desechos sólidos en el cantón de Escazú, publicado en La Gaceta el 15 de abril de 2002. Este obliga a separar los desechos sólidos reciclables del resto de la basura con multas de cien colones por metro cuadrado de propiedad a quien lo incumpla.

El programa de reciclaje contiene un diagnóstico realizado desde el año 2006 al 2008 que establece un plan de acciones puntuales organizadas por objetivos que se pretende llevar hasta el 2018. A cada actividad se le asigna un ente responsable. Además, cada objetivo está compuesto por metas para las que se establecen indicadores respectivos.

Cada año la Municipalidad entrega a los contribuyentes que estén inscritos en el programa, de manera gratuita, afiches con información detallada, consejos y una guía práctica de los materiales reciclables, de cómo prepararlos y lo que no se debe incluir. Además, se reparte un calendario en el que se indica, por medio de una simbología con colores, las fechas en las que se recolecta los residuos aprovechables frente a sus casas.

Los materiales que pueden reciclar los abonados del servicio incluyen los desechos normales como papel, cartón y cartulina, metales, vidrio, plástico y tetrapack. Además, los desechos especiales tales como baterías de vehículos, partes de aluminio y cobre, celulares, tintas de impresoras, computadoras y chatarra. Las bolsas utilizadas para el programa son transparentes y se pueden adquirir en algunos supermercados.

La recolección es aportada por la Municipalidad mediante dos camiones no compactadores, adicionales a los recolectores de residuos convencionales, que se encargan de recoger el material reciclable haciendo uso de 10 rutas repartidas de lunes a viernes y especificadas en el calendario que se menciona. De esta forma, dan cobertura al cien por ciento del cantón.

Los desechos son clasificados por una empresa comunal que cuenta con la participación de una asociación sin fines de lucro formada por mujeres llamada ASOFAMISAE. Dicha empresa genera trabajo y recursos para la inversión ambiental en el cantón.

Esta forma de operar genera una buena respuesta por parte de los habitantes del cantón. Lo anterior se constata ya que los volúmenes de material en el centro de

acopio crecen desde que se inicia el programa, al punto que actualmente el lugar se encuentra saturado.

### **ii Municipalidad de Santo Domingo: Asociación Domingueña de Gestión Ambiental**

La Municipalidad de Santo Domingo cuenta desde el 2007 con un programa de recuperación de residuos sólidos reciclables desarrollado por la Asociación Domingueña de Gestión Ambiental. Esta iniciativa forma parte del Plan Municipal de Gestión de Residuos Sólidos del programa de Competitividad y Medio Ambiente (CYMA) que emprende una experiencia piloto con diez municipalidades dentro de las que se incluye este cantón.

El programa abarca sólo el distrito central de Santo Domingo. Se le brinda un servicio de recolección diferenciada que, por la limitación de escasez de camiones, se realiza mediante el paso de una vagoneta, sólo por las esquinas, los días sábados. Se tiene previsto la construcción de un centro de acopio con un área de 250 m<sup>2</sup>, que es administrado por la Asociación, al cual llegan los residuos ya separados en los domicilios según la siguiente clasificación: papel periódico, blanco y de color; plásticos PET/1, HDPE/2 y otros tipos (bolsas, envases, estereofón, cajas, CD's, vajillas desechables); cartón; tetrabrik; aluminio y chatarra y vidrio. Actualmente, se lleva el material a cuatro centros de acopio distribuidos por el cantón.

No se especifica la cantidad de residuos que se reciben en sus instalaciones, cantidad de operarios y detalles técnicos de equipo. Además, la información correspondiente a los costos de operación y de mantenimiento así como de inversión, son suministrados de manera muy general según datos del 2009. Estos se resumen en el Cuadro 2.8. Tampoco se suministra información de carácter financiero tales como ingresos, utilidades y rentabilidad del programa en general.

Se cuenta con una trituradora para vidrio y una compactadora para latas. No obstante, la mayoría de las operaciones son manuales.

Las campañas de información y divulgación a la comunidad se realizan en tres etapas: 1) Charlas a los funcionarios municipales y de la Asociación, 2) Centros educativos y 3) la comunidad.

Entre los principales problemas que enfrenta el plan de gestión de residuos en Santo Domingo está la dificultad para involucrar a la mayor cantidad de actores

sociales y las limitaciones de recursos, particularmente económicos, para llevar a cabo el programa.

**Cuadro 2.8.** Costos Aproximados del Plan de gestión de residuos sólidos en Santo Domingo de Heredia

	<b>Costo (colones)</b>
Inversión inicial para el nuevo centro de Acopio (Estructura y Equipo)	95.000.000
Mano de obra estimada para el nuevo centro de Acopio (Anual)	4.100.000
Información mediante Perifoneo (Anual)	1.550.000
Información Impresa (Anual)	2.550.000
Capacitaciones al Personal (Anual)	1.000.000
Combustible por recolección tanto convencional como diferenciada (Anual)	2.980.000
Tiempo Extra	2.000.000

**Fuente:** Municipalidad de Santo Domingo

### 2.4.3 Empresas privadas de reciclaje

Como parte de la recopilación de información se entrevista personas encargadas de tres de los centros privados de reciclaje de Palmares. Se solicita información referente a la forma de operación, equipos e instalaciones, capacidad de almacenamiento, dimensiones de las instalaciones de acopio, métodos de información y divulgación utilizados y los principales problemas que enfrentan así como las medidas que toman para solucionarlos. También se indaga, con menor éxito, sobre los tipos, cantidades típicas y rangos de variación de materiales que se reciben, así como los precios en que comercializan los productos.

#### i. Proyecto de reciclaje Sancro S.A.

Esta empresa, a cargo del señor Jaime Sancho, se encuentra ubicada en Buenos Aires de Palmares y está alejada del centro de población. Se recibe vidrio, papel, plástico y metales con un promedio general de 1,5 toneladas por mes. Aproximadamente la mitad de los materiales se recolectan con un vehículo de la empresa mediante un sistema de llamada previa. Las personas avisan cuando tienen suficiente material como para justificar un viaje por ellos. La otra mitad de los materiales es llevada directamente por los usuarios a las instalaciones de acopio.

Asimismo, Sancro S.A., asigna un precio que paga por los materiales cuando estos cumplen con algunas especificaciones: venir separados, limpios y secos (20% de humedad estimada a simple vista). La suma no fue especificada en la entrevista. Por otro lado, acepta donaciones pero las exigencias de calidad son menores.

Las instalaciones se ubican en un terreno de 3500 m<sup>2</sup> donde se construye un galerón de 250 m<sup>2</sup>. Los materiales se almacenan por un máximo de ocho días ya que, como explica Sancho, las variaciones en los precios que ofrecen las industrias que reciben el material son altas y se asume un riesgo económico por mantener el material guardado.

Se cuenta con equipos de trituradoras de vidrio, balanzas y compactadoras sin especificaciones de detalles técnicos. El personal requerido es variable en función de las cantidades recibidas pero, normalmente, se cuenta con tres señoras amas de casa que trabajan medio tiempo o menos.

Los materiales provienen de todos los distritos del cantón. No se realiza ninguna labor de divulgación, de publicidad ni de información acerca de las instalaciones ni de las especificaciones.

El dueño del lugar expresa que hay meses de mejor captación de material, dependiendo de la época del año, así como otros en que esta es casi nula. Según Sancho, la mejor es en el verano, probablemente porque es más fácil recolectar los residuos cuando no llueve. En la entrevista, se reserva la información acerca de la composición, de manera detallada, de los residuos que se procesan. Tampoco se especifican los costos asociados a la operación y mantenimiento del lugar ni los ingresos.

Los principales problemas que se discuten son: la crisis financiera que afecta el mercado de reciclaje provocando que los precios de los materiales varíen abruptamente y de manera desfavorable. Además, de la poca colaboración por parte del gobierno local que, según comenta Sancho, más bien impone trabas con exigencias altas e incentivos negativos.

Pese a esto, cuando se pregunta si el trabajo se realiza por rentabilidad, compromiso ambiental o alguna otra razón, la respuesta es que, como empresa privada, la labor que se hace es como un negocio con fines de lucro.

## **ii. Inversiones Recipal**

Esta empresa, a cargo del señor José Luis Rojas, se encuentra ubicada cerca del centro de población en Buenos Aires de Palmares. Se recibe únicamente metales como latas de aluminio y chatarra. La procedencia del material es, en su mayoría, de todos los lugares de Palmares, pero también en cantidades importantes provenientes de San Ramón y en menor proporción, de Naranjo.

Semanalmente, se reciben en sitio, en promedio, cerca de 40 toneladas de material. Todo es comprado en el lugar a las personas que se encargan de llevarlo. Rojas comenta que las variaciones en las cantidades de material que llega son bajas pero se nota que en la época lluviosa, los volúmenes disminuyen ligeramente. Recipal paga por el hierro 90 colones por kilogramo que se penaliza en función de la cantidad de óxido y de otros materiales mezclados o la presencia de impurezas. Por el aluminio en lata se paga 60 colones por kilogramo. Se especifica que venga limpio y seco.

Se cuenta con un terreno de 5000 m<sup>2</sup> y un galerón de 300 m<sup>2</sup> y una altura media de 5 m. La propiedad tiene buena accesibilidad. El galerón se encuentra aislado de casas y lotes aledaños. La inversión total inicial del proyecto es de 26 millones de colones.

En las instalaciones se cuenta con una balanza, una transportadora, dos prensas para metal, cortadoras y esmeriladoras. El personal consta de nueve personas que reciben salarios promedio de 70 000 colones por semana.

El material es comprimido cuando es posible y almacenado en contenedores suministrados por el comprador para su traslado.

Los accidentes laborales son señalados como el único inconveniente, sin embargo, se aclara que no son muy frecuentes. La razón por la que se realiza el trabajo es la rentabilidad más que el compromiso ambiental.

## **iii. Reciclaje Palmares. Sergio Cascante**

Esta empresa de tipo familiar está ubicada en el corredor de una vivienda en el distrito de Zaragoza. Las instalaciones donde se almacena el material son de 7 m x 350 m. El señor Sergio Cascante, haciendo uso de un vehículo de carga liviana, recolecta el material en lugares donde es llamado con anterioridad. Alrededor de un diez por ciento es llevado al sitio donde se acopia por diferentes personas. Los residuos que se recogen provienen de todo el cantón de Palmares.

Los materiales aceptados en este lugar son papel, plástico, latas de aluminio y chatarra. No se recibe cartón porque no se cuenta con un lugar con suficiente espacio para mantenerlo seco. Además, según indica Cascante, se recoge vidrio como parte del servicio pero no se procesa en sus instalaciones por la dificultad que implica su almacenamiento, sino que es llevado a Javier Sancho de Recicladora Sancro S.A. (mencionada anteriormente). Las cantidades de material que recibe este negocio se detallan en el Cuadro 2.9.

**Cuadro 2.9.** Materiales recibidos y rentabilidad según experiencia de la Empresa Reciclaje Palmares

<b>Tipo</b>	<b>Cantidad Promedio (kg/mes)</b>	<b>Especificaciones para los materiales</b>	<b>Rentabilidad según material</b>
Papel*	400	Seco y limpio	Buena (se recibe un buen precio y es donado)
Plástico	500	No necesariamente acomodado	Mala (requiere mucho espacio y no se cuenta con compactadoras)
Metal	300	No necesariamente limpio	Buena por temporadas
Vidrio	600	No se recibe mucho y solo se traslada	

\*No se recibe cartón.

**Fuente:** Reciclaje Palmares

Además de contar con publicidad mediante tarjetas, perifoneo y calcomanías para su vehículo, Sergio Cascante cuenta con colaboración de la Municipalidad de Palmares y del Ministerio de Salud para su divulgación. Por otro lado, está organizado con algunas escuelas y barrios que le ayudan.

La empresa no cuenta con equipamiento para compactación, limpieza o algún otro tipo de tratamiento. En cuanto al personal, está compuesto por miembros de su núcleo familiar que colaboran por un ingreso común. Los gastos por combustible rondan los 50 000 colones por mes.

Por otro lado, los precios de los materiales y algunos de sus compradores se muestran en el Cuadro 2.10. Cabe señalar que no se especifica, de manera clara, el nombre de los compradores porque, según menciona Cascante, la decisión de llevarlos a un sitio o a otro, depende de los precios, los volúmenes y las especificaciones de los compradores.

Este trabajo de reciclaje se lleva a cabo por un compromiso con el ambiente y en función de invitar al cambio y a la conciencia de las personas de la comunidad. El

encargado considera que no es un negocio rentable, sólo obtiene una ganancia extra a otras labores que realiza. Comenta que aparte de él, no hay quien colabore con las escuelas en los programas de reciclaje.

**Cuadro 2.10.** Compradores y precios del material procesado por la empresa Reciclaje Palmares.

<b>Tipo</b>	<b>Comprador</b>	<b>Precio Promedio (colones/kg)</b>
Papel	Recicladora en Alajuela	Blanco de Primera: 120; Segunda: 35
Plástico	San Antonio de Belén	115
Metal	Chatarrera en Buenos Aires, Recipal	Sólido: 80; Lata:30
Vidrio	VICESA; Recicladora Sancro	Bien separado por colores (20-25)

**Fuente:** Reciclaje Palmares

Además aclara que, de acuerdo con su opinión, la Municipalidad no debe hacerse cargo de un programa de reciclaje ya que la empresa privada tiene más experiencia y no está dispuesta a compartirla con los entes gubernamentales.

#### **iv. Caso especial fuera de Palmares. Recicladora Capri**

Se decide estudiar el caso de recicladora Capri en San Pedro de Montes de Oca porque: 1) las instalaciones se encuentran establecidas en un núcleo urbano, en las inmediaciones de la Universidad de Costa Rica en San Pedro, con todos los inconvenientes que implica la cercanía con viviendas y 2) se reciben residuos de varios lugares del país y cuenta con reconocimiento por parte de los habitantes y usuarios. Esto denota una buena labor tanto de divulgación como de administración.

Los residuos que recibe esta empresa son: papel, cartón, aluminio, plástico y tetrabrik. El Cuadro 2.11 resume las cantidades promedio de estos materiales.

La mayoría de los materiales que se procesan en estas instalaciones son llevados al sitio. Sin embargo, cuando se trata de volúmenes grandes como los que generan empresas o industrias, la Recicladora Capri ofrece un servicio de recolección. Los residuos provienen de distintos lugares de la Gran Área Metropolitana como Montes de Oca, Santa Ana, Heredia y Tres Ríos, entre otros.

Se reparte propaganda impresa y se cuenta con divulgación mediante redes sociales en Internet. Las quejas de los vecinos son múltiples, pero según los encargados de las instalaciones, estas no tienen fundamento ya que no se producen

lores ni problemas a la propiedad ajena. Asimismo, se señala la importancia de tener los permisos al día para evitar problemas con el Ministerio de Salud, la Municipalidad de Montes de Oca e incluso con los mismos vecinos.

**Cuadro 2.11.** Materiales recibidos y rentabilidad según experiencia de la Recicladora Capri

	<b>Cantidad promedio (ton/mes)</b>	<b>Especificaciones para los materiales</b>	<b>Rentabilidad según material</b>
Papel	56	Separados de los demás tipos de materiales, limpios y secos.	Alta: Tiene un buen precio
Cartón	56		Promedio
Plástico	4		Baja: Requiere mucho espacio
Aluminio	1		Alta: Tiene un buen precio y ocupa poco espacio
Vidrio	6		Promedio
Tetrapack	1		Promedio

**Fuente:** Recicladora Capri

El aluminio, según indica la administradora, es el material que más permanece almacenado, con un tiempo máximo en bodega de un mes, porque se tarda mucho en acumular suficiente peso como para justificar un viaje. Los demás materiales tardan máximo una semana en desalojar las instalaciones.

En la Recicladora Capri, laboran 30 personas que devengan salarios base. Se cuenta con una embaladora con capacidad para 500 kg y otra para 300 kg, una en cada bodega. Las mismas, se utilizan para reducir el volumen y empaquetar el papel, el cartón, el plástico y el aluminio. La mayoría del vidrio es quebrado a mano haciendo uso de guantes de cuero y lentes de seguridad y un pequeño porcentaje de este se deja entero cuando se trata de botellas.

Entre el equipo de seguridad adicional al utilizado en el quebrado de vidrio, se hace uso de guantes delgados para la manipulación de otros materiales no punzocortantes, así como zapatos de acero y fajas ortopédicas para levantar grandes pesos.

No se facilita la información de precios ni de proveedores que compran el material procesado. Tampoco se precisa los costos de inversión en equipo e instalaciones.

Entre los principales problemas a los que se enfrenta esta empresa, destaca el que las personas que llevan el material no saben cómo separarlo pues no existe conciencia por parte de la población.

El trabajo es llevado a cabo por la rentabilidad que genera, tal y como explica la encargada, no existiría si el negocio no se auto sustenta. Sin embargo, es enfática en que se requiere una buena administración para que haya éxito.

## **2.5 Aspectos Legales**

Las consideraciones que implican la ley y los reglamentos en cuanto a la gestión de residuos son señaladas a través de todo el capítulo. Adicionalmente, es preciso destacar otras disposiciones legales que no se contemplan.

### **2.5.1 Ley de gestión Integral de Residuos**

El Artículo 2 trata de los objetivos de esta ley. Entre los más destacados se señalan:

“b) Definir la responsabilidad para la gestión integral de residuos de los diversos actores involucrados.”

“d) Fomentar el desarrollo de mercados de subproductos, materiales valorizables y productos reciclados, reciclables y biodegradables...”

“e) Promover la creación y el mejoramiento de infraestructura pública y privada necesaria para la recolección selectiva, el transporte, el acopio, al almacenamiento, la valorización, el tratamiento y la disposición final adecuada de residuos, entre otros.”

f); g); n) Promover la separación en la fuente; la clasificación, cuantificación y caracterización de los residuos. Involucrar a los ciudadanos para que asuman su responsabilidad y los costos asociados.

“i) Promover la gestión integral de residuos en el ámbito municipal y local, fomentando las soluciones regionales”

j); k); l) Promover el desarrollo y las utilización de las innovaciones y transferencias tecnológicas para la gestión integral de residuos; influir en las pautas de conducta de los consumidores y los generadores mediante acciones educativas y sensibilización; desarrollar incentivos para contribuir con la gestión integral de residuos.

La jerarquización de la gestión integral de residuos establecida en el Artículo 4 de esta ley es expuesta en la sección 2.1 de este capítulo. Se debe recordar que existe el siguiente orden jerárquico: I. Evitar; II. Reducir; III. Reutilizar; IV. Valorizar; V. Tratar; VI. Disponer.

El Artículo 5 establece los principios de esta ley. Cabe señalar el principio de a) responsabilidad compartida de todos los productores, importadores, distribuidores, consumidores, gestores de residuos, tanto públicos como privados. Además, los incisos f), g) hablan del acceso a la información y deber de informar.

Las competencias institucionales de la rectoría a cargo del Ministerio de Salud (MinSalud), de las municipalidades y de los otros sectores vinculados a la gestión integral de residuos sólidos en el ámbito nacional, están establecidos en el Capítulo II de esta ley. A continuación se citan algunas funciones de cada ente:

**Rectoría (MinSalud):** Formular y ejecutar la política nacional y el Plan de Gestión Integral de Residuos, así como evaluarlos y adaptarlos periódicamente; dictar reglamentos por tipo de residuo; verificar la aplicación de la ley; fomentar la coordinación interinstitucional; definir indicadores; administrar el fondo de gestión integral de residuos; establecer un sistema de información nacional; promover los incentivos para el fomento y capacitación de microempresas y proteger al ciudadano del exceso de requisitos y trámites administrativos.

**Municipalidades:** Establecer y aplicar el Plan municipal para la gestión de residuos en concordancia con la política y el Plan Nacional; dictar reglamentos locales en función de esta ley y su reglamento; crear una unidad de gestión ambiental; garantizar que en su comunidad se provea del servicio de recolección de residuos en forma selectiva, accesible, periódica y eficiente para los habitantes, así como de centros de recuperación de materiales de pequeña y mediana escala; impulsar alternativas para la recolección tales como contenedores o receptores; fijar tasas que garanticen una gestión integral de los residuos y su autofinanciamiento; promover capacitación y educación, establecer convenios. Además, se autoriza a desarrollar tecnologías alternativas siempre y cuando sean menos contaminantes y establecer tasas diferenciadas u otro incentivo a aquellos que separen en la fuente o contribuya a la gestión integral de los residuos.

**Otros sectores:** “El Reglamento de esta Ley desarrollará las disposiciones para la participación de las personas y de las organizaciones legalmente constituidas, para

la construcción participativa,..., tendientes a proteger y mejorar el ambiente, en cumplimiento de esta Ley.” (Artículo 9)

Según el artículo 12, el Plan municipal de gestión integral de los residuos se elaborará a partir de los lineamientos dictados en el Plan Nacional y el Reglamento de esta Ley y podrá ser formulado en forma mancomunada con otras municipalidades.

Todo generador, a excepción de las viviendas unifamiliares, deberá desarrollar un programa de manejo integral de sus residuos para el seguimiento y monitoreo del MinSalud, de acuerdo con lo establecido en el Artículo 14 de esta ley.

Los inspectores municipales impondrán las infracciones leves establecidas en el Artículo 49. Los recursos que se capten serán para financiar actividades del plan municipal para la gestión integral de residuos, del correspondiente cantón.

Las infracciones administrativas de esta Ley se clasificarán en leves, graves y gravísimas y se establecen en los Artículos 47, 48 y 49.

## **2.5.2 Reglamento sobre el manejo de basuras**

### **De los servicios municipales**

Artículo 7: El servicio de recolección, acarreo y disposición de basuras estará a cargo de las Municipalidades, las cuales podrán realizar por administración o mediante contratos con empresas o particulares, que se otorgarán de acuerdo con las formalidades legales y que requieren para su validez la aprobación del Ministerio.

Artículo 8: La contratación de servicios para el manejo total o parcial de las basuras, no exime a la Municipalidad de la responsabilidad mencionada y, por lo tanto, debe ejercer estricta vigilancia en el cumplimiento de las actividades propias del manejo de las basuras.

Artículo 10: Independientemente de quien realice el servicio, el manejo de las basuras deberá obedecer a un programa que responda a las necesidades del servicio de aseo, el que debe incluir entre otros, los aspectos siguientes: a) Establecimiento de rutas y horarios para la recolección de las basuras, los que serán dados a conocer a los usuarios. b) Mantenimiento de los vehículos y equipos destinados a la recolección y disposición sanitaria de las basuras. c) Entrenamiento del personal que realiza el manejo de las basuras para una mejor prestación del servicio y las medidas de seguridad que debe observar. e) Mecanismos de información a los usuarios sobre, el almacenamiento y entrega de las basuras, en cuanto a localización, tamaño, capacidad

y calidad de los recipientes y otros aspectos relacionados con la correcta prestación del servicio.

**De las áreas destinadas para el almacenamientos colectivo.**

Artículo 15: Las áreas destinadas para el almacenamiento colectivo de basuras en las edificaciones cumplirán como mínimo con los siguientes requisitos: a) Los acabados de pisos, paredes y cielo raso serán lisos para permitir su fácil limpieza e impedir la formación de ambientes propicios para el desarrollo de insectos y microorganismos en general. Tendrán redondeadas las esquinas entre paredes y entre estas y el piso. b) Tendrán sistemas de ventilación efectivos, de suministro de agua, de drenaje y de control de incendios. c) Serán Construidos de manera que impidan el acceso de insectos, roedores y otras clases de animales.

## CAPÍTULO 3. CANTÓN DE PALMARES Y GESTIÓN MUNICIPAL DE RESIDUOS

### 3.1 Aspectos Generales del cantón de Palmares

#### 3.1.1 Extensión de Cantón y Poblados Principales

Palmares es el cantón número quince de la provincia de Alajuela. Está formado por siete distritos administrativos: Zaragoza, Candelaria, Santiago, Esquipulas, La Granja, Palmares y Buenos Aires. Limita al Norte con Naranjo y San Ramón, al Sur con Atenas y San Ramón, al Este con Naranjo y Río Grande y al Oeste con San Ramón.

El Instituto Nacional de Estadística y Censo (INEC) realiza una clasificación que separa los distritos en urbanos o rurales en función de la cantidad de servicios públicos y privados disponibles. El Mapa 3.1 y el Cuadro 3.1 presentan las características de extensión y los poblados principales del cantón.

**Cuadro 3.1.** Distritos del Cantón de Palmares

Distrito	Área		Clasificación Según INEC	Poblados o Caseríos
	(ha)	(%)		
Centro	109	2,9	Urbano	Santa Fe, Barrio El Colegio, Sector Estadio.
Zaragoza	805	21,2	Urbano	Zaragoza, parte de las Quebradas, Rincón de Zaragoza, Unión, Calle Vargas y Calle Vásquez, parte de Cocaleca, Barrio la Sintética.
Buenos Aires	686	18,0	Urbano	Buenos Aires, Calle Ramírez, La Y Griega, Tres Marías, Bajo La Cabra, Calle Roble, El Valle, La Victoria, Tres Puentes, Calle Castillo, La Recta, El Invu.
La Granja	457	12,0	Rural	La Granja, (Madre Verde) Calle Vásquez, La Escuela, Calle Brujos, Barrio San Francisco, Calle Torres, Palma Real.
Esquipulas	537	14,1	Rural	Esquipulas, Cocaleca y Rincón de Salas, La Perica, Bajo El Beneficio, Josefa, La Paz, Calle Chanceros, Doña Lorena, El Común.
Santiago	805	21,2	Rural	Santiago y parte de Los Pinos
Candelaria	407	10,7	Rural	Candelaria, Los Pinos.
Total general	3806	100	-	-

**Fuente:** Plan de desarrollo Humano Local del Cantón de Palmares; INEC

### **3.1.2 Red Vial**

En el Mapa 3.1 se observa también la distribución de la red vial de todo el cantón.

En el año 2009, el distrito central de Palmares sufre un reacomodo vial con el fin de adaptarse al nuevo bulevar ubicado frente a la iglesia. Los sentidos actuales de las vías, en cada tramo de los cuadrantes del distrito central, se muestran en el Mapa 3.2.

### **3.1.3 Topografía del cantón**

A partir de las curvas de nivel de las hojas cartográficas 1:50.000 del Instituto Geográfico Nacional (IGN), se elabora un modelo de elevación digital para el cantón. Este permite generar, a su vez, una representación gráfica de las pendientes del terreno. En el Mapa 3.3 y 3.4 se muestran los respectivos modelos.

Al transponer la red vial del cantón con el modelo de elevación digital, es posible establecer un perfil de las carreteras. A manera de resumen, el Cuadro 3.2 presenta la cantidad de kilómetros de carretera con inclinaciones en los rangos mostrados. Nótese que más de un 70% de la red vial posee pendientes menores al 10%. También se aprecia que las carreteras en los distritos de Zaragoza y Candelaria son las más empinadas, con 25,6 km y 19,1 km de calles que superan una inclinación del 20% respectivamente. Pese a que Santiago está ubicado dentro de la zona con la superficie más quebrada del cantón, su infraestructura vial posee pendientes similares a las de sus distritos vecinos.

Las zonas con pendientes elevadas son de difícil acceso para la recolección. Además, se debe considerar la inclinación del terreno para la planificación de las rutas para evitar que el camión se vaya cargado o se detenga cuando va subiendo debido al gasto de combustible adicional que esto implica.

### **3.1.4 Población**

El Instituto Nacional de Estadística y Censo (INEC), como parte de las actividades preparatorias para el X Censo Nacional de Población y el VI de vivienda por realizarse en el 2011, lleva a cabo un Censo piloto en el cantón de Palmares en agosto de 2010. Las cifras de interés de población y vivienda para el cantón y sus distritos se resumen en el Cuadro 3.3.

**Cuadro 3.2.** Pendientes de la red vial en Palmares

Rango de pendientes (%)	Centro		Zaragoza		Buenos Aires		Esquipulas		La Granja		Santiago		Candelaria		Total General	
	(km)	(%)	(km)	(%)	(km)	(%)	(km)	(%)	(km)	(%)	(km)	(%)	(km)	(%)	(km)	(%)
0 -2,0	6,4	39,7	50,3	22,0	103,3	35,8	25,2	32,9	30,9	22,9	39,3	23,4	11,6	13,1	266,9	26,7
2,1-5,0	3,7	23,1	50,2	22,0	71,6	24,8	14,4	18,8	31,2	23,2	35,6	21,2	10,5	11,8	217,2	21,7
5,1-10,0	5,9	36,9	45,9	20,1	53,9	18,7	19,4	25,4	40,3	29,9	47,5	28,3	24,5	27,5	237,5	23,7
10,1-15,0	0,0	0,0	30,9	13,5	37,0	12,8	6,2	8,2	19,9	14,7	33,5	19,9	13,6	15,3	141,0	14,1
15,1-20,0	0,0	0,3	25,3	11,1	10,3	3,6	3,4	4,4	6,8	5,0	12,0	7,2	9,6	10,8	67,4	6,7
>20	0,0	0,0	25,6	11,2	12,6	4,4	8,0	10,4	5,7	4,2	0,0	0,0	19,1	21,5	71,1	7,1
Total general	16,0		228,1		288,7		76,6		134,7		167,9		89,0		1001,1	

Fuente: ProDIUS

**Cuadro 3.3.** Población y viviendas en el cantón de Palmares

Distrito	Población Total (2010)	Densidad (habitantes/ha)	Total de Viviendas	Promedio (Personas/vivienda)
Palmares	3381	31,02	1023	3,3
Zaragoza	7617	9,46	2058	3,7
Buenos Aires	6764	9,86	1855	3,6
Santiago	2489	5,45	644	3,9
Candelaria	1888	3,52	510	3,7
Esquipulas	5684	7,06	1465	3,9
Granja	3707	9,11	933	4,0
<b>Cantón Palmares</b>	<b>31530</b>	<b>3,68</b>	<b>8578</b>	<b>3,7</b>

Fuente: INEC, 2010

El porcentaje de crecimiento que presenta la población de Palmares en diez años es tan sólo de un 5,9%. Es decir, se pasa de tener 29 766 personas en el año 2000 a 31 530 en el 2010. Este incremento es sustancialmente más bajo que las estimaciones previas realizadas por el INEC ya que se esperaban de cerca 38 000 personas para el 2010.

Por otro lado, el Censo estima un total de 9131 viviendas lo que representa un incremento de un 18,8%. Además, se cuenta con 8578 viviendas individuales ocupadas. Esto implica que el promedio de ocupantes disminuye de un 4,1 a 3,7 personas por vivienda.

Las proyecciones de población realizadas por el INEC para años posteriores tampoco son aplicables. Para calcular la cantidad de personas y viviendas en Palmares en los años 2020 y 2030 presente en el Cuadro 3.4 se aplica un crecimiento demográfico en diez años de 5,9% para la población y 18,8% para las viviendas (0,57% y 1,7% anual respectivamente), tal y como el que se da en la última década. Como no se puede tener como un hecho que esta tasa de incremento se mantenga durante los próximos 20 años, se incluye también el cálculo en caso de que las tasas de crecimiento varíen. Se propone el análisis presentado, utilizando rangos entre 2,5% y 8,0% en diez años para la población y entre 15% y 22% para viviendas.

### **3.1.5 Actividades económicas y uso del suelo**

A partir de fotos aéreas infrarrojas tomadas en el año 2008 en los cantones que componen la Federación Occidental de Municipalidades de Alajuela (FEDOMA), ProDUS confecciona un mapa con la clasificación del uso del suelo en el que se distinguen siete categorías: pastos y árboles dispersos, suelo desnudo, cultivos, bosques, uso urbano, cuerpos de agua e incluso zonas de cráter. El Mapa 3.5 muestra esta categorización. Adicionalmente, en el Cuadro 3.5 se resume el área y el porcentaje que representa cada uso del suelo, por distrito, en Palmares.

Se observa que el uso de suelo predominante son los cultivos con 1857 ha (48,1% del área del cantón). Santiago, Candelaria y Zaragoza son los distritos con mayor cantidad de superficie dedicadas para este fin.

**Cuadro 3.4.** Proyección de la población y de la cantidad de viviendas en el cantón de Palmares

Año	Crecimiento poblacional (% en 10 años)	Población Total (habitantes)	crecimiento de viviendas (%/en 10 años)	Viviendas Individuales
<b>2010</b>	-	<b>31530</b>	-	<b>8578</b>
	2,50	32318	15,0	9865
	<b>5,90</b>	<b>33390</b>	<b>18,8</b>	<b>10191</b>
<b>2020</b>	8,00	34052	22,0	10465
	2,50	33126	15,0	11344
	<b>5,90</b>	<b>35360</b>	<b>18,8</b>	<b>12107</b>
<b>2030</b>	8,00	36777	22,0	12767

Fuente: Elaboración propia

**Cuadro 3.5.** Uso de Suelo en el cantón de Palmares

Uso	Centro		Zaragoza		Buenos Aires		Esquipulas		La Granja		Santiago		Candelaria		Total general	
	(ha)	(%)	(ha)	(%)												
Bosques	0,0	0,0	0,0	0,0	38,2	5,6	64,6	12,1	25,0	5,8	0,0	0,0	0,0	0,0	127,7	3,3
Cultivos	0,0	0,0	390,7	47,4	193,3	28,5	93,0	17,4	179,0	41,7	618,1	77,5	383,6	80,8	1857,7	48,1
Suelo desnudo	0,1	0,1	20,3	2,5	0,0	0,0	0,7	0,1	0,0	0,0	3,6	0,4	22,1	4,7	46,8	1,2
Pastos y árboles dispersos	25,1	20,9	133,3	16,2	168,6	24,8	315,3	58,9	83,6	19,5	120,5	15,1	54,0	11,4	900,4	23,3
Uso urbano	95,3	79,1	276,8	33,6	279,1	41,1	60,0	11,2	141,8	33,0	49,8	6,2	15,1	3,2	918,0	23,8
Nubes	0,0	0,0	3,3	0,4	0,0	0,0	2,0	0,4	0,0	0,0	5,6	0,7	0,0	0,0	10,8	0,3
<b>Total general</b>	<b>120,5</b>		<b>824,4</b>		<b>679,2</b>		<b>535,6</b>		<b>429,4</b>		<b>797,5</b>		<b>474,8</b>		<b>3861,4</b>	

Fuente: ProDUS

Palmares presenta un nivel de urbanización elevado, especialmente en los distritos Central, Zaragoza y Buenos Aires. Esto coincide con la clasificación hecha por el INEC mostrada en el Cuadro 3.1.

Hacia el este de Esquipulas y Buenos Aires se observa, predominantemente, pastos y árboles dispersos, característicos de las partes más quebradas de estos distritos. Esto, hasta el momento, restringe el desarrollo urbano.

La Municipalidad de Palmares cuenta con una base de datos para el cobro de impuestos sobre las patentes de los comercios. Con base en esta información se determina la cantidad de comercios e industrias presentes en cada distrito. Utilizando los criterios que se notan en el Capítulo 4, se clasifican en función del tipo y cantidad de residuos esperados por tipo de negocio, como se describe a continuación.

**Tienda.** Ventas de ropa, boutiques, compra y ventas, tiendas de zapatos, de artículos de oficina para la venta, librerías, perfumes, relojería, bisutería, flores, joyas, regalos e, incluso, medicamentos.

**Almacén o bazar.** Negocios donde se venden electrodomésticos, equipos de cómputo o algún otro producto que también se comercializa en las tiendas pero, por su tamaño, generan cantidades más importantes de residuos.

**Abastecedor o Pulpería.** Venta de abarrotes en locales pequeños, generalmente constituidos por negocios familiares.

**Supermercado.** Negocios de abarrotes u otros artículos en cantidades mayores a los que se venden en una pulpería o abastecedor. Los supermercados más importantes en cuanto a su tamaño se encuentran en los distritos más urbanos como el Centro, Zaragoza y Buenos Aires. También, dentro de esta clasificación, se incluyen también los mini-supermercados que son más comunes en los distritos y disminuyen en tamaño en cuanto más rural sea el lugar como es el caso de Santiago, Candelaria, Esquipulas y La Granja. Las licoreras también calzan dentro de esta clasificación.

**Restaurantes y sodas.** Son negocios en los que se ofrecen comidas preparadas para digerir en el sitio o para llevar a casa.

**Alimentos.** Lugares donde se abastece de alimentos no preparados y que, por lo general, se ofrece un único producto predominante. Dentro de esta categoría se encuentran las carnicerías, pescaderías, verdulerías, entre otras.

**Fotocopiadoras y artículos de oficina.** Locales en los que la mayor parte de los residuos están compuestos por papel. Se pueden mencionar las imprentas, fotocopiadoras y los Internet cafés. Se incluyen también los centros educativos y academias.

**Ferreterías o depósitos de materiales.** Lugares donde se almacena y comercializan artículos y materiales para la construcción como maderas, vidrios, acabados para la construcción, pinturas, remodelación, mantenimiento y decoración.

**Taller.** Reparación de vehículos, enderezado y pintura, soldadura, repuestos, fábricas de muebles, rotulación, ebanistería, refrigeración, entre otros.

**Servicios.** Incluye todas las actividades profesionales o convencionales que no generan un producto tangible. Se destacan servicios de consultorías, asesorías, de salud, odontología, veterinarios, reparación de electrodomésticos, salones de belleza y peluquerías.

**Distribuidora.** Empresas dedicadas principalmente al almacenamiento y reparto de productos a otros locales comerciarles dentro y fuera del cantón. Es de esperar que este tipo de negocios generen menos residuos que otros comercios. Se supone que su labor es únicamente de almacenamiento y distribución, de manera que no hay consumo de materiales ni se le da valor agregado a los productos.

**Agroindustria.** Empresas agrícolas, ganaderas y plantas de producción de alimentos que generan residuos orgánicos y desechos peligrosos (como agroquímicos) a gran escala. Se citan los beneficios de café, las granjas avícolas, porquerizas, viveros, entre otros.

**Otras Industrias.** Empresas que, por su naturaleza, producen volúmenes altos de residuos no tradicionales o peligrosos. En Palmares se pueden hallar las fábricas de ropa y textiles, de colchones, de pinturas. También la producción de alimentos a nivel industrial.

**Otros.** Todos los locales comerciales que no calzan con ninguno de los casos anteriores se incluyen en esta categoría. Se mencionan: alquiler, agencias de seguridad,

agencias de viajes, video juegos y sitios entretenimiento, gimnasios y centros deportivos, laboratorios, transporte y carga e incluso hospedaje.

En el Cuadro 3.6 se detalla la cantidad de comercios por cada categoría de acuerdo con los criterios antes descritos

**Cuadro 3.6.** Actividades económicas del cantón de Palmares en el 2007

<b>Tipo de Comercio</b>	<b>Centro</b>	<b>Zaragoza</b>	<b>Buenos Aires</b>	<b>La Granja</b>	<b>Esquipulas</b>	<b>Santiago</b>	<b>Candelaria</b>	<b>Total general</b>
Tienda	170	13	12	3	7		1	206
Almacén o Bazar	72	25	22	12	9	5	1	146
Abastecedor o Pulpería	22	37	27	25	15	15	9	150
Supermercado	12	8	2	2	1	1	2	28
Restaurante o Soda	66	20	19	7	3	2	1	118
Alimentos	52	8	2	1	3		1	67
Fotocopias o Artículos de Oficina	25	3	4	3				35
Ferretería o Depósito de Materiales	20	6	21	2	5		1	55
Taller	56	49	61	17	34	6	1	224
Servicios	74	12	14	2	4			106
Distribuidora	14	2	5		2			23
Agroindustria	2	5		1	3	1	2	14
Otras Industrias	7	11	15	4	5	2		44
Otros	34	12	7	3	3	3	1	63
<b>Total</b>	<b>626</b>	<b>211</b>	<b>211</b>	<b>82</b>	<b>94</b>	<b>35</b>	<b>20</b>	<b>1279</b>

Fuente: Municipalidad de Palmares

### 3.1.6 Disposición de los residuos generados

Una de las novedades del Censo Piloto en Palmares es que se incluye un rubro en el que se pregunta si en la vivienda encuestada se eliminan de los residuos sólidos por medio del camión recolector o si se separa la fracción orgánica y la no orgánica de los residuos. En el Cuadro 3.7 se resume el porcentaje de viviendas que cumplen con este rubro, clasificado por distritos.

**Cuadro 3.7.** Disposición de los Residuos Sólidos en Palmares

<b>Distrito</b>	<b>Viviendas que eliminan sus desechos por medio del camión recolector</b>	<b>Viviendas que separan los desechos orgánicos</b>	<b>Viviendas que separan los desechos no orgánicos</b>
Palmares	99,3 %	24,2 %	29,7 %
Zaragoza	92,2 %	35,1 %	30,7 %
Buenos Aires	97,9 %	35,9 %	40,1 %
Santiago	90,7 %	37,1 %	25,9 %
Candelaria	93,1 %	31,6 %	26,9 %
Esquipulas	96,7 %	28,2 %	30,2 %
La Granja	97,9 %	25,2 %	29,6 %
Total	97,0 %	31,6 %	31,3 %

Fuente: INEC, 2010

## 3.2 Servicios municipales

### 3.2.1 Recolección y Disposición de residuos no separados

La Municipalidad de Palmares ofrece el servicio de recolección en todos los distritos del cantón, transporte y disposición final de los residuos no separados en su origen mediante un subcontrato con la Municipalidad de San Ramón. Este gobierno local provee un camión recolector y una vagoneta para este fin.

El área de servicio se muestra en el Mapa 3.6. En el Capítulo 4 se observa que, basándose en la longitud de la red vial, la cobertura ofrecida es de un 81,9% del área del cantón. Por otro lado, el Censo del 2010 señala que un 97,0% de las viviendas eliminan sus desechos por medio del servicio de recolección.

Un registro de la cantidad de desechos recolectados en los últimos años, suministrado por la Municipalidad contiene la información presentada en el Cuadro 3.8. La labor es llevada a cabo de lunes a sábado, de manera que cada lugar recibe el servicio dos veces por semana. La distancia total de recorrido en recolección que se mide es de 107 kilómetros.

Como parte del diagnóstico del manejo de residuos sólidos, se realiza el análisis del sistema de recolección presentado en el Capítulo 4, en el que se pretende evaluar la eficiencia del esquema administrativo, las rutas de recolección, la cobertura y otros aspectos técnicos relacionados con este servicio.

**Cuadro 3.8.** Desechos recolectados mensualmente del año 2005 al 2010 (en Toneladas)

Mes	Año				
	2005	2007	2008	2009	2010
Enero	694	633	673	637	665
Febrero	529	553	586	551	578
Marzo	553	612	624	537	737
Abril	486	701	662	600	628
Mayo	599	760	678	644	740
Junio	560	751	636	665	714
Julio	585	607	703	723	801
Agosto	561	725	678	719	691
Septiembre	583	676	649	674	709
Octubre	579	694	690	649	707
Noviembre	418	581	607	637	702
Diciembre	582	668	670	723	693
<b>Total</b>	<b>6729</b>	<b>7961</b>	<b>7856</b>	<b>7760</b>	<b>8366</b>

**Fuente:** Municipalidad de Palmares

Actualmente, la solución que se ofrece para la disposición final de los desechos generados en el cantón consiste en llevarlos a un vertedero municipal, ubicado en San Ramón. Cada día, el camión realiza dos viajes a este lugar.

### 3.2.2 Aseo de Vías

En los cuadrantes principales del distrito central se ofrece el barrido y limpieza de aceras, calles y caños. Este servicio se lleva a cabo todos los días de la semana (de lunes a sábado).

Una cuadrilla de cuatro barrenderos se encarga de esta labor, de manera que a cada uno le corresponde una ruta diferente. Específicamente, el área y la longitud cubierta por cada ruta se muestran en el Mapa 3.7.

### 3.2.3 Reciclaje

La Municipalidad de Palmares, en conjunto con el Ministerio de Salud, realizan campañas de reciclaje como parte de un esfuerzo por disminuir los volúmenes de material con algún valor de recuperación, que de lo contrario se depositan en un relleno sanitario. Además, se busca darle una disposición adecuada a los residuos no tradicionales tales como desechos tecnológicos y de línea blanca que, por lo general, no es posible recolectar

y son desechados a orillas de ríos o se queman, con las implicaciones ambientales que esto conlleva.

Este trabajo, recientemente, se ejecuta de manera esporádica alrededor de dos veces por año y se desarrolla el salón de festejos cívicos de Palmares. Ni la Municipalidad de Palmares ni el Ministerio de Salud llevan un registro de cuánto material se capta en estas campañas, ya que este es llevado de inmediato y sin pesar. Sin embargo, se estima que se recolectan alrededor de 3 ó 4 toneladas cada vez que se realiza.

Los compradores son variables. Estos se llevan el material de manera gratuita en contenedores suministrados por ellos mismos. Se indica que el producto es llevado a países como Indonesia y China para ser reciclado.

Las campañas son anunciadas mediante perifoneo semanas antes y el día propio de la recolección. También se utilizan volantes y carteles con información. Pese a la labor de divulgación, este tipo de campañas no tiene una acogida relevante en las empresas y comercios del cantón.

### **3.3 Recursos Municipales para la Gestión de Residuos**

#### **3.3.1 Tarifas, ingresos y egresos**

La Municipalidad de Palmares utiliza un sistema de tarifas diferenciadas tanto para residencias como para negocios. Son establecidas con base en los resultados de un estudio realizado en el 2004 en el que se pesan los desechos de una muestra aleatoria de viviendas y comercios.

En el Cuadro 3.9, se resume los montos cobrados actualmente y los ingresos mensuales y anuales para el Departamento de servicios municipales si fuera el caso de que todos los contribuyentes paguen de manera oportuna. Se calcula, además, un factor de relación entre los tipos de tarifas con respecto a la tarifa residencial base. Posteriormente, en el Cuadro 3.10 se encuentra el resumen de los egresos para ese mismo Departamento.

Los impuestos municipales, incluyendo el pago por el servicio de recolección, son cobrados en conjunto. Sin embargo, los abonados tienen la opción de cancelar cada rubro por separado.

**Cuadro 3.9.** Ingresos del Departamento de servicios de la Municipalidad de Palmares

Tipo	Monto (/vivienda/mes)	Factor de relación	Cantidad de Viviendas	Ingresos Mensuales
Residencial	∅1.790,0	1	8067	∅14.439.930
Residencial Diferenciada	∅2.680,0	1,5	52	∅139.360
Comercial #1	∅3.570,0	2	343	∅1.224.510
Comercial #2	∅7.145,0	4	369	∅2.636.505
Comercial #3	∅14.290,0	8	57	∅814.530
Comercial #4	∅26.790,0	15	20	∅535.800
Total de Ingresos mensuales por el Servicio de Recolección				∅19.790.635
Servicio Aseo de Vías*	∅157,0		12000	∅1.884.000
Total de Ingresos Mensuales para la Gestión de Residuos				∅21.674.635
Total de Ingresos Anuales para la Gestión de Residuos				∅260.095.620

**Fuente:** Municipalidad de Palmares

\*Monto: Colones por metro Lineal

**Cuadro 3.10.** Egresos del Departamento de servicios de la Municipalidad de Palmares

Tipo	Monto	Cantidad mensual	Total Mensual (colones)
Contrato de Recolección*	∅10.500,0	700	∅7.350.000
Disposición Final*	∅15.407,0	700	∅10.784.900
Remuneraciones			∅550.000
Servicios No personales			∅300.000
Materiales y Suministros			∅200.000
Total de egresos Mensuales por la Gestión de Residuos			∅19.184.900
Total de egresos Anuales por la Gestión de Residuos			∅230.218.800

**Fuente:** Municipalidad de Palmares

\*Monto: Colones por tonelada

### 3.3.2 Morosidad e ingresos reales

Según información suministrada en el Departamento de tributación de la Municipalidad de Palmares, un promedio del 75% de los contribuyentes paga de manera oportuna los servicios de recolección y disposición de desechos anualmente, por lo que la morosidad visible alcanza un 25%.

Por otro lado, se cuenta con un sistema de gestión de cobro en el que cierta cantidad de contribuyentes morosos cancelan sus pendientes de años anteriores. De esta forma, se logra cubrir satisfactoriamente los egresos propios del servicio. En los meses de junio y septiembre se lleva a cabo una comparación del balance de ingresos contra egresos con los del pasado para tener un control sobre la morosidad. Mediante este sistema, si se logra identificar que la tendencia del nivel de recaudación no cumple con lo deseado, las campañas de cobro se intensifican.

En el marco teórico del Capítulo 2 se definen los conceptos de morosidad visible e invisible. Para estimar la morosidad invisible y los ingresos que se dejan de percibir debido a esta, se compara la cantidad de contribuyentes residenciales registrados en la Municipalidad con la cantidad de viviendas encontradas en el Censo piloto del 2010 (Cuadro 3.3) y a los que se les cobra una tarifa diferenciada de acuerdo con la base de datos de patentes. Adicionalmente, se calcula una tarifa ponderada para el sector residencial y para el comercial, a partir de las tasas cobradas actualmente y la cantidad de contribuyentes que pagan dichos montos. Se supone que los contribuyentes que no están inscritos deben pagar esta tarifa ponderada, en promedio. La morosidad invisible, con respecto a la cantidad de viviendas y patentes y los ingresos potenciales por este concepto calculados, se muestran en el Cuadro 3.11.

**Cuadro 3.11.** Tarifas ponderadas, morosidad invisible e ingresos potenciales.

	<b>Residencial</b>	<b>Comercial e industrial</b>	<b>Total</b>
Viviendas Individuales Ocupadas	8578	-	-
Comercios con patentes	-	1279	-
Contribuyentes de los Servicios Municipales	8119	789	8908
Tarifa Ponderada (€/mes)	1795	6605	-
Morosidad Invisible (%)	5,4%	38,3%	-
Ingresos Potenciales Anuales	€9.886.860	€38.837.400	€48.724.260

**Fuentes:** Elaboración propia

Posteriormente, para efectos de análisis, se busca comparar estos datos con la información de la cantidad de abonados residenciales y comerciales al servicio eléctrico, suministrada por la sucursal del Instituto Costarricense de Electricidad (ICE) ubicada en Palmares. Según esta fuente, el cantón de Palmares tiene un total de 10405 abonados residenciales, 1337 comerciales y 258 industriales. Lo anterior se resume en el Cuadro 3.12.

**Cuadro 3.12.** Cantidad de viviendas, comercios y de Abobados al Servicio Eléctrico en Palmares

<b>Fuente de Información</b>	<b>Viviendas</b>	<b>Comercios e industrias</b>
Base de datos del ICE	10405	1595
Censo 2010	8578	-
Patentes (Capítulo 4)	-	1279
Comparación de la cantidad real con la base de datos del ICE	121%	123%

**Fuentes:** Servicios Electricidad, ICE Palmares; INEC. 2010

### **3.3.3 Personal**

Para llevar a cabo la gestión de residuos sólidos, la Municipalidad cuenta, actualmente, con un encargado del Departamento de Servicios que es el responsable de coordinar la recolección y las campañas de reciclaje que se realizan en el cantón.

El servicio de aseo de vías y sitios públicos se realiza con cuatro barrenderos que cumplen con trabajo comunitario. Como se nota en el próximo capítulo, la recolección es llevada a cabo por un chofer que se apoya con dos peones encargados de recoger y depositar los desechos dentro del camión.

Aparte del Departamento de servicios de la Municipalidad, la encargada de la gestión ambiental colabora, de manera importante, en los proyectos municipales para manejo de residuos en el cantón.

## **3.4 Análisis de la Gestión de Residuos en el Cantón de Palmare**

No existe una fuente de información que permita conocer los niveles de ingresos de las familias del cantón. Por otro lado, el INEC realiza una clasificación para los distritos distinguiéndolos en urbanos y rurales, lo que no calza exactamente con lo observado. Se notan sectores de los distritos con actividades económicas propias de regiones urbanas, con cercanía a casi todos los servicios y una alta densidad de viviendas. Otras áreas pobladas del mismo distrito presentan actividades características de zonas rurales, con menos servicios y peores condiciones de acceso. Esta condición provoca que se dificulte la estimación real de residuos en el cantón, ya que el nivel de ingresos y las posibilidades a las que accede una familia repercute en sus costumbres y, en consecuencia, con la cantidad y tipo de desechos que genera.

La base de datos de patentes utilizada para fines de tributación de los comercios y otros negocios se debe mantener actualizada y ordenada. Es de gran utilidad que se implementen redes informáticas internas y externas a la Municipalidad, que permitan:

- un mayor control sobre el pago de los impuestos,
- una herramienta ágil para los contribuyentes,
- un medio para que la información se depure y sea de mejor calidad, más clara y transparente y
- facilitar el uso para otros fines, tales como la gestión integral de los residuos.

Los resultados mostrados en el cuadro 3.7 son de gran importancia para las decisiones que debe tomar la Municipalidad de Palmares al establecer el plan de manejo integral de residuos. Nótese que, como se señala en el informe del Censo Piloto en Palmares, realizado por el INEC "vale subrayar la sensibilidad mostrada por la población de Palmares en cuanto a la preservación del ambiente se refiere". Un 31,6% de las viviendas separa los residuos orgánicos y un 31,3% lo hace para los no orgánicos. Lo anterior revela un panorama alentador ante cualquier programa que se piense implementar para el aprovechamiento de residuos y justifica los porcentajes de participación que se suponen en el análisis presentado en el Capítulo 5. Adicionalmente, se debe vigilar la cobertura del sistema de recolección en los distritos de Zaragoza Candelaria y Santiago porque menos del 94% de las viviendas elimina los desechos mediante el servicio de recolección.

Actualmente, las limitaciones que se presentan en cuanto a la disposición final de los residuos, no sólo en Palmares si no en todo el país, ameritan estudiar con mayor detalle la posibilidad de invertir recursos e investigar. Se necesita encontrar opciones tanto para el paradero final del los desechos, como para aumentar la reducción en la generación, la reutilización y aprovechamiento de los residuos valorizables. En el caso de Palmares, los residuos se depositan en un vertedero con condiciones no controladas.

La Municipalidad y el Ministerio de Salud realizan esfuerzos para captar materiales con algún valor de rescate. Las campañas de captación de residuos especiales que se realizan en el cantón alrededor del año tienen cierto grado de éxito debido a que logran la participación de varias comunidades. Se pueden señalar varios inconvenientes que generan que los resultados no sean los deseados:

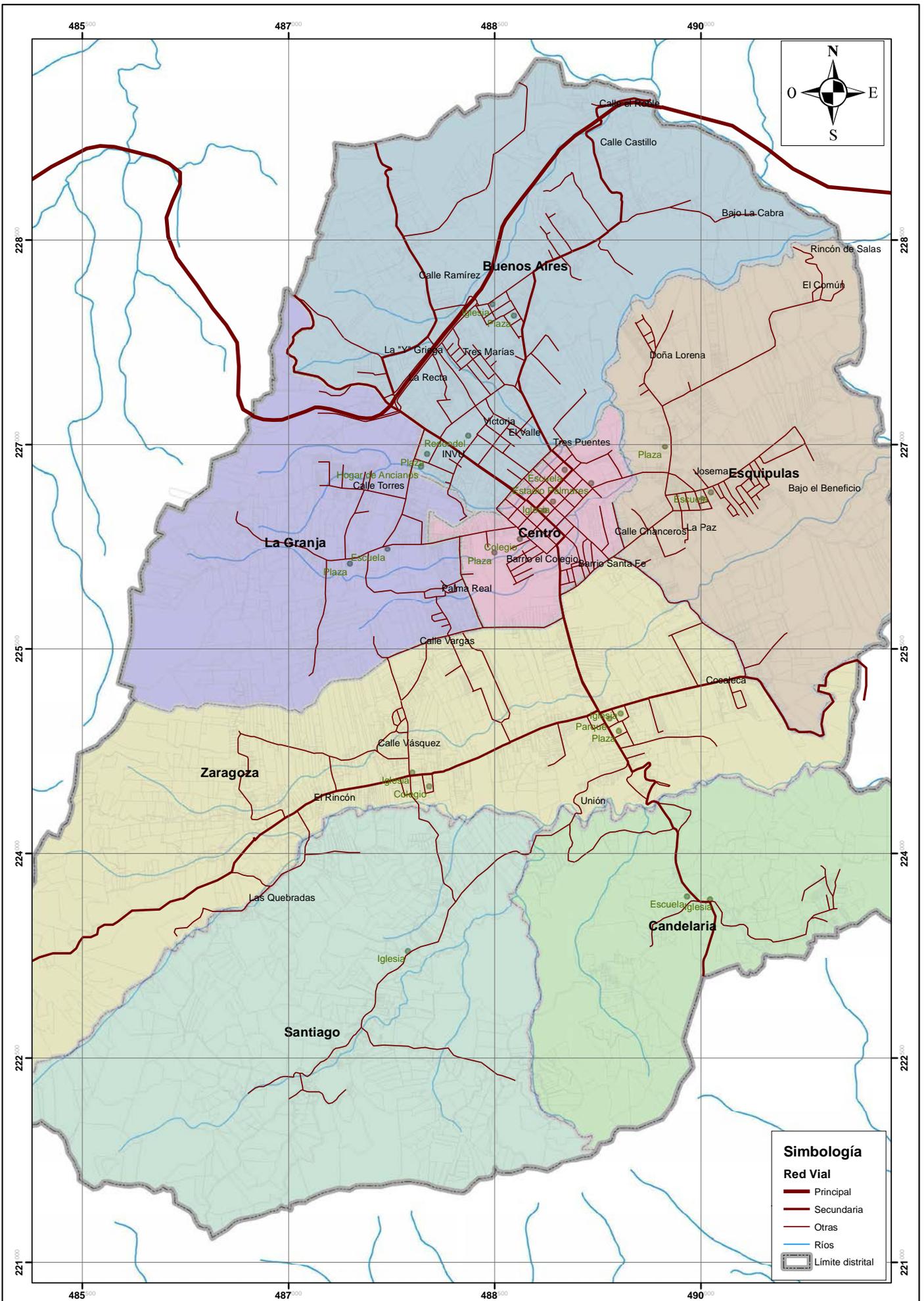
- Las jornadas tienen frecuencias muy bajas ya que se realizan dos o tres veces por año. Esto provoca falta de continuidad que se refleja en desinterés de los habitantes en participar. Cabe mencionar que se pueden recoger más residuos si se brinda una frecuencia más alta.
- No se lleva un registro detallado de las cantidades y tipos de materiales que se captan. Esto hace imposible que se pueda evaluar el trabajo realizado, lo que es indispensable si se quiere mejorar.

- No existe ninguna remuneración por los residuos recuperados. El trabajo es realizado por funcionarios municipales y voluntarios con buenas intenciones. Probablemente, se puede ejecutar de manera más extensa y especializada si existiera un sustento económico obtenido de la venta del material. Esto ayuda a que el servicio ofrecido crezca para generar no sólo una mejora ambiental sino también fuentes de empleo y avances sociales.

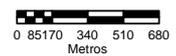
La Municipalidad es consciente de esta situación. Adicionalmente, las nuevas disposiciones de la ley solicitan a las municipalidades establecer un plan para la gestión integral de residuos, dictar reglamentos locales, brindar un servicio de recolección de residuos en forma selectiva y establecer centros de recuperación a pequeña y mediana escala. Todo esto motiva la creación de una solución real para los residuos con algún valor económico, tal y como es la correcta implementación de un centro acopio para almacenar, procesar, dar valor agregado y vender estos productos. Se justifica, por ende, realizar un estudio de factibilidad técnica y financiera de un centro de recuperación como el que se presenta en el Capítulo 6.

Es conveniente que la Municipalidad reevalúe la diferenciación de las tarifas mediante un estudio más preciso. Si se justifica el cobro de una tarifa más alta para comercios e industrias con grandes utilidades y con altos niveles de generación de residuos, se reflejaría en una disminución de la carga sobre las tarifas residenciales. Un incentivo de este tipo ayudar a aplacar eventualmente la morosidad.

Al comparar la cantidad de contribuyentes del servicio municipal que cancelan una tarifa diferenciada correspondiente a las categorías comercial e industrial, con el número patentes presente en la base de datos municipal y con el total de abonados al servicio eléctrico cuyo consumo se puede atribuir a un rango dentro de estas categorías, los datos difieren considerablemente. Por esto, la morosidad invisible posee un valor alto para este caso (38,3%). Se debe revisar, con detalle, la cantidad de abonados que pagan tarifas comerciales ya que es posible que se deje de captar muchos ingresos por información inadecuada.

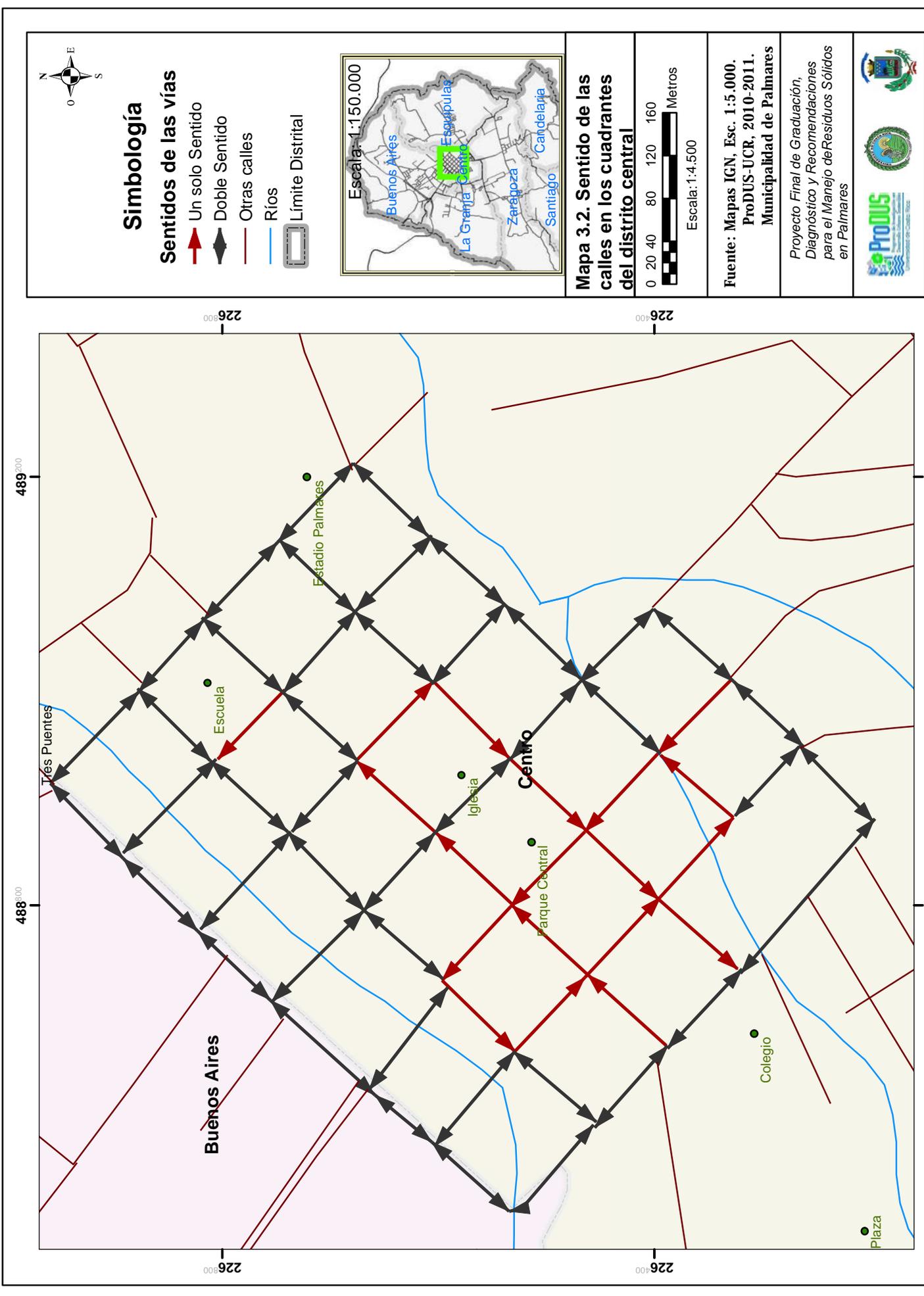


**Mapa 3.1. Red Vial y Principales Poblados en Palmares**



Escala  
1:25.000





### Simbología

#### Sentidos de las vías

-  Un solo Sentido
-  Doble Sentido
-  Otras calles
-  Ríos
-  Límite Distrital



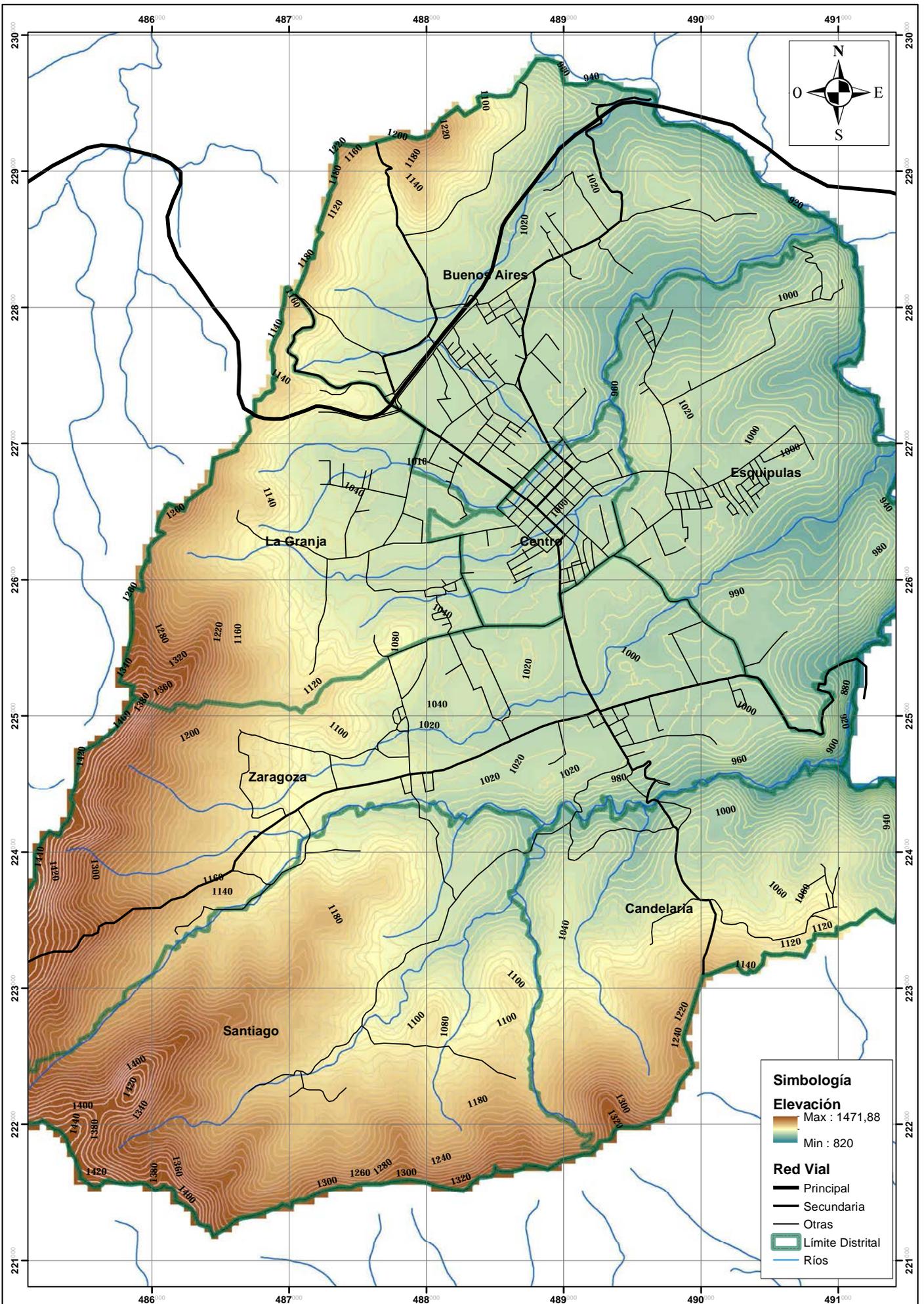
**Mapa 3.2. Sentido de las calles en los cuadrantes del distrito central**



Fuente: Mapas IGN, Esc. 1:5.000.  
 PRODUS-UCR, 2010-2011.  
 Municipalidad de Palmares

*Proyecto Final de Graduación,  
 Diagnóstico y Recomendaciones  
 para el Manejo de Residuos Sólidos  
 en Palmares*



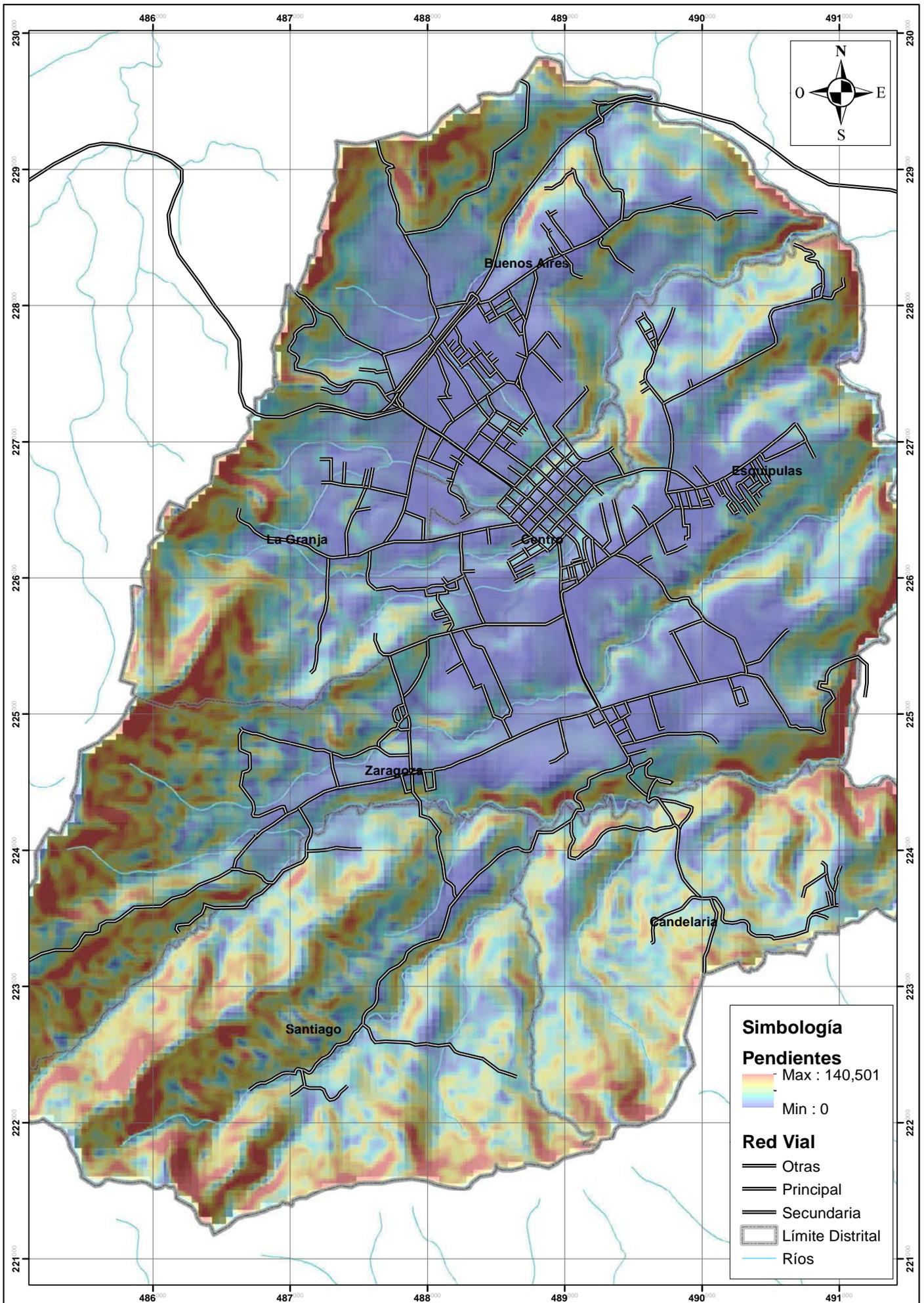


Mapa 3.3. Curvas de Nivel del terreno en Palmares

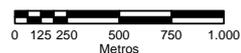
0 80160 320 480 640  
Metros

Escala  
1:25.000



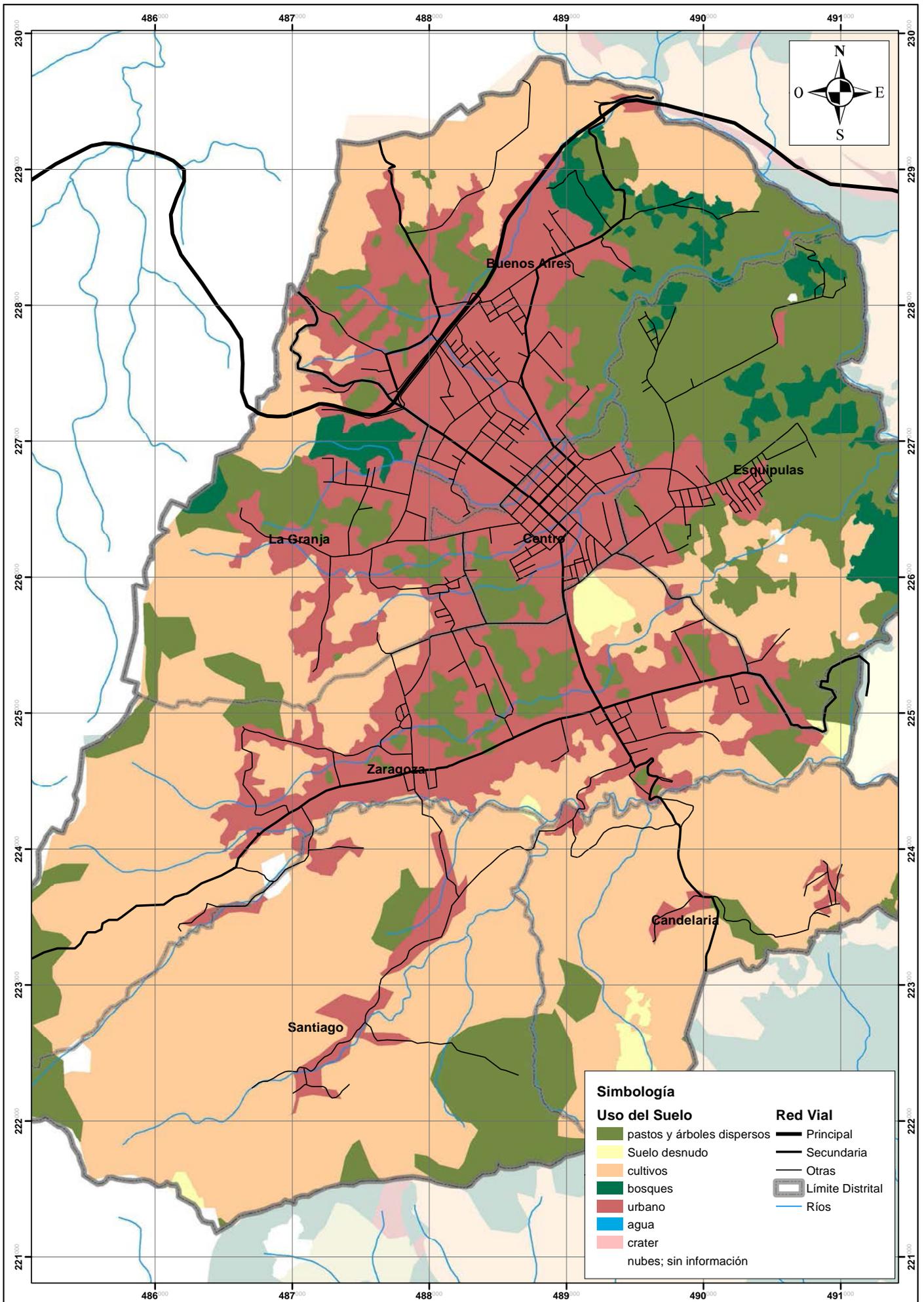


**Mapa 3.4. Pendientes del terreno en Palmares**

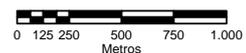


Escala  
1:25.000



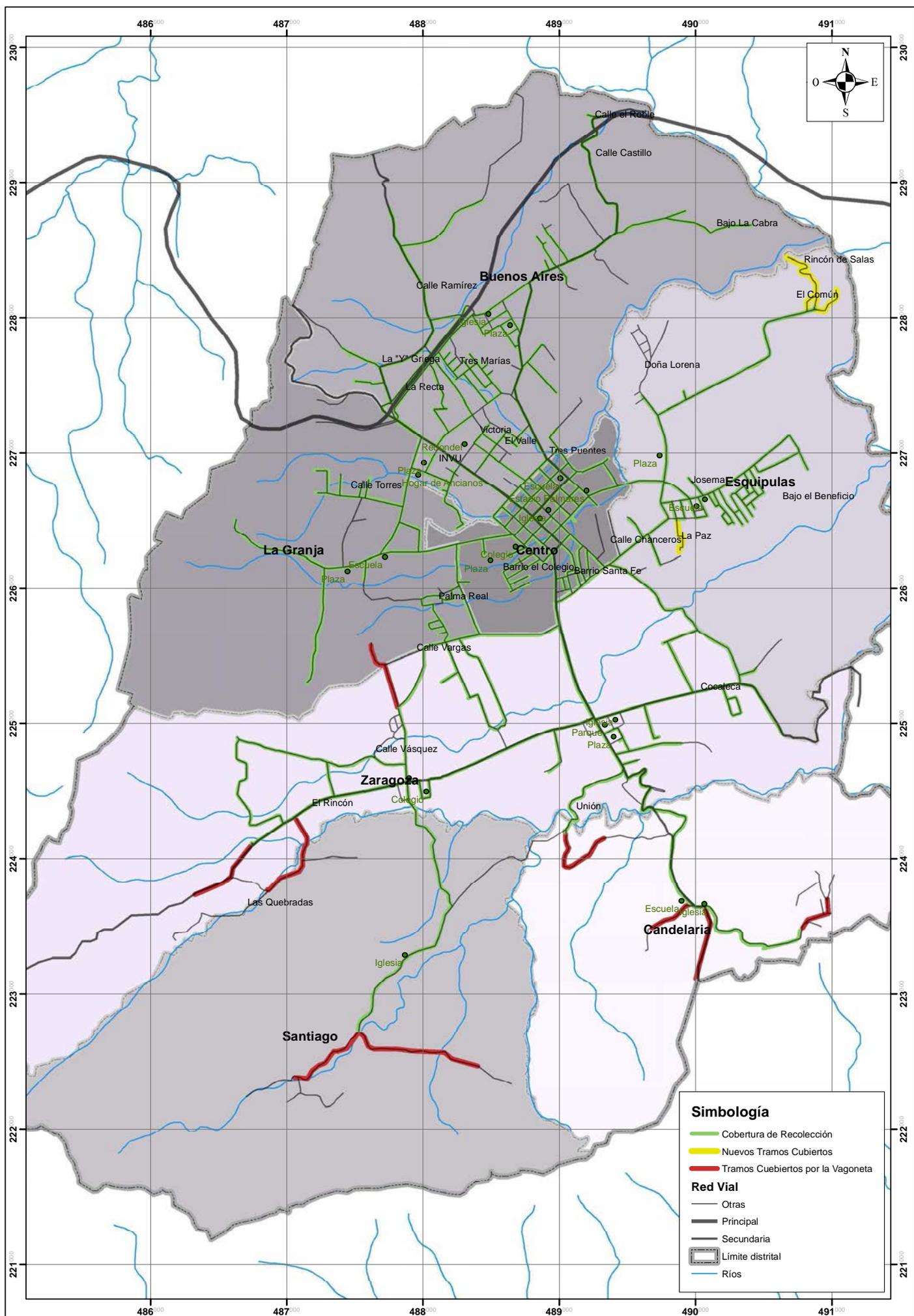


**Mapa 3.5. Uso del suelo en Palmares**

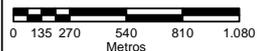


Escala  
1:25.000





**Mapa 3.6. Cobertura del sistema de Recolección en Palmares**



Escala  
1:25.000



**Simbología**

**Aseo de Vías**

- Ruta 1
- Ruta 2
- Ruta 3
- Ruta 4
- predios
- Límite distrital

Esquipulas

Escala: 1:150.000

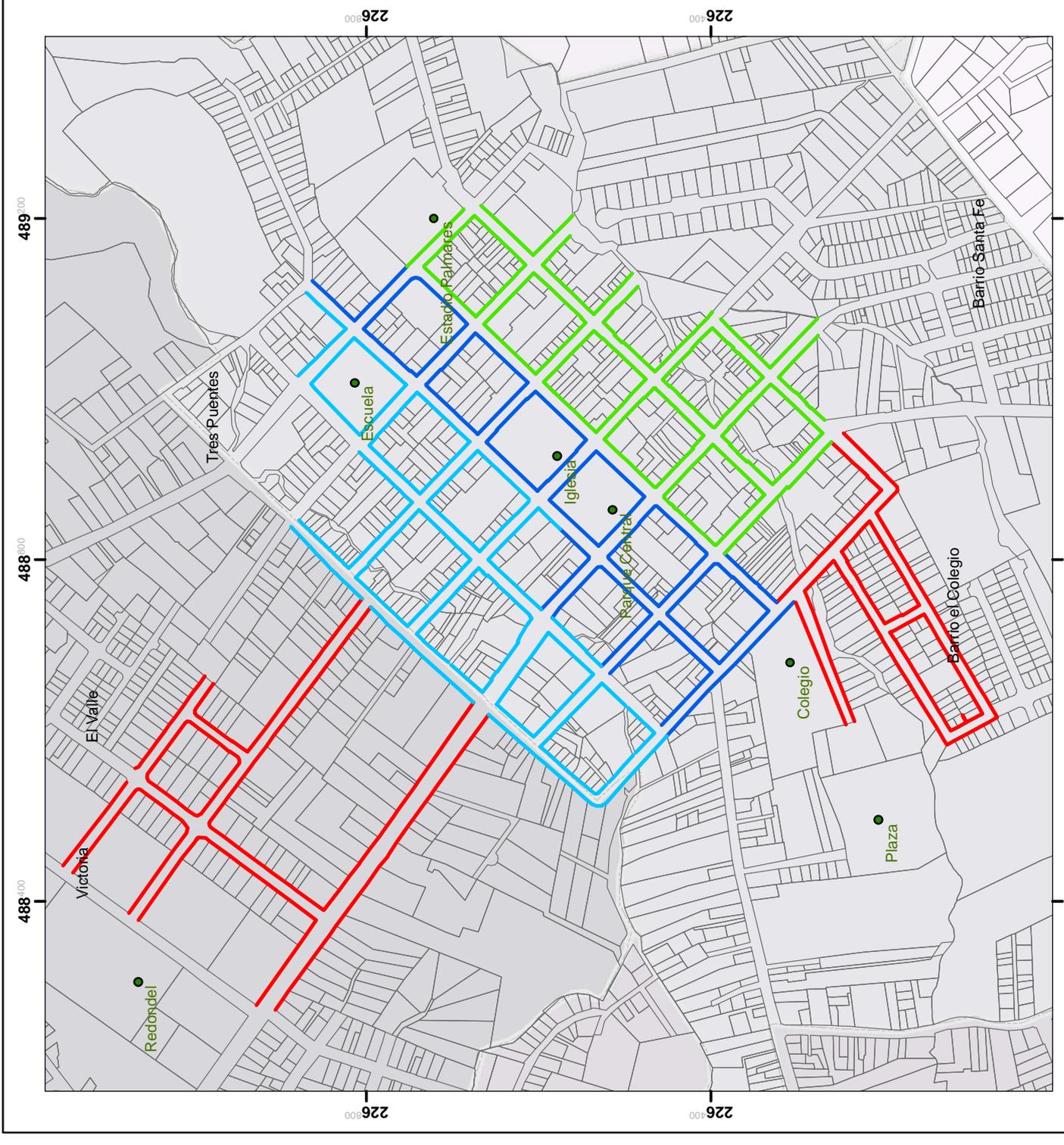
**Mapa 3.7. Rutas de aseo de vías y sitios públicos**

Metros

Escala: 1:6.500

**Fuente:** Mapas IGN, Esc. 1:5.000.  
**PRODUS-UCR, 2010-2011.**  
**Municipalidad de Palmares**

*Proyecto Final de Graduación,  
 Diagnóstico y Recomendaciones  
 para el Manejo de Residuos Sólidos  
 en Palmares*



## **CAPÍTULO 4. RESULTADOS DEL TRABAJO DE CAMPO**

Hasta este punto se conocen las características más relevantes de la geografía, la demografía y las políticas de manejo de residuos que existen actualmente en Palmares. Continuando con la etapa de diagnóstico, especialmente en lo que concierne al sistema de recolección y a la generación de residuos, se procede a realizar el trabajo de campo con el fin de obtener la información requerida para el análisis. En este capítulo se resumen las observaciones y los datos obtenidos según la metodología mostrada en el Capítulo 1.

Posteriormente, se realiza un análisis de los resultados y se compara con el estudio realizado por ProDUS para los cantones que conforman la Federación Occidental de Municipalidades de Alajuela (FEDOMA) donde, por su cercanía geográfica y condiciones económicas y sociales similares, se espera que las tasas de generación de residuos sean semejantes.

La última sección presenta las conclusiones preliminares obtenidas a partir de los resultados mostrados a través del capítulo. Las mismas sirven para establecer el marco en el que se basa el análisis de factibilidad para implementar un centro de recuperación de material reciclable y se incluyen otras recomendaciones para la toma de decisiones en el manejo de residuos.

### **4.1 Del Sistema de Recolección Actual**

#### **4.1.1 Organización**

Con la información obtenida del trabajo de campo, se identifican los parámetros de cobertura, rutas de recolección, tiempos y distancias de viaje, así como las características de la flotilla y el personal de recolección.

Como se menciona en el capítulo anterior, la Municipalidad de Palmares cumple con el servicio de recolección de desechos no separados mediante un subcontrato con la Municipalidad de San Ramón

Sin embargo al inicio de esta investigación las condiciones eran diferentes. La municipalidad subcontrataba a la empresa "Agropecuaria Palmarín" para brindar la recolección y los residuos eran trasladados al relleno sanitario de la empresa EBI, ubicado contiguo a la Ciudadela La Carpio en La Uruca. Pese a la gran distancia que se debía

recorrer (52 kilómetros desde el último punto de recolección) no se contaba con otra opción. Las observaciones de campo realizadas se aplican cuando existía este sistema.

También, en el transcurso del presente trabajo, la organización administrativa y la forma en que se brinda el servicio de recolección sufren modificaciones debido a los nuevos acuerdos entre la Municipalidad y la empresa subcontratada. El primer cambio se da en junio de 2010 y el segundo, en enero de 2011. Además, el nuevo acuerdo con la Municipalidad de San Ramón entra a regir en mayo de 2011. A continuación se describe cómo funcionaba originalmente el sistema.

#### **i. Organización de la recolección antes de la Junio de 2010**

Antes de Junio de 2010, "Agropecuaria Palmarín" no contaba con camiones recolectores compactadores propios. Se emplea una vagoneta con capacidad de 10 m<sup>3</sup> sin la posibilidad de compactar. Por lo tanto, esta empresa alquilaba el equipo recolector a "Servicios del Valle" del señor Carlos Guillén. Esta daba cobertura a todo el cantón con tres camiones recolectores y personal traído desde El Coyol en Alajuela. No obstante, para la recolección se hace uso de la vagoneta existente ya que se presentan lugares de difícil acceso. Se aclara que no existía un contrato escrito con Servicios del Valle.

El servicio era ofrecido los días miércoles y sábados, a excepción del distrito de Santiago que se recolectaba jueves y sábados. Lo anterior se daba porque el día miércoles se captaba un volumen mayor de desechos, ya que correspondía a la generación de cuatro días (incluido el fin de semana). La capacidad de los camiones no era suficiente para cubrir todo el cantón este día y se dejaba el distrito de Santiago para ser recolectado el jueves.

El sistema empleado era el siguiente: tres camiones, con itinerarios propios como se describe en el Cuadro 4.1, recogían los desechos simultáneamente, de manera que cada uno realizaba dos viajes por jornada al relleno sanitario. La vagoneta los recogía en las zonas más difíciles, con entradas angostas, puntos muy alejados o con pendientes pronunciadas. Cuando se llenaba, tiene dos opciones escogidas a conveniencia: 1) buscar al camión que se encuentra más cerca para descargar los desechos ó 2) llevarlos al predio destinado para este fin, dispuesto a 50 m al oeste de la Municipalidad. Posteriormente, eran recogidos por alguno de los camiones recolectores. Los principales lugares donde brindaba el servicio la vagoneta se encuentran demarcados en el Mapa 4.1 y corresponden

a zonas de Candelaria, Santiago, Calle Vázquez, Las Quebradas y partes altas del Rincón de Zaragoza.

**Cuadro 4.1.** Sistema de Recolección durante un sábado típico, antes de Junio de 2010.

	Primer Viaje			Segundo Viaje		
	Hora Inicio	Hora Fin	Recorrido	Hora Inicio	Hora Fin	Recorrido
<b>Camión 1</b>	5:30 a.m	10:00 a.m	1- Cuadrantes de distrito central	12:00 m.d	5:30 a.m	4- Barrio "el Colegio", Barrio "Santa Fe", tramo entre Centro y Zaragoza y "Josefa", "La Perica" en Esquipulas.
<b>Camión 2</b>	5:30 a.m	9:30 a.m	2- Barrio "La Y griega", Calle Ramírez, "Tres Marías", Buenos Aires, "Bajo de la Cabra", Urbanización "el Valle"	11:30 a.m	5:30 p.m	5- Barrio "El INVU", Distrito de la Granja, Urbanización "Palma Real"
<b>Camión 3</b>	5:30 a.m	9:30 a.m	3- Barrio "La Cocaleca", Candelaria, Zaragoza, Rincón de Zaragoza	11:30 a.m	4:30 p.m	6- Barrio "El Común" en Esquipulas, Santiago, Barrio "La Asunción" y Rincón de Zaragoza.

En el momento en que algún camión se llenaba, debía ir a descargar el material al relleno sanitario y volver para continuar con la recogida. Durante las dos horas y media, aproximadas, que tarda este proceso, los peones aprovechaban para acomodar la bolsas en montones y así, agilizar la recolección en el segundo itinerario del día.

En junio del 2010, la Municipalidad realiza una prórroga al contrato con Agropecuaria Palmarín por medio año más. Se aprovecha el momento para establecer nuevas pautas en el sistema.

#### **ii. Organización de la recolección después de junio de 2010 y antes de enero de 2011**

El cambio más importante en el sistema de recolección negociado en esta fecha, es una modificación en la flotilla vehicular, en la organización y repartición de la cobertura entre la empresa subcontratada y la tercera compañía que alquilaba los camiones. "Agropecuaria Palmarín" adquiere dos vehículos recolectores y realiza el trabajo de los "Camiones 2 y 3" de la empresa Servicios de Valle. Con los nuevos términos, la recolección se reorganiza con los mismos recorridos por el cantón e igual cantidad de viajes al relleno sanitario. Se utiliza el refuerzo de la vagoneta y se ofrece casi exactamente la misma cobertura, pero se incluyen algunos tramos que antes no se trabajaba (Ver Mapa 4.1). Las rutas para cada camión se distribuyen como se muestra en el Cuadro 4.2. Al igual que

antes, el alquiler de los camiones a la empresa externa no contaba con un contrato escrito.

**Cuadro 4.2.** Sistema de recolección durante un sábado típico después de junio de 2010

Ruta #	Camión	Hora Inicio	Hora Fin	Recorrido
1	Camión 1. SV (S. del Valle)	5:30 a.m	10:00 a.m	Cuadrantes de distrito central
2	Camión 2. SV (S. del Valle)	5:30 a.m	9:30 a.m	Barrio "La Y griega", calle Ramírez, "Tres Marías", Buenos Aires, "Bajo de la Cabra", Urbanización "el Valle"
3	Camión 3. SV (S. del Valle)	5:30 a.m	9:30 a.m	Barrio "La Cocaleca", Candelaria, Zaragoza, Rincón de Zaragoza
4	Camión 3. SV (S. del Valle)	10:00 a.m	3:00 p.m	Barrio "el Colegio", Barrio "Santa Fe", tramo entre Centro y Zaragoza y "Josefa", "La Perica" en Esquipulas.
5	Camión 1. AP (A. Palmarín)	5:30 a.m	11:00 a.m	Barrio "El INVU", Distrito de la Granja, Urbanización "Palma Real"
6	Camión 2. AP (A. Palmarín)	5:30 a.m	11:00 a.m	Barrio "El Común" en Esquipulas, Santiago, Barrio "La Asunción" y Rincón de Zaragoza.

Nótese que el "camión 3" es el único que realiza dos viajes. En realidad, la empresa de Servicios de Valle traslada un camión vacío desde los predios en Alajuela y lo lleva hasta Palmares. Esta operación se efectúa de manera coordinada. Cuando el "camión 3" se llena, se da el intercambio. El chofer que está recolectando permanece en Palmares hasta completar el recorrido #4, mientras que el otro se traslada hasta el sitio de disposición. De esta forma, se logra disminuir el tiempo de recolección y el cantón de Palmares queda cubierto más temprano, ya que en el antiguo sistema, todos los camiones viajaban al relleno sanitario en la mañana y en la tarde. Con los cambios realizados a esta fecha, a las 3:00 p.m. se completa el último recorrido.

El señor Carlos Guillén comenta que, pese a que ahora la recolección es más eficiente, a él como empresario le genera pérdida de trabajo e inestabilidad dada la irregularidad del contrato verbal.

### **iii. Organización de la recolección después de enero y antes de mayo de 2011**

Una vez finalizada la prórroga otorgada en junio a "Agropecuaria Palmarín", la Municipalidad debe decidir si se continúa con la misma estructura de recolección y por ende, renovar el subcontrato o buscar una nueva empresa que se encargue de brindar el servicio.

Se opta por continuar con el mismo sistema, pero se realizan cambios importantes en los horarios y las rutas. Se distribuye la recolección a través la semana, tal y como se muestra en el Cuadro 4.3.

**Cuadro 4.3.** Sistema de Recolección, después de enero de 2011

<b>Días</b>	<b>Recorrido de camiones de Agropecuaria Palmarín</b>	<b>Recorridos de camiones de Servicios del Valle</b>
Lunes y Jueves	Zaragoza	Buenos Aires
Martes y Viernes	Santiago y Candelaria	Centro
Miércoles y Sábados	La Granja	Esquipulas

**Fuente:** Municipalidad

Se realiza la recolección con 6 camiones: tres de ellos propios de la empresa "Agropecuaria Palmarín" y los tres restantes alquilados a Servicios del Valle. Las nuevas rutas son definidas con el criterio de brindar el servicio por distritos. El periodo en el cual se opera mediante este sistema es corto, por lo que no se identifican de manera práctica todas las ventajas y desventajas de su implementación en cuanto a tiempos de viaje, costos y calidad del servicio.

#### **iv. Organización actual de la recolección (Después de Mayo de 2011)**

Debido a incumplimiento de pagos internos entre las empresas encargadas de la recolección, la calidad del servicio se empieza a ver comprometida. Por esto, la municipalidad decide poner fin al contrato con Agropecuaria Palmarín.

Ante esto, se abre una nueva negociación con la Municipalidad de San Ramón para brindar el servicio de recolección, transporte y disposición final de los residuos recolectados. El nuevo contrato tiene una vigencia de 5 años. El sitio disposición también cambia. Los residuos son trasladados al vertedero municipal de San Ramón.

Con la nueva administración, se mantiene el esquema de recolección por distritos llevado a cabo en los horarios mostrada en el Cuadro 4.3. No obstante, la recolección es llevada a cabo por un único vehículo recolector y una vagoneta. Se trabaja de lunes a sábado y se realizan dos viajes por día al vertedero.

#### **4.1.2 Rutas y Cobertura**

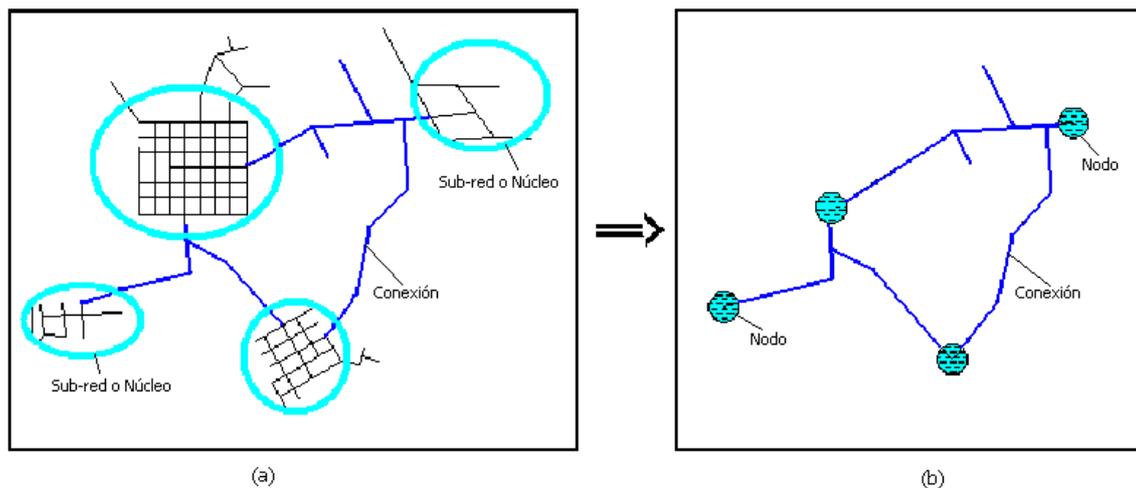
En el Mapa 4.1 se muestra el trayecto de las rutas de recolección para los seis recorridos de los camiones y la vagoneta auxiliar. Es preciso recordar que las observaciones se anotaron cuando se operaba con la organización antes de junio de 2010.

La forma en que se escogen estos itinerarios cumple con los siguientes criterios:

- La potencia y tamaño de los camiones.
- La densidad de población en cada punto del cantón.
- Disminución de las distancias recorridas.

Estas rutas son escogidas por el señor Carlos Guillén desde antes de junio de 2010. Ni Agropecuaria Palmarín ni la Municipalidad llevan registros de las distancias recorridas con el fin de regular los gastos por el servicio. Sólo verifican que las rutas se cumplan en su totalidad. Por este motivo, el interés de contar con una ruta óptima es idea de la empresa Servicios del Valle. Velan para que sus camiones recorran poco trayecto y realicen los viajes lo más cargados posible. Así mismo, la preocupación por el buen trato y mantenimiento del equipo es sólo del dueño de los camiones, quien señala que las rutas que se utilizan son el resultado de la experiencia y el continuo mejoramiento. Por esto, se ejecutan aún después de la primera prórroga del contrato. Pese a lo anterior, cuando cambian los horarios con el fin de recolectar todos los días de la semana se modifican sustancialmente estos recorridos.

El Mapa 4.1 contiene una división de la red vial que se crea con el fin de analizar la rutas estudiadas y definir los cambios requeridos. La forma en que se efectúa esta división, se observa en el esquema idealizado de la Figura 4.1. Nótese que se identifican sub-redes o núcleos unidos por conexiones. De manera que cada núcleo representa un nodo de la red principal de todo el cantón.



**Figura 4.1.** Esquema idealizado de las rutas de recolección. (a) Red vial separada en sub-redes o núcleos y conexiones. (b) Red principal idealizada en nodos y conexiones.

Esta simplificación permite analizar cada núcleo por separado como los que se observan en la Figura 4.1 (a). Una vez que se conocen los parámetros más relevantes para cada subred, se puede analizar una red principal análoga a la Figura 4.1 (b) de la misma forma como se hace con los núcleos más pequeños.

El Cuadro 4.4 resume las distancias recorridas por los camiones recolectores y la duración de los trayectos en cada uno de estos núcleos de acuerdo con el registro hecho en el trabajo de campo. Adicionalmente, se establece una longitud neta, es decir, la medición de los tramos recorridos por el camión recolector sin tomar en cuenta las repeticiones.

Nótese que se denomina "Núcleo 0" al conjunto de calles conformada solo por las conexiones entre subredes, es decir, toda la red vial pero descartando los demás núcleos. Además, se definen dos núcleos (5 y 6), que en el momento de realizar el trabajo de campo no están siendo cubiertos por el sistema.

Por otro lado, la forma en que las rutas dan cobertura a cada núcleo se detalla en los Mapas del 4.2 al 4,7.

Comparando la red vial en contraposición con el Mapa 3.5 de uso de suelo, se determina cuáles segmentos de carretera deben ser atendidos por los camiones recolectores. Por otro lado, se obtienen las distancias netas recorridas por los camiones en cada núcleo (diferencia entre la longitud transitada según el registro en el GPS y la distancia repetida o redundante). De esta forma, se determina que se ofrece una cobertura del 81,9% de la redvial distribuida según se aprecia en el Mapa 4.1.

Por otro lado, de lo visto en el Capítulo 3, se sabe que un 97,0% de las viviendas encuestadas en el Censo Piloto del 2010 en Palmares eliminan sus desechos mediante el camión recolector.

Una propuesta de rutas de recolección con mejoras desde el punto de vista técnico, se expone en el Capítulo 6. Las modificaciones propuestas se diseñan a partir de los criterios discutidos en el marco teórico.

**Cuadro 4.4.** Distancias recorridas y tiempos por núcleo registrados en el trabajo de campo

<b>Núcleo</b>	<b>Descripción</b>	<b>Longitud Red Vial (km)</b>	<b>Distancia Recorrida (km)</b>	<b>Distancia Neta (km)</b>	<b>Distancia Repetida (km)</b>	<b>Cobertura (%)</b>	<b>Duración (h:min)</b>
<b>0</b>	Conjunto de conexiones entre los núcleos para toda la red.	41,8	44,3	27,3	17,0	68,6	7:34
<b>1</b>	Cuadrantes del distrito central y Barrio del Colegio	9,0	11,5	8,7	2,8	99,2	5:02
<b>2</b>	Barrio Santa Fe	2,7	2,8	2,2	0,6	98,6	0:36
<b>3</b>	Parte central de Esquipulas	2,1	1,7	1,4	0,3	79,0	0:42
<b>4</b>	Zona de proyectos habitacionales en Esquipulas	3,7	4,9	3,7	1,2	99,2	1:23
<b>5</b>	Nueva área propuesta, Urbanización Doña Lorena	0,9	0,0	0,0	0,0	0,0	0:00
<b>6</b>	Nueva área cubierta: Rincón de Salas, Esquipulas	1,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0:00
<b>7</b>	Norte de Buenos Aires, Calle Ramírez, Barrio la "Y" Griega	4,2	6,4	4,2	2,3	100	0:50
<b>8</b>	Tres Marías, Buenos Aires	4,0	4,7	3,6	1,1	92,7	0:53
<b>9</b>	Centro de Buenos Aires	1,7	1,4	1,4	0,1	94,9	0:13
<b>10</b>	Urbanización el Valle	2,5	2,2	1,5	0,7	98,6	0:35
<b>11</b>	Urbanización el INVU	1,5	2,6	1,4	1,2	100	0:36
<b>12</b>	Calle Torres	1,3	2,6	1,3	1,4	99,8	0:41
<b>13</b>	Proyectos habitacionales de La Granja	3,3	5,4	3,1	2,3	93,8	1:09
<b>14</b>	Urbanización Palma Real	1,6	1,2	1,1	0,1	87,4	0:13
<b>15</b>	Cocaleca	3,0	4,1	2,7	1,4	89,0	0:31
<b>16</b>	Zaragoza centro	2,0	2,1	1,4	0,7	99,4	0:42
<b>17</b>	Rincón de Zaragoza	4,2	7,6	4,0	3,6	99,0	0:30
<b>18</b>	Barrio La Asunción	1,8	1,9	1,8	0,2	99,0	0:22
<b>Total</b>	Toda la red	92,3	107,6	70,6	37,0	81,9	22:32

Fuente: Autor

### **4.1.3 Otros aspectos de la recolección**

La Municipalidad fiscaliza el sistema de recolección mediante inspecciones esporádicas en campo antes de que se comience con la labor. En la Figura 4.2 se observa un funcionario municipal que toma una fotografía para verificar que el camión inicia su ruta de recolección totalmente vacío.

Cada vehículo cuenta con dos o tres peones. Como se puede apreciar en la Figura 4.3, el uso del equipo de seguridad como guantes y chalecos es inadecuado y queda a criterio de cada operario. Personalmente, estos trabajadores manifiestan la incomodidad que implica usar esta indumentaria como un motivo para prescindir de ellas. Por otro lado, ellos muestran las cicatrices y heridas leves ocasionadas por vidrios sueltos u otros materiales punzo cortantes presentes entre los desechos.

La altura a la que los peones lanzan las bolsas es adecuada ya que la tolva del camión no rebasa los 1,5 m de altura como en la mayoría de los recolectores convencionales. Mientras el vehículo recorre tramos ya recolectados o calles en las que no hay desechos, los peones viajan en una grada con una agarradera tal y como se muestra en la Figura 4.4. Esto mejora la agilidad al subir y bajar del camión pero reduce la seguridad. En los cuadrantes más urbanos del distrito central, el automotor transita en el carril izquierdo o contra vía cuando así lo requiere. Estas zonas son cubiertas en horas tempranas de la mañana en las que el tránsito vehicular es muy poco y lento. Además, los demás usuarios de la vía pública están acostumbrados y dan prioridad de paso al camión.

En cuanto al aseo de vías y sitios públicos, como se puede observar en la Figura 4.5, los empleados si utilizan la indumentaria de seguridad mínima, tales como chalecos reflectantes y guantes para manipular los desechos. Este trabajo está a cargo directamente de la Municipalidad.



**Figura 4.2.** Inspecciones Municipales.



**Figura 4.3.** Uso inadecuado de la indumentaria de seguridad por parte de los peones recolectores.



**Figura 4.4.** Forma observada de trasladarse cuando el camión está en movimiento.



**Figura 4.5.** Personal de Aseo de vías y sitio públicos.

El pago de los salarios y otras responsabilidades patronales de los peones y los otros choferes le corresponde a cada empresa recolectora. La planilla de trabajadores es muy variable ya que no se les puede ofrecer continuidad en sus labores toda la semana.

Las cantidades de desechos son fluctuantes y en ocasiones, los camiones no dan abasto para terminar su ruta (en especial los miércoles en los que se acumulan cuatro días de generación, incluido el fin de semana). Por esto, se improvisa con acciones como desviar la ruta de otros para apoyar la recolección. Así mismo, cuando surgen problemas mecánicos o se da el mantenimiento convencional, la flotilla de camiones normal se modifica para enviar otros con mayor o menor capacidad. Esto implica terminar las rutas de manera improvisada. Sin embargo, siempre se tiene como clara prioridad recoger todos los residuos aunque se hagan desviaciones a las rutas o se sobrecarguen los camiones.

La vagoneta usada para los lugares de difícil acceso no tiene ruta ni horario fijo. Dificulta la previsión de los volúmenes para cada camión porque cuando se llena, descarga los desechos al primer camión que encuentra o los lleva al predio predestinado que se muestra en la Figura 4.6, para que después sean recogidos por algún otro camión recolector.

Nótese (Ver Figura 4.7) que en el sitio al que se llevan los desechos de la vagoneta se aprovecha para rescatar material reciclable. Este se capta en el mismo sitio y se acumula hasta que se alcance una cantidad que amerite su traslado por parte de empresas recicladoras. Es preciso aclarar que no se percibe ningún ingreso por estos residuos.

Es preciso señalar que este sitio no cuenta con drenajes ni impermeabilización del suelo. Además se ubica en el distrito central, muy cerca de comercios y casas.

De acuerdo con todas las características mencionadas del sistema de recolección, se confeccionan los Cuadros 4.5 y 4.6, en los que se resumen las ventajas y desventajas identificadas antes y después de cada cambio realizado al sistema durante el desarrollo de la investigación.



**Figura 4.6.** Predio Municipal para la recolección.



**Figura 4.7.** Fotografía. Recolección de los desechos previamente llevados al predio municipal por la vagoneta. Captación de material reciclable.

**Cuadro 4.5.** Ventajas de los sistemas de recolección

<b>Antes de Junio de 2010</b>	<b>De Junio de 2010 a Enero de 2011</b>	<b>Después de Enero de 2011</b>	<b>En General</b>
<p>*Los peones recolectores tienen tiempo de apuñar los residuos de varias casas en un solo sitio y así disminuir la cantidad paradas que el camión debe hacer en el segundo viaje. Esto tomando en cuenta que el vehículo tarda más de dos horas en ir y volver al relleno sanitario.</p> <p>*Se utiliza menos equipo y personal, por más tiempo al día, lo que reduce los costos de operación.</p>	<p>*Se recolecta todo el cantón en menos tiempo.</p> <p>*Aumento de cobertura en algunos tramos.</p> <p>* Existe un control cruzado al existir dos empresas que recolectan simultáneamente.</p>	<p>*Intervalos de tiempo entre cada recolección, igual para todos los lugares del cantón. (tres días)</p> <p>*Mayor flexibilidad ante imprevistos como fallos mecánicos o sobrecarga, pues se puede terminar el día siguiente.</p> <p>*La labor se termina antes que si se recogiera todo en un solo día.</p> <p>*Mayor estabilidad para los empleados ya que tienen trabajo de manera continua, toda la semana.</p> <p>*La división de recolección por distritos es más fácil de adoptar para los usuarios.</p>	<p>* El subcontrato libera a la Municipalidad de ocuparse del mantenimiento del equipo y problemas con el personal.</p>

**Cuadro 4.6.** Inconvenientes de los sistemas de recolección

<b>Antes de Junio de 2010</b>	<b>De Junio de 2010 a Enero de 2011</b>	<b>Después de Enero de 2011</b>	<b>En General</b>
<p>*Queda material por recolectar en horas avanzadas de la tarde.</p> <p>*Servicio ajustado por tiempo ya que se corre el riesgo de que se cierre el relleno en la noche.</p> <p>*No hay tiempo de tomar medidas en caso de que se agote la capacidad de los camiones.</p> <p>*En el distrito de Santiago, la frecuencia de recolección es inadecuada: De sábado a Jueves: 5 días de generación. De Jueves a Sábado: 2 días de generación</p>	<p>* Se utiliza casi el doble de camiones y personal para el mismo recorrido.</p> <p>*Inestabilidad para la empresa "Servicios del Valle" por disminución de trabajo.</p> <p>*En el distrito de Santiago, la frecuencia de recolección es inadecuada. (Jueves y Sábado)</p>	<p>*En las rutas anteriores los camiones salían totalmente al tope de su capacidad. Los nuevos recorridos son muy diferentes y probablemente requieran ajustes en la flotilla y el orden de sus recorridos, con el fin de acoplar las rutas a la cantidad de desechos que contiene cada una.</p> <p>*Aumenta en número de camiones de cinco a seis. Con esto también aumenta el personal para el mismo recorrido, lo que aumenta los costos de operación.</p>	<p>*Empresa subcontratada requiere alquilar los servicios de terceros, esto aumenta los costos.</p> <p>*Contrato verbal entre "Agropecuaria Palmarín" y "Servicios del Valle".</p> <p>*Los recorridos de la vagoneta no están coordinados con los de los camiones.</p> <p>*Equipo de seguridad Inadecuado.</p> <p>*Tránsito contra vía en las mañanas es arriesgado.</p> <p>* La gente se puede confundir debido a los constantes cambios en los horarios y rutas.</p>

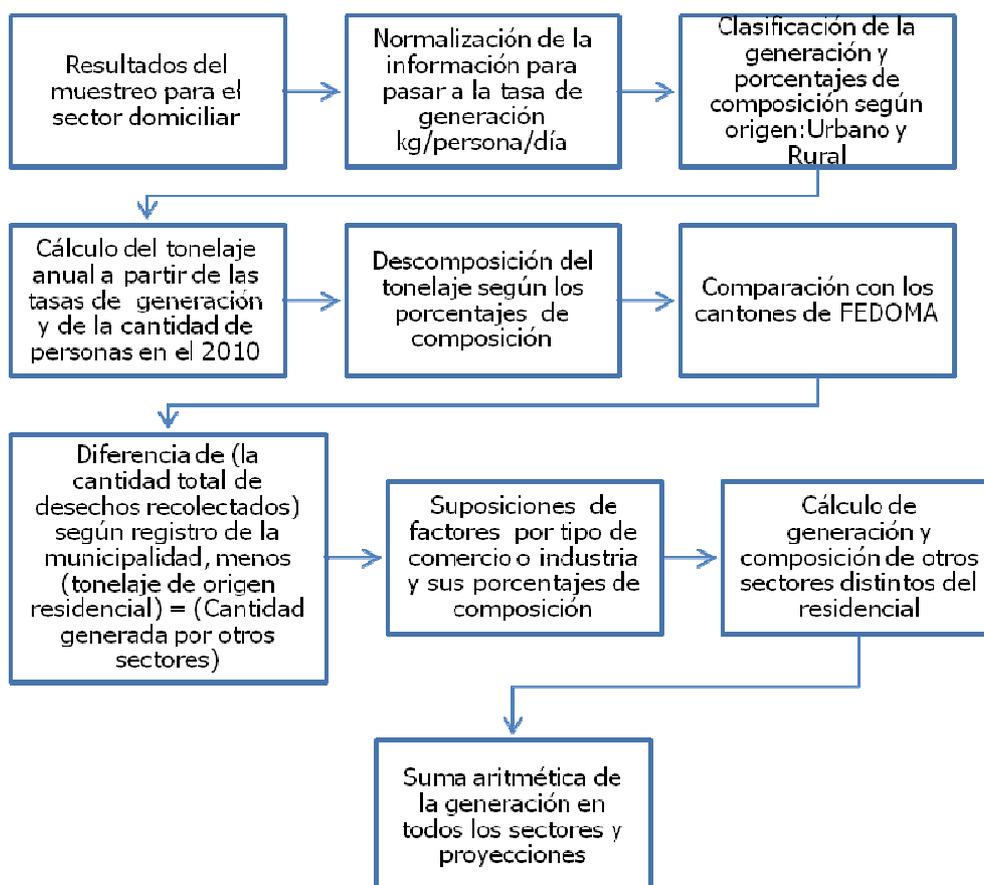
## 4.2 Generación y composición de los desechos sólidos de origen domiciliar

### 4.2.1 Resultados del muestreo y estimación de la generación domiciliar

Se presentan a continuación los datos obtenidos después de medir el peso de los desechos generados por 39 viviendas distribuidas por todo el cantón. Los puntos en los que se toma cada muestra se ubican según el Mapa 4.8.

Se determina la generación y composición de los residuos acorde con la clasificación utilizada: residuos orgánicos (R.O), papel y cartón, plástico, metal, vidrio, tetrapack y otros. En el Anexo 1 se presenta el detalle de los datos recolectados para todas las muestras obtenidas.

La forma en que se maneja la información se muestra esquemáticamente en la Figura 4.8.



**Figura 4.8.** Esquema del manejo de los datos para calcular la generación de Residuos.

Los muestreos y encuestas realizadas proporcionan datos de la composición por peso de los desechos, la cantidad de personas que la generan y el tiempo en que la acumulan. Con esto se consigue efectuar la normalización para convertirla a unidades de kg/persona/día tal y como se muestra en el Cuadro 4.7.

Además, basándose en el distrito de donde proviene la muestra, se realiza una clasificación de los residuos de acuerdo con su procedencia, en términos del tipo de barrio, ya sea rural o urbano. En el Cuadro 4.8 se nota la generación calculada para esta diferenciación. El 45% de las muestras tomadas son de tipo urbana y el restante 55% se clasifica como rural.

Tomando como base las proyecciones, a partir del Censo Piloto 2010 para Palmares (ver Cuadro 3.4), se calcula la cantidad, en toneladas por año, de residuos residenciales que se generan actualmente en Palmares. Esto se observa en el Cuadro 4.9.

Si se multiplica la cantidad total de desechos generados en cada distrito por los porcentajes que se obtienen en el Cuadro 4.8, se pueden desglosar los desechos en su composición. La cantidad total estimada de cada material, generada a nivel residencial en Palmares, es la que se muestra Cuadro 4.10. Los resultados mostrados en este cuadro se deben manejar con cuidado, ya que para conocer el total de residuos que se pueden captar en un programa de reciclaje es necesario tomar en cuenta factores de reducción. No todo el material es aprovechable y sólo un porcentaje de la población colabora con la separación en sitio.

**Cuadro 4.7.** Resultados de los muestreos y encuestas domiciliarias para estimar la generación y composición de desechos sólidos en Palmares

Tipo de Residuo	R.O	Papel y Cartón	Plástico	Metal	Vidrio	Tetrapack	Otros	Total
<b>Composición Promedio (kg/muestra)</b>	4,58	0,23	0,18	0,07	0,03	0,14	1,76	6,98
<b>Porcentaje Composición (%)</b>	65,7	3,3	2,6	0,9	0,4	2,0	25,3	100
<b>Generación Promedio (kg/per/día)</b>	<b>0,30</b>	<b>0,02</b>	<b>0,01</b>	<b>0,002</b>	<b>0,0015</b>	<b>0,01</b>	<b>0,12</b>	<b>0,470</b>
<b>Porcentaje Generación (%)</b>	63,4	4,1	3,1	1,1	0,4	2,0	25,9%	100

**Cuadro 4.8.** Clasificación de la generación de residuos urbanos y rurales

Tipo	R.O	Papel y Cartón	Plástico	Metal	Vidrio	Tetrapack	Otros	Total
<b>Res. Urbanos (45%)</b>	0,332	0,011	0,014	0,005	0,002	0,005	0,152	0,521
	63,8	2,1	2,8	0,9	0,4	0,9	29,2	100
<b>Res. Rurales (55%)</b>	0,268	0,027	0,015	0,005	0,001	0,014	0,096	0,426
	62,9	6,3	3,5	1,2	0,3	3,2	22,5	100

**Cuadro 4.9.** Cantidad anual de residuos generados por el sector residencial en Palmares

Distrito	Población Total (2010)	Tipo de Uso de Suelo	Generación (kg/pers/día)		Generación Total (ton/año)
			Urbano	Rural	
Palmares	3381	Urbano			643,4
Zaragoza	7617	Urbano			1449,4
Buenos Aires	6764	Urbano			1287,1
Santiago	2489	Rural	0,52	0,426	387,0
Candelaria	1888	Rural			293,6
Equipulas	5684	Urbano			1081,6
Granja	3707	Rural			576,4
<b>Total</b>	<b>31530</b>				<b>5718,4</b>

**Cuadro 4.10.** Composición estimada de los residuos generados por el sector residencial en Palmares

	<b>Total</b>	<b>Orgánico</b>	<b>Papel y Cartón</b>	<b>Plástico</b>	<b>Metal</b>	<b>Vidrio</b>	<b>Tetrapack</b>	<b>Otros</b>
Cantidad (ton/año)	5718	3636	172	167	55	22	81	1586
Porcentaje (%)	100	63,6	3,0	2,9	1,0	0,4	1,4	27,7

#### 4.2.2 Comparación con poblaciones similares

Del estudio realizado por ProDUS para FEDOMA, donde se analiza la posibilidad de construir un relleno sanitario en la zona occidental de Alajuela, se extraen datos de la generación de residuos en los cantones que componen este grupo de municipalidades.

Como en el estudio citado no se determina la generación de residuos para Palmares, los resultados obtenidos en la sección anterior (Cuadro 4.10) vienen a complementar esta información.

El Cuadro 4.11 contiene los promedios de los resultados de generación para cada uno de los cantones de FEDOMA. Las columnas asociadas a cada componente se dividen en dos: la sub-columna de la izquierda contiene el valor de generación del cantón respectivo, mientras que el número de la derecha (que se muestran con cursiva) representa la relación (cociente) con el cantón de Palmares. Es necesario destacar que la categoría "otros" en el caso de FEDOMA incluye lo que se conoce como "tetrapack y tetrabrick". Por esto, para hacer la comparación con los resultados de este capítulo para el caso de Palmares, se deben unir las últimas dos columnas del Cuadro 4.10. Por otro lado, los números entre paréntesis de la segunda columna indican el número de muestras medidas por ProDUS en cada lugar. Recuérdese que para el caso de Palmares se cuenta con 39 muestras en total (21 rurales y 18 urbanas).

**Cuadro 4.11.** Comparación de la generación de residuos de origen residencial del cantón de Palmarejos con los demás cantones de FEDOMA

Cantón	Clasificación (cantidad de muestras)	Total (kg/hab / día)	Generación de desechos sólidos (kg/hab/día)												
			Orgánicos	Papel y cartón	Plástico	Metales	Vidrios	Otros	Orgánicos	Papel y cartón	Plástico	Metales	Vidrios	Otros	
Grecia	Urbano (51)	0,57	1,09	0,34	1,02	0,05	4,60	0,04	2,78	0,01	2,18	0,01	4,91	0,14	0,89
	Rural (29)	0,52	1,22	0,35	1,31	0,03	1,12	0,04	2,68	0,01	1,89	0,01	7,20	0,08	0,73
	Total (80)	0,55	1,17	0,34	1,14	0,04	2,06	0,04	2,73	0,01	2,02	0,01	5,92	0,12	0,91
Atenas	Urbano (51)	0,57	1,09	0,36	1,08	0,05	4,60	0,04	2,78	0,02	4,37	0,01	4,91	0,10	0,64
	Rural (12)	0,36	0,84	0,18	0,67	0,02	0,75	0,03	2,01	0,02	3,79	0,01	7,20	0,11	1,00
	Total (63)	0,53	1,13	0,32	1,07	0,04	2,06	0,04	2,73	0,02	4,03	0,01	5,92	0,10	0,76
Poás	Urbano (42)	0,47	0,90	0,29	0,87	0,03	2,76	0,04	2,78	0,01	2,18	0,01	4,91	0,10	0,64
	Rural (17)	0,38	0,89	0,22	0,82	0,04	1,49	0,03	2,01	0,01	1,89	0,01	7,20	0,08	0,73
	Total (59)	0,45	0,96	0,27	0,91	0,03	1,54	0,03	2,05	0,01	2,02	0,01	5,92	0,10	0,76
Valverde Vega	Urbano (37)	0,57	1,09	0,32	0,96	0,05	4,60	0,04	2,78	0,01	2,18	0,01	4,91	0,14	0,89
	Rural (30)	0,45	1,06	0,27	1,01	0,03	1,12	0,03	2,01	0,01	1,89	0,01	7,20	0,10	0,91
	Total (67)	0,52	1,11	0,30	1,01	0,04	2,06	0,04	2,73	0,01	2,02	0,01	5,92	0,12	0,91
Alfaro Ruiz	Urbano (23)	0,37	0,71	0,27	0,81	0,02	1,84	0,02	1,39	0,01	2,18	0,01	4,91	0,04	0,25
	Rural (26)	0,34	0,80	0,22	0,82	0,02	0,75	0,03	2,01	0,01	1,89	0,00	0,00	0,06	0,55
	Total (49)	0,36	0,77	0,24	0,81	0,02	1,03	0,02	1,36	0,01	2,02	0,00	0,00	0,05	0,38
Naranjo	Urbano (14)	0,57	1,09	0,29	0,87	0,04	3,68	0,03	2,09	0,01	2,18	0,00	0,00	0,19	1,21
	Rural (28)	0,25	0,59	0,15	0,56	0,02	0,75	0,02	1,34	0,01	1,89	0,00	0,00	0,05	0,46
	Total (42)	0,35	0,74	0,20	0,67	0,03	1,54	0,02	1,36	0,01	2,02	0,00	0,00	0,10	0,76
FEDOMA	Urbano (218)	0,53	1,02	0,32	0,96	0,04	3,68	0,04	2,78	0,01	2,18	0,01	4,91	0,12	0,76
	Rural (142)	0,39	0,92	0,24	0,89	0,03	1,12	0,03	2,01	0,01	1,89	0,01	7,20	0,08	0,73
	Total (360)	0,47	1,00	0,29	0,97	0,04	2,06	0,03	2,05	0,01	2,02	0,01	5,92	0,10	0,76

Fuente: ProDUS, FEDOMA (2008)

### **4.3 Estimación de la generación y composición de los residuos originados por otros sectores económicos**

Los residuos provenientes de actividades comerciales y de la producción a nivel industrial suelen tener una fracción menor de desechos orgánicos. Su composición mayoritaria consiste en materiales que se pueden captar en un centro de acopio como el que se plantea más adelante en este trabajo.

Sin embargo, como se viene mencionando, determinar de manera precisa la generación de residuos en estos sectores económicos implica muestreos más detallados. Además, se deben realizar de manera continua en el tiempo. Este tipo de trabajo queda fuera del alcance de la investigación presentada, por lo que la estimación que se analiza en esta sección sirve tan sólo como información básica o punto de partida para considerar los desechos de origen comercial en los estudios posteriores.

Como primer punto se asume que la cantidad total de desechos recolectados actualmente en Palmares está conformada únicamente por dos grupos: 1.) Los residuos generados por el sector domiciliar y 2.) Los generados por todos los demás sectores que se incluyen en la Sección 3.1 (comercial, industrial, institucional y otros).

De esta forma, en el año 2010 se recolectan 8366 toneladas que equivalen en promedio a 22,92 toneladas diarias. Según la estimación realizada en la Sección 4.2, 5718 toneladas corresponden al primer grupo (domiciliar) que se traduce en un 68,4%. Por diferencia, el 31,6% de los desechos son generados por el "grupo 2", esto es 2648 toneladas o bien, 7258 kilogramos producidos diariamente. Nótese que en realidad se habla de tasas de recolección y no de generación. (Ver Sección 2.2.1)

Adicionalmente, para aproximar la caracterización de los residuos de este segundo grupo es necesario suponer el porcentaje de cada clase de residuo generado según el tipo de negocio, tal y como se presenta en el Cuadro 4.12. La composición de los desechos originados por otros sectores se infiere por la información suministrada por las encuestas a los comercios e industrias, por la base de datos de patentes resumida en el Cuadro 3.6 y por la caracterización de residuos industriales mostrada en el marco teórico del Capítulo 2.

Con la información disponible es imposible precisar cuántos desechos genera una local comercial. Por ejemplo, cuánto genera una pulpería o abastecedor con respecto a lo que produce un supermercado. La base de datos municipal no contiene ningún rubro que dé alguna idea del tamaño del local u otra variable que se pueda asociar con la generación

de residuos. Subjetivamente, se define un factor que considera esta diferencia suponiendo un factor de 1,0 para las tiendas y otros para el resto como se muestra en Cuadro 4.12.

**Cuadro 4.12.** Suposiciones realizadas para estimar la cantidad de residuos generados por otros sectores económicos.

Tipo de Comercio	Factor	Gen (kg/ com /día)	Porcentaje supuesto de composición por tipo de comercio							Total (%)
			R.O (%)	Papel y Cartón (%)	Plástico (%)	Metal (%)	Vidrio (%)	Tetrapack (%)	Otros (%)	
Tienda (Factor base)	1	1,68	0	45	45	0	0	0	10	100
Almacén o Bazar	2	3,36	0	45	45	0	0	0	10	100
Abastecedor o Pulpería	1	1,68	15	30	40	0	0	5	10	100
Supermercado	4	5,04	15	30	35	0	0	5	15	100
Restaurante o Soda	1,5	2,52	50	15	15	0	2,5	2,5	15	100
Alimentos	1	1,68	35	25	30	0	0	0	10	100
Fotocopias o Artículos de Oficina	1	1,68	0	50	35	0	0	0	15	100
Ferretería o Depósito de Materiales	1	1,68	0	35	40	5	5	0	15	100
Taller	2	3,36	0	30	35	15	5	0	15	100
Servicios	0,5	0,84	38	20	30	1	1	0	10	100
Distribuidora	0,5	0,84	0	40	45	0	0	0	15	100
Agroindustria	2	3,36	35	15	25	5	5	0	15	100
Otras Industrias	3	5,04	10	25	30	15	5	0	15	100
Otros	1	1,68	30	20	34	2	2	2	10	100

Finalmente, se calcula cuál es la cantidad de residuos generados de cada material a partir de todos los supuestos realizados. El peso en kilogramos por día que se espera, según este análisis, para los sectores comerciales e industriales y su respectivo porcentaje se presenta en el Cuadro 4.13.

**Cuadro 4.1.3.** Estimación de la cantidad de residuos generados por otros sectores económicos.

Tipo de Comercio	Total de Comercios	Orgánico (kg/día)	Papel y Cartón (kg/día)	Plástico (kg/día)	Metal (kg/día)	Vidrio (kg/día)	Tetrapack (kg/día)	Otros (kg/día)	Total	
									(kg/día)	(kg/Comercio/día)
Tienda	206	0	368	368	0	0	0	82	817	4
Almacén o Bazar	146	0	521	521	0	0	0	116	1158	8
Abastecedor o Pulpería	150	89	178	238	0	0	30	59	595	4
Supermercado	28	22	178	155	0	11	11	67	444	16
Restaurante o Soda	118	246	175	140	0	18	18	105	702	6
Alimentos	67	93	66	80	0	0	0	27	266	4
Fotocopias o Artículos de Oficina	35	0	69	49	0	0	0	21	139	4
Ferretería o Depósito de Materiales	55	0	76	87	11	11	0	33	218	4
Taller	224	0	533	622	266	89	0	266	1776	8
Servicios	106	80	42	63	2	2	0	21	210	2
Distribuidora	23	0	18	21	0	0	0	7	46	2
Agroindustria	14	39	17	28	6	6	0	17	111	8
Otras Industrias	44	52	131	157	79	26	0	79	523	12
Otros	63	75	50	85	5	5	5	25	250	4
<b>Total</b>	<b>1279</b>	<b>696</b>	<b>2423</b>	<b>2613</b>	<b>368</b>	<b>167</b>	<b>63</b>	<b>923</b>	<b>7254</b>	<b>6</b>
Porcentaje (%)		9,6	33,4	36,0	5,1	2,3	0,9	12,7	100	

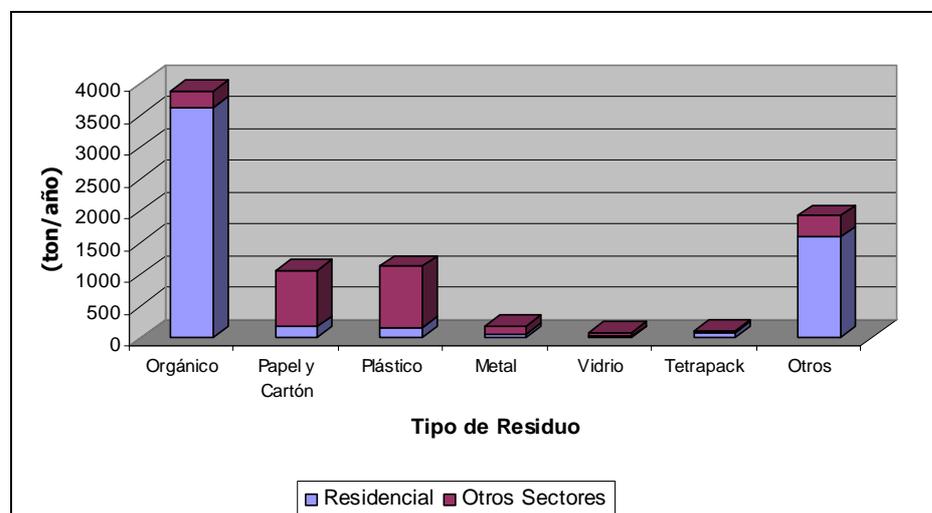
#### 4.4 Generación total y proyecciones

La suma de los residuos generados que se obtiene en las dos secciones anteriores, se presenta en el Cuadro 4.14. Se calcula la tasa de generación tomando en cuenta todos los sectores económicos para relacionarla con la población actual de Palmares. De esta forma, se realizan las proyecciones para estimar la cantidad de materiales que se generarán en las próximas décadas.

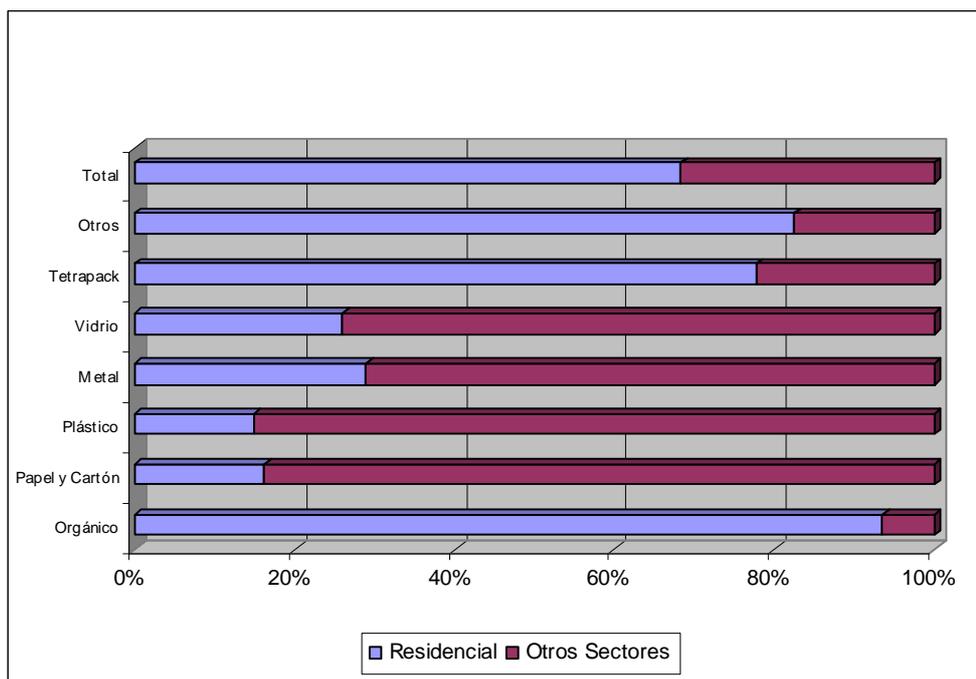
En las Figuras de la 4.9 a la 4.13 se expresan gráficamente los porcentajes de generación según la composición esperada para el año 2010. También se aprecia el aporte a la generación del sector residencial con respecto a los otros sectores económicos.

**Cuadro 4.14.** Generación de residuos sólidos en Palmares tomando en cuenta todos los sectores generadores de residuos.

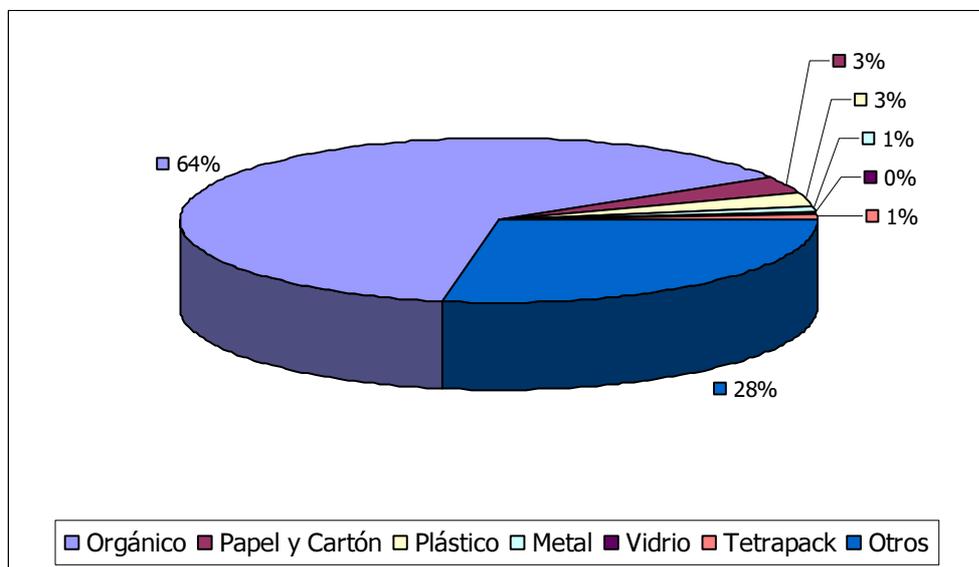
	<b>Orgánico</b>	<b>Papel y Cartón</b>	<b>Plástico</b>	<b>Metal</b>	<b>Vidrio</b>	<b>Tetrapack</b>	<b>Otros</b>	<b>Total</b>
Cantidad (ton/año)	3890	1057	1121	189	83	104	1923	8366
Porcentaje (%)	46,5	12,6	13,4	2,3	1,0%	1,2	23,0	100
Generación (kg/pers/día)	0,34	0,09	0,10	0,02	0,01	0,01	0,17	0,73



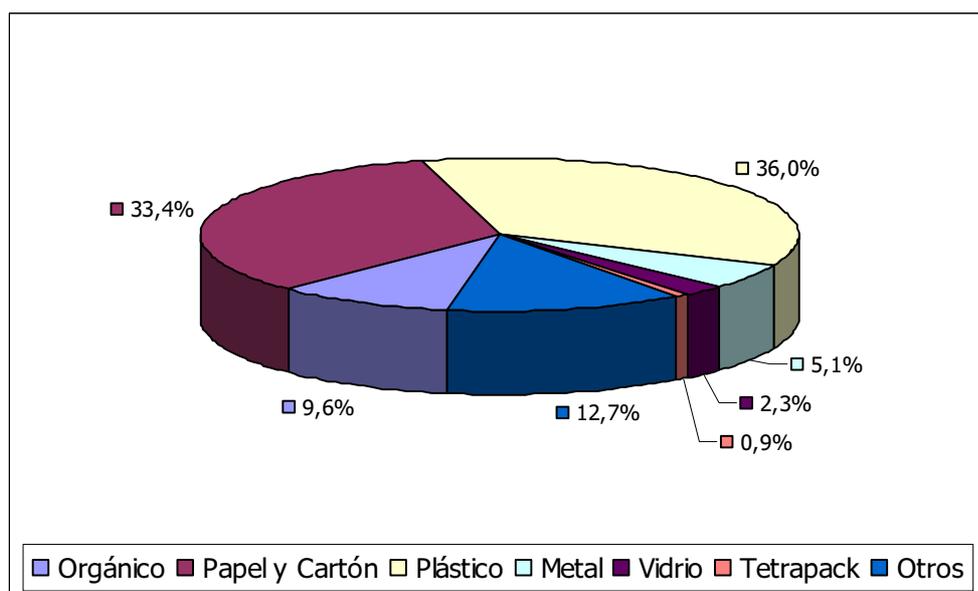
**Figura 4.9.** Contribución a la generación de residuos por parte del sector residencial con respecto a la de los otros sectores económicos.



**Figura 4.10.** Porcentaje aportado por cada sector según el tipo de residuo.



**Figura 4.11.** Porcentaje de cada componente de los residuos generados por el sector residencial según lo estimado para el 2010.



**Figura 4.12.** Porcentaje de cada componente de los residuos generados por los otros sectores económicos según lo estimado para el 2010.

Bajo el supuesto de que la generación de residuos en kilogramos por persona por día se mantiene igual, se realiza la proyección para los años 2020 y 2030. Esta se hace mediante una relación lineal con las estimaciones de población que se muestran en el capítulo anterior, y en el Cuadro 4.15. En este cuadro también se realiza el cálculo de las proyecciones en caso de que el aumento fuera mayor o menor con respecto a lo obtenido por el INEC en el censo piloto Palmares 2010 (5.9% en población y el 18.8% en vivienda en 10 años).

Los supuestos analizados implican simplificaciones a variables complejas que son difíciles de considerar y prever. Para la estimación que se presenta, se asume que la cantidad de residuos generados tanto por el sector residencial como por el comercial y la industria dependen, de manera directa, de la población del cantón. Con base en esto, se realizan las proyecciones. Se debe tener claro que no es posible determinar de antemano cómo va a variar la generación en kilogramos por persona al día. No se puede saber cuántos comercios habrá en los próximos años ni cuál será la generación promedio por negocio. No obstante, dado el alcance del proyecto y con el fin de realizar una primera aproximación, se considera razonable relacionar la generación de residuos con el aumento en la población. Se hace hincapié en que todo razonamiento basado en estos resultados debe ir acompañado de un análisis de sensibilidad que permita considerar dicha incertidumbre.

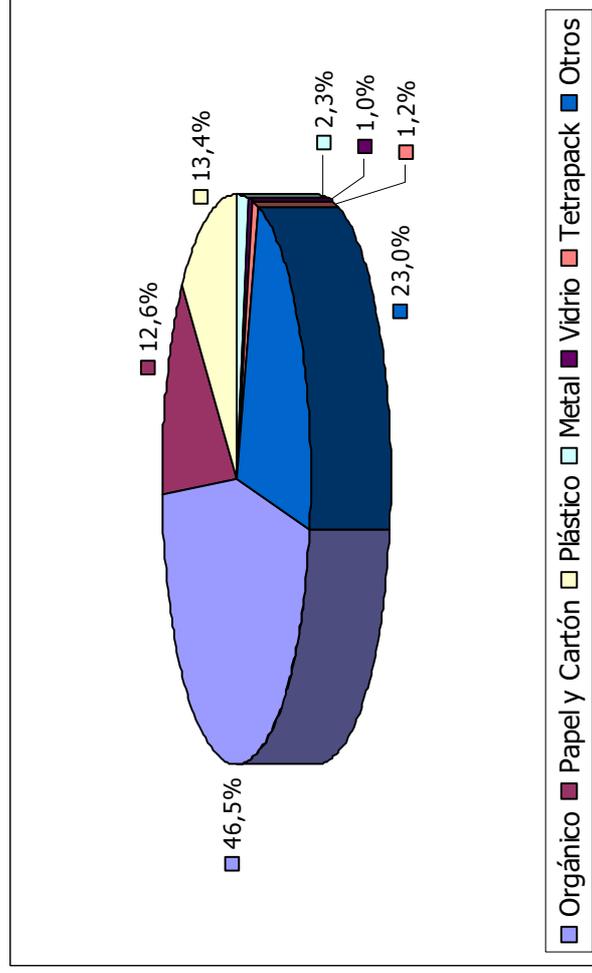


Figura 4.13. Porcentaje de cada componente de los residuos generados por todos los sectores según lo estimado para el 2010.

Cuadro 4.15. Proyecciones de generación de residuos para los años 2010, 2020 y 2030

Año	Aumento de población (% en 10 años)	Población Total	Composición (ton/año)							Total
			Orgánico	Papel y Cartón	Plástico	Metal	Vidrio	Tetrapack	Otros	
<b>2010</b>		<b>31530</b>	<b>3890</b>	<b>1057</b>	<b>1121</b>	<b>189</b>	<b>83</b>	<b>104</b>	<b>1923</b>	<b>8366</b>
	2,50	32318	3987	1083	1149	194	85	107	1971	8575
<b>2020</b>	<b>5,90 (INEC)</b>	<b>33390</b>	<b>4120</b>	<b>1119</b>	<b>1187</b>	<b>200</b>	<b>88</b>	<b>110</b>	<b>2036</b>	<b>8860</b>
	8,00	34052	4201	1142	1211	204	90	112	2077	9035
	2,50	33126	4087	1111	1178	199	87	109	2020	8790
<b>2030</b>	<b>5,90 (INEC)</b>	<b>35360</b>	<b>4363</b>	<b>1185</b>	<b>1257</b>	<b>212</b>	<b>93</b>	<b>117</b>	<b>2157</b>	<b>9382</b>
	8,00	36777	4537	1233	1308	220	97	121	2243	9758

Se toman en cuenta el 2010, 2020 y 2030 como los plazos de proyección porque, en caso de que se ejecute un centro de recuperación de materiales (ver Capítulo 5), se propone una vida útil de 20 años para este.

#### **4.5 Otros Aspectos observados**

En las encuestas realizadas a las casas se solicita información de la cantidad de personas y el tiempo que tardan (en días) para generar los desechos. Adicionalmente, se aprovecha para obtener otro tipo de información de interés.

Las 39 muestras medidas se distribuyen de la siguiente manera: 11 se realizan en el distrito central (28%), 14 en Zaragoza (36%), 3 en Esquipulas (8%), 4 en La Granja (10%), 2 en Candelaria (5%), y 5 en Buenos Aires (13%).

En un 28% de los hogares encuestados responden que sí clasifican los materiales para el reciclaje. Los tipos de materiales que muestran más interés para reciclar por parte de los domicilios encuestados son el papel, el cartón y el plástico. Sin embargo, se encuentran familias que separan otros residuos como el vidrio, el metal, el tetrabrick e incluso los orgánicos. Los desechos clasificados por esas personas son llevados a centros de reciclaje tanto dentro como fuera del cantón. Se presentan casos en que se acostumbra a separar pero los residuos terminan en el camión recolector sin ser aprovechados.

Por otro lado, la encuesta a comercios también solicita información adicional a la requerida para estimar la generación de residuos. Se pregunta si se conoce la clasificación general de los residuos para el reciclaje, si acostumbra separar los materiales, si se dispone de espacio para almacenar residuos separados y si las personas encargadas del negocio están dispuestas a colaborar con un programa de reciclaje municipal.

La encuesta se efectúa en 9 tiendas de distintos tipos como zapaterías, tiendas de ropa, bisutería, artículos de plástico y deportivos. Se aplica en 1 bazar de electrodomésticos, 1 bodega de supermercado, 2 abastecedores, 1 restaurante, 1 soda, 2 carnicerías, 1 panadería, 1 expendio de frutas y hortalizas y 1 ferretería. Adicionalmente, se entrevista a las personas encargadas de la limpieza del mercado municipal y del Liceo de Palmares.

En los casos en que los materiales son recuperados, generalmente se trata de papel y cartón. Se comenta que el plástico de envolturas se desecha por no ser recuperable, ya sea porque siempre se ensucia o porque consideran que no es reciclable. Al igual que en las viviendas, el papel y el plástico separados son llevados a centros de reciclaje o la empresa dispone de un medio para su aprovechamiento. La mitad de los locales que generan residuos orgánicos disponen de un método para aprovecharlos, ya sea como alimento de animales o compostaje casero.

Un 82% de las personas que atienden locales conocen la clasificación de los residuos reciclables. Sin embargo, sólo en el 45% de los locales separan, al menos, un tipo de residuo para el reciclaje. Estos disponen de espacio para almacenar los materiales. Además, ante la pregunta de si está dispuesto a colaborar con un programa de reciclaje, un 18% de entrevistados se reservan la respuesta o señalan que no.

Durante la entrevista, se dejan espacios abiertos para comentarios. Los comercios que no realizan tareas de reciclaje argumentan distintas razones por lo cual no clasifican sus desechos:

- No cuentan con espacio para almacenar.
- No conocen un lugar para llevar el material separado o no disponen de tiempo para hacerlo.
- Es muy poco o nulo el material recuperable.
- No hay interés.
- No disponen de tiempo.

Todas las personas entrevistadas en los comercios concuerdan que es indispensable que exista un sistema de recolección para el material reciclado. Por su parte, la opinión sobre cuál debe ser la frecuencia de recolección de estos desechos es muy variable. Mientras algunos consideran que una vez al mes es el adecuado, otros dicen requerir de este servicio cada dos días dependiendo del nivel de ventas según la época del año.

## 4.6 Análisis de Resultados

Es necesario notar la desventaja funcional que existe debido a la forma en como se subcontrataba el servicio de recolección. Se daba un contrato escrito entre la Municipalidad y una empresa primaria como lo es "Agropecuaria Palmarín". Esta contrataba a su vez y de manera verbal a una secundaria: "Servicios del Valle", que es la que se encarga de la mayor parte del servicio. Se infiere entonces, que la Municipalidad puede disminuir sus gastos por esta prestación si se realiza un contrato directo.

Por otro lado, toda la información recabada a través de la observación del sistema de recolección, así como los cambios que se presentan a través del tiempo que tarda la investigación, tiene como finalidad, no sólo identificar las características del sistema con sus fortalezas y debilidades para establecer el diagnóstico, si no también revelar los parámetros que sirven para el diseño de las rutas.

Como se menciona, los camiones recolectores destinados a las distintas partes del cantón son elegidos en función de su capacidad, tamaño y potencia. También se señala que al término de la jornada de recolección, los vehículos logran abarcar toda su cobertura, pero quedan completamente llenos. El hecho de que todos los camiones salgan tan ajustados revela que las rutas son bien escogidas en función de la densidad de residuos que contiene cada una.

Al revisar los criterios señalados en el marco teórico para el diseño de rutas, se establecen varias conclusiones:

- Las rutas no son concebidas para iniciar y terminar cerca del punto de disposición final. Este criterio pierde importancia al tomar en cuenta la distancia al relleno sanitario.
- Cuando se atienden zonas alejadas y con topografía quebrada, se debe tratar de cubrir todo en un solo viaje. Esto no sucede en algunos casos. Por ejemplo, el núcleo 17 (Rincón de Zaragoza) no se termina en la ruta 3, por lo que luego se debe volver en la ruta 6 para terminar.
- No se evitan los giros a la izquierda en algunas partes en las que se da la opción de dar vuelta a la derecha sin ningún problema. En los distritos centrales no se aplica la técnica de recolección por calles y avenidas.

- Es indiferente la recolección cuesta arriba o hacia abajo, incluso en tramos en los que se puede concebir la ruta de otra forma para evitar el gasto innecesario de combustible.
- En gran parte de las rutas, se minimizan las repeticiones o redundancias en recolección. Esto es un resultado evidente de la experiencia y la constante depuración. Sin embargo, se identifican algunos tramos en los que se puede mejorar, sobre todo en las rutas 3 y 6.
- No se conoce en detalle los recorridos tal y como se realizan actualmente (después de enero de 2011). Estos se planean para recolectar por distrito. Sin embargo, es posible que deban adaptarse y someterse a continuos cambios ya que difieren en mucho a los ya conocidos.

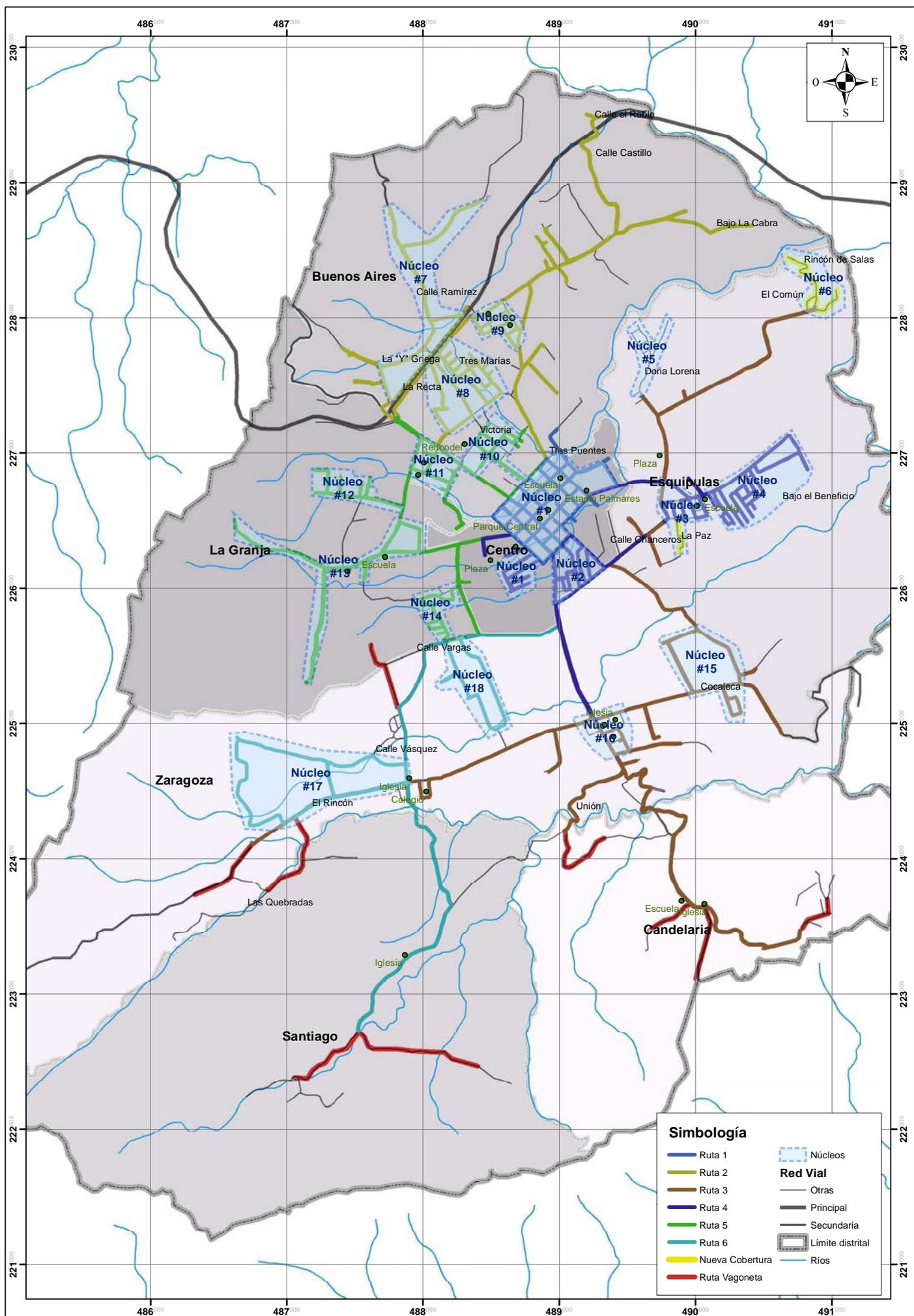
Aunque el camión que recolecta los cuadrantes del distrito Central no tenga problemas por transitar sin respetar los sentidos de las vías, esta es una práctica que se debe descartar por motivos de seguridad vial.

Los resultados obtenidos en cuanto a la generación y composición de los residuos, mostrados en los Cuadros 4.14 y 4.15, constituyen un insumo para establecer la planificación de la gestión de residuos. Sin embargo, existe gran incertidumbre asociada al cálculo de estos parámetros. Esto se debe a factores que afectan la obtención de datos, tal y como se explica en las limitaciones expuestas en el Capítulo 1. Por esta razón, es importante efectuar un análisis de sensibilidad que considere el efecto de las variaciones en los supuestos realizados tomando en cuenta factores como: los tipos de barrios definidos como urbanos y rurales, la cantidad de viviendas, el tamaño limitado de muestras tomadas para el sector residencial y la estimación de generación en los comercios e industrias. También resulta difícil determinar cuantos residuos están siendo reciclados actualmente. En el Capítulo 2 se vio que las empresas dedicadas al reciclaje en la mayoría de los casos se reservan sus cifras.

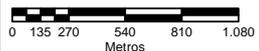
De acuerdo con lo observado de la Figura 4.9 a la 4.13, es posible establecer varias conclusiones para el análisis y la toma de decisiones:

- Los residuos de origen residencial están compuestos, en su mayoría, por material orgánico aunque se detecta una pequeña fracción de papel y plásticos.

- Obsérvese del Cuadro 4.8, que la generación de residuos en los distritos rurales como Candelaria y Santiago es muy baja en comparación con el resto. Contrario a lo esperado, en estos lugares la generación de residuos orgánicos es ligeramente menor. Este resultado, se puede asociar con la diferencia del estilo de vida de los habitantes de un sector a otro y de los servicios a los que acceden. Además, al analizar el porcentaje de viviendas que separan sus residuos orgánicos, visto en el capítulo anterior, se nota que los distritos citados presentan mejores tasas de participación.
- El aporte más significativo a la generación de material potencialmente aprovechable en un centro de recuperación, lo dan los sectores ajenos al residencial (comercios, industrias, instituciones y otros). Por lo que los esfuerzos por aumentar los niveles de participación deben centrar su prioridad sobre este tipo de generadores.
- Para reducir sustancialmente la cantidad de residuos que se depositan anualmente en el sitio de disposición final, es necesario determinar una solución para el aprovechamiento de los residuos orgánicos. Del resumen mostrado en el Cuadro 4.14, si se toman en cuenta todos los desechos que se generan en el cantón, se estima que un 46,5% corresponde a este tipo de residuos. Es decir, cerca de 4000 ton por año, de las cuales una parte importante puede ser aprovechada de existir una buena solución.

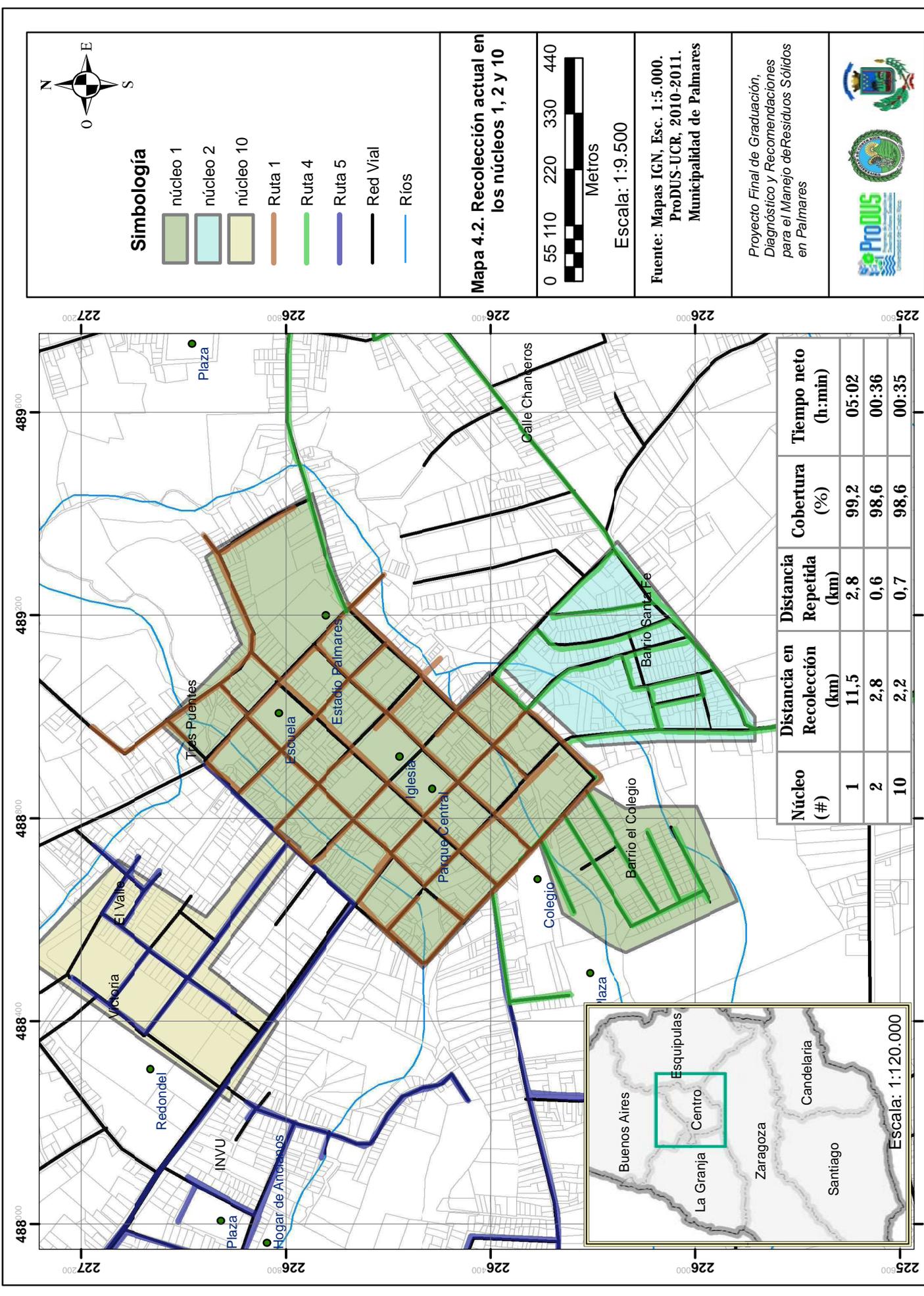


**Mapa 4.1. División de la Red Vial y Rutas de Recolección en Palmares**



Escala  
1:25.000

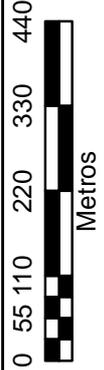




**Simbología**

- núcleo 1
- núcleo 2
- núcleo 10
- Ruta 1
- Ruta 4
- Ruta 5
- Red Vial
- Ríos

**Mapa 4.2. Recolección actual en los núcleos 1, 2 y 10**



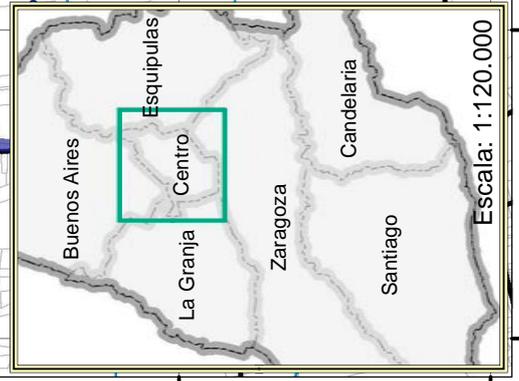
Escala: 1:9.500

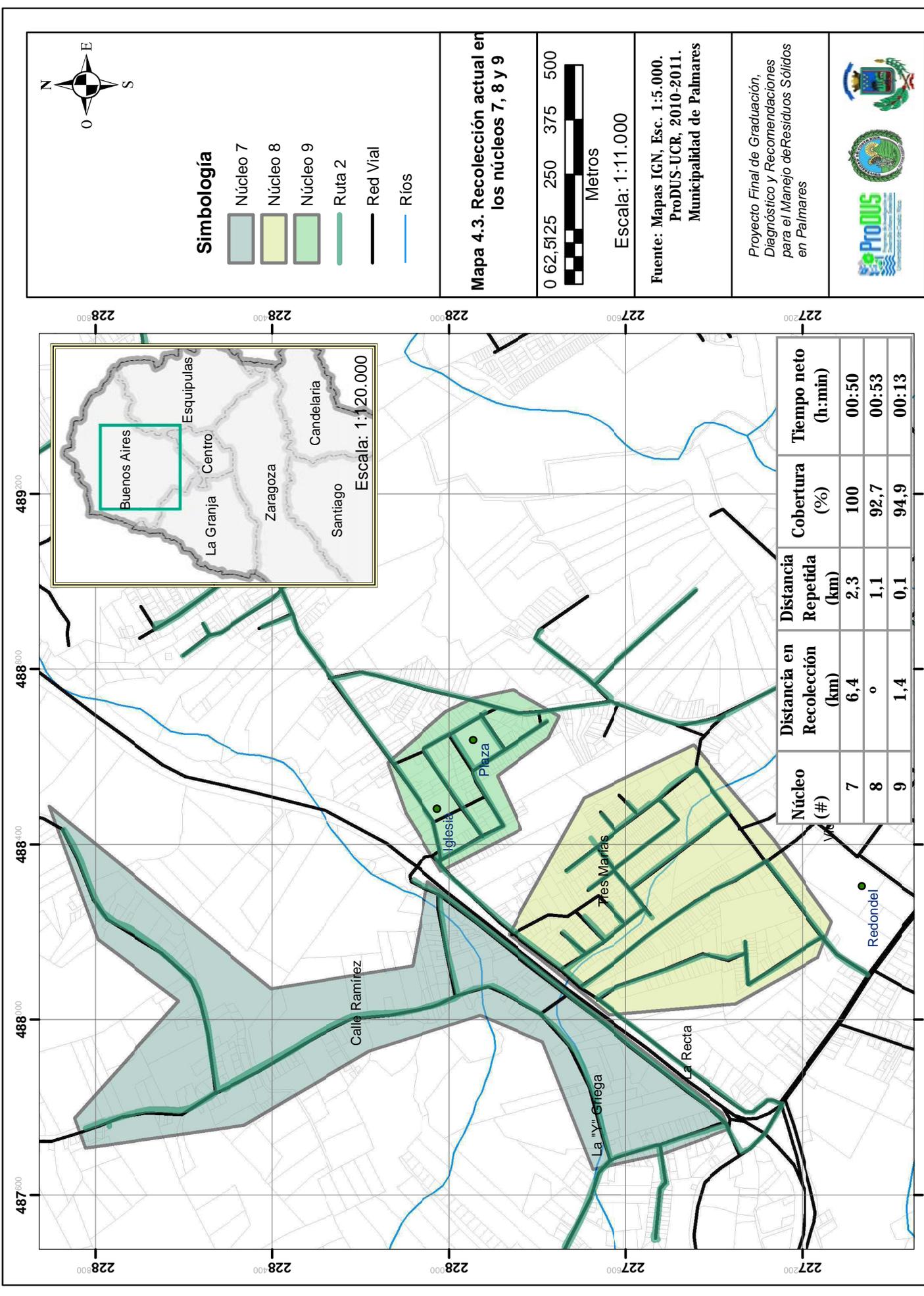
Fuente: Mapas IGN, Esc. 1:5.000.  
ProDUS-UCR, 2010-2011.  
Municipalidad de Palmares

*Proyecto Final de Graduación,  
Diagnóstico y Recomendaciones  
para el Manejo de Residuos Sólidos  
en Palmares*



Núcleo (#)	Distancia en Recolección (km)	Distancia Repetida (km)	Cobertura (%)	Tiempo neto (h:min)
1	11,5	2,8	99,2	05:02
2	2,8	0,6	98,6	00:36
10	2,2	0,7	98,6	00:35

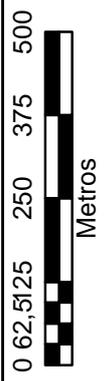




**Simbología**

- Núcleo 7
- Núcleo 8
- Núcleo 9
- Ruta 2
- Red Vial
- Ríos

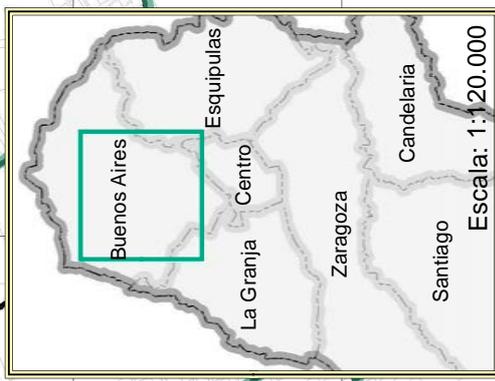
**Mapa 4.3. Recolección actual en los núcleos 7, 8 y 9**



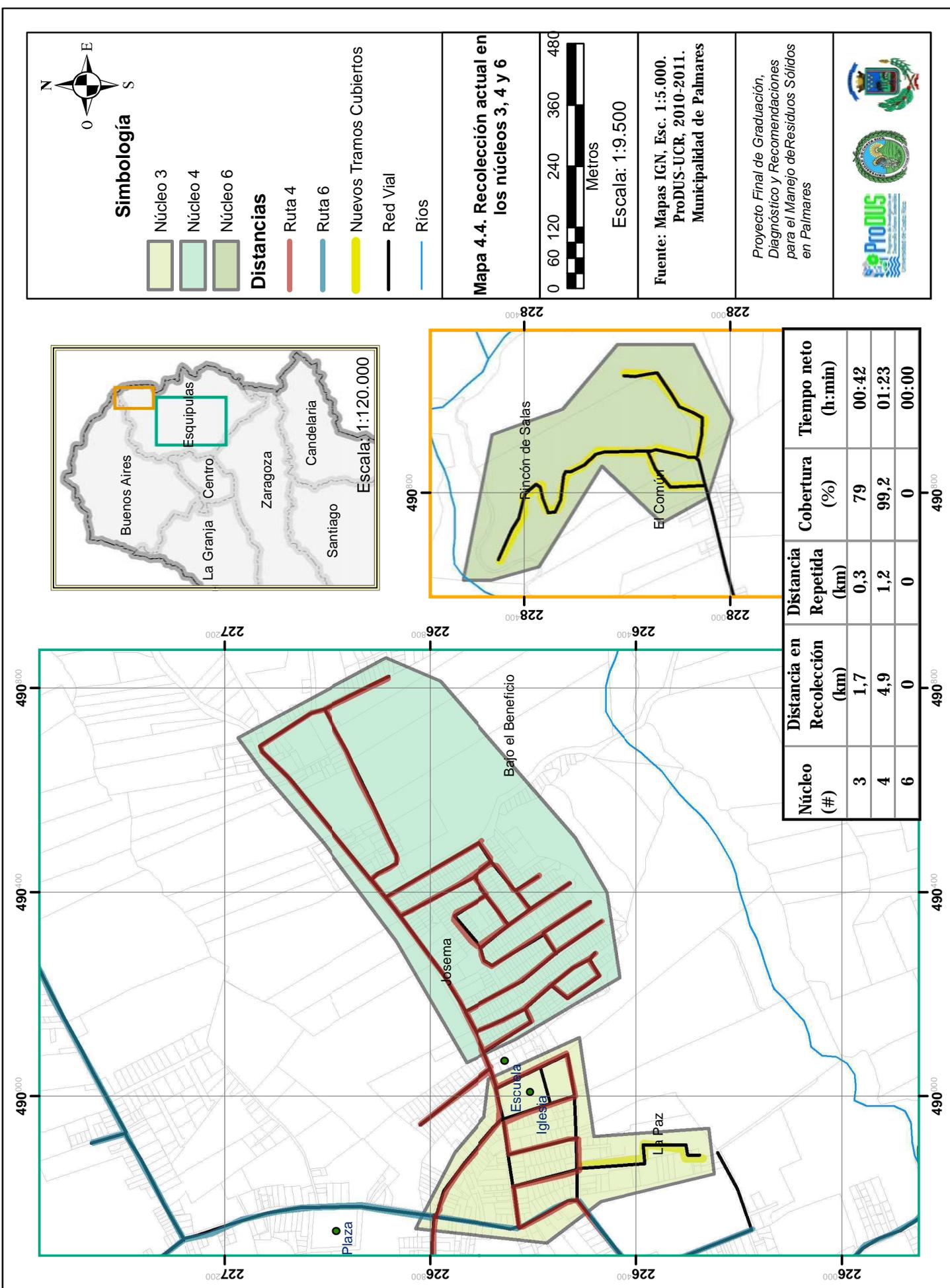
Escala: 1:11.000

Fuente: Mapas IGN, Esc. 1:5.000.  
ProDUS-UCR, 2010-2011.  
Municipalidad de Palmares

*Proyecto Final de Graduación,  
Diagnóstico y Recomendaciones  
para el Manejo de Residuos Sólidos  
en Palmares*



Núcleo (#)	Distancia en Recolección (km)	Distancia Repetida (km)	Cobertura (%)	Tiempo neto (h:min)
7	6,4	2,3	100	00:50
8	0	1,1	92,7	00:53
9	1,4	0,1	94,9	00:13



**Simbología**

- Núcleo 3
- Núcleo 4
- Núcleo 6

**Distancias**

- Ruta 4
- Ruta 6
- Nuevos Tramos Cubiertos
- Red Vial
- Ríos

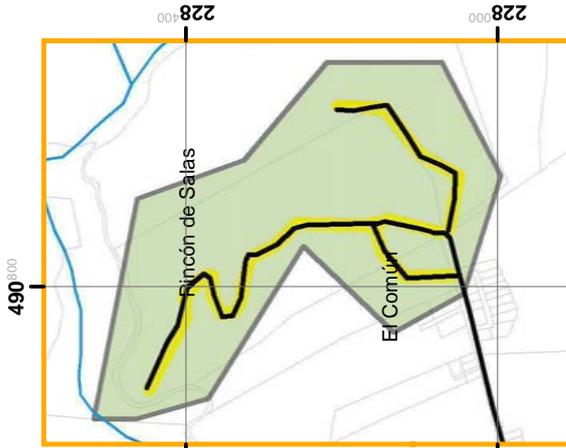
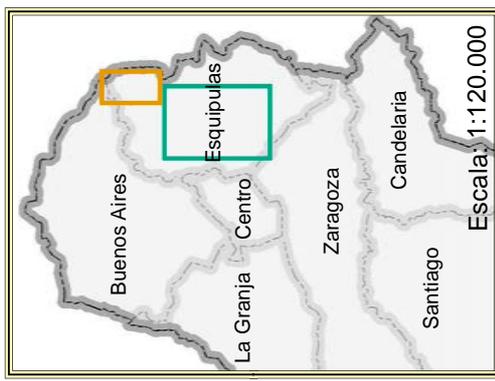
**Mapa 4.4. Recolección actual en los núcleos 3, 4 y 6**



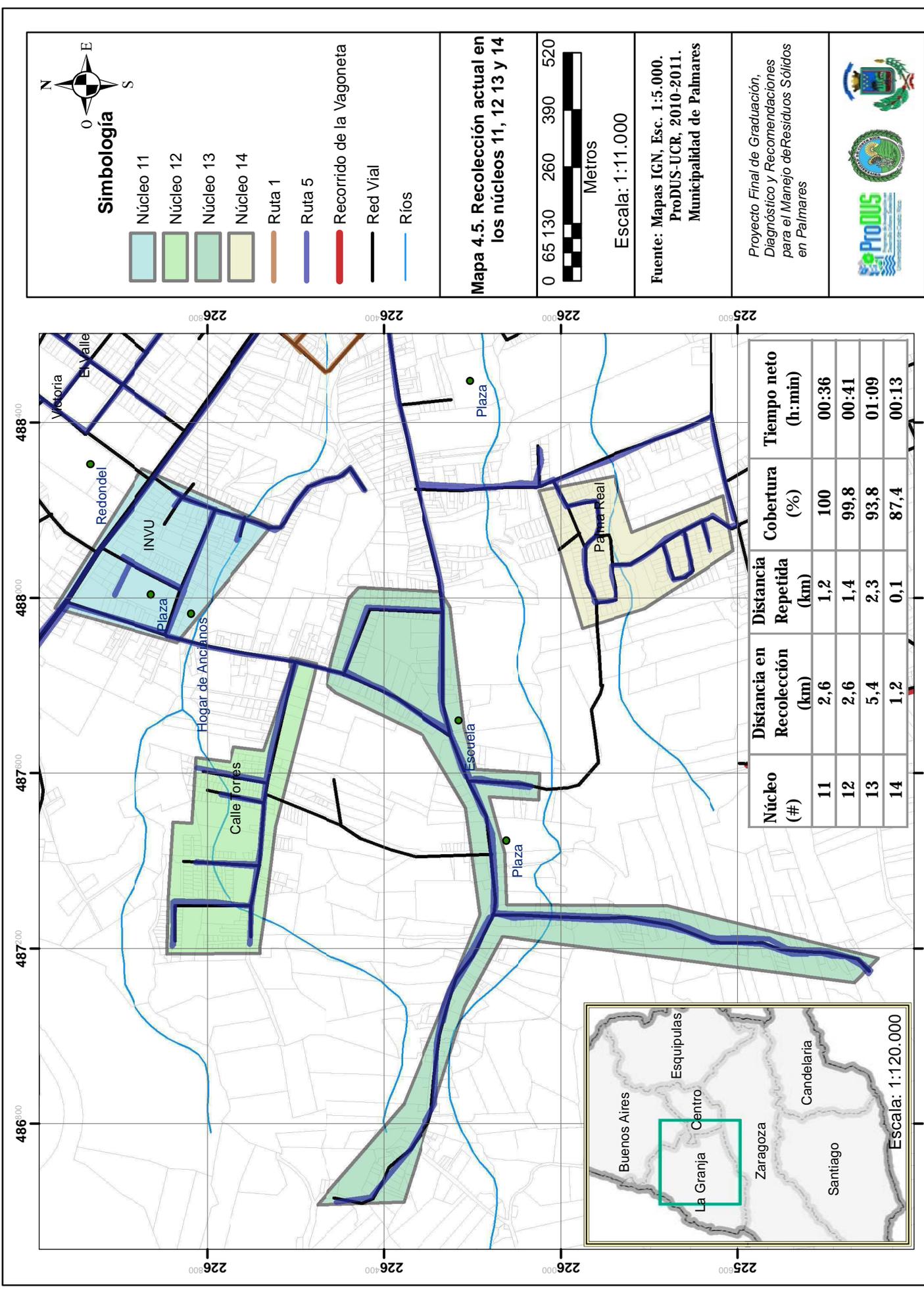
Escala: 1:9.500

Fuente: Mapas IGN, Esc. 1:5.000.  
ProDUS-UCR, 2010-2011.  
Municipalidad de Palmares

*Proyecto Final de Graduación,  
Diagnóstico y Recomendaciones  
para el Manejo de Residuos Sólidos  
en Palmares*



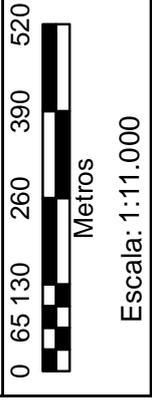
Núcleo (#)	Distancia en Recolección (km)	Distancia Repetida (km)	Cobertura (%)	Tiempo neto (h:min)
3	1,7	0,3	79	00:42
4	4,9	1,2	99,2	01:23
6	0	0	0	00:00



**Simbología**

- Núcleo 11
- Núcleo 12
- Núcleo 13
- Núcleo 14
- Ruta 1
- Ruta 5
- Recorrido de la Vagoneta
- Red Vial
- Ríos

**Mapa 4.5. Recolección actual en los núcleos 11, 12 13 y 14**



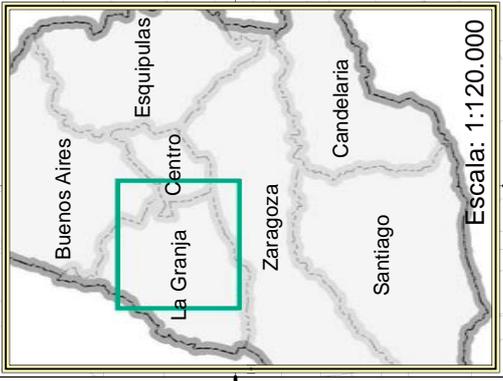
Escala: 1:11.000

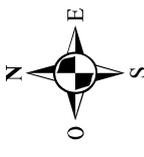
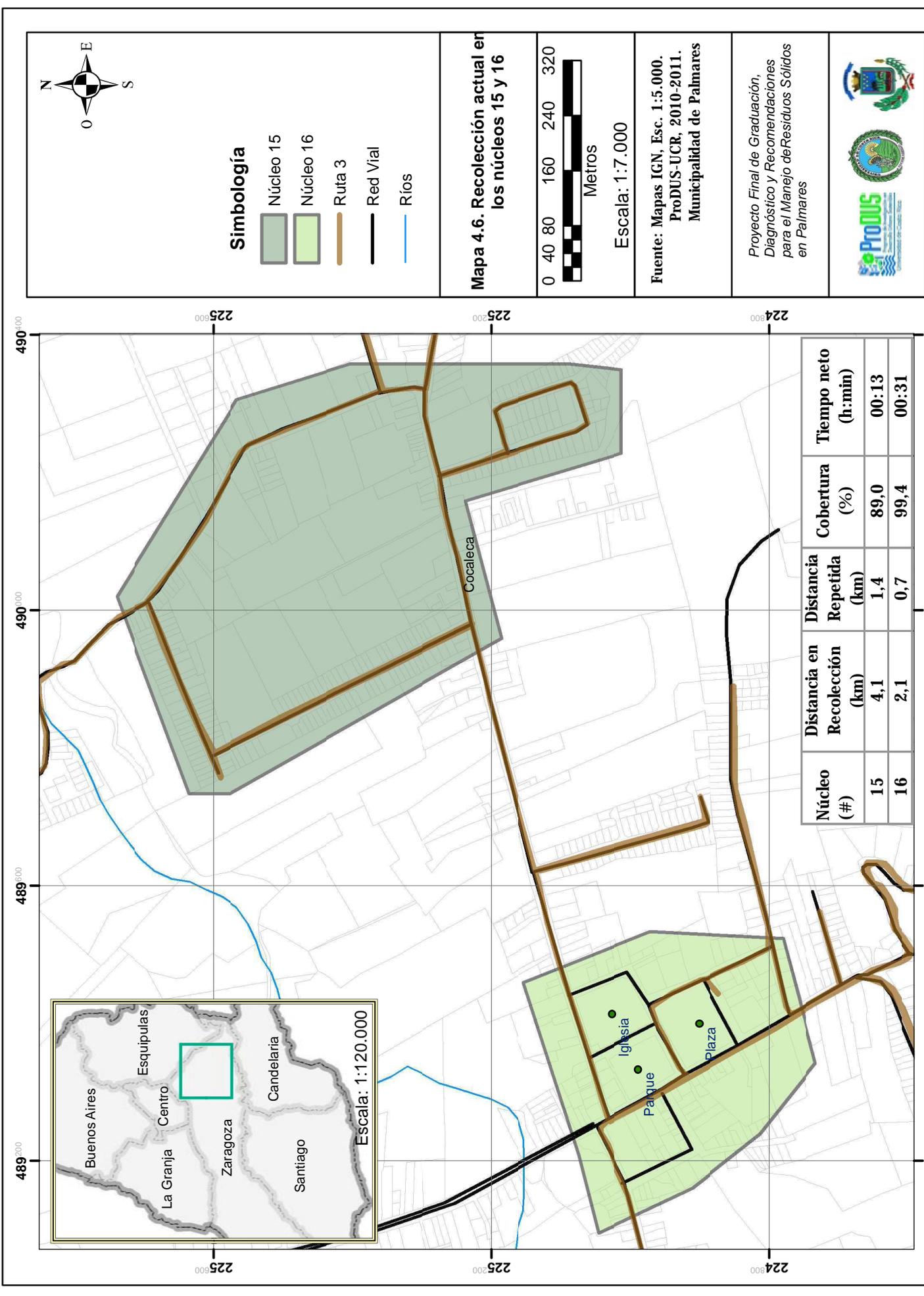
Fuente: Mapas IGN, Esc. 1:5.000.  
ProDUS-UCR, 2010-2011.  
Municipalidad de Palmares

Proyecto Final de Graduación,  
Diagnóstico y Recomendaciones  
para el Manejo de Residuos Sólidos  
en Palmares



Núcleo (#)	Distancia en Recolección (km)	Distancia Repetida (km)	Cobertura (%)	Tiempo neto (h:min)
11	2,6	1,2	100	00:36
12	2,6	1,4	99,8	00:41
13	5,4	2,3	93,8	01:09
14	1,2	0,1	87,4	00:13

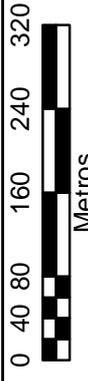




**Simbología**

- Núcleo 15
- Núcleo 16
- Ruta 3
- Red Vial
- Ríos

**Mapa 4.6. Recolección actual en los núcleos 15 y 16**



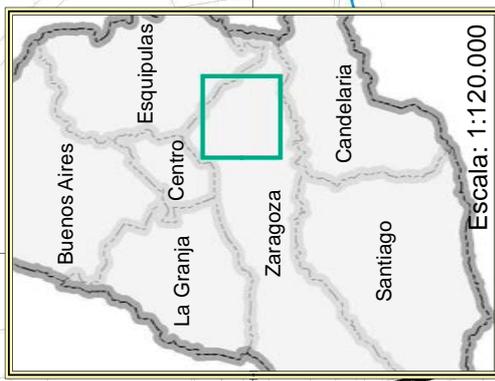
Escala: 1:7.000

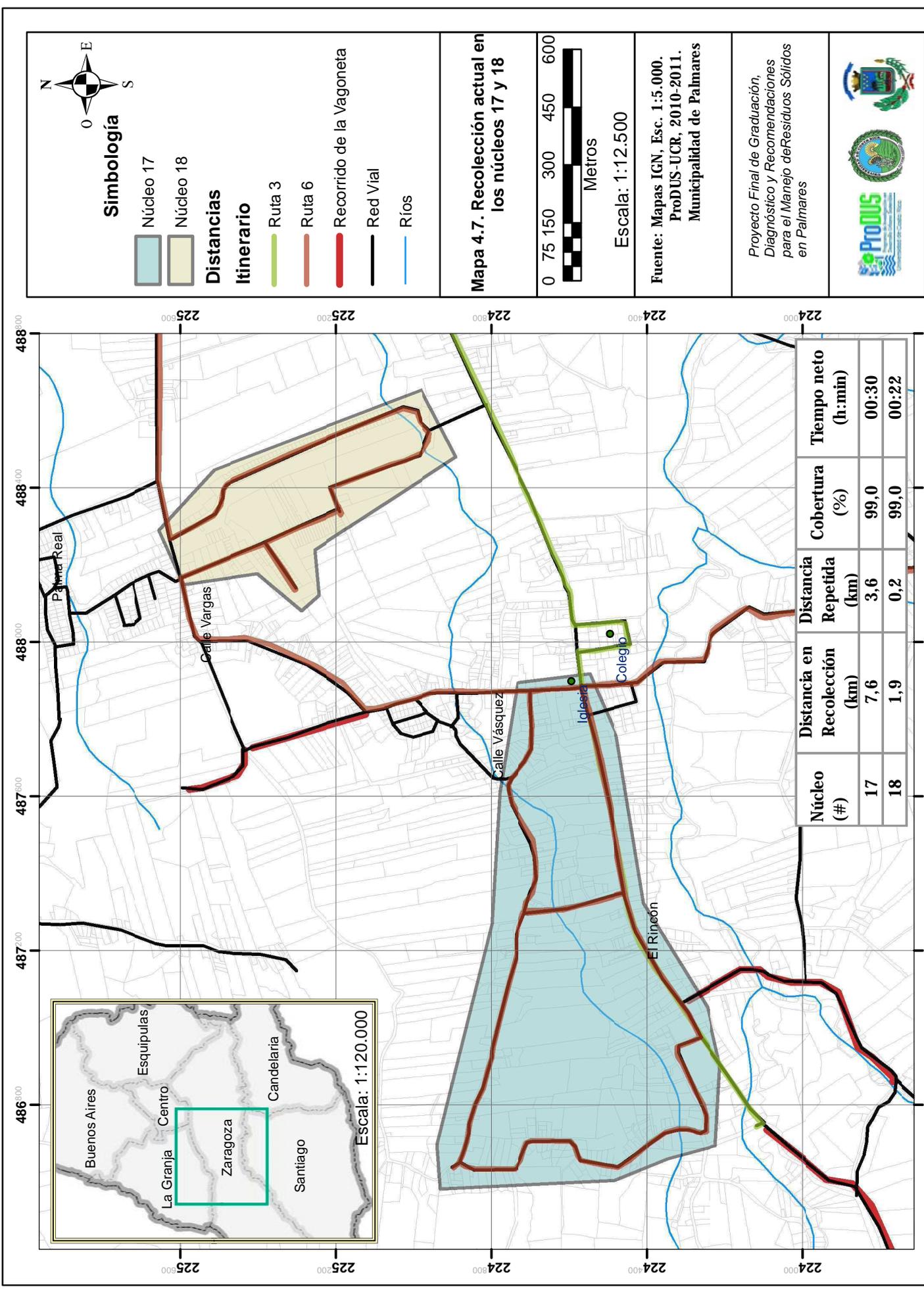
Fuente: Mapas IGN, Esc. 1:5.000.  
ProDUS-UCR, 2010-2011.  
Municipalidad de Palmares

*Proyecto Final de Graduación,  
Diagnóstico y Recomendaciones  
para el Manejo de Residuos Sólidos  
en Palmares*



Núcleo (#)	Distancia en Recolección (km)	Distancia Repetida (km)	Cobertura (%)	Tiempo neto (h:min)
15	4,1	1,4	89,0	00:13
16	2,1	0,7	99,4	00:31





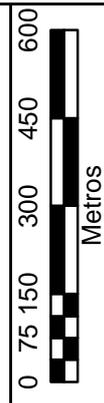
**Simbología**

- Núcleo 17
- Núcleo 18

**Distancias Itinerario**

- Ruta 3
- Ruta 6
- Recorrido de la Vagoneta
- Red Vial
- Ríos

**Mapa 4.7. Recolección actual en los núcleos 17 y 18**



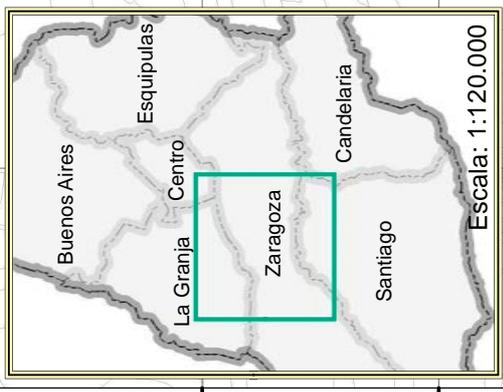
Escala: 1:12.500

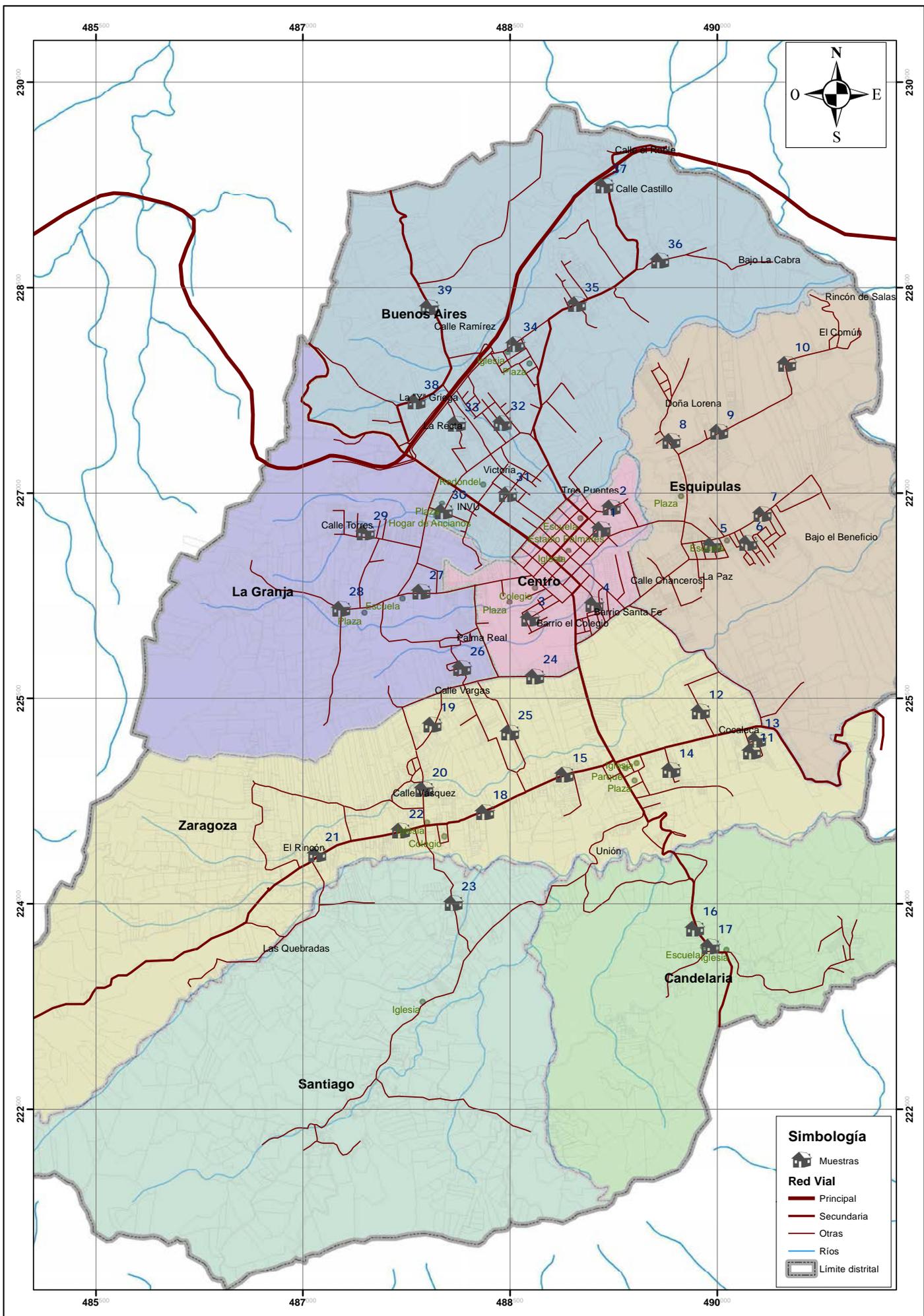
Fuente: Mapas IGN, Esc. 1:5.000.  
ProDUS-UCR, 2010-2011.  
Municipalidad de Palmares

*Proyecto Final de Graduación,  
Diagnostico y Recomendaciones  
para el Manejo de Residuos Sólidos  
en Palmares*

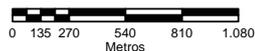


Núcleo (#)	Distancia en Recolección (km)	Distancia Repetida (km)	Cobertura (%)	Tiempo neto (h:min)
17	7,6	3,6	99,0	00:30
18	1,9	0,2	99,0	00:22





**Mapa 4.8. Ubicación de las muestras en las mediciones de generación domiciliar**



Escala  
1:25.000



## **CAPÍTULO 5. FACTIBILIDAD DE IMPLEMENTAR UN CENTRO DE RECUPERACIÓN**

Las disposiciones de la nueva legislación para la gestión integral de residuos vigente en Costa Rica, el potencial económico implícito en los residuos urbanos y el beneficio indirecto en términos sociales y ambientales que ofrece la disminución de los desechos que se descartan y son depositados en rellenos sanitarios son razones suficientes para obligar a tomar medidas efectivas que promuevan el aprovechamiento de los residuos sólidos. Sin embargo, antes de tomar alguna decisión, se deben identificar y analizar los factores técnicos y financieros implicados.

Actualmente, en respuesta a estas razones, la Municipalidad de Palmares propone la implantación de un centro de recuperación de materiales separados en su origen. Para esto, se dispone de un terreno de 3300 m<sup>2</sup> que está ubicado en el distrito de La Granja. Se busca principalmente, desviar los residuos aprovechables que se generan en el cantón para darles otro fin diferente a la disposición final y, al mismo tiempo, obtener un beneficio económico que sustente financieramente el proyecto.

En el presente capítulo se estudia, desde una perspectiva técnica, la posibilidad de llevar a cabo este proyecto. Para esto, se enumeran y discuten las características funcionales como: el papel de los entes involucrados en el programa de reciclaje, los términos de administración del centro de acopio, la elección del equipo y otros aspectos de las instalaciones.

Posteriormente, se aborda el estudio desde el punto de vista de la factibilidad financiera. Se determinan los costos de inversión inicial y los de operación, así como los ingresos por el pago de servicios municipales de los contribuyentes y lo recaudado por la venta de materiales que se procesan en el centro de recuperación. Se calculan los flujos de efectivo a través de la vida útil del proyecto y se analiza la sensibilidad a variables difíciles de controlar o estimar previamente.

### **5.1 Administración del centro de recuperación**

#### **5.1.1. Definición de las funciones de las partes involucradas**

La administración del centro de acopio se puede llevar a cabo de varias formas, dependiendo de la función que tenga cada entidad involucrada. Para el análisis que se presenta, se definen las siguientes actividades que son necesarias para que exista un plan de aprovechamiento:

**Educación a la Población.** Esta es una tarea indispensable que se debe realizar de manera continua. Implica inversión económica importante por parte de la Municipalidad y otras entidades. Además, los resultados que se esperan son a largo plazo y difíciles de prever. En el capítulo 6 se habla con más detalle acerca de las estrategias de concienciación y de la información a los vecinos, labor que resulta indispensable para alcanzar el éxito en un proyecto como el que se plantea.

**Separación en el origen.** Esta tarea le corresponde exclusivamente a los generadores y representa el principio y la base del programa de reciclaje propuesto. Conforme más hogares, comercios e industrias se acostumbren y se eduquen en la tarea de la separación de materiales, se cuenta con más desechos para que el funcionamiento del centro de recuperación se vuelva factible financieramente.

**Recolección convencional de residuos sin separar en su origen.** Es un servicio obligatorio, de gran importancia para la salud pública que le compete a la Municipalidad. Esta debe buscar la forma de llevarlo a cabo, ya sea por sus propios medios o a través de un subcontrato. Además debe ser sistematizada y controlada para que el servicio sea óptimo y garantizar la cobertura deseada. La prestación de este servicio se financia a través del pago de los servicios municipales por parte de los contribuyentes.

Esta actividad se analiza en el diagnóstico presentado en los capítulos anteriores. En el Capítulo 6 también se propone una mejora al sistema de recolección actual.

**Recolección diferenciada de material separado en su origen.** Un sistema de recolección en aceras y al frente de las casas o agrupado en sitios específicos para agilizar la recolección, mejora la efectividad de captación de materiales e incrementa el porcentaje de participación de la población. Con esto, las personas encuentran un incentivo para separar sus residuos. En el capítulo 6 se presentan también las propuestas en caso de que se brinde un servicio de recolección de materiales reciclables.

**Inversión en las instalaciones y equipo para el centro de recuperación.** Debe haber un ente capaz de asumir la fuerte inversión inicial que implica un proyecto de reciclaje, o bien, buscar un modo de financiamiento o ayuda externa que permita enfrentarla. En la siguiente sección se habla de las posibilidades en la forma de administración del programa de reciclaje. En el caso particular de Palmares, el terreno

pertenece a la Municipalidad y pese a que sufre invasión por parte de los vecinos, se espera que no represente inversión adicional. Los costos por la construcción de la infraestructura y la adquisición de las instalaciones y equipos necesarios se presentan en apartados posteriores.

**Operación del centro de recuperación.** El procesamiento del material para darle el valor agregado y permitir venderlos a las empresas e industrias que reciclan el material, implica definir las tareas de funcionamiento del centro de recuperación. Se debe contar con una administración apropiada del programa, con las instalaciones, el personal capacitado, el trabajo en mantenimiento del equipo y la supervisión de la seguridad ocupacional entre otras actividades. Debe haber una entidad, ya sea municipal, privada o una asociación de bien social que asuma este rol.

### **5.1.2. Escenarios previstos**

Definidas las actividades, se establecen escenarios en los que se dan a conocer las funciones que desempeña cada una de las entidades involucradas. Específicamente, se considera el papel de la Municipalidad y de una posible empresa privada interventora. Para efectos de análisis se consideran cuatro escenarios:

**Escenario 0. Alternativa nula.** Para efectos de comparación, se proyecta la gestión de residuos como si no ocurriera ningún cambio. Es decir, no se construye el centro de recuperación ni se realiza acción alguna para la gestión de residuos en el cantón.

**Escenario 1. La gestión del centro de acopio es llevada a cabo totalmente por parte de la Municipalidad.** En este caso, la Municipalidad realiza las actividades de recolección convencional y el aseo de calles tal y como lo viene haciendo actualmente.

Además, se encarga de las nuevas actividades relacionadas con el programa como la recolección del material separado en su origen y del financiamiento de las campañas de educación, información y divulgación. Asume la inversión inicial, que implica la construcción de las instalaciones, la adquisición del equipo y cualquier otro insumo necesario para que el centro de recuperación comience o continúe funcionando. Le corresponde la operación del centro de reciclaje y el administrar el flujo de efectivo del proyecto. Se debe estudiar el impacto que tiene el proyecto en el cobro de las tarifas.

**Escenario 2. Gestión Mixta del centro de acopio por la Municipalidad en conjunto con la empresa privada.** En este escenario, la Municipalidad continúa con sus responsabilidades actuales, a las que se les suman la recolección del material reciclable y el financiamiento de las campañas de educación, la información y la divulgación.

Por otro lado, la empresa privada asume la inversión inicial, la operación, el mantenimiento y la administración del centro de reciclaje.

Queda claramente establecido el uso que se le da a la utilidad generada, de haberla o a las soluciones en caso de que se presente un déficit. Se debe determinar si se trata de una empresa totalmente privada o un proyecto de carácter social. Además, se debe aclarar la forma en que devengan los impuestos o si tiene algún tipo de exoneración fiscal.

**Escenario 3. La gestión del centro de acopio es llevada cabo totalmente por parte de la empresa privada.** Un inversionista externo se hace cargo de todas las nuevas actividades que surjan por la implantación del programa específicamente: la recolección diferenciada, las campañas de educación, información y divulgación. Le corresponde asumir o gestionar la inversión inicial del proyecto, la operación del centro de recuperación, su mantenimiento y su administración. De nuevo, se debe definir el uso de la utilidad generada o las medidas para enfrentarse a un déficit en caso de que se presente. También se deben poner en claro los términos de Tributación.

En este escenario la Municipalidad continúa con las mismas funciones que desempeña actualmente. Lleva a cabo la recolección convencional y el aseo de vías. Sin embargo, se espera que, eventualmente, los costos por recolección y disposición bajen debido a la desviación de un porcentaje de los desechos para ser aprovechados en el centro de reciclaje. Ante esto y dado que no se presenta un gasto adicional para la Municipalidad, las tarifas cobradas por concepto servicios pueden experimentar también una rebaja.

**Ventajas y desventajas de la propiedad pública contra la propiedad privada.** La elección de la forma en que se administra el programa de reciclaje y la asignación de los diferentes roles conlleva implicaciones que se deben considerar, especialmente, en cuanto al riesgo asociado a la inversión inicial. En el Cuadro 5.1 se

enumeran las ventajas y desventajas de la propiedad pública contra la opción de un desarrollo a partir de la propiedad privada.

**Cuadro 5.1.** Ventajas y desventajas de la propiedad pública contra la privada.

	<b>Ventajas</b>	<b>Desventajas</b>
Propiedad pública	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Control Total sobre la gestión de los residuos sólidos.</li> <li>-La financiación puede ser menos compleja, más rápida.</li> <li>-El promotor público se beneficiará de la utilidad.</li> <li>-La propiedad pertenecerá al sector público al finalizar el proyecto.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Debe asumirse los riesgos</li> <li>-Se pierden ahorros asociados a las acciones de capital privado</li> </ul>
Propiedad privada	<ul style="list-style-type: none"> <li>-El propietario privado asume los riesgos financieros</li> <li>-El gobierno local podría percibir impuestos, dependiendo de las condiciones del pago de tributos</li> <li>-El capital privado reducirá la deuda inicial, lo que representa reducción global en los costes del programa de reciclaje</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>-La financiación es más compleja, cara y emplear más tiempo en consecución</li> <li>-La utilidad será del empresario privado</li> <li>-La propiedad al final del proyecto, dejará de favorecer al sector público</li> </ul>

**Fuente:** F, Lund. Manual McGraw-Hill de Reciclaje

## **5.2 Requerimientos técnicos y funcionales para el centro de acopio**

### **5.2.1 Especificaciones de los materiales**

Antes de escoger el equipo requerido y diseñar las instalaciones para el centro de recuperación, es necesario determinar tanto las características de los residuos en el momento que se recolectan, como las especificaciones que solicitan las empresas que compran material para reciclar.

Los tipos de residuos que llegan y las condiciones en que se presentan son características que se escogen tomando como referencia lo observado en otras localidades. Una guía utilizada por la Municipalidad de Escazú para informar a los usuarios del servicio de reciclaje ofrecido en esa comunidad, es una ayuda que muestra las especificaciones para los residuos que se reciben en el centro de recuperación de Palmares. El Cuadro 5.2 resume los materiales y la forma en que se debe preparar para ser entregados al centro de acopio.

En el Anexo 3 se resumen las especificaciones solicitadas por la mayoría de los compradores. Estas se obtienen de la página electrónica "costaricareciclaje.com" colocada por la Fundación Centro de Productividad Nacional (CEPRONA).

Al comparar el estado de los residuos que se reciben en el centro de recuperación con las especificaciones que solicitan los compradores, se notan los

cambios que deben experimentar los materiales. A continuación se mencionan los procesos a los que deben ser sometidos los residuos en el centro de recuperación.

**Cuadro 5.2.** Especificaciones para los materiales recibidos en el centro de recuperación.

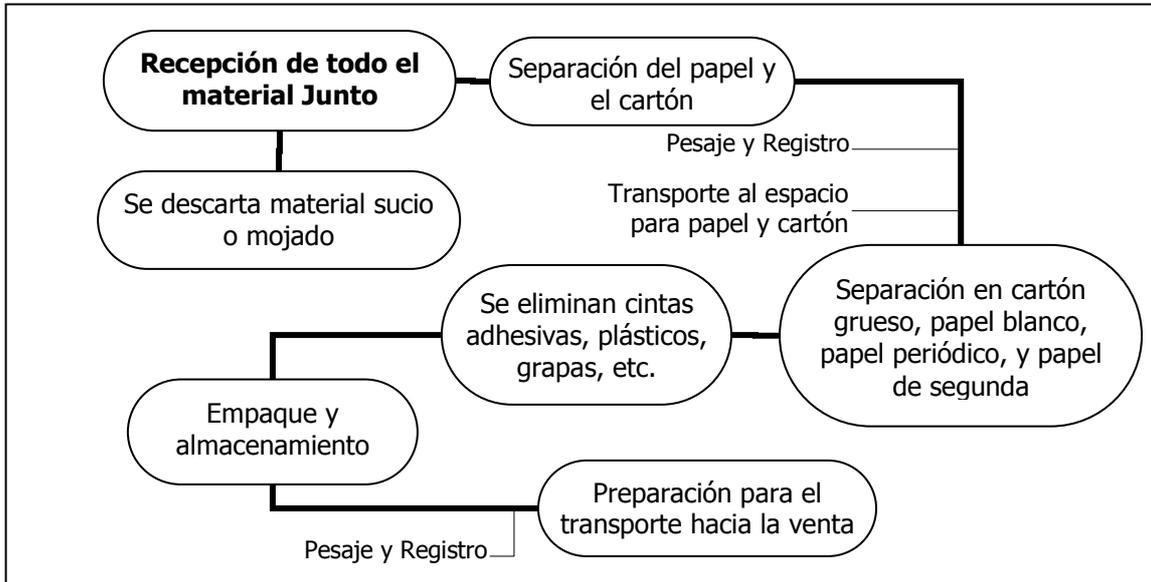
<b>Tipo</b>	<b>Se recibe</b>	<b>Cómo prepararlo</b>	<b>No se recibe</b>
<b>Papel y cartón</b>	Papel blanco y de colores, periódico, revistas, directorios; cartón café grueso, cartón delgado y cartulina. Envases de tetra-pack. Puede estar entero o triturado	Se deben desarmar y colocarse en bolsas plásticas transparentes, no se debe arrugar para que no ocupe mucho espacio y se no se debe mojar. El tetra-pack se debe enjuagar	Papel o cartón con residuos de comida, grasa u otra suciedad; estereofón; platos o vasos desechables, servilletas, papel higiénico, toallas sanitarias o pañales
<b>Plástico</b>	Botellas plásticas de cualquier tipo, recipientes de comida y productos de limpieza, galones y bolsas plásticas.	Enjuagar; se puede quitar la tapa, preferiblemente dejar la etiqueta, aplastar y colocar en bolsas transparentes	Platos desechables; muebles plásticos
<b>Vidrio</b>	Botellas y frascos de todos los colores y formas. Vidrio transparente y vajillas	Enjuagar; preferiblemente dejar la etiqueta, colocar en bolsas transparentes, por seguridad, el vidrio quebrado deberá colocarse en una caja aparte de los demás desechos	Bombillos, parabrisas, espejos, pyrex, cerámica
<b>Metal</b>	Latas de aluminio, recipientes de comidas enlatadas chatarra, aluminio sólido, cobre;	Enjuagar, aplastar y colocar en bolsas transparentes.	Latas de Pintura, Aerosoles
<b>Desechos especiales</b>	Baterías de vehículos; partes electrónicas; Toner de Impresoras, línea blanca.		

**Fuente:** Municipalidad de Escazú y elaboración propia.

### **Papel y Cartón**

En la Figura 5.1 se muestra el diagrama de flujo que describe los procesos por los que pasan el papel y el cartón. En una zona destinada a la recepción de todo el material junto, proveniente de la recolección o de la entrega directa de los usuarios, se separa el papel y el cartón. De ser necesario se dispone de un sitio para almacenarlo antes de ser pesado, registrado y llevado al espacio de trabajo. Si el centro de recuperación dispone de una guillotina, se puede cortar el material con el fin de obtener tamaños uniformes. Luego, se clasifica en cartón grueso, papel de primera, papel periódico y de segunda. Es necesario retirar cintas adhesivas, grapas y otras impurezas que disminuyan el valor de aprovechamiento.

Si se cuenta con equipo, el material se puede compactar al empacarse. Con esto se le da valor agregado al material, aumenta la capacidad de almacenamiento en el centro de recuperación y disminuyen los costos por transporte del material procesado a los compradores. Finalmente, se vuelve a pesar el material y a registrar la información, previo a la preparación para el transporte hacia la venta.



**Figura 5.1.** Diagrama de flujo para el papel y el cartón.

### Plástico

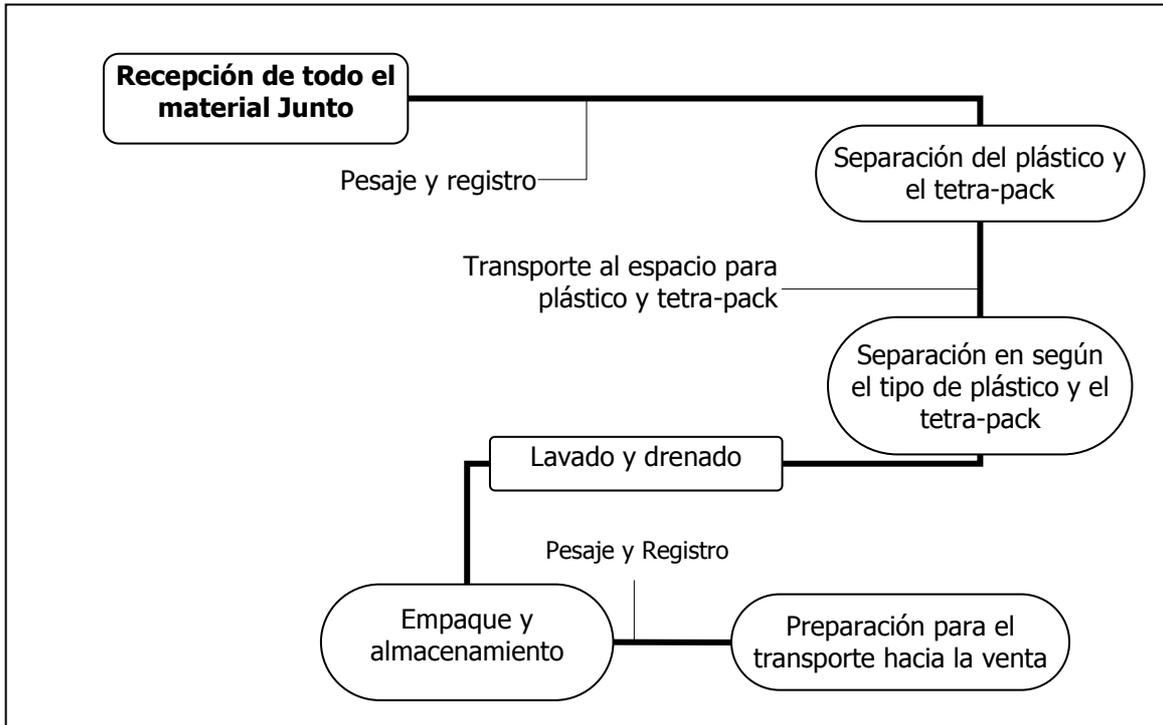
El plástico y el material de tetra-pack requieren procedimientos muy similares en la planta de recuperación, tal y como se muestra en la Figura 5.2. Al igual que el papel y el cartón, se realiza la separación inicial y el respectivo registro. Después se separa en detalle el tetra-pack y el plástico según el tipo, basándose en la clasificación expuesta en el Cuadro 2.4.

Posteriormente, el material se debe lavar, asegurándose de eliminar cualquier clase de suciedad e impurezas. Esto para prevenir malos olores y la atracción de roedores. De nuevo, si se cuenta con algún equipo para la reducción de volumen tal como compactadoras o trituradoras, se obtienen ventajas de almacenamiento, transporte y precio esperado de venta.

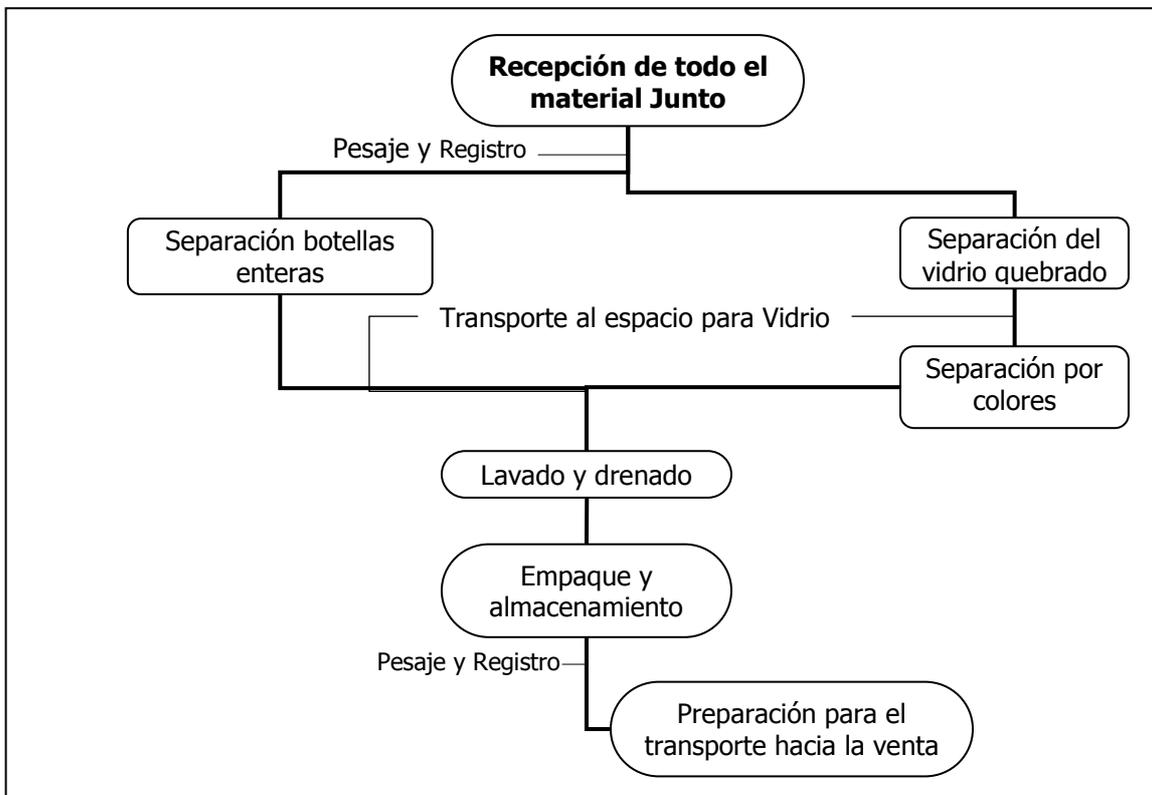
### Vidrio

En la Figura 5.3 se presenta el diagrama de flujo para el procesamiento del vidrio en el centro de recuperación. Durante su manipulación se debe tener especial cuidado de cumplir con las medidas de seguridad y el uso del equipo de protección.

Después del pesaje y el registro, se debe separar el vidrio quebrado de las botellas enteras.



**Figura 5.2.** Diagrama de flujo para residuos de plástico y de tetra-pack.



**Figura 5.3.** Diagrama de flujo para residuos de vidrio.

Debe asegurarse que el vidrio quede limpio, por lo que también se someterá al lavado. Después de separar por colores, viene la fase de empaque, en la que se puede triturar para reducir el volumen.

En algunos lugares, los recipientes enteros se comercializan a un mejor precio y sólo requieren que se laven y almacenen en sacos o cajas para su traslado. Sin embargo, se debe analizar si la diferencia de precio de venta justifica los costos por traslado de un producto más voluminoso. Si se cuenta con el equipo para triturar, resulta más lógico reducir todo el material mediante este sistema.

Finalmente, se almacenan en contenedores seguros, se pesa, registra y prepara para la venta.

### **Metal**

Las latas de aluminio se manejan por separado de las demás piezas de metal, ya sean férreos o no férreos, se enjuagan, se drenan y de ser posible también se comprimen para reducir su volumen de empaque.

Los otros tipos de metales se clasifican en piezas de hierro, aluminio sólido, bronce, cobre, antimonio y chatarra. Se asegura que quede limpio de impurezas y se remueve el óxido en la medida de lo posible.

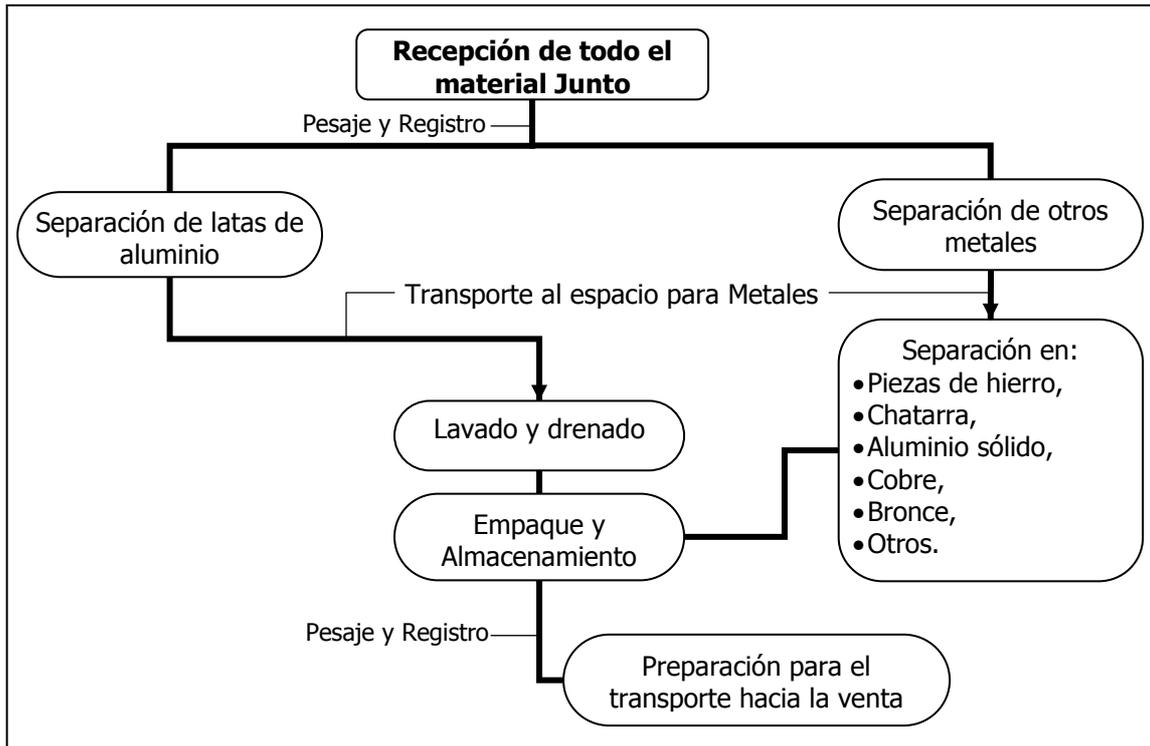
Para todo el material, se debe llevar un registro del peso antes y después de su clasificación. En la Figura 5.4 se detalla el diagrama de flujo para el procedimiento por usar para los residuos metálicos.

### **Residuos especiales**

Los desechos tecnológicos, de línea blanca y baterías de plomo se separan del resto y se almacenan hasta alcanzar un volumen que amerita su traslado. De igual manera, se debe registrar el peso de cada material antes de su venta.

### **Residuos no aprovechables**

A final de cada proceso de reciclaje, queda un residuo que no posee valor comercial como etiquetas, cintas adhesivas, material sucio, metal con alta presencia de óxido y otros. Se debe contar con un contenedor para depositar estos materiales y llevarlos a su disposición final a través de la recolección convencional.



**Figura 5.4.** Diagrama de flujo para residuos de metal.

### 5.2.2 Equipo e instalaciones

A continuación, se citan las propiedades más importantes de la maquinaria, del equipo y de las instalaciones que forman parte de la inversión inicial requerida para el centro de recuperación. En el Anexo 2 se especifica, con mayor detalle, las características de las unidades encontradas en el mercado.

#### **Camión recolector**

El sistema de recolección de materiales reciclables separados en su origen, tal y como se plantea en el Capítulo 6, supone tener a disposición un camión recolector destinado exclusivamente al centro de recuperación ya sea alquilado a una empresa externa o adquirido propiamente por el gobierno local. Es preferible que el mismo no cuente con un sistema de compactación ya que resulta más práctico llevar el material suelto y revuelto para ser clasificado en el centro de recuperación.

#### **Romanas**

Para el pesaje, registro y control de la entrada y salida del material del centro de recuperación, se dispone de una balanza con capacidad para 500 kg, que cuenta con el apoyo de otra romana de 150 kg.

### **Pilas para lavado**

Como se observa en la sección anterior el plástico, el tetra-brick, el vidrio y las latas de aluminio deben someterse a lavado en las respectivas zonas de procesamiento para eliminar cualquier tipo de impurezas. Por lo tanto, se cuenta con 3 pilas para esta labor.

### **Equipo de Compactación y densificación**

Con el fin de incrementar la densidad de los residuos para que puedan ser almacenados y transportados de manera más eficaz a las empresas que compran el material reciclable, se utilizan equipos como compactadoras, embaladoras y trituradoras de vidrio.

Las compactadoras estacionarias se presentan, según su aplicación, como compactadoras de trabajo ligero, comerciales o de industria ligera y la pesada. "En Costa Rica esta es la operación que se aplica a los desechos con más frecuencia para reducir los espacios para su almacenamiento y facilitar el transporte hasta las recicladoras" (Mora, V, 2008). Las hay verticales, ideales para aplicaciones de bajo volumen y cuando el espacio es limitado y horizontales, que presentan mayor rendimiento.

Consisten en una cámara que se alimenta con los materiales, en la que se aplica presión con uno o dos pistones. Es recomendable poner atención a la presión del sistema hidráulico y los cilindros de compactación. Se prefieren equipos que manejen presiones bajas (entre 12 411 KN/m<sup>2</sup> a 15 169 KN/m<sup>2</sup>) y cilindros grandes para incrementar la vida útil.

Las embaladoras son equipos que elaboran fardos (comúnmente de 75 cm x 120 cm x 150 cm) con el fin de proveer uniformemente al embalaje. Normalmente y dependiendo del material que densifique, se alcanzan rendimientos entre 0,5 a 3 fardos o balas por hora. Una vez colocadas, requieren de 4 m de espacio vertical. (Ver Figura 5.5).

### **Trituradora de vidrio**

"Las trituradoras de vidrio pulverizan todo tipo de vidrio, normalmente envases, en pequeños trozos, denominados calcín. El calcín es la forma preferida por los recicladores de vidrio ya que se trata de material más denso." (Lund, 1996).

Esta forma fluida simplifica el transporte. Las empresas vidrieras son más propensas a aceptar calcín ya que implica un paso avanzado en el proceso de fundición.

La adquisición de una quebradora de vidrio se justifica en función de los volúmenes que se esperan de este material. (Ver Figura 5.6).



**Figura 5.5.** Fotografías: (a) Máquina compactadora Inversiones Recipal. (b) Máquina compactadora modelo G90.

**Fuente:** Recipal, Isotex.

### **Equipo de oficina**

Computadoras, escritorio, mesa para comedor, sillas, teléfono, archivo, calculadoras entre otros.

### **Otros**

Se adquieren o se fabrican cuatro mesas de trabajo de un metro de ancho y de longitud variable para la manipulación del material en las áreas de trabajo. Se requiere de al menos 10 contenedores que pueden ser barriles o cajas para almacenar, cinco montacargas manuales (perras), una cortadora de metal y una guillotina para uniformar el tamaño del metal y el papel, respectivamente.



**Figura 5.6.** Trituradora de Vidrio, Isotex  
**Fuente:** Isotex

### **Equipo de seguridad**

Es necesario contar con zapatos con puntas de acero, delantales mascarillas, guantes y fajas de seguridad. Para operar la maquinaria se debe exigir protección para los ojos.

Se identifican, mediante rotulación y señales en el piso, las rutas de evacuación, extintores y áreas de seguridad, así como un espacio para el botiquín con medicamentos y equipo de emergencia.

### **5.2.3 Personal**

Es difícil precisar la cantidad de personas que se requieren para trabajar en un centro de recuperación y la cantidad de horas que es necesario laborar, si no se tiene experiencia previa.

Basándose en lo planteado para otras comunidades, se establece una relación para estimar la necesidad de personal. Se propone la siguiente distribución de empleados, según dispone Camacho (2007) en el plan de negocios para la implementación de un centro de acopio en la comunidad de Guácimo:

#### **Comité asesor**

Encargado de la planificación y capacitación del resto del personal. Se supone una participación voluntaria. No cuenta con un horario fijo ya que debe seguir lo planteado en el programa del plan de manejo de residuos.

### **Administrador general**

Es el encargado de definir estrategia, objetivos y metas. Diseña, ejecuta y evalúa la planificación. Lleva a cabo los análisis de mercado, identifica los mejores clientes y sus necesidades, controla los flujos de material y sus tendencias a través de tiempo. Administra el personal, diseña los puestos operativos y vela por su correcta implementación. Asigna los salarios, controla las condiciones laborales, las contrataciones y las capacitaciones. También le corresponde comprar suministros, llevar inventario y el manejo contable y financiero. Se espera que trabaje al menos medio tiempo.

### **Puestos operativos para la recolección diferenciada**

Se supone que un chofer y un ayudante son suficientes, al principio, para esta tarea.

### **Puestos operativos para el procesamiento de material**

Estos son necesarios para las tareas de descarga y recepción de materiales, transporte dentro de las instalaciones, separación y limpieza de material, almacenamiento, operación de maquinaria y equipos, empaque y carga para el transporte.

Camacho (2007) propone de 6 a 8 personas para la labor de clasificación, no todos a tiempo completo. Sin embargo, es necesario adaptar esta primera estimación en función de la cantidad de material recibido. Se supone, para efectos del análisis financiero, que para la actividad de lavado (latas, plástico y vidrio) se destine  $\frac{1}{2}$  tiempo, para la clasificación y corte de papel, de  $\frac{1}{10}$  a  $\frac{1}{2}$  tiempo, para la tarea de empaque y compactación, se dispone de  $\frac{1}{2}$  tiempo a un tiempo completo; en cuanto al quebrado de vidrio dependiendo de si se adquiere la quebradora o no, va  $\frac{1}{10}$  de tiempo a  $\frac{1}{4}$  tiempo o  $\frac{1}{4}$  de tiempo a  $\frac{1}{2}$  t.

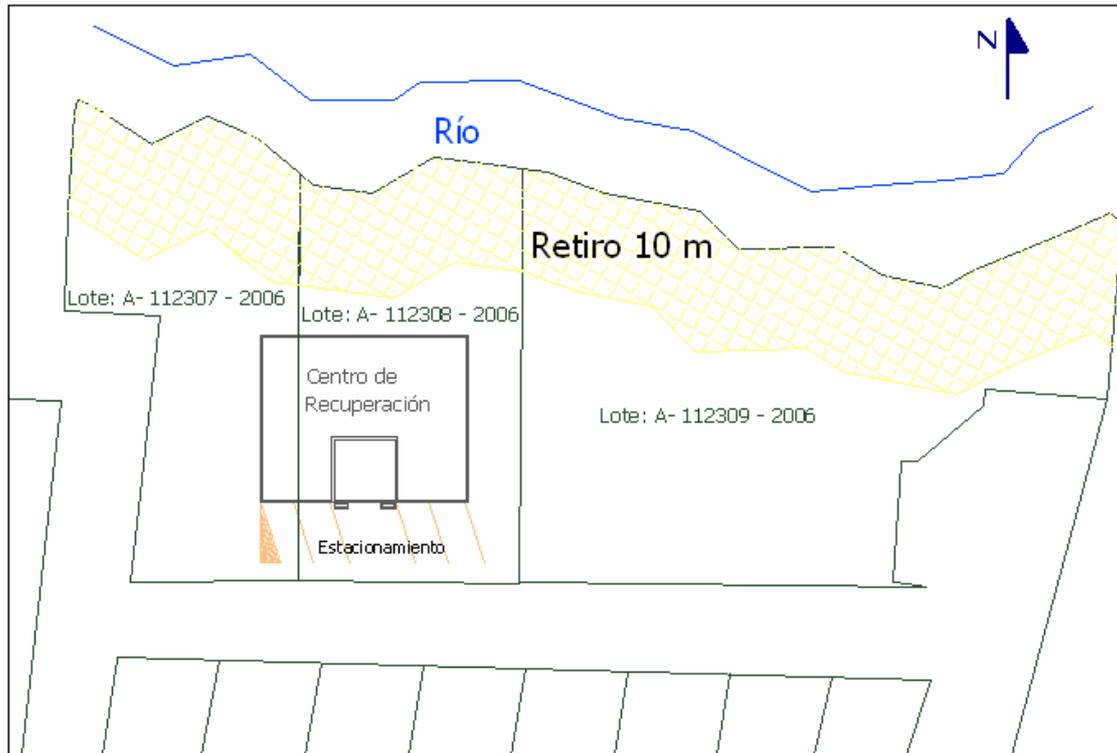
De esta forma, se supone que, al inicio del programa, al menos se contratan cinco personas a medio tiempo o bien, tres a tiempo completo. Se debe prever que, con el aumento en las tasas de participación en el programa y por ende, en los flujos de material, se deben incrementar los turnos o la cantidad de empleados.

### **Entrega del producto para su venta**

Para efectos del análisis financiero, se supone que se subcontrata este servicio o que las empresas compradoras se encargan de venir a recoger el material.

### 5.2.4 Del sitio

Tanto en el Mapa 5.1 como en el 5.2, se muestra la ubicación de los tres lotes aledaños que conforman el terreno con el que cuenta la Municipalidad. En el Anexo 4, están incluidas las copias del plano catastrado de cada una de estas propiedades. Por otro lado, en la Figura 5.7 se observan las condiciones del entorno más próximo, en cuanto a su acceso, cercanía con el río y la distribución del centro de recuperación dentro del lote, según se propone.



**Figura 5.7.** Ubicación del Centro de Recuperación

La localización del centro de recuperación presenta varias limitaciones que se deben considerar:

- Se trata de una industria ubicada dentro de una zona residencial, con una densidad importante de viviendas. Esta restricción implica que hay un flujo vehículos, con carga pesada, transitando alrededor del sitio, a lo que se le suma las emisiones de ruidos y olores. Sin embargo, se trata de una empresa pequeña y esta situación puede ser controlada.
- Pese a que se puede cumplir con los requerimientos de retiro del río, la cercanía con este cuerpo de agua limita el desarrollo de instalaciones para el aprovechamiento de materia orgánica debido al riesgo presente de

escape de lixiviados. Se requiere diseñar una solución para impermeabilizar y retener estos líquidos.

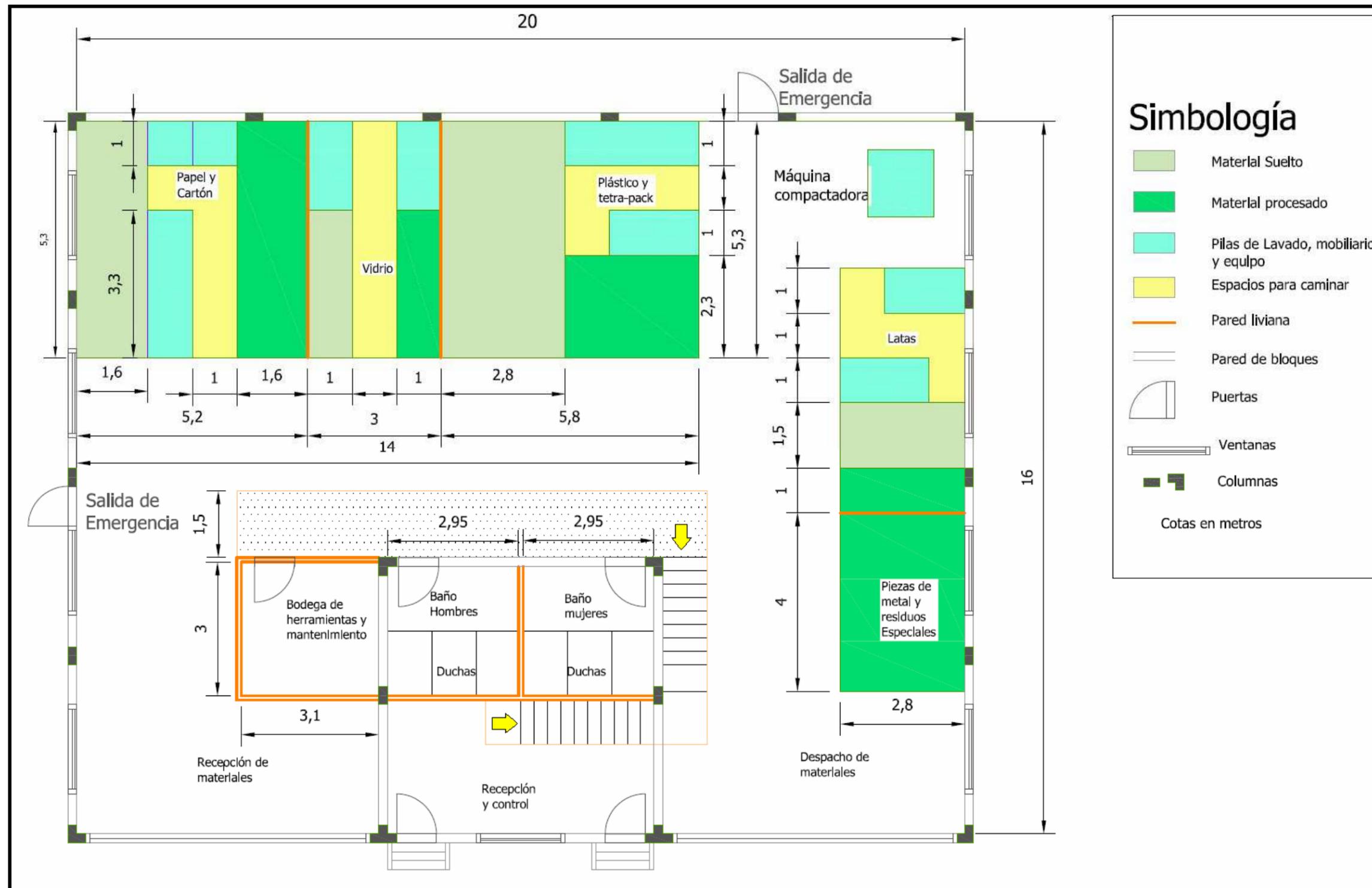
- Se requiere de movimientos de tierra importantes debido a la irregularidad del terreno. (Ver Figura 5.8)
- El terreno presenta invasión por parte de los vecinos. La solución de este problema se está gestionando actualmente.
- Las condiciones de las vías de acceso en calle Torres de La Granja no son las óptimas. En los Mapas 5.1 y 5.2 se presentan las mediciones que se realizan para el ancho de la calle y el derecho de vía, respectivamente. Las fotos del Anexo 4 se encuentran referenciadas a estos mapas.



**Figura 5.8.** Frente del lote previsto para la construcción del centro de recuperación.

Por otro lado, el hecho de construir las instalaciones en esta zona supone ventajas técnicas y económicas tales como:

- La extensión del terreno permite que, aún con el retiro del río, exista flexibilidad para el diseño de la distribución.
- Se cuenta con espacios que se destinan a zonas de protección y seguridad para los residentes.
- Al tratarse de un terreno municipal, se reducen de manera importante los costos de inversión.





### 5.2.5 Distribución del Espacio

La edificación para el centro de acopio que se propone consta de una nave industrial de 20 m de frente, 16 m de fondo y 5,0 m de altura. Tiene adjunta una estructura central de dos niveles de 3.5 m de altura cada uno y un área de 6 m x 6 m. La distribución arquitectónica se muestra en la Figura 5.9.

De acuerdo con el uso previsto, se definen los siguientes espacios dentro de las instalaciones. En la estructura central se localiza:

- La oficina de recepción para controlar la entrada y salida de camiones, el flujo de material y la facturación.
- Baños para hombres y mujeres con servicios sanitarios, lavamanos y duchas.
- El acceso, a través de escaleras, al segundo nivel. Se da desde la oficina de recepción o bien desde la planta de procesamiento de material.
- En la planta alta, se ubica una sala de espera, un cuarto de baño, la oficina para el administrador y un comedor para los trabajadores con posibilidad de ser usada como salón de reuniones.

Además, dentro de lo que se clasifica como nave industrial se ubica:

- La zona de recepción de materiales con un área de 18 m<sup>2</sup>
- La bodega para herramientas y equipo de mantenimiento con 9,0 m<sup>2</sup>.
- Se dispone de dos áreas destinadas a la clasificación, limpieza y almacenamiento de material antes y después de su procesamiento.
- Espacio para la máquina compactadora, de manera que se tiene acceso a ella desde las áreas de almacenamiento de plástico y latas de aluminio.
- Una franja de seguridad de 1,5 m de ancho, en la entrada de baños, bodega y escaleras. Se representa con un área punteada.
- Alrededor de las zonas de trabajo se encuentra el pasillo para el tránsito de materiales. Cuenta con 3,0 m de ancho desde la recepción de materiales hasta la zona de despacho.
- Despacho de materiales donde este se carga en camiones para ser llevados a sus respectivos puntos de compra.

En el Cuadro 5.3 se calcula el espacio en metros cúbicos que se requieren por día para cada material. Cada tipo de residuo cuenta con un aposento que sirve para llevar a cabo los procesos necesarios (limpieza, clasificación, densificación y empaque) que, a su vez, se distribuye de la siguiente manera:

- El color amarillo se usa para los pasillos que permiten el movimiento de los operarios. Este cuenta con fácil acceso a las zonas de almacenamiento de material.
- Con un color celeste se señala dónde se ubican las mesas de trabajo, las piletas de lavado y el equipo utilizado en cada caso.
- El espacio restante es el área neta que se puede usar para amontonar el material. El color verde pálido representa el sitio para almacenarlo. Este aún no es procesado ni clasificado de ninguna forma. Mientras, el verde oscuro corresponde al área destinada al acopio del material clasificado, densificado y empaçado.

**Cuadro 5.3.** Estimación del peso y volumen de los residuos generados aprovechables.

	Año	Residuos de los Sectores Residencial y Comercial					Población Total
		Papel y Cartón	Plástico	Metal	Vidrio	Tetrapack	
Cantidad generada (ton/año)	2010	1056,5	1120,5	189,3	82,6	104,2	31530
	2020	1118,3	1186	200,3	87,4	110,2	33374
	2030	1183,7	1255,4	212	92,5	116,7	35326
Factor de recuperación		0,4	0,5	0,85	0,65	0,9	<b>Participación</b>
Cantidad recuperable (ton/año)	2010	105,7	140,1	40,2	13,4	23,4	25%
	2020	223,7	296,5	85,1	28,4	49,6	50%
	2030	426,1	564,9	162,2	54,1	94,5	90%
							<b>Total</b>
Cantidad recuperable (kg/día)	2010	289	384	110	37	64	884
	2020	613	812	233	78	136	1872
	2030	1167	1548	444	148	259	3567
Densidad suelta (kg/m <sup>3</sup> )		190	40	90	300	40	
Cantidad recuperable (m <sup>3</sup> sueltos/día)	2010	1,52	9,60	1,22	0,12	1,60	14,07
	2020	3,23	20,31	2,59	0,26	3,40	29,78
	2030	6,14	38,69	4,94	0,49	6,47	56,74
Densidad compactados (kg/m <sup>3</sup> )		250	65	504	593	65	
Cantidad recuperable (m <sup>3</sup> comprimidos/día)	2010	1,16	5,91	0,22	0,06	0,98	8,33
	2020	2,45	12,49	0,46	0,13	2,09	17,63
	2030	4,67	23,82	0,88	0,25	3,98	33,60

Fuente: Barrios, O (2001) y elaboración propia

En función de la cantidad de cada tipo de residuo que se espera captar, se estima el porcentaje del área de almacenamiento requerido. La configuración propuesta trata de adaptarse a esta necesidad de espacio. En el Cuadro 5.4 se compara el área que se dispone para cada material con la distribución de espacio ideal.

**Cuadro 5.4.** Cálculo del espacio necesario para el almacenamiento de cada tipo de residuo.

Área (m <sup>2</sup> )	Papel	Plástico	Metal	Vidrio
<b>Zona de Acopio</b>	105,5			
<b>Paredes</b>	4,7			
<b>Área para caminar</b>	5,3	4	4,6	5,3
<b>Área para equipo</b>	1	0	0	2
<b>Área para mobiliario</b>	4,3	5	3,8	2
<b>Área neta para almacenamiento</b>	63,5			
<b>Porcentaje de área requerido para material suelto (del Cuadro 5.3)</b>	35,5%	55,0%	8,3%	1,1%
<b>Porcentaje de área requerido para material densificado (del Cuadro 5.3)</b>	42,7%	43,5%	5,1%	1,4%
<b>Espacio real para material suelto</b>	8,48	14,84	4,2	3,3
<b>Porcentaje real para material suelto</b>	27,5%	48,2%	13,6%	10,7%
<b>Espacio real para material densificado</b>	8,48	6,9	2,8	3,3
<b>Porcentaje real para material densificado</b>	39,5%	32,1%	13,0%	15,4%

Se observa que los volúmenes de metal y el vidrio ameritan un espacio muy bajo para almacenamiento. Sin embargo, no es práctico que el aposento de trabajo de un material sea muy pequeño porque, al igual que los demás materiales, es preciso contar con un frente que de al pasillo y con espacio para que los operarios se desplacen dentro del cubículo. Por esta razón, para el almacenamiento del vidrio y el metal se destina más área del que realmente solicitan, mientras que se sacrifica un poco la requerida para el papel y el plástico.

El aposento para el papel y el cartón no requiere de pileta para el lavado puesto que estos materiales no se deben mojar. No obstante, además de la mesa de trabajo se asigna un lugar para una guillotina.

Si se compra una trituradora de vidrio, se debe buscar un sitio dentro del cubículo para colocarla.

Las latas de aluminio reciben una clasificación diferente al de las piezas de metal. Estas últimas se acumulan junto con los desechos especiales y de línea blanca en un espacio distinto donde se puedan cortar para reducir su tamaño.

Por otro lado, para efectos de determinar los costos, se supone que el borde perimetral de la nave industrial se fabrica con mampostería confinada de 20 cm de ancho, mientras que la estructura central utiliza bloques de 15 cm en el primer nivel y de 12 cm en el segundo. Además, las divisiones entre un aposento de clasificación y otro, así como los baños, la bodega y el comedor, se construyen con paredes livianas. Internamente, en cada cubículo se distribuye el área utilizando pintura en el piso.

En la recepción y el despacho de residuos se instalan portones, preferiblemente cortinas plegables. Se prevé, además, de un desnivel de 60 cm para facilitar la carga y descarga de los camiones. En la parte alta de las paredes laterales, se dejan ventanas de 2,0 m de ancho y 0,8 m de alto, de manera que se garantice la ventilación. Se colocan dos puertas principales en la oficina para tener acceso desde la entrada y salida de materiales. En los baños, en la bodega y en el nivel superior se colocan puertas más livianas.

Se propone disponer de dos salidas de emergencia, una en la pared trasera cerca de máquina compactadora y otra en la pared lateral del sector oeste.

Una presentación de las vistas en planta, frontal y lateral del centro de recuperación, se presenta en el Anexo 4.

### 5.2.6 Medidas de mitigación

Todo proyecto que entra en funcionamiento genera un impacto. Por esta razón, si se construye el centro de recuperación, es preciso identificar las implicaciones y buscar las medidas para mitigarlas. Inevitablemente, el desarrollo de estas disposiciones conlleva un costo que se debe considerar. Algunos de los impactos que se deben mitigar y las medidas que se proponen se enumeran en el Cuadro 5.5.

**Cuadro 5.5.** Medidas de mitigación.

<b>Actividad</b>	<b>Posible Impacto</b>	<b>Medida</b>
Mayor flujo de tránsito pesado por una calle residencial	Peligro para los habitantes	Construcción de aceras, reductores de velocidad y señalamiento
Dificultad de acceso para camiones y vehículos particulares	Congestión vial	Ensanchamiento del ancho de calle y construcción de bahías donde sea posible
Corte de terreno y pérdida de vegetación en las zonas aledañas al río	Erosión y empobrecimiento del suelo	Siembra de árboles y vegetación
Emisión de ruidos y olores	Disminución de la calidad de vida de los vecinos	Alejar al máximo las instalaciones de las casas y establecer una zona de protección

Se recuerda que, sin un estudio de impacto ambiental y vial, no es posible identificar todas las repercusiones implícitas. Se supone que existen más problemas asociados.

## 5.3 Ingresos

### 5.3.1 Ingresos por venta de materiales

En el sitio electrónico *redcicla.com* de la Fundación CEPRONA se muestra una base de datos con información que consta de 3 directorios:

1. Centros Comunitarios de Recuperación de Materiales Reciclables (64 registros)
2. Empresas Recuperadoras de Materiales Reciclables (67 registros)
3. Industrias Recicladoras de Materiales (42 registros)

En total se cuenta con 173 registros, cada uno ofrece información actualizada en septiembre del 2010 de la ubicación, números telefónicos, precios y especificaciones de entrega de los materiales.

Para efectos de calcular los ingresos que percibirá el centro de recuperación en Palmares por la venta de material reciclable, se toman como referencia las industrias más importantes de esta lista, mostradas en el Anexo 3. Además, se realizan llamadas de verificación de precios y términos de compra.

El volumen de material reciclado que se espera recuperar en Palmares, según lo estimado en este trabajo, se presenta en la sección anterior. Al multiplicar estas cantidades por el precio promedio del Anexo 3, se obtienen los ingresos por la venta de materiales procesados en el centro de acopio tal y como se observa en el Cuadro 5.6.

**Cuadro 5.6.** Ingresos por la venta de material reciclable.

	Año	Residuos de los Sectores Residencial + Comercial				
		Papel y Cartón	Plástico	Metal	Vidrio	Tetrapack
Cantidad Recuperable (ton/año)	2010	389,0	486,2	826,6	632,1	875,2
	2020	823,5	1029,3	1749,9	1338,1	1852,8
	2030	1568,9	1961,2	3334,0	2549,5	3530,1
Precio prom. (colones/kg)	2010	¢50	¢100	¢200	¢50	¢40
	2020	¢61	¢122	¢244	¢61	¢49
	2030	¢74	¢149	¢297	¢74	¢59
Ingreso (\$/Año)	2010	\$10.565	\$28.013	\$16.087	\$1.341	\$1.042
	2020	\$27.264	\$72.289	\$41.514	\$3.462	\$2.688
	2030	\$63.321	\$167.891	\$96.417	\$8.040	\$6.243

**Fuente:** costaricareciclaje.com y elaboración propia

### **5.3.2 Ingresos por pago de servicios municipales**

En el Cuadro 3.9 se calculan los ingresos provenientes del cobro de tarifas a los contribuyentes por concepto de recolección de desechos convencionales y disposición final.

Además, se estudia el efecto que tiene la morosidad invisible que se representa en el Cuadro 3.11. En el Capítulo 6, se muestran algunas propuestas que se pueden implementar para reducir este tipo de evasión.

## **5.4 Costos**

### **5.4.1 Costos de Inversión Inicial**

El capital que se dispone para iniciar este programa de reciclaje debe ser capaz de asumir la inversión inicial.

Como se habló en la metodología, con la ayuda del ingeniero Roberto González se elabora la estimación de los costos implicados en la construcción de las instalaciones. Los rubros, por separado, correspondientes a este cálculo se resumen en el Anexo 2. A los costos unitarios que utilizan se les aplica un factor de un 30% adicional para tomar en cuenta los costos indirectos tales como imprevistos, pólizas y cargas sociales.

Además, en el Anexo 2 también se presenta un compendio de los detalles de las marcas, modelos y costos de equipo encontrados en el mercado. Para efectos del análisis financiero, se supone que la inversión inicial se da por cada uno de los rubros mostrados en el Cuadro 5.7. También se indican las fuentes de información y el año al que corresponden los datos.

Los valores obtenidos, según fuentes de años anteriores, se tratan de aproximar al valor actual haciendo uso de los índices de precios del Banco Central de Costa Rica.

La posibilidad de que se brinden contenedores especiales para el reciclaje a los usuarios, como parte del programa de incentivos para mejorar los porcentajes de participación, está contemplada en los costos de inversión inicial. Sin embargo, la decisión de otorgar este beneficio debe ser analizada cuidadosamente, ya que los costos de inversión se elevarían. Para efectos del análisis financiero se supone que se compran 3000 contenedores inicialmente y se deja prevista la adquisición de la cantidad restante conforme avance el programa.

**Cuadro 5.7.** Inversión Inicial.

<b>Insumo</b>	<b>Detalles</b>	<b>Cantidad (Unidades)</b>	<b>Precio unitario (€/unidad)</b>	<b>Inversión (€)</b>	<b>Fuente</b>
Terreno	Terreno municipal	1	\$0	\$0	Municipalidad Palmares
Infraestructura	Ver Anexo 2	1	\$102.520	\$102.520	Entrevista Ing. Roberto González
Movimientos de tierra		810	\$120	\$97.200	Entrevista Ing. Roberto González
Camión recolector	Sin compactación, 1,6Ton	1	\$60.000	\$60.000	Municipalidad Escazú
Prensa embaladora	Máquina compactadora modelo G90	1	\$13.150	\$13.150	Isotex
Trituradora de Vidrio		1	\$2.450	\$2.450	Isotex
Romana 500 kg	Balanza electromecánica	1	\$349	\$349	Ocony
Romana 100 kg	Balanza electrónica	1	\$339	\$339	Asocar
Guillotina para papel		1	\$120	\$120	Mora (2008)
Montacargas manual (Perras)		3	\$700	\$2.100	Sharon, Terran (2009)
Piletas		4	\$200	\$800	Sharon, Terran (2009)
Mobiliario	Mesas de trabajo, mesa para comedor, sillas	1	\$280	\$280	Sharon, Terran (2009)
Equipo de oficina	Computadora, archivo, escritorio, teléfono	1	\$2.344	\$2.344	Sharon, Terran (2009)
Herramientas	Según se describe en el Anexo 2	1	\$559	\$559	Morales, TCU, UCR
Contenedores para usuarios	Buscar tipos y precios	3000	\$15	\$45.000	
			<b>Total</b>	<b>\$327.211</b>	

## 5.4.2 Costos de Operación

### Costos fijos

Basándose en lo que estipula el decreto N° 36292-MTSS publicado en el I semestre del 2011, los salarios mínimos para los trabajadores no calificados, semi-calificados y el sueldo para el administrador se estima en el Cuadro 5.8. Para estos cálculos, se toman en cuenta las cargas sociales mínimas de 47,98%.

**Cuadro 5.8.** Costos fijos por salarios.

Funcionario	Tipo de Salario	Cantidad	Salario Mensual		Salario Anual
Salario recolector	Trabajadores semi-calificados tiempo completo	1	Q237.353	\$475	\$5.696
Salario obrero recolector	Trabajadores no Calificado a tiempo completo	1	Q220.345	\$441	\$5.288
Salario Administrador	Bachiller Universitario a medio tiempo	1	Q405.169	\$810	\$9.724
Salarios Operarios	Trabajadores semi-calificados tiempo completo	5	Q237.353	\$475	\$28.482
			Sub Total		\$49.191
			Cargas Sociales (45,66%)		\$22.461
			Total		\$71.652

**Fuente:** Decreto N° 36292 de salarios mínimos, Presidencia de la República y Ministerio de Trabajo y Seguridad Social, 2011

Para efectos del análisis financiero, se supone que se adquieren camiones recolectores para reciclables. Luego se hace la comparación de los costos si se alquilan para los servicios de recolección.

Lo que se invierte en campañas de educación e información, se estima basándose en experiencias obtenidas por otras municipalidades. El costo calculado que implica el alquiler de camiones por parte de una empresa privada, para la recolección diferenciada (seis días por semana) y el transporte del material procesado (dos veces por semana) se presenta en el Cuadro 5.9.

**Cuadro 5.9.** Otros costos fijos.

Otros costos Fijos	Costos Anuales	Fuente
Campañas de educación	\$20.000	Plan municipal para el manejo de desechos sólidos, Palmares
Información y divulgación	\$16.200	Municipalidad de Santo Domingo
Alquiler del servicio de recolección diferenciada	\$46.800	Eco Logistic
Alquiler del servicio de transporte de material procesado	\$7.800	Eco Logistic

### Costos variables

Dentro de los costos variables estimados en el Cuadro 5.10 para el análisis financiero se contemplan

- Los gastos por combustible en el servicio de recolección diferenciada.
- El pago de servicios públicos: electricidad, luz y teléfono.
- Contratación de transporte del material procesado a los puntos de compra.
- Los gastos por mantenimiento.
- Otros gastos como: compra de materiales y suministros, empaques, insumos de limpieza. También la indumentaria de seguridad como guantes, mascarillas y botiquín de emergencias.

**Cuadro 5.10.** Costos Variables.

Costos Variables	Costos Anuales	Fuente
Combustible	\$28.546	Cálculos, Autor
Transporte de material procesado	\$11.700	Cálculos, Autor
Servicios	\$8.246	Cálculos, Autor
Agua	\$300	Sharon, Terran (2009)
Electricidad	\$7.387	Sharon, Terran (2009)
Teléfono	\$600	Sharon, Terran (2009)
Mantenimiento	\$8.064	Cálculos, Autor
Materiales y suministros	\$1.107	Morales, TCU, UCR
Empaques e insumos de limpieza	\$646	Morales, TCU, UCR
Indumentaria y equipo de seguridad	\$1.682	Mora (2008)

Es preciso resaltar que, al separar los residuos en su origen, la Municipalidad puede disminuir los gastos asociados a la disposición final. Esto debido a la desviación de los desechos que van a parar al relleno sanitario y que se captan dentro del programa de reciclaje. En el Cuadro 5.11 se calcula la diferencia porcentual de desechos que se está enterrando en las décadas siguientes.

**Cuadro 5.11.** Desviación de residuos que van a parar al relleno sanitario.

	Año	(Ton)		(%)
		Total Mensual	Total Anual	
Generado	2010	697,2	8366	
	2020	737,9	8855	
	2030	781,1	9373	
Recuperado	2010	26,0	312	3,7%
	2020	55,1	661	7,5%
	2030	105,0	1259	13,4%
Al Relleno	2010	671	8053	96,3%
	2020	683	8194	92,5%
	2030	676	8113	86,6%

## 5.5 Análisis Financiero

### 5.5.1 Parámetros contemplados y suposiciones

Se calculan los flujos de efectivo a través de la vida útil estimada del proyecto. Como se menciona anteriormente, se escoge un periodo de 20 años para el análisis.

La tasa de interés utilizada para traer los flujos de efectivo a valor presente es de 10,8% (de acuerdo con las fluctuaciones observadas en las tasas de interés según el Banco Central).

El tipo de cambio del dólar utilizado es el mostrado el 17 de junio de 2011. El mismo establece que: US\$1,0 equivale a ₡514.2.

Se supone que se da un aumento generalizado de los costos de un 5,0% por año. Asimismo se asume que las tarifas municipales también sufren el mismo incremento. Además, para efectos de simplificación, la variación de estos parámetros se idealiza como lineal.

Los costos de operación se agrupan para el análisis en:

- Costos administrativos municipales: Son los gastos que enfrenta el gobierno local actualmente, según se describe en el Capítulo 3.
- Costos administrativos del centro de recuperación: Consiste en el salario del administrador, así como los gastos en materiales y suministros.
- Costos de operación del centro de recuperación: Incluye los salarios de operarios, servicios básicos, empaques, insumos de limpieza, indumentaria de seguridad y el transporte del material procesado.
- Costos por recolección y disposición final: Se asume que estos servicios se brindan de la misma manera en que se explica en el Capítulo 3.
- Costos por recolección diferenciada: Se analiza el caso de que se pague a una empresa privada por un servicio alquilado para este fin y sólo se aportan los peones de recolección. Por otro lado, también se considera la posibilidad de que se adquiriera un camión propio, por lo que en este rubro están incluidos los costos por combustible, los salarios del chofer y de los peones.
- Educación e información: Costos calculados para llevar a cabo las campañas que se describen en el Capítulo 6.

A excepción de los escenarios para el análisis de sensibilidad, se supone un aumento del 3,0% anual en los precios de comercialización de material reciclable. El crecimiento en el volumen de los residuos captados se calcula mediante una interpolación lineal a través de los años, utilizando las estimaciones que se presentan en el Cuadro 5.6.

El costo del mantenimiento de maquinaria y equipo se simplifica como si fuera equivalente a su depreciación estimada con el método de la recta. Además, se distribuye como un costo puntual cada dos años a partir del 2012.

Para efectos de análisis, se destina un monto de ₡10'000'000 (US\$19'450) para enfrenar las medidas de mitigación expuestas en las secciones anteriores.

En todos los casos, el precio de reventa corresponde a un 20 % de la inversión inicial.

Se asume que la empresa y sus potenciales utilidades están exoneradas de impuestos municipales porque al tratarse de un proyecto de interés público, se espera que las ganancias (de haberlas) sean destinadas a beneficio social. Por lo tanto, el concepto de escudo fiscal no aplica para el análisis.

Adicionalmente, para cada escenario en particular se realizan las suposiciones como se muestra a continuación:

**Escenario 0: No se ejecuta ninguna acción para el manejo de material reciclable.**

- Ingresos: Cobro de tarifas por servicios de recolección y disposición final.
- Gastos de operación: Gastos administrativos internos de la Municipalidad y costos por servicio de recolección y disposición final.
- Inversión inicial nula.
- Otros supuestos:
  1. La morosidad visible promedio supuesta es del 10% anual. Por lo que los ingresos netos pasan de ₡260.095.620 (del Cuadro 3.9) a ₡234.086.058 (\$468.172) por año.
  2. En este caso, no hay desvío de los residuos que van al relleno sanitario, ya que no se da actividad de reciclaje. Por lo tanto, la disminución no aplica en los costos producto del efecto mencionado en el Cuadro 5.11.

Cuando se realiza el análisis para este caso, se descubre que se requiere un reajuste en los montos cobrados actualmente a los contribuyentes por concepto de servicios municipales.

**Escenario 1. Se construye un centro de recuperación y se establece un sistema de recolección de material reciclable. La gestión total es municipal.**

- Ingresos:
  1. Cobro de tarifas por servicios de recolección y disposición final.
  2. Venta de material reciclable procesado en el centro de recuperación.
- Costos de operación:
  1. Gastos administrativos internos de la Municipalidad y costos por servicio de recolección y disposición final.
  2. Gastos de operación del centro de recuperación.
  3. El servicio de recolección diferenciada: se supone que se da por medio de la adquisición de un camión recolector y el contrato de un chofer y peones recolectores, como se describe en el Capítulo 6.
  4. La Municipalidad asume los costos de las campañas educativas, informativas y la divulgación.
- A la Municipalidad le corresponde financiar toda la inversión inicial y las medidas de mitigación.
- Otros supuestos:
  1. La morosidad supuesta visible promedio es del 10% anual.
  2. Se analiza el caso de que la Municipalidad compre un camión para el sistema de recolección diferenciada y otro que se alquila para este servicio a una empresa privada.
  3. Se aplica una reducción en los volúmenes de residuos proyectados para las próximas décadas. Con esto, se reducen los costos de operación por concepto de recolección y disposición, en comparación al Escenario 0. (Cuadro 5.11)

**Escenario 2. Se construye un centro de recuperación y se establece un sistema de recolección de material reciclable. Gestión parcial de la Municipalidad y la empresa privada.**

**Análisis para la Municipalidad:**

- Ingresos: Cobro de tarifas por servicios de recolección y disposición final.
- Costos de operación:
  1. Gastos administrativos internos de la Municipalidad y costos por servicio de recolección y disposición final.
  2. Servicio de recolección diferenciada.
  3. La empresa asume los costos de la campaña educativa, informativa y la divulgación.
- Inversión inicial correspondiente a las medidas de mitigación y la compra de contenedores.
- Otros supuestos:
  1. La morosidad supuesta visible promedio es del 10% anual.
  2. El servicio de recolección diferenciada se presta mediante el alquiler de camiones a una empresa privada.
  3. Aplica la reducción de costos por recolección y disposición del Cuadro 5.11.

**Análisis para la empresa:**

- Ingresos: venta de material reciclable procesado en el centro de recuperación.
- Costos de operación: Gastos de Operación del Centro de recuperación.
- A la empresa le corresponde financiar toda la inversión inicial excepto la compra de contenedores.

**Escenario 3. Se construye un centro de recuperación y se establece un sistema de recolección de material reciclable. Gestión total por parte de una empresa privada.**

**Análisis para la municipalidad:**

- Ingresos: Cobro de tarifas por servicios de recolección y disposición final.
- Costos de operación: Gastos administrativos internos de la Municipalidad y costos por servicio de recolección y disposición final.

- Inversión inicial correspondiente a las medidas de mitigación y la compra de contenedores.
- Otros supuestos:
  1. La morosidad supuesta visible promedio es del 10% anual.
  2. El servicio de recolección diferenciada se presta mediante el alquiler de camiones a una empresa privada.
  3. Aplica la reducción de costos por recolección y disposición analizada en el Cuadro 5.11.

#### **Análisis para la empresa:**

- Ingresos: venta de material reciclable procesado en el centro de recuperación.
- Costos de operación:
  1. Gastos de operación del centro de recuperación.
  2. Servicio de recolección diferenciada.
  3. La empresa asume costos las campañas educativas, informativas y de divulgación.
- A la empresa le corresponde financiar toda la inversión inicial excepto la compra de contenedores.

#### **5.5.2 Resultados**

Después de analizar cada caso, tomando en cuenta los ingresos, los costos de operación, la inversión y el resto de variables que afectan el estado financiero de cada escenario, se grafica la variación del flujo efectivo, es decir, la utilidad menos la inversión para cada año. Para que esta información sea comparable es necesario eliminar el efecto del valor del dinero en el tiempo, por lo que primero se han pasado los datos de cada año a su equivalente en valor presente. Esto se logra haciendo uso de la tasa de interés supuesta.

Los cuadros del Anexo 5 contiene el detalle de los cálculos del flujo de efectivo para cada caso estudiado, incluyendo los del análisis de sensibilidad que se ven más adelante.

El Valor Actual Neto (VAN) que resulta del análisis para cada escenario depende de la tasa de interés que se fije para financiar el proyecto. Este parámetro varía según lo determina el Banco Central de Costa Rica y su comportamiento es difícil de predecir.

Ante esto, se calcula el perfil del VAN que evalúa la sensibilidad de la renta neta del proyecto ante ajustes en las tasas de interés.

Se entiende que cualquier modalidad que se aplique para la gestión de residuos no implica un negocio para la Municipalidad. Se recalcula la tarifa residencial base (se le aplican los mismos factores de diferenciación que se emplean actualmente), de manera que el VAN sea nulo. Además, para efectos de análisis y comparación, se calcula la tarifa residencial base si la morosidad visible fuera del 0%. Por otro lado, si en el proyecto interviene alguna empresa, se espera que se maneje alguna utilidad, por lo que el valor actual neto se calcula para cada caso. Todos estos resultados se muestran en el Cuadro 5.12.

**Cuadro 5.12.** Resultados del análisis financiero sobre el cálculo de tarifas y el VAN.

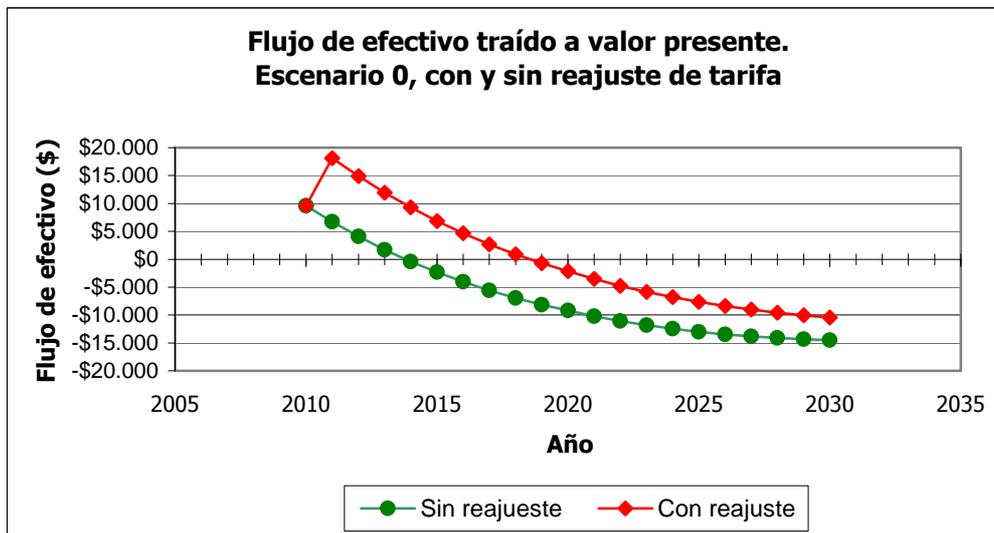
	VAN	Tarifa Residencial Base	
		(10% morosidad)	(0% morosidad)
<b>Escenario 0. Alternativa nula</b>			
Sin reajuste de tarifa	-\$143.400,6	₡1.790	--
Con reajuste de tarifa	\$0,0	₡1.820	₡1.640
<b>Escenario 1. Municipalidad administra totalmente el programa</b>			
Municipalidad (compra de vehículo)	\$0,0	₡2.025	₡1.805
Municipalidad (alquiler de vehículo)	\$0,0	₡2.040	₡1.825
<b>Escenario 2. Gestión Parcial del Programa</b>			
Municipalidad	\$0,0	₡2.085	₡1.835
Empresa	\$159.166,1	--	--
<b>Escenario 3. Empresa administra totalmente el programa</b>			
Municipalidad	\$0,0	₡1.735	₡1.545
Empresa	-\$886.788,4	--	--

Nótese, ver Escenario 1, que resulta ligeramente más caro si el servicio de recolección diferenciada sea brindado a través del alquiler de vehículos a una empresa privada en comparación con la opción de adquirir un vehículo. Sin embargo, la diferencia es mínima y proceder mediante alquiler supone grandes ventajas, ya que se disminuye de manera importante la inversión inicial y se libera a la Municipalidad de las responsabilidades asociadas al manejo y mantenimiento del equipo.

### **Flujos de efectivo y Perfil de VAN**

Al no llevarse a cabo ninguna acción para el manejo y aprovechamiento de residuos, la Municipalidad continúa haciendo uso de los recursos provenientes del cobro de los servicios como es la recolección convencional y la disposición al relleno sanitario. En las Figuras 5.10 y 5.11, se observan el flujo de efectivo y el perfil del VAN para el Escenario 0. Nótese que cuando se da un reajuste de tarifa, el flujo de efectivo

se incrementa en los años posteriores a su implementación, lo que permite que, con la tasa de interés supuesta, se alcance un VAN nulo. La tendencia pendiente positiva en el perfil del VAN implica que hay un excedente económico inicial y que se acumula para cubrir el faltante en los últimos años.



**Figura 5.10.** Variación del flujo de efectivo municipal. Escenario 0.

El comportamiento del flujo de efectivo en el caso de que la Municipalidad gestione todo el programa (Escenario 1) se muestra en la Figura 5.12. Se observan las diferencias entre la opción de alquilar un vehículo a la empresa privada en comparación con las de adquirir un camión propio y operarlo por medio de funcionarios municipales. Los "valles" al principio y en los años 2015 y 2020 se deben a que en esos años se da la inversión inicial y la compra de contenedores. Se aprecia también un zigzagueo con tendencia a crecer, ocasionado por el mantenimiento bianual de los equipos y al aumento en los volúmenes de material reciclable procesado en el centro de recuperación. Las pendientes negativas del perfil del VAN en la Figura 5.13 denota la necesidad de financiamiento inicial y la recuperación en la medida en que las tasas de interés se mantengan bajas.

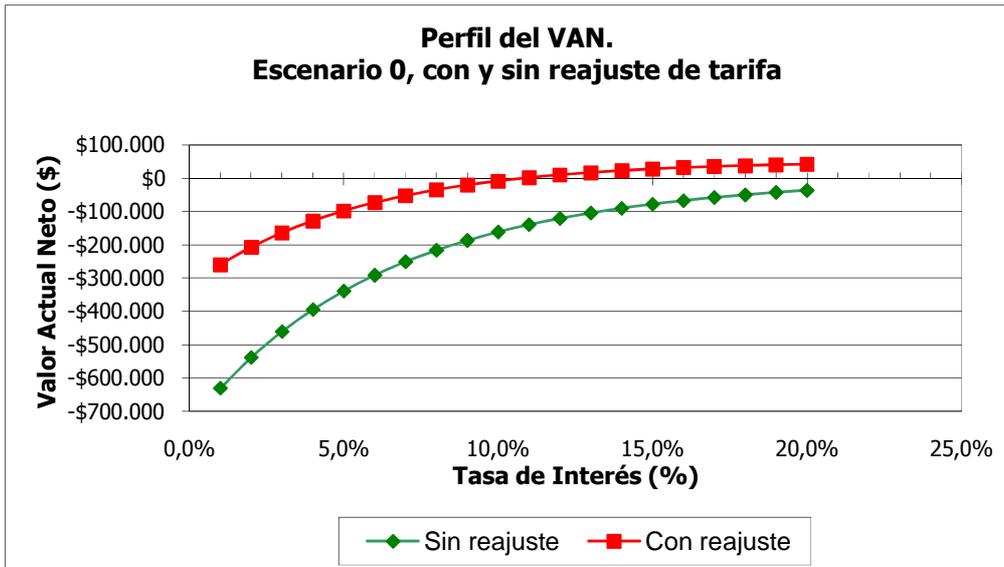


Figura 5.11. Variación del Valor Actual Neto con la tasa de interés. Escenario 0.

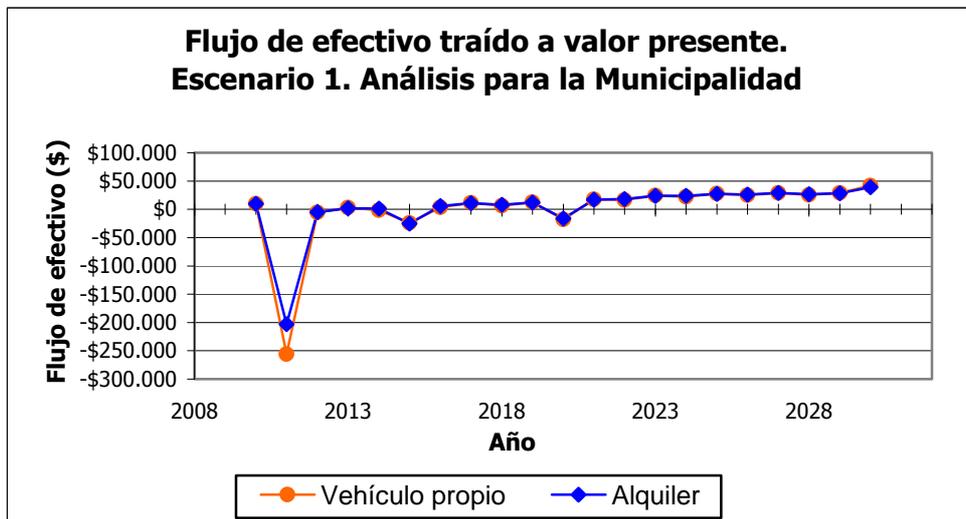


Figura 5.12. Variación del flujo de efectivo municipal. Escenario 1.

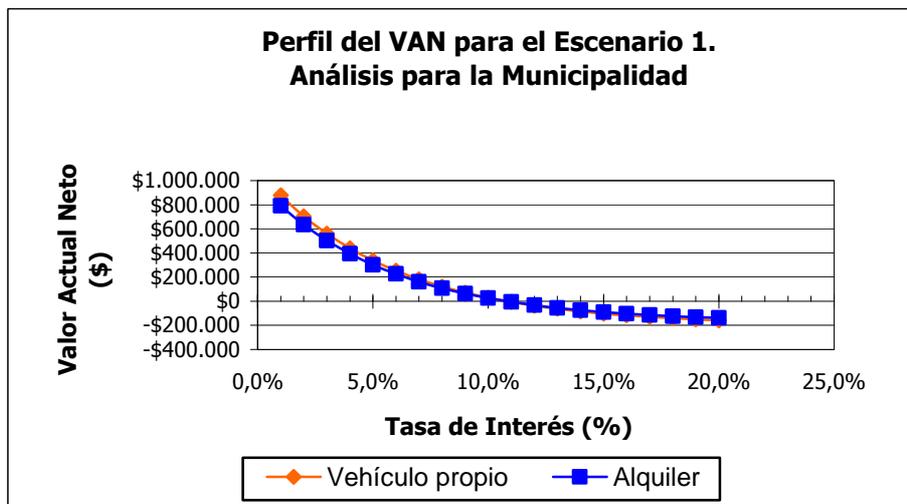
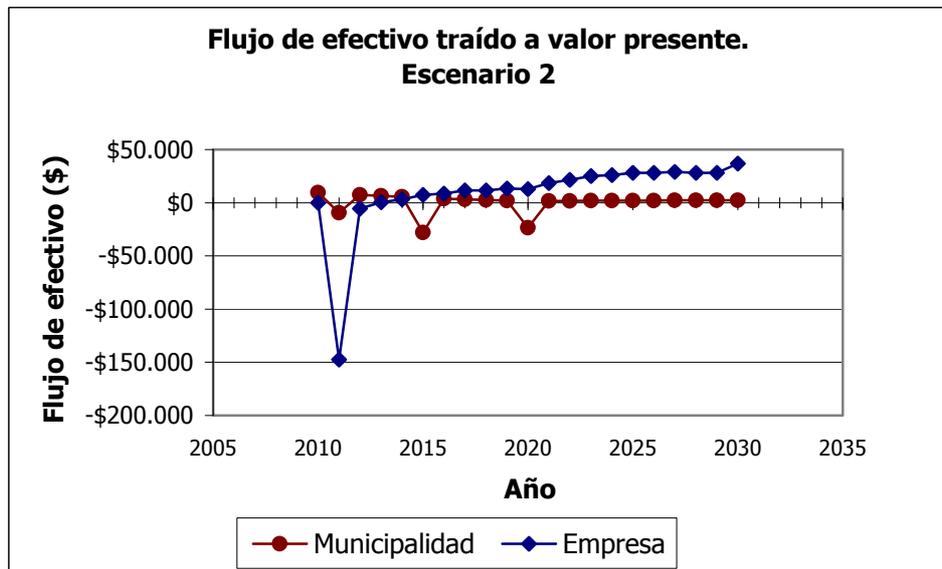


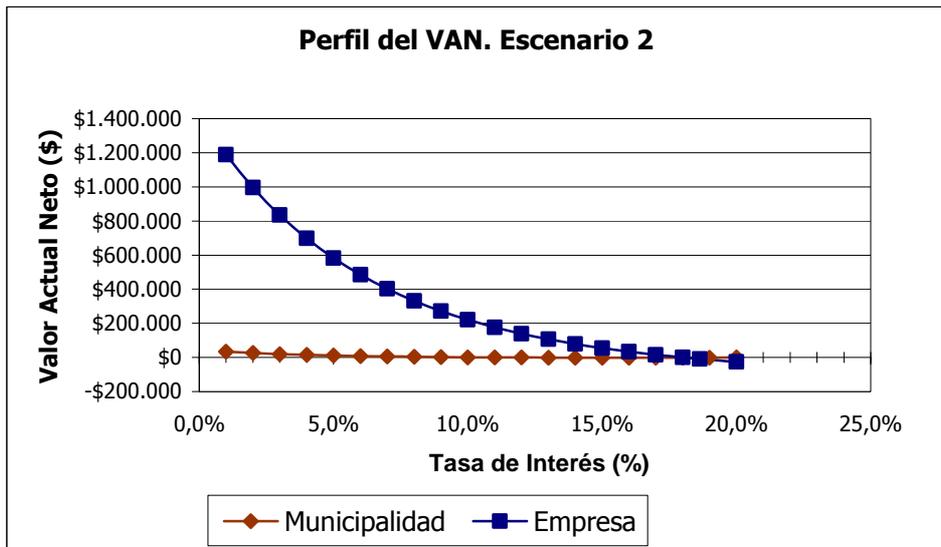
Figura 5.13. Variación del Valor Actual Neto con la tasa de interés. Escenario 1.

El Escenario 2 es el que presenta los resultados más positivos, pese a que se recarga el costo de los nuevos servicios sobre los contribuyentes, cuenta con la ventaja de que la inversión inicial y los costos de operación del centro de recuperación son asumidos por la empresa privada. Esta, a su vez, lo ve como un negocio rentable y con un riesgo menor que en los otros casos. (Ver Figura 5.14)



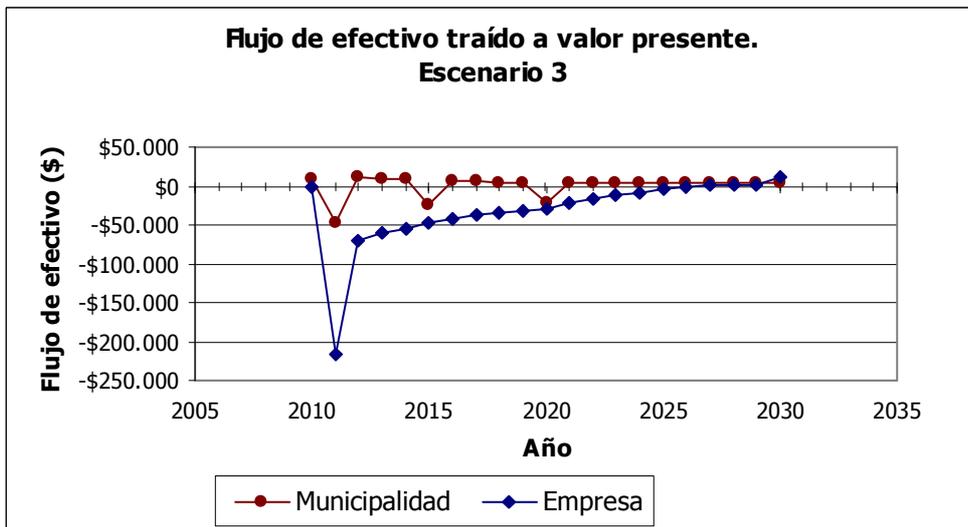
**Figura 5.14.** Variación del flujo de efectivo de la Municipalidad y la empresa privada. Escenario 2.

Este escenario tolera variaciones en las tasas de interés más altas y genera un VAN positivo que resulta atractivo a la inversión. La Municipalidad debe realizar una inversión para la compra de contenedores (obsérvese los valles al principio y en los años 2015 y 2020) y debe buscar financiamiento. De ahí el perfil decreciente del VAN ante la tasa de interés mostrado en la Figura 5.15. Esto ocurre tanto para el municipio como para la empresa que desarrolle el centro de recuperación.

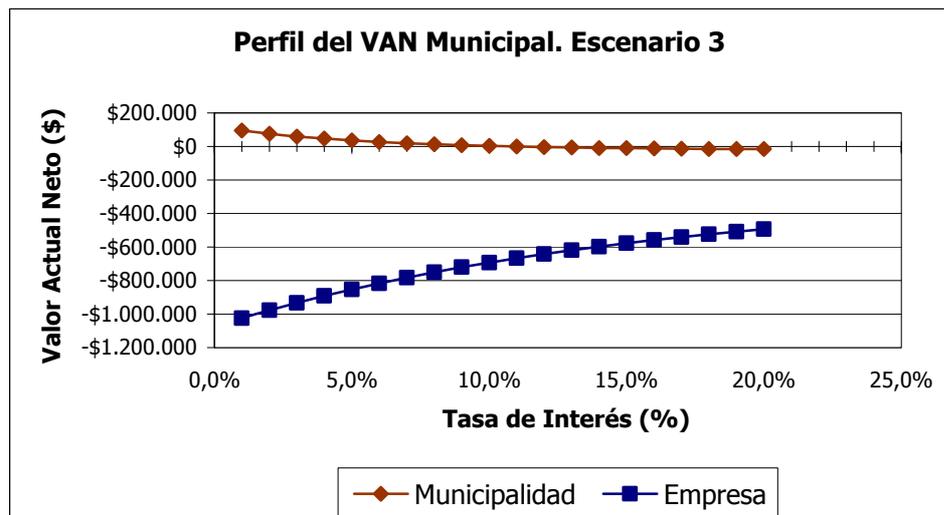


**Figura 5.15.** Variación del Valor Actual Neto con la tasa de interés para la Municipalidad y la empresa. Escenario 2.

Por su parte, para el Escenario 3, se vislumbra un panorama bastante positivo para la gestión municipal ya que las tarifas por pagar por los contribuyentes son más bajas. Esto es consecuencia de que los volúmenes de desechos que necesitan disposición final son menos debido al reciclaje. Sin embargo, en las Figuras 5.16 y 5.17, queda claro que la empresa encargada de asumir la inversión y brindar los servicios nuevos, no es capaz de recuperarse con los ingresos provenientes de la venta de materiales reciclables.



**Figura 5.16.** Variación del flujo de efectivo de la Municipalidad y la empresa privada. Escenario 3.

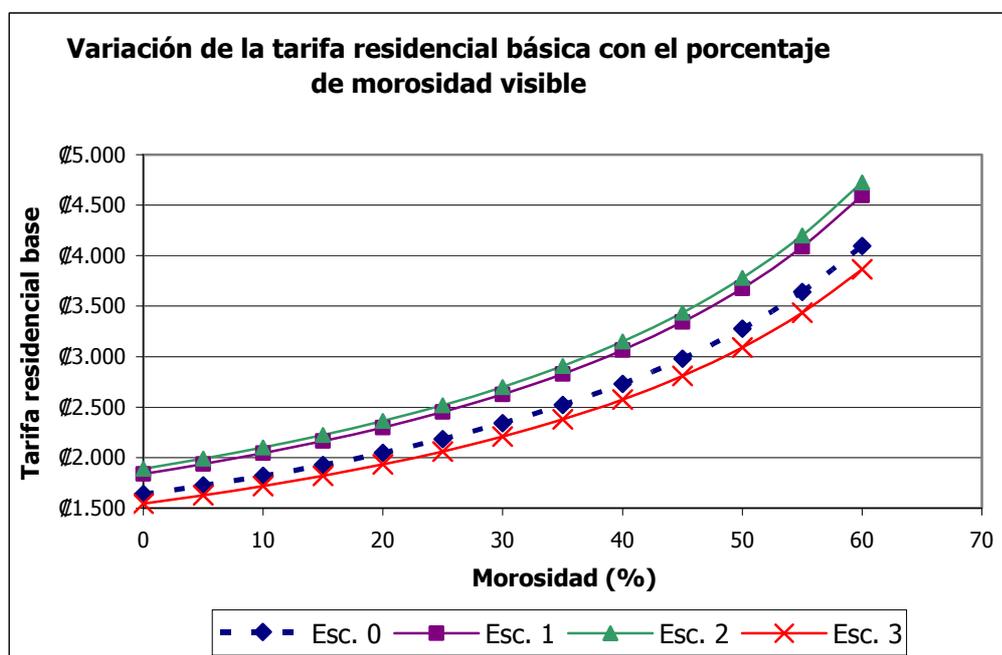


**Figura 5.17.** Variación del Valor Actual Neto con la tasa de interés para la Municipalidad y la empresa. Escenario 3.

### 5.5.3 Análisis de sensibilidad

#### Sensibilidad al porcentaje de morosidad visible

Para cada escenario estudiado, se calcula la tarifa residencial base necesaria por cobrar para que el VAN sea cero, haciendo variar los porcentajes de morosidad visible. Los resultados de este análisis se muestran en el la Figura 5.18.



**Figura 5.18.** Sensibilidad del monto de tarifa residencial base ante cambios en el porcentaje de morosidad.

Nótese que la tendencia es similar en todos los escenarios. Entre mayor es el porcentaje de morosidad, más inclinada en la pendiente, por lo que el monto por

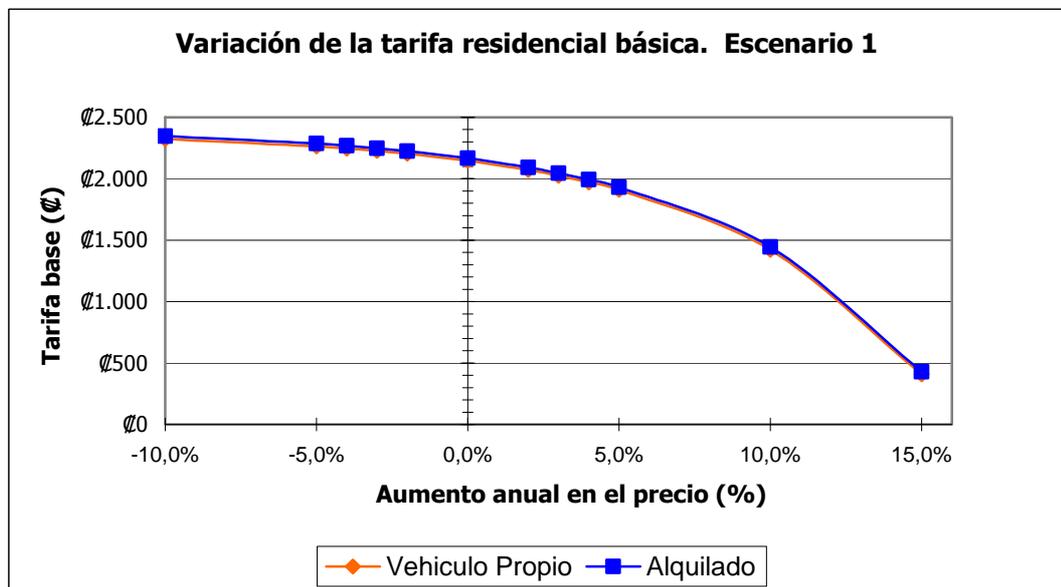
pagar por los servicios recae injustamente y de manera más grave sobre los contribuyentes que si cancelan sus obligaciones.

### Sensibilidad ante el porcentaje anual de aumento en los precios de los materiales

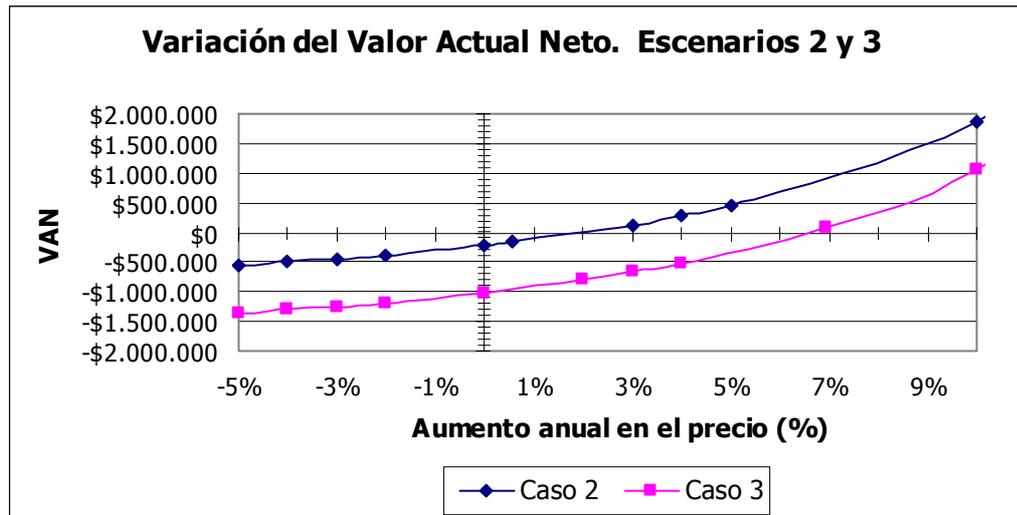
Recuérdese que para el análisis realizado, se supone que el precio generalizado de los materiales reciclables aumenta en un 3,0%.

Sin embargo, se debe tomar en cuenta que este mercado es sumamente volátil. Un factor importante y difícil de prever es la competencia de productos sustitutos. Por ejemplo, una disminución en los precios internacionales del petróleo crudo baja los precios de la resina plástica y hace menos atractivo la reciclada. Las resinas vírgenes se utilizan para algunos productos y las recicladas para otros, por lo que esta relación no es tan directa. Otro ejemplo, que se estudia en el Capítulo 6, es el mercado de fertilizantes naturales con respecto a los abonos químicos.

Para tratar de evaluar el impacto de estas fluctuaciones que afectan el precio de los residuos, se hace variar el aumento anual porcentual, para conocer su efecto sobre la tarifa residencial base, en el Escenario 1, y el VAN que resulta en los Escenarios 2 y 3. En las Figuras 5.19 y 5.20 se grafican estas tendencias.



**Figura 5.19.** Sensibilidad del monto de tarifa residencial base ante el porcentaje anual de aumento en los precios de los materiales. Escenario 1.



**Figura 5.20.** Sensibilidad del Valor Actual Neto ante el porcentaje anual de aumento en los precios de los materiales. Escenarios 2 y 3.

### Casos especiales

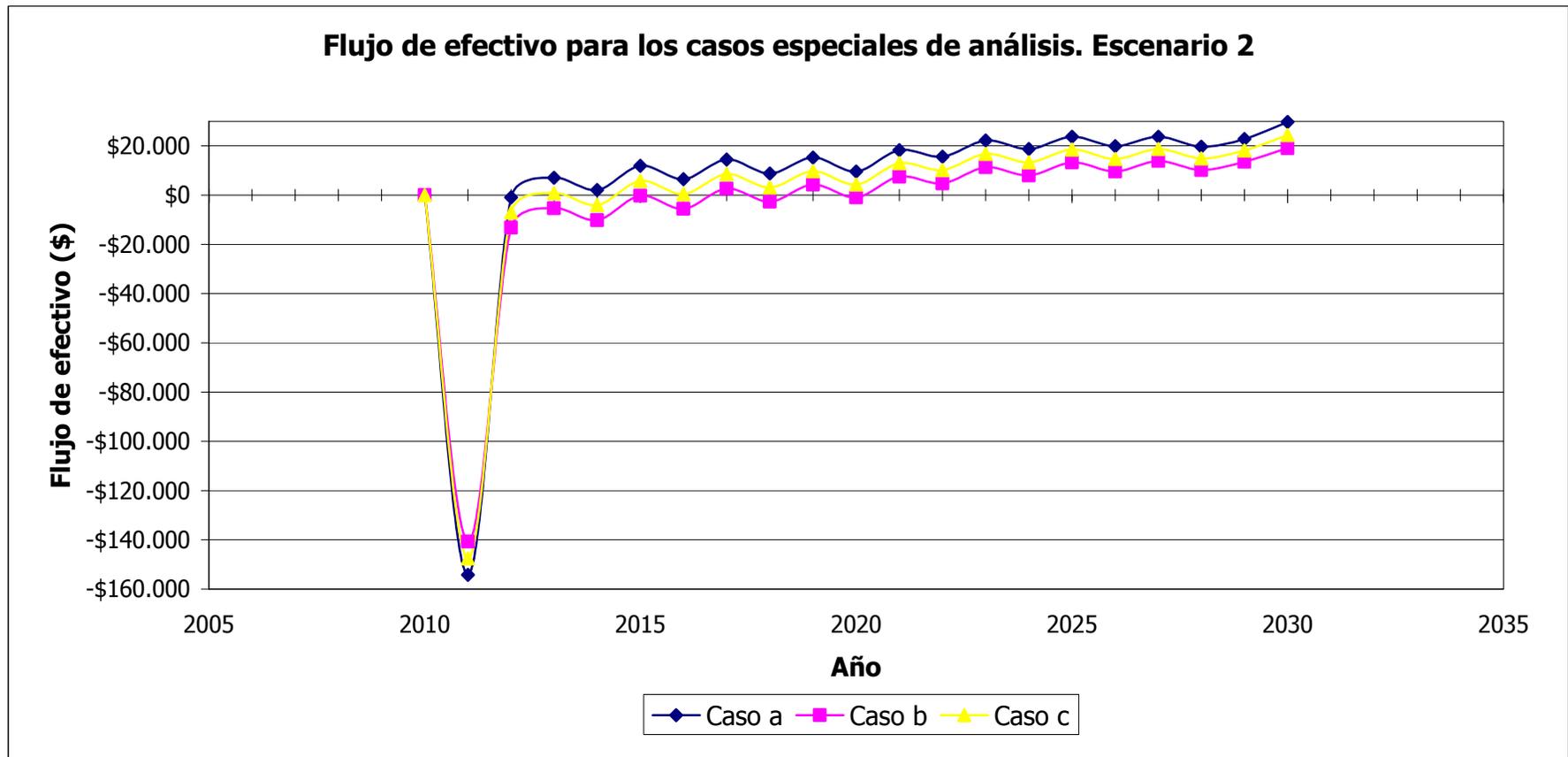
Se concluye que el Escenario 2 es el más conveniente en cuanto a su atractivo para la inversión. Ahora se analiza el riesgo ante imprevistos en el marco de este escenario, específicamente en lo que concierne a la empresa encargada de desarrollar el centro de recuperación. Para esto se analizan 3 casos especiales:

- Caso a: Los costos de inversión se incrementan en un 20%
- Caso b: Los ingresos por la venta de materiales reciclables disminuyen en un 20 %
- Caso c: Los costos de inversión se incrementan en un 10% mientras que los ingresos por la venta de materiales disminuyen en una 10%.

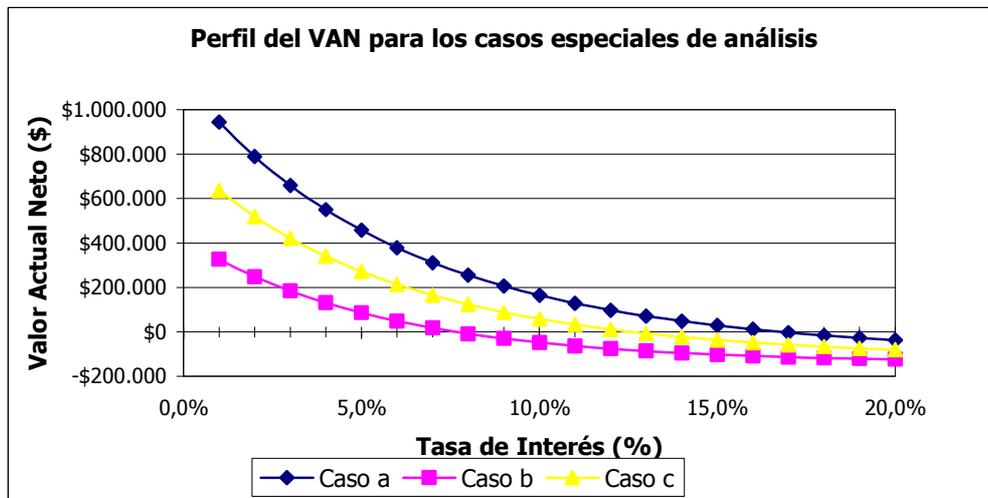
Se calcula el VAN y la Tasa Interna de Retorno (TIR) para cada tipo de eventualidad. Los resultados obtenidos se muestran en el Cuadro 5.13. Los flujos de efectivo y el perfil del VAN se muestran en las Figuras 5.21 y 5.22 respectivamente.

**Cuadro 5.13.** Análisis de sensibilidad para el Escenario 2.

	<b>VAN</b>	<b>TIR</b>
Escenario 2	\$184 550	18,6%
Caso a: 20% de aumento en los costos inversión.	\$ 159250	16,8%
Caso b: 20% de disminución en los ingresos por venta de materiales.	-\$61 070	7,7%
Caso c: 10% de aumento en la inversión y 10% de disminución en los ingresos	\$49 100	12,6%



**Figura 5.21.** Casos especiales del análisis de sensibilidad. (a) 20% de aumento en los costos de inversión inicial. (b) 20% de disminución en los ingresos por venta de materiales. (c) 10% de aumento en la inversión y 10% de disminución de los ingresos.



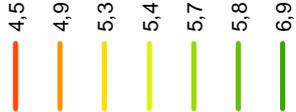
**Figura 5.22.** Sensibilidad del Escenario 2 ante cambios en los costos de inversión inicial y los ingresos por venta de materiales.

El análisis de estos casos especiales sirve para revelar que, más que un aumento en los costos de inversión inicial, la empresa encargada de gestionar el centro de recuperación es sumamente sensible a los ingresos que perciba por la venta de materiales. Cuando los ingresos disminuyen en un 20%, el VAN se vuelve negativo y la TIR requerida para el financiamiento es demasiado baja.



### Simbología

#### Ancho de la Calzada (m)



Sin Información

Centro de Recuperación

Ríos

Fotografías

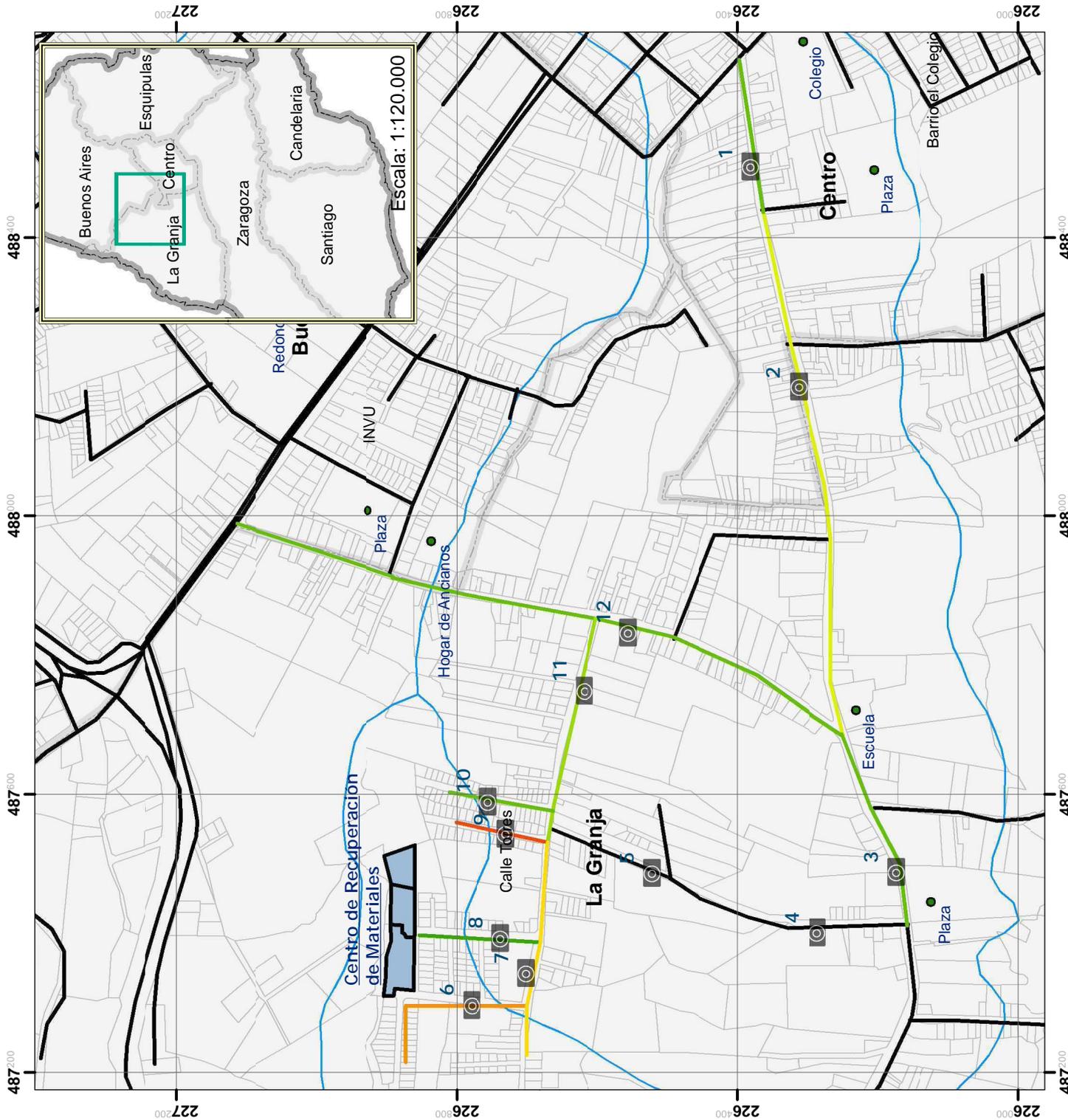
## Mapa 5.1 Anchos de Calzada en Calle Torres

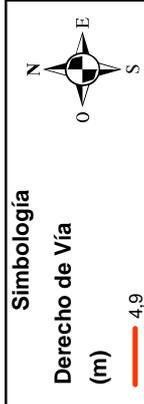


Escala: 1:8.000

Fuente: Mapas IGN, Esc. 1:5.000.  
ProDUS-UCR, 2010-2011.

Proyecto Final de Graduación,  
Diagnóstico y Recomendaciones  
para el Manejo de Residuos Sólidos  
en Palmares





**Simbología**

**Derecho de Vía (m)**

- 4,9
- 6,2
- 8,8
- 9,8
- 10,7
- 11
- 11,9
- 12,1
- 12,7
- 13,4

Sin Información

Centro de Recuperación

Ríos

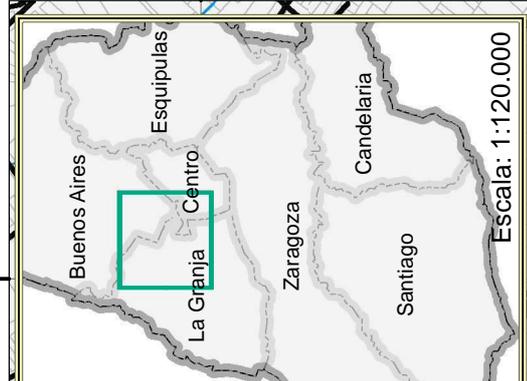
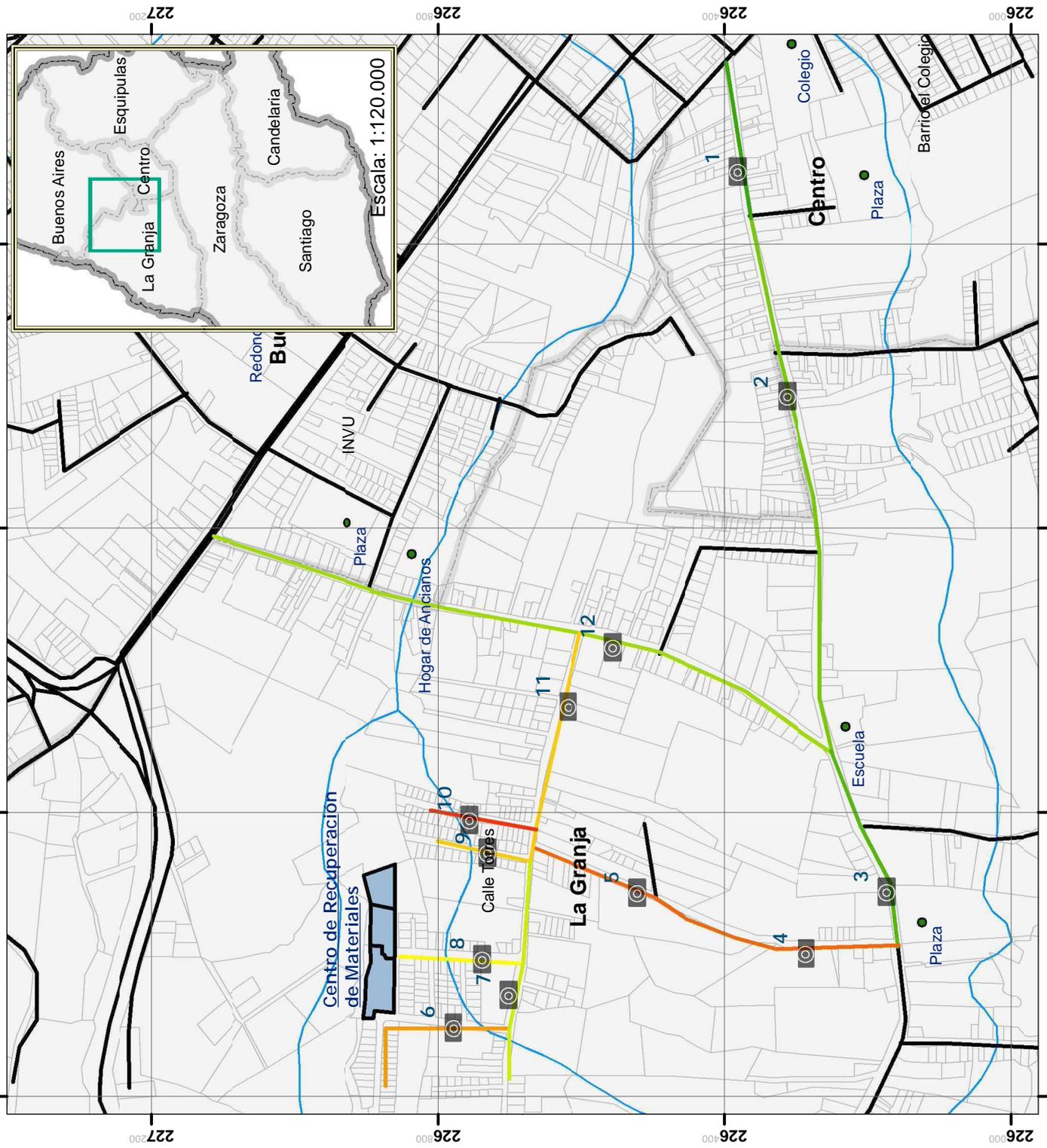
Fotografías

### Mapa 5.2 Derecho de Vía en Calle Torres

Escala: 1:8.000

Fuente: Mapas IGN, Esc. 1:5.000.  
ProDUS-UCR, 2010-2011.

Proyecto Final de Graduación,  
Diagnóstico y Recomendaciones  
para el Manejo de Residuos Sólidos  
en Palmares



## **CAPÍTULO 6. PROPUESTAS**

Los factores técnicos y financieros que afectan la implementación de un programa de recuperación de material reciclable separado en sitio se analizan en el capítulo anterior. Sin embargo, es evidente que las probabilidades de éxito están relacionadas de manera muy directa con dos variables adicionales.

La primera de estas, es el porcentaje de los generadores que colaboran con la separación de sus residuos. Es necesario entonces, que se identifiquen y desarrollen estrategias que incentiven a los habitantes del cantón a modificar sus costumbres. En muchas ciudades del mundo se comprueba que a medida que las personas adquieren una actitud positiva en la participación, esta se ve afectada por la calidad de los servicios que se brindan en su comunidad. Un sistema de recolección oportuno y completo sumado a la correcta disposición de residuos convencionales es, sin duda, importante en esta labor de motivación. Para que un programa de captación, como el planteado, realmente logre sus objetivos, se requiere una ejecución eficaz de la recolección diferenciada de residuos reciclables. En las primeras secciones de este capítulo se presentan propuestas para mejorar el sistema existente y las características que debe poseer el servicio de recolección diferenciada de material reciclable.

La otra variable determinante, es el nivel de control y comunicación que logre alcanzar la Municipalidad con sus contribuyentes, tanto para reducir la morosidad, como para brindar información y educación. Sin estas no se capta la cantidad de material deseado. Basándose en las observaciones y conclusiones obtenidas a través de la investigación, se proponen las medidas que debe adoptar la Municipalidad de Palmares a fin de mejorar y optimizar los esfuerzos realizados hasta ahora.

Adicionalmente, los resultados del Capítulo 4 muestran que más de la mitad de la composición de los desechos generados en Palmares consiste en material orgánico. Se conoce de antemano que esta situación es similar en todo el país, principalmente en lo que se refiere a los residuos de origen residencial. Por lo tanto, las autoridades se ven obligadas a considerar e investigar en función de una inversión que garantice el tratamiento correcto de este tipo de residuos. Esto, cuando se vaya a diseñar el plan de manejo integral de residuos como lo precisa la nueva ley. En la última sección de este capítulo se resumen las ventajas y desventajas de las diferentes opciones existentes para el aprovechamiento de esta fracción de los residuos.

## **6.1. Propuesta de mejora al sistema existente de recolección de residuos convencionales**

### **6.1.1 Características técnicas del sistema propuesto**

En el Capítulo 4, se menciona que las rutas de recolección observadas y registradas (Mapas 4.1 a 4.7) obedecen a criterios basados en la experiencia y el conocimiento de la red vial del cantón, tomados en cuenta por la empresa encargada del servicio en ese momento. Se concluye, además, que su estructura estaba bien fundamentada pero existen varios aspectos en los que se debe mejorar. Basándose en estas observaciones, en los resultados del trabajo de campo y en los criterios de diseño de rutas descritos en la Sección 2.2.3, se proponen cambios en las rutas de recolección convencional, aplicables también para un eventual servicio de recolección de residuos separados en origen.

Los aspectos que se buscan mejorar se describen a continuación:

- Ya que al término de las rutas de recolección, los camiones utilizan al máximo su capacidad, se puede decir que la elección de los lugares abarcados por cada camión es adecuada, porque se recorren eficientemente. Por lo tanto, en esta propuesta se mantiene el esquema expuesto en el Capítulo 4 de seis rutas, pero se reorganizan a través de los núcleos y conexiones definidos en el Mapa 4.1. Se busca sistematizar sus recorridos y disminuir los tramos repetidos o redundantes.
- En los cuadrantes del distrito Central se propone utilizar el método de recolectar las calles y las avenidas completas y así evitar los giros, especialmente hacia la izquierda. Sin embargo, este sistema no funciona a la perfección ya que existen calles sin salida o con un sólo sentido y el orden de recolección debe adaptarse.
- En las calles demarcadas como principales o secundarias (ver Mapa 3.1) se establece el sistema de recolección de doble peine, es decir, sólo se recogen los residuos al lado derecho de la vía. De esta forma, estos tramos se recorren como mínimo dos veces (una en cada sentido).
- En algunas entradas sin salida o en tramos de calle cortos o con densidad baja de residuos se utiliza el sistema de callejón simple o callejón doble. Los peones acumulan los residuos en las entradas para agilizar la recolección.

- Las rutas se adaptan para que los lugares alejados del distrito Central sean servidos en un único viaje y por el mismo camión. Se evita así tener que regresar para terminar un sector del cantón. Por ejemplo, el caso de Esquipulas, los proyectos habitacionales de La Perica y Josefa son atendidos por la "Ruta 4", mientras que el sector conocido como El Común y la urbanización Doña Lorena le corresponde a la "Ruta 6". Como se nota, de acuerdo con esta propuesta, todos estos lugares son cubiertos por la denominada "Ruta D".
- El orden de recolección es elegido de manera que se procura iniciar en el punto más elevado en los tramos con pendientes fuertes. Se evita que el camión se detenga mientras sube. Existen ocasiones en que esta condición es inevitable, pero se trata de minimizar estos casos mediante un análisis de pendientes y distancias.
- Se recomienda que en los casos en que es estrictamente necesario pasar en varias ocasiones por el mismo lugar, se recojan los residuos hasta la última vez. Esto genera ventajas tales como: reducir la carga del camión el mayor tiempo posible para propiciar un ahorro de combustible y aumentar la posibilidad de que los peones apuñen las bolsas a fin de agilizar la recolección. Los casos típicos donde se debe aplicar esta metodología son las entradas sin salida. Se prefiere entrar directamente y salir recolectando. Existen excepciones a esta norma como cuando existe continuidad en la ruta, pendientes desfavorables o barreras físicas.

En la siguiente sección, junto con el Anexo 6, se exponen las rutas tal y como se proponen. Recuérdesse que se mantienen seis rutas de recolección, elegidas cuando se realiza el registro de las rutas (sistema implementado antes de Junio de 2010). Se trata de asignar volúmenes similares de desechos por camión. Las características que se proponen para el sistema de recolección mejorado son las siguientes:

- Utilizar seis rutas que abarcan todo el cantón: Cada día se recogen simultáneamente dos de ellas, De esta forma, el trabajo se lleva a cabo de lunes a sábado y en cada lugar del cantón se emplea una frecuencia de recolección de dos días por semana. (lunes y jueves, martes y viernes, miércoles y sábados).

- Adaptar las rutas propuestas al sistema que se utiliza en el caso analizado correspondiente a enero de 2011. Es decir, distribuir la recolección a través de toda la semana, atravesar dos de las seis rutas propuestas por jornada y dejar tres días de separación entre la recolección en cada parte de la comunidad.
- Someter la propuesta de rutas, que se basa en criterios técnicos teóricos, a una revisión práctica. Con esto, se busca depurar hasta alcanzar un servicio óptimo, constante y puntual. El sistema de recolección basado en dos rutas por día ofrece flexibilidad en la toma de decisiones, sobre todo cuando los volúmenes varían.

### **6.1.2 Rutas de recolección**

Tomando en cuenta todos los criterios descritos en la sección anterior, se definen seis rutas para los camiones recolectores y un recorrido adicional para la vagoneta de apoyo utilizada en los tramos de acceso limitado. Además, cada una es diseñada asumiendo los núcleos y conexiones definidos en el Mapa 4.1.

Las seis rutas, enlistadas desde la "A" hasta la "F", se describen en el Cuadro 6.1.

#### **Simbología y nomenclatura**

Con el fin de representar gráficamente las rutas propuestas se divide la red vial cantonal en los 16 mapas del Anexo 6. Además, para facilitar su ubicación, se cuenta con el índice mostrado en el Mapa 6.1.

Por otro lado, para entender la dirección y la forma en que se organiza la recolección de los residuos, se define la simbología explicada en el Cuadro 6.2. Además, el orden que siguen los camiones recolectores se encuentra representado dentro de los paréntesis que se ubican al lado de cada flecha. La interpretación de esta nomenclatura se ilustra en la Figura 6.1. Cada ítem dentro del paréntesis tiene un significado que denota el orden que sigue:

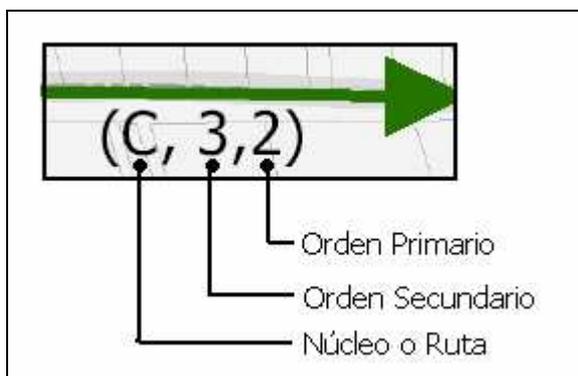
- Orden primario: Representa la secuencia normal de la recolección.
- Núcleo o Ruta: Cuando se trata de un núcleo, se representa por la letra "N" en mayúscula seguida del núcleo en el que se encuentra la flecha. Cuando se representa una parte de la ruta que está fuera de un núcleo (es decir una conexión) entonces se indica con una letra.

**Cuadro 6.1.** Rutas de recolección propuestas

<b>Ruta #</b>	<b>Núcleos</b>	<b>Conexiones</b>	<b>Lugares Servidos</b>
A	Parte del Núcleo 1	Entre Zaragoza y el centro	Únicamente los cuadrantes del distrito Central y calle principal entre El Centro y Zaragoza.
B	Parte del Núcleo 1; Núcleos 2, 15 y 16 completos	Entre calle Chanceros y la Cocaleca;	Inicia en el barrio de El Colegio, Barrio Santa Fe, Cocaleca, centro de Zaragoza, Barrio la Unión y Candelaria.
		Entre la Cocaleca y centro de Zaragoza;	
		Entrada y salida a Barrio la Unión;	
		Entrada y salida a Candelaria	
C	17 y 18	Entre el centro de Zaragoza y el Rincón;	Oeste de Zaragoza, El Rincón, Santiago, Calle Vargas, Barrio Asunción
		Entrada y salida de Santiago;	
		Calle Vargas;	
		Entrada y salida de Barrio la Asunción.	
D	3, 4, 5 y 6	Entre calle Chanceros al centro de Esquipulas	Centro de Esquipulas, Urbanización La Paz, Proyectos Habitacionales Josema y La Perica, Urbanización Doña Lorena, Barrio el Común.
		Entre el centro de Esquipulas y La Perica	
		Entre el centro de Esquipulas y Doña Lorena	
		Entre Doña Lorena y Barrio el Común	
		Entre centro de Esquipulas y el distrito Central	
E	7, 8, 9	Entre la Recta y las Tres Marías	Barrio "La Y Griega", Tres Marías, Este de Buenos Aires, Bajo de la Cabra, Calle Castillo, Calle el Roble, centro de Buenos Aires.
		Entre las Tres Marías y el centro de Buenos Aires	
		Este de Buenos Aires	
		Bajo de la Cabra	
		Entre entrada al Bajo de la Cabra y calle el Roble	
		Entre el centro de Buenos Aires y el distrito Central	
F	10, 11, 12, 13 y 14	Calle Principal de entrada a Palmares	Barrio Victoria, Urbanización el Valle, Urbanización El INVU, Calle Torres, La Granja, Urbanización Palma Real
		Entre Urbanización El INVU y Calle Torres	
		Entre Calle Torres y la Granja	
		Entre la Granja y Urbanización Palma Real	
Vagoneta			Calles al Sur de Candelaria, Barrio La Unión (La Hacienda), calles al Sur de Santiago, calles al Oeste del Rincón de Zaragoza, Las Quebradas

**Cuadro 6.2.** Simbología para las rutas de recolección

Simbología	Leyenda	Interpretación
	En recolección	Tramos en que la recolección se ejecuta activamente.
	Tramos repetidos	Tramos en que el camión recolector pasa sin recoger. Son calles en las que por alguna razón se deben recorrer dos o más veces. En la mayoría de los casos se recoge hasta la última vez que se pasa por ellas.
	Callejón simple	Calles sin salida en las que un peón se encarga de apuñar los residuos a la entrada para agilizar la recolección.
	Callejón doble	Calles cortas con poca densidad de residuos en las que un peón se encarga de apuñar los residuos a ambos lados para agilizar la recolección.
	Doble Peine	Calles con alto flujo vehicular donde se recolecta únicamente al lado derecho de la vía. Se debe pasar por ellas como mínimo dos veces (una en cada sentido)
	Núcleos	Sistemas de calles que se idealizan como subredes y se recogen por separado.
	Entrada a la sub-red	Punto en que la conexión llega al núcleo. Denota el inicio de la recolección para esa subred
	Salida de la sub- red	Punto final en que la red vuelve a la conexión.
	Entrada/Salida sub-red	Se da cuando la entrada y la salida de un núcleo coinciden. También ocurre cuando se sale del núcleo y se vuelve a entrar a él.



**Figura 6.1.** Nomenclatura utilizada para el orden de recolección en las rutas propuestas.

- Orden secundario: Este número se mantiene igual a menos que se salga o entre a un núcleo. Cuando el orden secundario aumenta, el orden primario se reinicia. Dicho de otra forma, el orden secundario divide el núcleo o ruta en partes.

**Ejemplo 1:** (Figura 6.2)



**Figura 6.2.** Ejemplo 1.

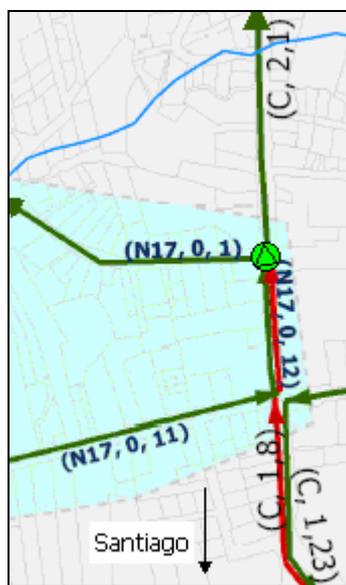
La Figura 6.2 es tomada del Mapa A.1. Los cuadrantes del distrito central poseen el siguiente tipo de nomenclatura (N1, 0, x) donde " x " representa el orden primario, que va desde 0 hasta 75 en este caso. Cuando se pasa a las calles del Barrio de El Colegio, aún dentro del "Núcleo 1", se tiene los siguiente (N1, 1, 1). Como se pasa de una parte del núcleo a otra, entonces el orden principal se reinicia y el secundario aumenta.

Este ejemplo en particular ayuda a explicar otros aspectos de la representación de las rutas.

- Obsérvese del Cuadro 6.1 que el "Núcleo 1" pertenece a la "ruta A" en los cuadrantes del distrito Central. Sin embargo, el Barrio del Colegio es el punto de inicio de la "Ruta B".
- El triángulo verde representa la entrada al núcleo. En varias ocasiones se entra y sale de un mismo núcleo. Cada vez que esto pasa se coloca el símbolo correspondiente.
- El primer tramo del barrio de El Colegio es una calle sin salida. Cuando se ingresa, el camión pasa directamente sin recolectar (flecha roja) y cuando sale recoge el material (flecha verde).

**Ejemplo 2:** (Figura 6.3)

La Figura 6.3 se extrae del Mapa A.8. Nótese que en este caso, la "Ruta C" que viene de Santiago tiene la nomenclatura (C, 1, 23). Posteriormente, según la ruta propuesta, se ingresa al "Núcleo 17" en El Rincón de Zaragoza, por lo que el siguiente tramo es (N17, 0, 1). Se debe entrar al núcleo y recolectar como se indica hasta el tramo (N17, 0, 12). Llegado aquí, se está pasando a la segunda parte de la "Ruta C", donde se tiene (C, 2, 1). Aquí se reinicia el orden primario y el orden secundario pasa de 1 a 2.



**Figura 6.3.** Ejemplo 2.

De nuevo, el ejemplo aporta otras aclaraciones de la forma en que se representan las rutas en los mapas:

- El símbolo con un triángulo inscrito en un círculo implica que en ese punto inicia la recolección del "Núcleo 17" y que ahí mismo termina.
- El primer tramo carretera a Santiago se repite. El entrar es (C, 1, 8) y se representa con una flecha verde mientras que al final (C, 1, 23), la flecha es roja. Este caso es una excepción a la recomendación de recoger los residuos hasta la última vez que se pase por una calle y se debe a que, en dirección al distrito de Santiago, la pendiente es muy pronunciada hacia abajo por lo que se evita detener el camión al subir.

Las distancias recorridas por los camiones, la longitud en la que se presenta redundancia, las distancias netas y la cobertura ofrecida según el esquema de rutas propuesto, se compara, a nivel de núcleos, con los mismos parámetros registrados para el sistema observado en el trabajo de campo. Este cotejo se observa en el Cuadro 6.4. Es preciso recordar que el "Núcleo 0" se refiere a la red completa compuesta por todas las conexiones. Además, las rutas del servicio estudiado no dan cobertura a los "Núcleos 15 y 16", por lo que no hay diferencia al medir con respecto a lo propuesto.

### 6.1.3 Horarios

El registro obtenido con ayuda del GPS brinda información acerca del punto por el que va pasando el camión y la hora que se marca en ese momento. Con esto, es posible conocer la duración de recolección de cada tramo. Usando estos tiempos y un factor de duración extra, se estima un rango de tiempo en que los camiones pasan por cada barrio del cantón si se efectúan las rutas propuestas.

El objetivo de establecer un horario es que se pueda brindar información detallada a los usuarios del servicio. En el Anexo 6, se presentan los cálculos realizados para cada núcleo y conexión.

Los horarios propuestos se describen en el Cuadro 6.3.

**Cuadro 6.3.** Horario de Recolección propuesta para residuos convencionales.

<b>Rango de Horario</b>	<b>Lunes y Jueves</b>	<b>Martes y Viernes</b>	<b>Miércoles y Sábado</b>
6:00 am 8:00 am	<b>Ruta A:</b> Cuadrantes distrito Central. <b>Ruta B:</b> Barrio de El Colegio, Barrio Santa Fe, Cocaleca	<b>Ruta C:</b> Oeste de Zaragoza, Santiago. <b>Ruta E:</b> Norte de Buenos Aires, Calle Ramírez, Barrio la "Y" Griega	<b>Ruta D:</b> Calle Chanceros y parte central de Esquipulas. <b>Ruta F:</b> Urbanización el Valle, calle principal, Urbanización el INVU.
8:00 am 10:00 am	<b>Ruta A:</b> Cuadrantes, distrito Central. <b>Ruta B:</b> Centro de Zaragoza, La Unión, Candelaria.	<b>Ruta C:</b> Rincón de Zaragoza, Calle Vásquez. <b>Ruta E:</b> Tres Marías y centro de Buenos Aires	<b>Ruta D:</b> Proyectos Habitacionales de Esquipulas, <b>Ruta F:</b> Calle Torres y Proyectos de la Granja
10:00 am 12:00 md	<b>Ruta A:</b> Calle principal entre Zaragoza y El Centro	<b>Ruta E:</b> Bajo de la Cabra, Calle Castillo, este de Buenos Aires.	<b>Ruta D:</b> Rincón de Salas, El Común, urbanización Doña Lorena. <b>Ruta F:</b> urbanización Palma Real
Después de las 12:00 md	Espacio de holgura	Espacio de holgura	Espacio de holgura

**Cuadro 6.4.** Comparación entre las rutas observadas y las propuestas

núcleo	Longitud de Red Vial	Recorrido Total			Longitud Neta			Longitud Repetida			Cobertura Actual		Cobertura Propuesta	
		Actual	Propuesta	Cambio	Actual	Propuesta	Cambio	Actual	Propuesta	Cambio	(m)	(%)	(m)	(%)
0	41822	44337	27670	62,4%	27295	23893	87,5%	17042	14272	83,7%	27813	67	28676	69
1	9029	11518	7814	67,8%	8674	7814	90,1%	2844	1812	63,7%	8491	94	8958	99
2	2671	2770	2347	84,7%	2159	2347	108,7%	611	360	58,9%	2558	96	2635	99
3	2067	1693	1725	101,9%	1424	1725	121,2%	269	446	165,7%	1634	79	1907	92
4	3742	4901	3660	74,7%	3713	3660	98,6%	1188	1041	87,7%	3706	99	3713	99
5	934		908	-	-	908	-	0	888	-	0	0	908	97
6	1062		965	-	-	965	-	0	771	-	0	0	965	91
7	4176	6419	4113	64,1%	4154	4113	99,0%	2266	2185	96,5%	4113	98	4223	100
8	4032	4657	3023	64,9%	3603	3023	83,9%	1053	704	66,8%	3582	89	3738	93
9	1658	1434	1052	73,4%	1363	1052	77,2%	71		0,0%	1546	93	1574	95
10	2468	2245	2143	95,4%	1537	2143	139,4%	708	245	34,6%	2143	87	2434	99
11	1484	2602	1341	51,5%	1422	1341	94,3%	1180	718	60,9%	1484	100	1631	100
12	1273	2649	1337	50,5%	1271	1337	105,2%	1378	1309	94,9%	1337	100	1271	100
13	3326	5407	3124	57,8%	3120	3124	100,1%	2287	2754	120,4%	3124	94	3120	94
14	1566	1232	1036	84,1%	1112	1036	93,2%	120		0,0%	1369	87	1420	91
15	3010	4125	2490	60,4%	2679	2490	92,9%	1446	1478	102,2%	2644	88	2679	89
16	1976	2075	1850	89,2%	1378	1850	134,3%	697	601	86,1%	1947	99	1964	99
17	4194	7587	3863	50,9%	3976	3863	97,1%	3610	661	18,3%	3863	92	4154	99
18	1777	1944	1751	90,1%	1759	1751	99,6%	185	142	76,5%	1751	99	1759	99
<b>Total general</b>	<b>92268</b>	<b>107593</b>	<b>72212</b>	<b>67,1%</b>	<b>70638</b>	<b>68434</b>	<b>96,9%</b>	<b>36954</b>	<b>30386</b>	<b>82,2%</b>	<b>75302</b>	<b>82,1</b>	<b>75530</b>	<b>83,1</b>

## **6.2. Propuesta de sistema de recolección diferenciada de material reciclable**

### **6.2.1 Características técnicas del sistema**

El Manual McGraw-Hill de reciclaje expone una idea sobre las opciones que existen para la captación de residuos recuperables. Se dice que “La mayoría de las comunidades han comprobado que la mejor forma de asegurar una alta participación es proporcionar un método cómodo para participar”.

El mismo manual señala sobre las cuestiones que se deben considerar, dentro del diseño de un programa, para la recolección en acera:

- ¿Quién realizará la recolección?, ¿el sector público o el privado?
- ¿Cómo se dividirá el territorio de servicio? ¿por distritos u otra forma?
- ¿Debería realizarse la recolección de reciclables el mismo día de la de los residuos normales?
- ¿Cómo se realizaría la recolección en los bloques de apartamentos y en los condominios?
- ¿Cuánto costará el programa?

#### **Tipo de servicio**

La propuesta que se presenta en este trabajo es dar un servicio de recolección del material reciclable en acera para el sector residencial. Este se complementa con un plan que define la forma en que se captan los residuos provenientes de otros sectores de la población.

Los materiales que se reciben y el tipo de diferenciación que se solicita al momento de la recolección, se definieron en el capítulo anterior (Cuadro 5.2).

Existe la posibilidad de que los generadores lleven material al sitio, donde se está brindando un servicio similar al de un centro de recuperación selectiva o recompra. Sin embargo, deben ser consideradas las implicaciones de impacto vial que están fuera del alcance de este proyecto

Dentro del análisis financiero del Capítulo 5, se contempla que la Municipalidad brinde contenedores para reciclaje a un sector de la población. Sin embargo, la capacidad económica de brindar este incentivo representa un costo elevado. Se recomienda esperar para ver los resultados reales con el avance del programa, antes de realizar esta inversión.

### Definición del ente responsable de la recolección

En el Cuadro 6.5 se presenta una estimación del costo relativo entre cuatro tipos de sistemas de recolección. Esta depende si el servicio es brindado por una empresa privada o por la Municipalidad directamente.

**Cuadro 6.5.** Coste relativo según la administración del sistema de recolección.

Tipo de recolección	¿Quién realiza la recolección?	Costo Relativo
Municipal	Empleados del gobierno local	1,27 a 1,37
Contrato	Una empresa privada contratada por la comunidad proporciona el servicio en una zona específica	1,00
Franquicia	Igual que el contrato, excepto porque la empresa pasa su factura al cliente en vez del municipio	1,15
Abierta	Compiten múltiples compañías privadas: no hay zonas de servicio establecidas por el municipio	1,27 a 1,37

**Fuente:** Stevens, Barbara J., <<How to Finance Curbside Recycling>>, Tomado de F. Lund 1996

Antes de tomar las decisiones para determinar quién realiza la recolección, es necesario identificar los servicios y cuantificar los costos, como si la recolección se realizara mediante los recursos públicos (empleados y equipo). Esto proporciona una referencia para evaluar las ofertas del sector privado, en cuanto al nivel de servicio y coste de este. Las empresas privadas pueden reservarse los verdaderos costos como una información confidencial y privilegiada. Si no se reciben ofertas satisfactorias para los servicios de recolección, el municipio puede implementar un servicio público propio, ya planificado.

Los costos calculados para efectos del análisis financiero presentado en el Capítulo 5, suponen un sistema de recolección de reciclables realizado por la Municipalidad con camiones y recursos de personal propios. Por otro lado, en el Cuadro 5.9, se estima el costo de un servicio privado de recolección en caso de ser llevarlo a cabo a través de una empresa privada que alquila sus vehículos.

### Frecuencia de la recolección

Otro supuesto asumido es que la frecuencia de recolección sea semanal. Este se basa en el criterio de que se están generando dos ventajas importantes:

- Las tasas de participación pueden crecer porque no es necesario recordar a los residentes cual es la semana de recolección de reciclables.
- Las tasas de participación pueden crecer porque, entre recolecciones, los residentes no tienen que almacenar grandes cantidades de materiales en sus casas.

Sin embargo, se debe considerar que entre mayor sea la frecuencia, los costos por este rubro aumentan. La recolección semanal forma parte de la estrategia propuesta para incentivar a la población a participar, especialmente al principio del proceso de educación y sensibilización. Con el avance del programa, se deben identificar los volúmenes captados, los niveles de interés y participación que muestren los generadores de residuos.

Puede haber una frecuencia diferente para el sector comercial e industrial, ya sea a conveniencia, por acuerdos de entrega y otros. Esto se discutirá en la siguiente sección.

### **Tipos de vehículos**

En la sección 2.2.3 se especifican criterios para la selección de un camión recolector.

Sustituir o aumentar la flota vehicular resulta caro. Algunas comunidades optan por realizar adaptaciones a sus camiones, pero estos cambios pueden no ser suficientes para niveles de separación en origen. También se suelen utilizar vehículos compactadores para esta labor, pero muchos envases de vidrio se rompen, lo que genera reducción en los porcentajes de recuperación y en el valor del material.

Existe la posibilidad de adquirir camiones especializados para reciclaje pero esto supone una fuerte inversión. Además, la ausencia hasta el momento de otras comunidades que utilicen este tipo de vehículos implica que no se consiguen en el país de manera directa. Se supone la necesidad de importarlos.

Los camiones disponibles en el mercado varían según el modelo, la capacidad y el precio. Para el análisis que se presenta más adelante, se supone que se va a adquirir o alquilar un camión tipo furgón con capacidad para 5,0 toneladas, sin sistema compactación y que se puede modificar para añadirle compartimentos debidamente tapados para evitar dañar los materiales, especialmente el papel. Existe la alternativa de utilizar estañones tapados dentro del camión para llevar el material separado, en vez cajones fijos, tal y como se procede en el cantón de Escazú. Esta metodología brinda mayor flexibilidad en cuanto al espacio disponible para cada material y el costo puede ser menor.

### **Número óptimo de operarios**

Como se nota en el siguiente apartado, con una frecuencia de recolección semanal de reciclables, se abarca Palmare en seis de días de la semana.

Se estima que, inicialmente, basta con un chofer y un ayudante o peón para recolectar todo el material reciclable.

### 6.2.2 Rutas y Horarios

Las rutas diseñadas para el sistema de recolección convencional aplican para recoger el material reciclable, salvo porque el punto de partida y de llegada del camión recolector es el centro de recuperación. De esta forma, la planificación de estas rutas está dada por la información presentada en los mapas del Anexo 6 (Índice, Mapa 6.1).

Los horarios de recolección se calculan de la misma forma que para el sistema convencional, pero se adaptan con tiempos más holgados, pues se espera que la recogida se lleve a cabo más lentamente. De efectuarse la recolección como se propone, se le puede brindar la información de los horarios a los residentes como se muestra en el Cuadro 6.6.

Es necesario que los usuarios del sistema de reciclaje cuenten con información clara y oportuna de los horarios, de los tipos de materiales que se reciben y del tratamiento que se les da.

**Cuadro 6.6.** Horario de Recolección propuesta para residuos reciclables.

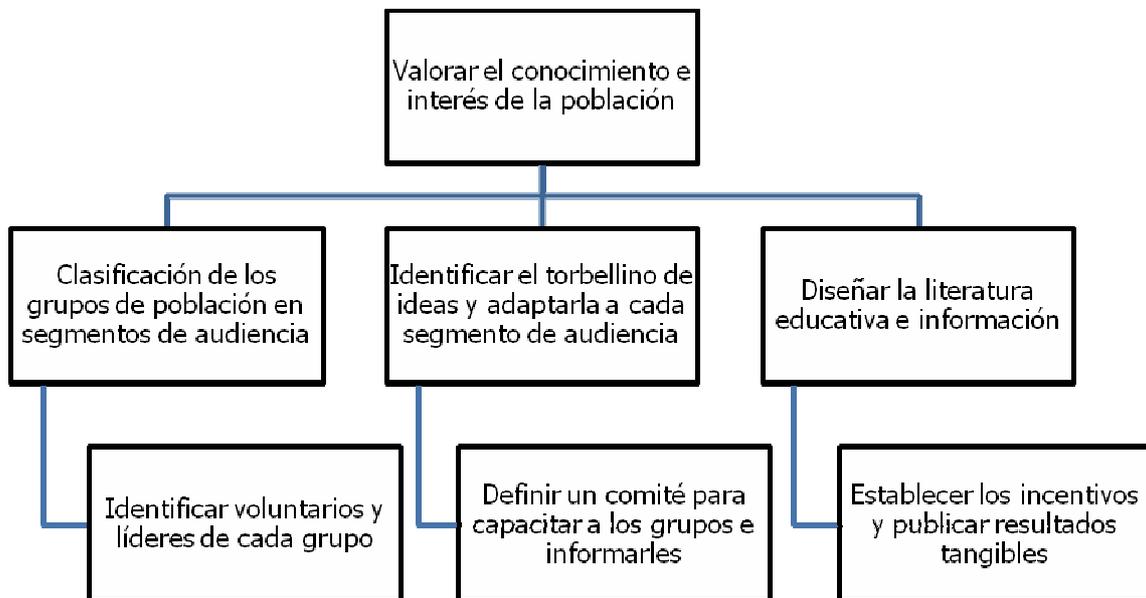
Rango de Horario	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes	Sábado
6:00 am 8:00 am	<b>Ruta E:</b> Norte de Buenos Aires, Calle Ramírez, Barrio la "Y" Griega	<b>Ruta F:</b> Urbanización El Valle, Calle Principal, Urbanización el INVU.	<b>Ruta D:</b> Calle Chanceros y parte central de Esquipulas.	<b>Ruta C:</b> Oeste de Zaragoza, Santiago.	<b>Ruta B:</b> Barrio de El Colegio, Barrio Santa Fe	<b>Ruta A:</b> Cuadrantes Distrito Central.
8:00 am 10:00 am	<b>Ruta E:</b> Tres Marías y centro de Buenos Aires	Ruta F: Calle Torres y Proyectos de la Granja	<b>Ruta D:</b> Proyectos Habitacionales de Esquipulas	<b>Ruta C:</b> Rincón de Zaragoza.	<b>Ruta B:</b> Cocaleca, centro de Zaragoza.	<b>Ruta A:</b> Cuadrantes distrito Central.
10:00 am 12:00 md	<b>Ruta E:</b> Bajo de la Cabra, Calle Castillo, este de Buenos Aires.	<b>Ruta F:</b> Urbanización Palma Real	<b>Ruta D:</b> Rincón de Salas, El Común, urbanización Doña Lorena.	<b>Ruta C:</b> Calle Vásquez.	<b>Ruta B:</b> La Unión, Candelaria	<b>Ruta A:</b> Calle principal entre Zaragoza y El Centro
Después de 12:00 md	Espacio de holgura	Espacio de holgura	Espacio de holgura	Espacio de holgura	Espacio de holgura	Espacio de holgura

### 6.3 Otras medidas

#### 6.3.1 Campañas de educación, conciencia social, información y divulgación

Las tasas de participación en un programa de reciclaje, a nivel local, están directamente relacionadas con el nivel de conciencia de los habitantes. Por lo tanto, para alcanzar los volúmenes deseados del material recogido y lograr los objetivos de desviación, se requiere de una estrategia de concienciación que debe ser planificada meticulosamente.

En los párrafos siguientes se realiza una síntesis de las recomendaciones que señala Hebert F. Lund en el Manual McGraw-Hill de Reciclaje para planificar dicha estrategia. La Figura 6.4 resume de manera esquemática este proceso.



**Figura 6.4.** Estrategia para las campañas de concienciación.

Inicialmente, se requiere de una valoración del conocimiento y el interés de participar en un programa de reciclaje por parte de los actores de la comunidad. En la etapa de diagnóstico que se presenta en el Capítulo 4, obtenida a partir del trabajo de campo, se identifican algunas tendencias de la población en cuanto a reciclaje.

El siguiente paso consiste en la identificación de los segmentos de audiencia a la que se dirige la concienciación. Si bien, la alternativa de planificación que implica costos menores es dirigir los esfuerzos a todos los ciudadanos por igual. Resultar más eficaz elegir grupos con intereses comunes (por ejemplo: grupos de estudiantes con un centro educativo común, miembros de asociaciones o grupos cívicos u otro tipo de

organización) a los que se puedan dirigir los mensajes y, a la vez, trabajar en conjunto para difundir la información y el material educativo. Otra forma de definir las audiencias es clasificándolas por grupos de edad (adolescentes, tercera edad, preescolares y otros)

Se debe definir un plan de acción para saber cuales segmentos o grupos se involucran en las etapas iniciales y así como los que vienen después.

Una vez que se tiene claro los grupos o segmentos de audiencia, es necesario precisar lo que F. Lund describe como un "torbellino de ideas", que se programan en el tiempo con la ayuda de un calendario. Hasta este punto, no se piensa en presupuestos ni en las limitaciones de costos. El objetivo es identificar las actividades y estrategias que se puedan implementar para, posteriormente, asociarlas al segmento de la población que mejor se adapte. Se definen algunas directrices que se deben tener presentes en la invención y evaluación de estas ideas:

- Pensamiento básico: Objetivo de que la comunidad adopte como suyo el programa. Se debe investigar para anotar las características y los elementos claves que logren provocar un sentimiento de identificación con la comunidad.
- Contactar con los objetivos: Obtener ideas para las campañas de educación y asociarlas con los diferentes segmentos de la manera más apropiada.
- Explotar al máximo todas las posibilidades de comunicación con la comunidad: publicidad, medios de comunicación, internet, redes sociales y cualquier otro medio para que la gente lea, vea u oiga un mensaje.

Otras formas de transmitir el mensaje de concienciación para el reciclaje se presentan en el Cuadro 6.7.

Se deben identificar comunicadores, actores sociales y voluntarios de los distintos segmentos de audiencia que funcionan como redes no oficiales de comunicación. Luego se define un comité para aconsejar a los ciudadanos voluntarios e informales periódicamente. Los empleados municipales por sí solos, no lograrían el éxito en su trabajo si las redes no oficiales no les apoyan.

**Cuadro 6.7.** Actividades que se implementan en las campañas de sensibilización.

---

1. Presentaciones para grupos civiles, ecológicos y en escuelas.
  2. Exhibiciones y muestras en centros comerciales, oficinas y certámenes comunitarios
  3. Anuncios- periódicos, radio, televisión.
  4. Anuncios de servicio público- periódicos, radio, televisión-.
  5. Publicidad en paradas de autobuses y vallas publicitarias.
  6. Publicidad en exteriores de autobuses y taxis.
  7. Cinta con mensaje de reciclaje cuando se está esperando en línea.
  8. Bibliotecas públicas: información mediante folletos y boletines.
  9. Mensajes sobre reciclaje impresos sobre las nóminas de los empleados.
  10. Mensajes sobre reciclaje en los *tickets* de los supermercados.
  11. Boletines informativos: Asociaciones de residentes, grupos cívicos y ecológicos, publicaciones internas de empresas locales y otros.
  12. Anuncios en las tiendas "por favor ayuda a nuestra comunidad a reciclar".
  13. Pegatinas en los escaparates de las tiendas y en las ventanas de las oficinas "somos una comunidad recicladora".
  14. Proyectos sobre el reciclaje para organizaciones juveniles, cívicas y escuelas. Ejemplo: diseñar el logotipo para el reciclaje o desarrollar una familia de personajes para el tema de reciclaje.
  15. Editoriales en periódicos, televisión o radio.
  16. Señales en las calles que digan: "Estás en un barrio que recicla"
  17. Columna regular sobre reciclaje en el periódico local.
  18. Incentivos como lapiceros, cuadernos, lápices y material escolar reciclado con mensajes apropiados.
- 

**Fuente:** Hebert F. Lund

Los colegios, escuelas y otros centros con líderes de opinión son fuentes importantes para transmitir la información sobre el reciclaje. En un centro educativo, los mensajes se difunden rápidamente pues los niños los llevan a sus familiares. Además, los líderes de estas instituciones son capaces de hacerla llegar a los distintos segmentos de la población. Es muy común encontrar personas con aptitudes para comunicar y participar en los programas de reciclaje.

Luego se procede con el diseño de la literatura educativa y la información. En este punto, F. Lund recomienda pensar como periodista, respondiendo a las preguntas:

- ¿Quién?: ¿Cuáles son los participantes, las zonas, las calles y los barrios en donde se brindará el servicio?.
- ¿Qué?: Indicar adecuadamente los materiales que se deben reciclar, los preparativos necesarios, cómo aplastar las latas y lavar los envases (ver Cuadro 5.2).
- ¿Dónde?: ¿Qué días de la semana se sacan los residuos y en qué punto colocarlos?

- ¿Cuándo?: Comunicar a las viviendas de manera continua la fecha, meses antes de empezar el programa y durante su ejecución.
- ¿Dónde?: En caso de que también se aplique el centro de recuperación como un lugar de recolección selectiva o centro de recompra, indicar la dirección exacta. Dar a conocer puntos de información.
- ¿Por qué?: Algunas personas no reconocen la importancia del reciclaje. Se debe comunicar con información tangible y clara todos los beneficios que implican para la comunidad y para el medio ambiente.
- ¿Cómo?: Haciendo uso de palabras sencillas y con un tono positivo, se brindan las instrucciones. Evitar el uso de la palabra "no" y otras formas de negación. Incluir números telefónicos, correo electrónico y cualquier forma de contacto.

Incentivos y desincentivos: Resaltar el beneficio ambiental relacionado con temas ecológicos; fomentar actividades como plantaciones de árboles, regalos empleando material reciclado, asociación con organizaciones ambientales. Publicar resultados tangibles. (¿Cómo beneficia el reciclaje?, ¿cuántos árboles se salvan?). Uso de material reciclable visible en zonas públicas.

No es conveniente utilizar trampas como premios o sorteos para incentivar la participación. La motivación principal son los valores intrínsecos como comunidad "la gente recicla porque lo correcto es hacerlo". (Lund, 2006)

Debe entenderse que el programa de concienciación mantiene una actitud positiva hacia el crecimiento de la comunidad y no se trata de obligar a la gente a participar, si no de exponer las razones por las cuáles es bueno colaborar.

La opinión de las personas cuenta. Inclusive cuando alguien se queja o sostiene una actitud negativa hacia el programa, ésta debe ser escuchada. Sus razones ayudan a entender porque la gente no participa y sirve para tomar medidas correctivas. La comunicación debe darse en los dos sentidos.

### **Presupuesto**

Se recomienda dividir el presupuesto en bloques, en forma separada para cada faceta del programa. Separar los costos de la literatura educativa de las actividades especiales, los anuncios publicitarios de cualquier otra medida que se decida implementar para la concienciación.

Posteriormente, F. Lund propone que, una vez separada cada fase o segmento de la estrategia, se trabaje en recortar los costos en la medida de lo posible. Por ejemplo, buscar anuncios gratuitos en los periódicos, solicitar ayuda de instituciones públicas, trabajos comunales u otras entidades para desarrollar los insumos informativos a menores precios.

Debido a la poca experiencia, es difícil estimar los costes reales de un programa de concienciación. Pero el desarrollo de ideas innovadoras para la reducción de costos está abierto. El reto consiste en explotarlo.

### **6.3.2 Evaluación, mejora y crecimiento**

Cada una de las actividades del programa que se plantea, desde las campañas de concienciación e información hasta la recolección y procesamiento del material reciclable, debe estar sujeta a la continua supervisión y control.

Una de las principales limitaciones a la hora de planificar un proyecto es que, en la mayoría de los casos, no se cuenta con información actualizada ni tampoco con un historial del comportamiento de las variables que afectan la toma de cualquier decisión.

La Municipalidad y los demás entes involucrado en la planificación deben reconocer la importancia de llevar un registro completo y apropiado de todas las variables influyentes y de los resultados obtenidos de los programas que desarrolle. El objetivo es tener la posibilidad de efectuar reevaluaciones y cambios en sus planes y estrategias. En el Cuadro 6.8 se enumeran los principales parámetros que se le debe poner atención, así como una serie de ideas acerca de la forma en que se recolecta y registra la información.

**Cuadro 6.8.** Variables que se deben medir y controlar para la toma de decisiones municipales.

<b>Actividad</b>	<b>Variables</b>	<b>Formas de controlar</b>
Recolección convencional y disposición de residuos no aprovechables	Consumo de combustible Gastos por mantenimiento Volumen y peso recolectado Marca, modelo, capacidad y otros aspectos técnicos de los camiones utilizados en cada jornada de recolección. Tiempos de recolección Tiempo de transporte al sitio de disposición Cantidad de viajes	Registro de facturas de consumo de combustible, mantenimiento Registro de los camiones utilizados y peso medido en las básculas del relleno sanitario Establecimiento de puntos de control anotando la hora exacta en la que se pasa. Medición de los tiempos en llegar al relleno sanitario
Recolección de reciclables	Las mismas que para la recolección convencional Tiempo de transporte al centro de recuperación Tiempo de llenado de compartimentos por material Densidad del material por lugar Tasas de participación	Medición de los tiempos en llegar al centro de disposición. Observar en campo, durante la recolección, cuales compartimentos de los camiones (de haberlos) se llenan primero y la necesidad de realizar viajes al centro de recuperación. Análisis por sitio y en el tiempo De manera periódica, establecer croquis por zonas de las viviendas y comercios que colocan sus materiales reciclables para la recolección.

**Cuadro 6.8 (cont.).** Variables que se deben medir y controlar para la toma de decisiones municipales.

<b>Actividad</b>	<b>Variables</b>	<b>Formas de controlar</b>
Centro de recuperación	<p>Cantidad de material recibido por tipo, lugar, estación del año.</p> <p>Rendimientos de maquinaria</p> <p>Rendimientos del personal</p> <p>Tiempo y volúmenes de almacenamiento</p> <p>Gastos por transporte a sitios de compra del material</p> <p>Variaciones en los precios de compra del material</p> <p>Consumo de servicios básicos (electricidad, agua, teléfono)</p> <p>Gastos por mantenimiento</p>	<p>Llevar un registro meticuloso de la cantidad de material que llega al centro de recuperación cada día y su proveniencia (en conocimiento de las rutas)</p> <p>Registrar todas la facturas de gastos por combustible, transporte, mantenimiento, servicios básicos, planillas y otros gastos, así como los ingresos por venta de material</p> <p>Medir en periodos de tiempo dados, la duración llevar a cabo los procesos sobre los materiales, tanto por maquinaria como por el personal</p> <p>Registrar diariamente los volúmenes materiales que entran, salen y se almacenan</p> <p>Llevar un control de los precios de cada material a través del tiempo</p>
Disposición de residuos no aprovechables	Variaciones en los precios por tonelada	Llevar un control de los precios por servicio de disposición.
Base de datos de patentes	Ubicación, tamaño, niveles de ingresos, frente de acera, morosidad	Utilizar un red de información con posibilidades de control y actualización por parte de varios departamentos para establecer un control cruzado.
De los contribuyentes del servicio	Caracterización y tasas de generación de residuos	Muestreos realizados en distintos momentos del año y en zonas específicas
Campañas de concienciación e información	<p>Porcentajes de participación de la población</p> <p>Nivel de interés</p>	Elaboración de encuestas y medios de opinión pública.

Si se lleva un control en el tiempo de las variables descritas, se puede dar seguimiento de las tendencias que se presentan ante un evento específico, tales como estaciones del año, días de la semana o avance del mes, entre otras. También se pueden tomar decisiones administrativas, como proyectar de manera más precisa los flujos de efectivo, gastos, ingresos y posibilidades de inversión. Proceder de esta manera es la única vía para alcanzar el desarrollo de experiencia en este tipo de proyectos y conocer su verdadera rentabilidad.

Otro aspecto para tomar en cuenta es el carácter volátil de los mercados de materiales secundarios. Es preciso tomar medidas, tales como contratos o acuerdos que traten de asegurar esos mercados, así como manejar un esquema flexible ante posibles variaciones. El control sobre la cantidad de materiales también es importante para conocer el cumplimiento de los objetivos de desviación y recuperación de los residuos. Puede darse el caso que el conocimiento de las tendencias justifiquen el análisis de otorgar incentivos negativos o positivos, o bien de efectuar cambios en legislación y los reglamentos.

### **6.3.3 Mecanismos de Control**

En este apartado se presentan opciones para mejorar la conexión de la Municipalidad con sus contribuyentes, para perfeccionar los niveles de comunicación y obtener un control más estricto sobre el cumplimiento de sus directivas, especialmente en lo referente al cobro de los servicios.

#### **Mejora en el sistema de cobro**

La mejor opción para disminuir la morosidad es destinar recursos municipales para optimizar el sistema de cobro de las tasas a los contribuyentes que no están al día e identificar a los usuarios que no están registrados.

Esto se logra con más personal para realizar dicha tarea y establecer una base de datos de contribuyentes domiciliarios, comerciales e industriales debidamente actualizada, clara y transparente, que esté abierta al uso de varios departamentos del municipio para que se mantenga controlada y depurada. Si se utiliza una red informática, esta labor se facilita y además se cuenta con la posibilidad de informar a los contribuyentes.

Sin embargo, un sistema eficiente de cobro requiere destinar más recursos. Esta tarea es difícil de lograr si inicialmente la morosidad es alta, pero se espera que

en la medida que se logre captar más, se destine un mayor presupuesto para el control.

### **Cobro de las tasas de recolección proporcionales al consumo eléctrico**

En el año 1993, el Dr. Rosendo Pujol del Programa de Investigación en Desarrollo Urbano Sostenible realiza un proyecto financiado por la Agencia de Cooperación Técnica Alemana (GTZ) para determinar la relación entre el consumo eléctrico y la generación de desechos en San José. Posteriormente, en 1996 dos estudiantes de Ingeniería Civil (Gutiérrez, J y López, A) realizan un proyecto final de graduación que busca determinar esta relación para la provincia de Heredia. En ambos casos la relación es sorprendentemente ajustada.

El fundamento de esta teoría es que un hogar o comercio que es capaz de consumir y pagar mucho por su servicio de electricidad, tiene un nivel de ingresos que le permite consumir más y en consecuencia, generar más residuos.

Aplicando esta lógica, resulta razonable cobrar el servicio de recolección y tratamiento de residuos a partir del consumo eléctrico. Esta metodología conlleva grandes ventajas:

- Se proporciona un sistema de cobro más equitativo en el cual los que tienen niveles de ingresos mayores pagan más por el servicio de recolección de residuos y viceversa.
- Se reduce la posibilidad de que se evada el pago ya que se aplica directamente sobre el recibo eléctrico.

Se considera que la implementación de una medida de este tipo genera una reacción negativa de los usuarios que probablemente no entiendan el por qué de esta política. No obstante, este efecto se puede reducir en la medida que se brinde información y educación al respecto, justificando esta estrategia a través de las ventajas mencionadas.

### **Sistema de bolsas prepagadas**

Parini (2005) estudia la opción de utilizar un sistema en el que la municipalidad vende bolsas especiales identificadas por colores, con un tamaño estándar (de 20 a 30 galones de capacidad).

Lo anterior, implica que los usuarios deben comprar las bolsas, en las que se incluye en el precio, el costo propio de la bolsa, la recolección y la disposición de los

desechos. Este sistema funciona si los operarios de recolección se adiestran para recoger sólo las bolsas identificadas.

Se señalan las ventajas que se obtienen al proceder de esta forma:

- Los usuarios tratan de economizar dinero colocando menor cantidad de bolsas, lo que implica un incentivo para la reducción y separación de desechos para programas de reciclaje.
- Reducción de costos administrativos porque los contribuyentes pagan directamente el servicio al comprar la bolsa.
- Fácil uso y aplicación para los residentes.
- Se espera una disminución importante en la evasión del pago por el servicio.

Por otro lado, existen desventajas técnicas asociadas a la implantación de este sistema:

- Generación de un nivel de ingresos municipales no constata ya que los usuarios pueden comprar sus bolsas en el momento que lo deseen, una vez al año, cada mes o cada semana.
- Los animales pueden romper las bolsas y tirar los residuos a la vía pública.
- Se debe planificar para implementarlo a largo plazo porque requiere de un proceso de reconocimiento y adaptación por parte de los usuarios, que se logra a través de la información y educación.

### **Diseño de planes de gestión de materiales en los comercios e industrias**

La nueva Ley de manejo integral de residuos señala que todo generador, a excepción de las viviendas unifamiliares, debe desarrollar un programa para el seguimiento de sus residuos. Este debe contar con un monitoreo por parte del Ministerio de Salud.

Es oportuno aprovechar esta disposición que brinda la ley para entablar un marco de comunicación con los grandes generadores de residuos de los sectores comercial e industrial. Es importante resaltar que la ley faculta la implantación de tarifas diferenciadas que favorezcan e incentiven las iniciativas que estén llevando a cabo particulares, instituciones o empresas en función de la Gestión Integral de Residuos Sólidos (GIRS).

Se pretende diseñar una estrategia dentro del marco de los programas de concienciación, de manera que se definan plazos para el desarrollo de actividades relacionadas con la planificación de cada empresa en cuanto al manejo de sus residuos:

- Inicialmente, se debe brindar información detallada a los negocios sobre las disposiciones de la ley, en qué consiste el manejo integral de residuos, las características de programa que se implementa en la Municipalidad (Centro de recuperación y servicio de recolección para reciclables) y las medidas sugeridas para que cada negocio implemente su propia planificación.
- Se da un espacio para que los encargados de los comercios e industrias presenten sus sugerencias e implicaciones.
- Después de considerar y evaluar los comentarios y razones obtenidos en el paso anterior, la Municipalidad establece los lineamientos a cumplir por los planes de manejo que presenta cada negocio.
- Se establece un plazo para que las empresas entreguen un informe con su plan específico.
- Al final, se da la aprobación y entrada en vigencia del manejo de residuos por los generadores en conjunto con el programa municipal

El informe presentado debe mostrar una serie de características:

- Uniformidad en la presentación de la información con el fin contar con una base de datos ordenada. (Se puede hacer uso de un formulario estándar o diseñado especialmente para cada tipo de empresa)
- Debe contener información (que puede ser verificada) de la caracterización de sus residuos y de ser posible, de los volúmenes generados.
- Se establecen las políticas que cada empresa se compromete a adoptar para la reducción de la generación.
- Se identifican las posibilidades de reutilización de los residuos generados. También, se aclara si el negocio prefiere aprovechar algunos o todos sus residuos y no los entrega al centro de recuperación de la comunidad. De ser así, ¿cómo lo hará?

Se debe coordinar el monitoreo por parte del Ministerio de Salud, para que la supervisión sea planificada y presupuestada apropiadamente.

### **Replanteamiento de la diferenciación de tarifas**

En el Cuadro 3.9, se observan las tasas municipales para el cobro de sus servicios. El factor de diferenciación entre lo que paga, por ejemplo, un comercio "Tipo 2" es de 4 veces con respecto a una residencia común.

Según lo indagado en la Municipalidad, esta estructuración de las tarifas nace a partir de un muestreo realizado hace ya varios años. Además, no se identifica el estudio en que se respalda esta gestión de cobro.

Se plantea que, haciendo uso de una base de datos más completa y funcional como la que se discute en apartados anteriores, se establecen relaciones estadísticas del cobro de tarifa, con variables como tamaño o área del local, nivel de ingresos, zona del cantón en la que se ubica, entre otras.

El objetivo de realizar un estudio de este tipo es determinar si existe una redistribución del cobro por los servicios que sea más equitativa a la existente.

#### **6.3.4 Posibilidades de financiamiento**

A pesar de que es preciso reconocer el beneficio de los programas de reciclaje como un componente más dentro del sistema de gestión de residuos, su implantación implica algunas cuestiones no planteadas en los sistemas actuales. Estas suponen nuevas responsabilidades para la Municipalidad, especialmente en lo que al ámbito financiero se refiere.

Todas las actividades que se plantean, desde el sistema de recolección y el procesamiento del material, hasta las campañas de concienciación e información conllevan nuevos gastos que se deben planificar para recuperarse apropiadamente. Los ingresos por ventas de materiales, las subvenciones estatales y otras formas de subvención sirven para financiar los programas de reciclaje. Sin embargo, representan una fuente sumamente inestable. Los riesgos deben ser reconocidos y repartidos correctamente entre los partícipes del programa.

Para el adecuado financiamiento de los servicios municipales en GIRS, cada gobierno local cuenta con un manual. Este es un instrumento elaborado por el Programa CYMA y el IFAM y que es publicado este año 2011 para establecer una nueva estructura tarifaria en función de la GIRS.

El desarrollo de un plan de financiación destinado a obtener la infraestructura y equipos, así como la operación y el desarrollo de las actividades es un elemento clave para el éxito de un programa de reciclaje. En el Plan para la Gestión Integral de

Residuos Sólidos del cantón de Palmares (PGIRS) se señalan los mecanismos que cuentan los gobiernos locales:

**Financiamiento directo:** La inversión y los costos de operación son asumidos directamente por el gobierno local o bien, en conjunto con la empresa que administra el programa a través del cobro de los servicios y la venta de materiales.

Los casos presentados en el análisis financiero del Capítulo 5 suponen este tipo de financiación. Además de requerir un financiamiento para la fuerte inversión inicial, se observa que los flujos de efectivo que se esperan en los primeros años son negativos. Ante esto, el proyecto debe, de todas formas, asumir alguna alternativa de préstamo. Es importante escoger cuidadosamente las tasas de interés y los impuestos sobre la deuda.

**Financiamiento por medio de transferencias:** Una alternativa para la obtención del capital necesario la ofrecen las transferencias directas provenientes del gobierno central. Estas son de carácter "no reembolsable" y las hay de dos tipos, según lo expone el PGIRS de Palmares:

- Aportes del gobierno central a la Municipalidad para un fin específico.
- Transferencias dadas a las municipalidades en cumplimiento de una ley que proviene del presupuesto general de la Nación en forma de un porcentaje de los ingresos corrientes del Estado

**Financiamiento por medio de concesiones o contratos a terceros:** La Municipalidad puede dar en concesión o contratar a un tercero para que asuma la inversión necesaria del programa con sus propios fondos. Se hace con un diseño establecido en común con la Municipalidad. El concesionario recupera su inversión en un periodo determinado mediante la operación del servicio.

## 6.4 Tratamiento de Materia Orgánica

En el Capítulo 4 se estima la caracterización de los residuos generados en Palmares y se observa que, al igual que en el resto del país, el material orgánico representa más de la mitad de los residuos.

En respuesta a esta situación, es preciso buscar una salida para desviar y de ser posible, aprovechar la materia orgánica de los desechos urbanos. Existen varios mecanismos que se utilizan para su tratamiento como fertilizantes para el suelo o para la producción de energía.

La obtención de humus para mejorar el suelo es una solución que se puede desarrollar a fin de aprovechar los desechos orgánicos. El resultado obtenido es un producto rico en nutrientes que revitaliza el suelo. En el Cuadro 6.9 se enumeran las ventajas y desventajas de utilizar abono orgánico con respecto al uso de sustancias químicas.

**Cuadro 6.9.** Ventajas y desventajas del uso de fertilizantes naturales contra los artificiales.

Tipo de fertilizante	Ventajas	Desventajas
Químicos	<p>Fáciles de usar: cada producto tiene las indicaciones de uso y las especificaciones sobre su contenido de nutrientes</p> <p>Pueden suplir las deficiencias de nutrientes de algunos suelos pobres y enriquecer suelos que, debido al cultivo, están erosionados</p> <p>En el mercado existen muchas presentaciones: fertilizantes especialmente diseñados para corregir cualquier carencia de un elemento o de varios a la vez.</p> <p>Algunos llevan todos los micro-elementos que necesitan las plantas y cubren cualquier tipo de carencia de hierro, manganeso, zinc, cobre, boro y molibdeno</p>	<p>Es prácticamente imposible usar fertilizantes químicos sin dañar el medio ambiente</p> <p>Gran parte de los fertilizantes químicos son sales minerales, derivados sintéticos del carbón mineral o de productos del petróleo, que pueden quemar rápidamente las plantas si no se aplica agua rápidamente.</p> <p>Los fertilizantes de acción rápida son "lavados" por el riego y terminan en parte, en las capas profundas del suelo donde las raíces no pueden alcanzarlos y podrían llegar hasta los mantos acuíferos de agua subterránea o superficial y contaminarlos.</p> <p>Podría matar las lombrices de tierra, lo que da como resultado la pérdida de capacidad del suelo de retener agua y oxigenarse, por lo que el suelo podría endurecerse y desquebrajarse.</p>
Natural	<p>Una vez aplicados en el suelo son compatibles con el medio ambiente.</p> <p>No sólo fertilizan el suelo, sino que la materia prima para elaborar estos abonos, son desechos orgánicos que se están reciclando, en lugar de ir a un relleno sanitario o botadero.</p> <p>Se pueden aplicar en grandes cantidades y de forma sostenida, pues no tienen ningún efecto perjudicial sobre las plantas o cualquier ser vivo que habite la tierra como insectos y lombrices.</p>	<p>En Costa Rica no existe un control adecuado sobre la elaboración de estos abonos, por lo que existe una gran variación de la forma de practicar estas metodologías, por lo que no siempre se obtienen productos de buena calidad.</p> <p>La mala práctica de estas metodologías puede traer consecuencias, sobre la calidad del producto obtenido, como organismos patógenos o presencia de metales pesados que son perjudiciales para las plantas.</p> <p>Durante su generación pueden producir malos olores o reproducción de insectos, y si no se tratan con cuidado, los lixiviados producidos pueden contaminar fuentes de agua.</p>

**Fuente:** Gamboa, 2009

En los apartados siguientes, se hace un recorrido por los conceptos de diferentes tecnologías para el tratamiento de este tipo de residuos, analizadas según Gamboa (2009) y aplicadas a pequeña y gran escala.

Indistintamente del procedimiento que se utilice, es necesario conocer entre otras características, la presencia de nutrientes en las materias primas utilizadas. En el Cuadro 6.10 se muestran estos parámetros para algunos residuos orgánicos presentes en los desechos recuperados.

**Cuadro 6.10.** Contenido de nutrientes de los desechos típicos.

Material	Materia orgánica	Nitrógeno (N)	Fósforo (P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> )	Potasio (K <sub>2</sub> O)	Carbono/Nitrógeno
Cascarilla de arroz	80	70	40	0,8	66/1
Hojas de plátano	85	1,5	19	2,8	32/1
Restos de hortalizas	70	1,1	29	0,7	37/1
Mazorca de maíz	85	42	10	0,9	117/1
Hollejo de naranja	73	74	1,32	86	57/1
Cáscaras de yuca	59	0,31	36	44	129/1
Hoja de yuca	92	1,35	72	1,5	39/1

**Fuente:** Manual para la producción de Abonos Orgánicos en la Agricultura Orgánica. Tomado de Gamboa, 2009

Entres los principales puntos de los procesos de producción de fertilizantes, Tchobanoglous señala:

- Producción de olores. Sin un control adecuado puede convertirse en un problema. "Como consecuencia, la localización de la instalación, el diseño del proceso y la gestión biológica de olores son de importancia crítica"
- Localización. Cuestiones relacionadas con la producción y el movimiento de olores, microclimas locales que afectan la disipación de gases, zonas de seguridad adecuadas.
- Diseño y operación del proceso correctos. Se debe atender a los siguientes temas: pre-procesamiento, necesidades de aireación, control de temperatura y necesidades de volteo (para el caso de los procesos aerobios). Se debe disponer de un equipamiento de reserva para evitar el compostaje anaerobio que produce olores.
- Gestión biológica de olores. En instalaciones cerradas se puede instalar equipamientos como torres de absorción, rociadores, filtros biológicos, de carbón activado y de compost para la gestión de olores. También se utilizan agentes o enzimas capaces de romper algunos compuestos orgánicos olorosos.
- La calidad del producto para la fabricación del fertilizante se define en términos de contenido nutricional, contenido orgánico, pH, textura, distribución de tamaño de las partículas, contenido de humedad, capacidad de retención de humedad, presencia de materias extrañas, concentración de sales, olores residuales, grado de

estabilización o maduración, presencia de organismos patógenos y concentración de metales pesados.

#### **6.4.1 Transformación de residuos mediante compostaje aerobio**

“Si los residuos orgánicos se someten a descomposición aerobia micro bacteriana, el producto final que queda después de cesar casi toda la actividad microbiológica es un material de humus comúnmente conocido como compost”. (Tchobanoglous, 1994, p.345).

Los dos tipos de compostaje más utilizados se clasifican como: 1) el método agitado, también llamado método de hilera en el que se mueve el material constantemente para introducir oxígeno y 2) el método estático o de pila estática aireada, en el que el aire es inyectado a través del material fermentándose.

##### **Requerimientos**

- Condiciones óptimas de humedad, temperatura y oxigenación.
- Las temperaturas entre 35 °C y 55 °C se consideran óptimas para el desarrollo de bacterias que actúan en la eliminación de patógenos, parásitos y huevos de insectos.
- Humedad entre 40% y 60%. Contenidos de agua mayores saturan los poros de la materia orgánica, impidiendo la descomposición orgánica.
- Grado de acidez (pH) bajo, ya que los hongos toleran rangos ácidos.
- Presencia de oxígeno. Indispensable para que las bacterias, hongos y levaduras, de carácter aerobio, cumplan sus funciones vitales.
- Relación adecuada de Carbono Nitrógeno (C/N). Si es muy baja, disminuye la actividad biológica y el proceso se vuelve muy lento. Si la relación es alta, el exceso se pierde en forma de amoníaco. El rango preferido es de valores de C/N de 20 a 40.
- Las instalaciones utilizadas para preparar los materiales para el compostaje deben ser capaces de mezclar completa y eficazmente cualquier aditivo, inóculos y humedad, con el material que se va a fermentar. Se debe elegir el tamaño de los aireadores en función de la demanda punta de oxígeno y de enfriamiento del material en fermentación, siempre con un margen adecuado de seguridad.

### **Producción a pequeña escala versus a gran escala**

A pequeña escala se producen aboneras caseras en patios o fincas. También se usan estructuras o cajones para contener las capas de residuos con mayor facilidad.

A gran escala "se encuentran el composteo agitado, el estático y el composteo en reactor". (Gamboa, 2009).

En el composteo agitado se introduce oxígeno a la materia en descomposición, volteándola periódicamente. Se utiliza un sistema mediante la disposición del material en hileras de 2,5 m a 3,0 m de altura por 7,0 m a 9,0 m de ancho en la base.

"En el composteo estático, el material no se mueve, si no que el aire es inyectado dentro del material por medio de una red de tuberías de escape o aireación." (Gamboa, 2009)

El sistema de reactor consiste en un compartimiento cerrado con geometrías variables cuyo fin es mitigar los malos olores y reducir el tiempo de elaboración mediante temperatura y oxigenación controlada.

#### **6.4.2 Tratamiento de residuos con semolina fermentada**

"En este proceso, la "Semolina Fermentada" mezclada con los desechos se convierte en un enriquecedor del suelo".

La semolina se fabrica a partir de:

**Cascarilla de arroz:** se usa para mejorar la estructuración física y facilitar la aireación y absorción de humedad y nutrientes del suelo, entre otras ventajas.

**Semolina:** "Afrecho de arroz o Semolina (También conocido en otros países como pulidora y salvado)" (Gamboa, 2009). Aporta nitrógeno, fósforo, potasio, calcio, magnesio, vitaminas y calorías que favorecen la fermentación.

**Melaza de caña:** Fuente principal de energía para los microorganismos.

**Agua:** Crea las condiciones para la fermentación y homogeniza la humedad de la mezcla. La cantidad óptima se determina mediante "una prueba manual, la cual consiste en tomar con la mano un puñado de la muestra y apretarla. No deben salir gotas de entre los dedos, pero se debe formar un terrón que mantenga la forma del puño." (Gamboa, 2009)

**Suelo:** Representa la tercera parte del volumen del abono. "Es el medio para iniciar el desarrollo de la actividad microbiológica del abono" (Gamboa, 2009). Retiene el agua, filtra y libera gradualmente los nutrientes a las plantas.

El producto de la Semolina Fermentada no es precisamente un fertilizante o un abono sino que se obtiene un suelo fértil o humus directamente.

#### **Requerimientos y características**

- Consiste de cuatro fases: 1) Preparación de la mezcla, 2) Fermentación de los desechos biodegradables, 3) Incorporación de los desechos orgánicos al suelo y 4) Obtención del producto final.
- No se debe exponer a la luz ya que la mezcla es fotosensible.
- No requiere de control de temperatura o pH.
- No se liberan olores ni se dan problemas de insectos.
- El tiempo en obtener el producto final es indefinido.
- No requiere volteo para aireación.
- Requiere de cuidado con la producción y control de lixiviados.

#### **Producción a pequeña escala versus a gran escala**

Esta metodología sólo se ha probado a pequeña escala, manejado en baldes de 19 litros hasta estañones con 500 litros de volumen.

"Para tratar grandes cantidades, se requiere sacar y transportar cierto volumen de suelo, lo que resulta en altos costes en maquinaria, mano de obra y transporte" (Gamboa, 2009)

#### **6.4.3 Tratamiento de residuos con Bokashi**

"Bokashi es una palabra japonesa que significa materia orgánica fermentada" (Shintani y otros, 2000). Se diferencia del compostaje porque provee al suelo de alimento orgánico adicional a los minerales necesarios para las plantas.

Según Gamboa, existen dos tipos de bokashi, el tradicional y el *Baiyoudo*, que se diferencian en el tiempo de fermentación de los desechos.

#### **Requerimientos y características**

- Altos volúmenes de suelo de bosque o montaña.
- Uso de materia orgánica de alta calidad.

- Condiciones aeróbicas.
- El Baiyoudo requiere más tiempo de fermentación, 6 semanas en verano y 12 en invierno.
- Puede ser utilizado entre 5 y 21 días después de preparado.
- Humedad entre 30% y 40%.
- La temperatura debe mantenerse entre 35 °C y 50 °C.
- El proceso requiere entre 7 y 30 días dependiendo de los residuos.

### **Producción a pequeña escala versus a gran escala**

A pequeña escala, se requiere de un lugar techado donde se colocan los materiales en capas una sobre otra. Es preferible como una tecnología destinada a agricultores pequeños.

Existe un derivado del bokashi que utiliza microorganismos eficaces (EM) con los que se puede utilizar cualquier tipo de residuo orgánico. Esta metodología es probada en la Universidad La EARTH con excelentes resultados. Se producen volúmenes del orden de 20 toneladas por semana sin olores ni moscas.

#### **6.4.4 Tratamiento de residuos a través de Vermicompostaje**

Consiste en el cultivo de lombrices con el fin de obtener humus. El proceso se lleva a cabo a través de la digestión de los residuos para obtener el fertilizante compuesto por la materia fecal convertida en vermicompost. El proceso es limpio, el producto no libera olores y posee un color café oscuro.

#### **Requerimientos**

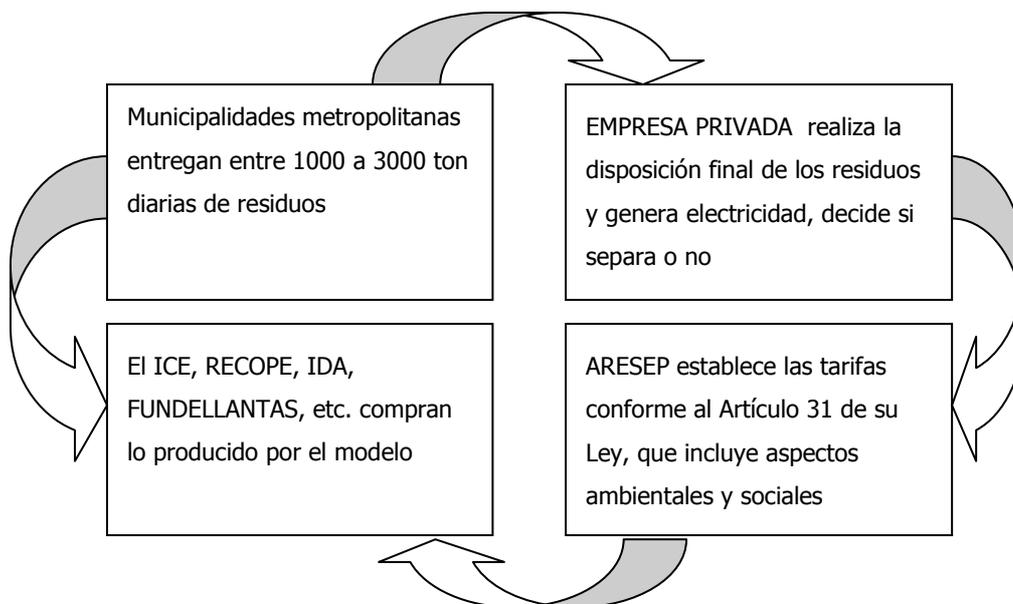
- Las lombrices se alimentan de cualquier tipo de materia orgánica.
- Se requiere condiciones óptimas de humedad, temperatura y pH.
- La temperatura óptima va de 15 °C a 27 °C.
- La humedad debe rondar entre el 80% y el 85%.
- El grado de acidez (pH) se encuentra entre 6.5 y 7.5.
- No se requiere voltear los desechos.
- Los desechos se deben descomponer un par de semanas antes de colocar las lombrices.

### Producción a pequeña escala versus a gran escala

“Se pueden fabricar recipientes, o cajones de madera, bambú o cemento para colocar las lombrices, aunque también se puede hacer una zanja cuyo fondo se rellena con piedra cuartilla para proveer de un drenaje adecuado” (Gamboa, 2009). Se recomienda usar un espesor que no supere los 25 cm de alto. A mediana y gran escala, se requieren terrenos desde los 100 m<sup>2</sup> hasta los 10'000 m<sup>2</sup>.

#### 6.4.5 Transformación de residuos para el aprovechamiento energético

En respuesta a la problemática de operación y capacidad de los rellenos sanitarios que se discute en el Capítulo 2 y buscando una nueva forma de regular los precios por concepto de servicios de disposición de desechos, que brindan los proveedores privados a las municipalidades del país, la Contraloría General de la República se propone la sostenibilidad financiera conforme al gráfico mostrado en la Figura 6.5:



**Figura 6.5.** Sistema municipal para minimizar el enterramiento de los residuos sólidos.

**Fuente:** FEMETRÓN, 2010

Bajo este esquema, cabe la posibilidad de que no sólo los residuos orgánicos, si no todos los que actualmente se llevan a los rellenos sanitarios, se les brinde alguna solución de aprovechamiento energético mediante incineración. Este es un sistema sumamente polémico, que se debe adaptar a la realidad climática y al tipo de residuos generados. Además, los costos involucrados pueden provocar que sea una opción muy cara de aplicar.



## **7. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES FINALES**

### **7.1. Conclusiones**

#### **Características del cantón de Palmares**

- El uso del suelo en Palmares varía de una comunidad a otra. Los terrenos ubicados en los distritos de Candelaria, Santiago, La Granja y Zaragoza están destinados a actividades rurales, en su mayoría, como los cultivos y ganadería. No obstante, en estos dos últimos lugares, se identifican asentamientos urbanos importantes con densidades de población relativamente altas. Por otro lado, Palmares Centro, Buenos Aires y Esquipulas se caracterizan por presentar un suelo más urbano y mostrar un porcentaje mayor de habitantes por hectárea.
- Existe una actitud general pesimista entre los palmareños en relación con el reciclaje, pero, en el Censo Piloto Palmares 2010 se muestra que en la población de este cantón, está presente una disposición, mayor de lo esperado, a separar y aprovechar los residuos. Esto denota que los habitantes están desarrollando una conciencia y asumen una posición más activa para enfrentar las necesidades ambientales.

#### **Gestión municipal y los servicios brindados**

- La cobertura del servicio de recolección calculada, basándose en la longitud de la red vial, es de un 81,7%. Por su parte, los resultados del Censo del 2010 revelan que un 97% de las viviendas eliminan sus desechos mediante la recolección municipal. Es probable que la diferencia se debe a que las viviendas no asistidas se encuentran en zonas muy alejadas. Para llegar a ellas se requiere recorrer mayores distancias. Sin embargo, un 3% de deficiencia en el sistema, implica que se brinda un buen servicio público. Tratar de mejorar este porcentaje puede tener una relación de beneficio- costo muy baja.
- La Municipalidad efectúa campañas de captación de material reciclable y realiza esfuerzos en cuanto al aprovechamiento de los residuos, pero el trabajo se hace de manera muy esporádica. Además, no se lleva un registro de los resultados obtenidos, lo que limita el control, la planificación y el crecimiento de programas de reciclaje futuros.
- Un 75% de los contribuyentes pagan sus servicios de manera oportuna. El sistema de gestión de cobro implementado por la Municipalidad reduce la morosidad visible

a través del año. Se intensifican las campañas de cobro a morosos, en caso de que sea necesario. Con esto se asegura un balance entre los ingresos y los egresos pero no se fomenta una cultura del pago puntual de las tarifas.

- Aunque se trata de una condición teórica ideal, si se logra eliminar por completo la morosidad invisible, la Municipalidad percibe cerca de ₡50'000'000 (\$100'000) adicionales por concepto de cobro de tarifas. Esto representa un 20% más de ingresos recaudados. Si se logra esta meta, los recursos permitirían mejorar los servicios, invertir en programas de reciclaje y otras actividades de gestión integral de residuos.

### **Sistemas de recolección observados**

- Se determina que, en el momento en que se realiza el registro de las rutas en el trabajo de campo, el recorrido asignado a cada camión a través de Palmares, está bien estructurado para el aprovechamiento de su capacidad. Estos vehículos terminan su jornada totalmente llenos. Sin embargo, es necesario que se apliquen criterios técnicos de mejora en puntos específicos.
- El uso de indumentaria de seguridad para los peones recolectores es de carácter obligatorio. Esta normativa no se acata como se debe. En la práctica se observa que los trabajadores no hace uso de este equipo porque aducen incomodidad para trabajar.
- El camión encargado de recolectar en los cuadrantes del distrito central, a veces, transitan por el carril izquierdo o contra vía. En horas tempranas de la mañana el tránsito vehicular es bajo y lento. Pero esta práctica es peligrosa porque los trabajadores y los usuarios de la vía corren peligro.
- En el transcurso de la investigación, se observan modificaciones al sistema que se traduce en un mejor servicio. Entre estas se citan: el término de la recolección en horas más tempranas, la ampliación de la cobertura, mayor flexibilidad ante eventualidades (al pasar de recolectar dos días de la semana, a distribuir los horarios en seis días).
- No se cuenta con información de los resultados obtenidos con el sistema implementado en enero de 2011. Este consiste, entre otros ajustes, en el cambio de una división por sectores a una por distritos para organizar los recorridos de recolección. Se mantiene la inquietud con respecto a la cantidad de residuos que se

registra en un día de la semana con respecto a otro y el aprovechamiento de la capacidad de cada camión.

- El recorrido de la vagoneta no está coordinado, de manera fija, con el resto de los camiones. Según lo observado, su ruta es aleatoria y no tiene un horario fijo ni un vehículo recolector al cual traspasarle los residuos de una zona específica. Esto dificulta predecir el momento en que se llenan los camiones y por ende, la planificación de la recolección.
- El predio municipal para la transferencia de residuos entre la vagoneta y los camiones recolectores no cuenta con las condiciones adecuadas, como impermeabilización del suelo, drenajes ni captación de lixiviados.

### **Generación y composición**

- La tasa de generación de residuos obtenida para el sector domiciliario en Palmares es de 0,47 kg por cada habitante al día. No obstante, al tomar en cuenta todos los residuos, incluso los generados por otros sectores económicos, se obtiene una tasa de 0,73 kg/per/día. Esta cifra es comparable con la que señala en el diagnóstico de áreas prioritarias del Plan Nacional de Residuos Sólidos (PRESOL) en el 2007 para comunidades pequeñas (de 50 000 habitantes o menos) que corresponde a 0,785 kg/per/día.
- De acuerdo con lo estimado de la composición, los residuos orgánicos, a nivel domiciliario, representan más de la mitad de los desechos generados. Los porcentajes de materiales inorgánicos como papel, plástico, tetrapack, vidrio y metales constituyen una fracción muy baja del total de desechos. Revela lo importante que es brindar una alternativa para el aprovechamiento del material orgánico. Esto muestra la necesidad de un centro de recuperación como el planteado.
- Al comparar la tasa de generación domiciliario en Palmares con lo que se obtiene para FEDOMA se observa que coinciden perfectamente, en ambos casos es de 0,47 kg/per/día. Sin embargo, cuando se realiza una comparación por componentes, se denota una gran diferencia, especialmente en lo que concierne a los residuos inorgánicos recuperables en el mercado como papel, plástico, metal y vidrio. Los cantones pertenecientes a esta Federación de municipalidades presentan cifras que alcanzan más del doble que las obtenidas en Palmares para

este tipo de desechos. Es difícil determinar si se realmente los habitantes generan una menor cantidad materiales recuperables o si trata de un error estadístico.

- La generación de material potencialmente aprovechable en un centro de recuperación es mucho más importante cuando se consideran los sectores ajenos al residencial (comercios, industrias, instituciones y otros).
- La estimación de lo que generan los comercios e industrias nace a raíz de una serie de supuestos utilizados para obtener una primera aproximación, y así, no descartar estos sectores del análisis. Se reconocen las variantes que se pueden presentar en la realidad con respecto a lo calculado.
- No se puede estimar la cantidad de residuos que actualmente están siendo reciclados en Palmares. Algunas empresas privadas del cantón se reservan esa información. Sin embargo, existe mucho movimiento en torno al reciclaje. Los habitantes de Palmares muestran una postura más activa que se refleja claramente en los porcentajes de viviendas que separan tanto el material orgánico como los residuos no orgánicos.

### **Factibilidad de implementar un centro de recuperación**

- La organización de actividades relacionadas con un programa de reciclaje permite conocer el rol que asume cada ente involucrado, ya sea privado o público. Los escenarios planteados son tan solo cuatro posibilidades, en medio de una infinita gama de distribución de responsabilidades administrativas, que se escogen para analizar la respuesta ante cambios en las variables más difíciles de prever y controlar.
- Los requerimientos solicitados para los materiales que se reciben en el centro de recuperación, así como los procesos a los que son sometidos para su posterior venta, se basan en lo observado en otros casos y en los estudios realizados para diferentes comunidades. Con estos insumos se establecen los parámetros para el análisis financiero. Sin embargo, se debe tomar en cuenta que las condiciones varían para cada caso y se deben adaptar y mejorar continuamente con respecto a los resultados obtenidos. Esta salvedad, también aplica cuando se estima la cantidad de personal y la escogencia del equipo, tanto al principio como al pasar de los años.
- El terreno municipal que destina para el centro de recuperación posee ventajas: su gran extensión y que consta como propiedad pública. Sin embargo, las condiciones

de entorno lo convierten con limitaciones para una industria de reciclaje. Se ubica en un residencial muy poblado y colinda con un río. Además, el acceso presenta dificultades y la topografía implica movimientos importantes de tierra. La conveniencia de este lugar se ve atenuada por el gasto que implica la mitigación del impacto generado. Sin embargo, existe una pérdida financiera asociada al desuso de este lugar.

- Los residuos recuperables, según la generación calculada en el diagnóstico, representan un 30,5% de total (descartando las categorías de "Residuos Orgánicos" y "Otros"). Sin embargo, al aplicar los factores de recuperación y participación sobre las cantidades generadas, se observa que lo máximo que se puede captar al año 2030 es un 13,4%. Se concluye que el reciclaje es una actividad que colabora con el beneficio ambiental, pero no es la solución salvadora a los problemas de contaminación que afectan al planeta. El final del ciclo productivo para los bienes que se consumen es la generación de residuos. La forma de atenuar el daño causado está, realmente, en la reducción y en el consumo responsable y consciente.
- De acuerdo con las suposiciones consideradas, los resultados del análisis financiero dan lugar a las siguientes conclusiones:
  - Si la Municipalidad continúa cobrando las mismas tarifas por servicios municipales, en condiciones de morosidad y aumento de costos a través del tiempo, no puede cumplir con sus obligaciones. Se requiere un reajuste tarifario o un incremento anual más elevado en las tasas de cobro.
  - Si la Municipalidad se hace cargo de brindar todos los nuevos servicios y asumir los costos e ingresos que conlleva un programa de reciclaje como el planteado, requiere aumentar sustancialmente las tarifas por este concepto. En otras palabras, que los nuevos servicios sean subsidiados por los contribuyentes. De ser así, es posible que se dé una reacción negativa por parte de la población con protestas, aumentos en la morosidad e incluso, poca participación.
  - Los resultados para el "Escenario 2" revelan que la actividad de reciclaje, incluyendo la inversión, operación y captación de ingresos por venta de materiales, resulta rentable para la empresa privada. Sin embargo, la Municipalidad debe hacerse cargo de las campañas de educación e

información, así como de dar un nuevo servicio de recolección para reciclables. Esto incrementa aún más sus tarifas con respecto al "Escenario 1".

- Si las nuevas tareas se le atribuyen a la empresa privada como en el "Escenario 3", las tarifas experimentan una rebaja. Esto es conveniente para los contribuyentes pero el Valor Actual Neto observado es muy negativo. Por esto, ninguna empresa privada está interesada en invertir ya que las pérdidas son muy elevadas.
- El hecho de que el proyecto tenga un Valor Actual Neto nulo o mayor que cero no implica que sea rentable. Los flujos de efectivo, en la mayoría de los casos estudiados, son negativos en los primeros años de vida útil y se recuperan al final. Por lo tanto, se requiere que exista un financiamiento de parte de la empresa privada, o bien, por algún otro medio. De esta forma, las tasas de interés bajas favorecen la rentabilidad del proyecto y el gráfico del perfil del VAN tiene pendientes negativas. Si dicho perfil tiene pendientes positivas, como en los "Escenarios 0 y 3", demuestra que al principio hay utilidades que deben ser empleados en sustentar los flujos negativos de efectivo en los últimos años.
- Al estudiar la sensibilidad ante el incremento general anual de los precios de los materiales, se nota que: si se da una administración mixta como la propuesta en el "Escenario 2", el proyecto mantiene rentabilidad aunque los cambios en los precios sean muy bajos, mientras que en el "Escenario 3" se vuelve factible hasta que alcance un valor de 7,5%. Las tarifas también presentan afectación ante esta variable y ronda entre ₡2.000 y ₡2.500 para el "Escenario 1". No se cuenta con información que permita estimar las tendencias de estas variaciones. Se reconoce que se trata de un mercado volátil y creciente, por lo que existe escepticismo ante los aumentos y la oferta en los próximos años con la consecuente caída en los precios.
- El "Escenario 2" posee el inconveniente del alza en las tarifas, pero se acepta como el más adecuado, ya que es el único que permite la inversión privada de manera rentable. Los aumentos tarifarios se justifican en función de los nuevos servicios obtenidos y el beneficio potencial de la población.

- El análisis de los casos especiales para el escenario escogido revelan que el proyecto tolera más los incrementos en los costos por inversión inicial, en lugar de la disminución en el nivel de ingresos por la venta de materiales.
- En general, analizando todas las actividades implicadas en un programa de reciclaje: concienciación a la población, información, inversión inicial, recolección, operación y procesamiento, administración y venta del producto final se concluye que los costos implicados no se justifican con el balance de ingresos. Sin embargo, dado el beneficio social y ambiental, se acepta que la comunidad asuma la responsabilidad de dar un mejor destino a sus residuos.

### **De los propuestas y los requerimientos para el programa de reciclaje**

- Las rutas propuestas para los sistemas de recolección demuestran que se da una mejoría con respecto al momento de la observación en campo. No se pretende presentar una ruta optimizada sino una alternativa a la que se le aplican los criterios técnicos respectivos. Por lo tanto, los recorridos propuestos funcionan como una nueva referencia para iniciar un proceso de retroalimentación y encontrar las rutas óptimas que respeten los criterios descritos.
- Antes de seguir al pie de la letra las rutas tal y como se proponen, se debe procurar aplicar los criterios descritos en la propuesta. Se busca reducir las distancias recorridas, aunque las ventajas de implementar las rutas propuestas no están reflejadas en las mejoras obtenidas en términos de longitud. El beneficio real consiste una disminución del consumo de combustible, aumento en la vida útil de los equipos y mayor seguridad para los trabajadores y otros usuarios de la vía pública.
- De realizarse la recolección tal y como se propone, se disminuye la distancia recorrida por los camiones en un 3,6%. Asimismo, pese a que en algunos núcleos las distancias repetidas aumentan debido a la prioridad de otros criterios de ahorro de combustible, la redundancia total disminuye en un 16,6%. Por otro lado, las distancias netas, es decir, los tramos en los que el camión recoge de manera efectiva, aumentan en un 2,0%.
- Debido a que se consideran dos núcleos nuevos de recolección, ubicados en la Urbanización "Doña Lorena" y en "Rincón de Salas", ambos en el distrito de Esquipulas, la cobertura pasa de 81,7% a 82,1% de la red vial, según los recorridos propuestos.

## 7.2. Recomendaciones

- Se recomienda mejorar la base de datos de la Municipalidad para que se cuente con información más actualizada, depurada y transparente en lo concerniente con patentes. Se deben incluir detalles del tipo de negocio, ubicación, tamaño en metros cuadrados, pendientes de tributación e incluso actividades o aportes relacionados con la gestión de residuos sólidos.
- La diferenciación de las tarifas que pagan los diferentes tipos de negocios y viviendas debe ser estudiada y re-evaluada. Los criterios que se emplearon para definirlos, obedecían a un estudio llevado a cabo en un momento en que la realidad era diferente a la actual. Se debe utilizar alguna combinación de las modalidades de tributación propuestas en esta investigación.
- Aprovechar que la nueva Ley faculta el cobro de tarifas por servicios municipales en función de esfuerzos realizados por la GIRS. Se busca dar un incentivo por la participación en un eventual programa de reciclaje.
- La ruta propuesta y los criterios con los que se definen proporcionan la base para sistematizar el servicio de recolección. El fin es aprovechar, de mejor manera, los recursos destinados para esta tarea. Los recorridos mostrados deben experimentar un proceso de retroalimentación en función de la experiencia obtenida por la puesta en práctica. Cualquier cambio que se realice, debe buscar un equilibrio entre los razonamientos descritos.
- Procurar que la vagoneta que apoya la recolección en entradas de difícil acceso trabaje en coordinación con el resto de los vehículos. Se pretende equilibrar la cantidad de residuos que le corresponda a cada camión compactador y evitar imprevistos.
- Contar con un registro o bitácora de recolección que almacene datos de los tipos de vehículos, su capacidad, cantidad de desechos recolectados, inconvenientes, atrasos y otras variables que observen. Se procura contar con insumos para la planificación, mejora de las rutas y del sistema en general. Incluso, es posible definir puntos de control en el mapa indicando la hora que pasa la recolección.
- Establecer algún tipo de estímulo o sanción a la empresa recolectora si los trabajadores utilizan adecuadamente o no la indumentaria de seguridad.
- Realizar estudios más detallados, con mayor cantidad de muestras y por ende con menor incertidumbre, para tener una mejor aproximación de la generación real,

tanto proveniente del sector residencial doméstica como comercial. De manera que se conozca la variación estacional, el crecimiento a través de los años y el efecto de las políticas de reducción y aprovechamiento de residuos.

- Se recomienda que el Plan de Manejo Integral de Residuos para Palmares incluya un programa de reciclaje a través de la Municipalidad tomando en cuenta las consideraciones expuestas en este trabajo. La condición financiera desfavorable que conlleva este proyecto se debe justificar con el beneficio ambiental y social, así como el crecimiento cultural por parte de los habitantes del cantón, que responden a su obligación con los desechos que generan.
- Se recomienda que el programa de reciclaje no sea administrado como se describe en el Escenario 3 ya que para que esta actividad sea rentable, se requiere que los precios de los materiales reciclables en el mercado experimenten un alza constante y elevada a través de los años. Administrar las campañas de concienciación e información, brindar el servicio de recolección de reciclables y asumir toda la inversión y gastos operativos de una industria de reciclaje, percibiendo como único ingreso el proveniente de la venta de residuos, representa un riesgo financiero muy elevado.
- Por el contrario, si la Municipalidad se encargara de brindar los nuevos servicios y gestionar el centro de recuperación, sería financieramente factible alcanzar una condición rentable, sustentada en un alza en las tarifas cobradas a los contribuyentes. Sin embargo, antes de inclinarse por esta opción, se debe tomar en cuenta la capacidad administrativa del gobierno local, así como las consecuencias que implica saturar el sector público con las nuevas responsabilidades.
- En relación con los inconvenientes descritos en el Escenario 2, en cuanto al aumento de tarifas por los servicios municipales que pagarían los contribuyentes, se prefiere que el programa de reciclaje se lleve a cabo mediante una condición administrativa similar a la que describe este caso. Esto genera un atractivo para la inversión privada ya que surgen más posibilidades de obtener rentabilidad y, al mismo tiempo, se delegan menos responsabilidades a la Municipalidad. Las utilidades que, potencialmente, se perciben deben ser reintegradas a la comunidad mediante alguna actividad de interés público o bien, a través de las campañas de concienciación e información a los habitantes de Palmares.

- Con el fin de disminuir la inversión inicial y reducir la cantidad de tareas que le corresponden a la Municipalidad, se recomienda el alquiler de camiones recolectores para el reciclaje a una empresa privada en lugar de adquirir un vehículo nuevo. Se evita incurrir en costos variables por concepto de combustible, mano de obra y mantenimiento. No obstante, con esta situación las tarifas a los usuarios se verían afectadas aunque en un monto sumamente bajo.
- Se recomienda buscar un adecuado financiamiento para sufragar los gastos de la inversión inicial y los flujos negativos de efectivo en los primeros años.
- Si se opta por la compra de contenedores para los participantes del programa de reciclaje, se debe tomar en cuenta que representa una inversión muy alta para la Municipalidad. Por lo tanto, se deben explorar otras opciones previamente.
- Es sabido que los residuos que provienen de sectores diferentes al domiciliario, tales como los comercios e industrias, generan residuos no orgánicos aprovechables en mayor medida que el de las viviendas. Por esta razón, los esfuerzos por elevar la participación y la captación de material se debe enfocar a este tipo de generadores.
- Llevar un registro completo con la información de los resultados de todas las actividades que se desarrollen en el programa de reciclaje y de las campañas de concienciación. Es importante contar con una base de datos clara y transparente, que contenga los rubros, tal y como se propone en esta investigación.
- Se debe tener presente que el reciclaje es una industria como cualquier otra. Se entra a competir con otras empresas por el material que se separa en su origen. Es recomendable, en la medida de lo posible, establecer alianzas estratégicas con otros grupos para determinar los volúmenes de generación. Esto permite conocer, aproximadamente, la cantidad de residuos que percibirá el centro de acopio municipal.
- Establecer contratos con los clientes para estar al tanto sobre los volúmenes fijos de venta y crear un grado de seriedad y de compromiso de flujo sostenido con los consumidores. Se debe procurar el acceso a mejores puntos de venta para asegurar los mercados con las empresas y darle valor agregado al producto.
- Este proyecto de reciclaje tiene la ventaja de contar con apoyo municipal. No obstante, para que haya éxito se debe realizar un esfuerzo importante en la educación de la población, en la información clara y oportuna y en un servicio eficaz de recolección diferenciada.

- Existe un porcentaje importante de los habitantes de Palmares que poseen disposición y conciencia hacia una cultura de aprovechamiento de residuos sólidos. Las propuestas presentadas sirven como base para que en el Plan de Manejo Integral de Residuos en Palmares se marquen las pautas y se planifiquen estrategias de información y de educación agresiva, que ayuden a hacer tangible estos deseos de colaborar.
- El alto porcentaje de residuos orgánicos obliga a investigar e invertir en una solución para aprovecharlos. En este estudio se resumen algunos conceptos básicos de tecnologías que existen para el tratamiento del material biodegradable y sus aplicaciones. Sin embargo, se exhorta al gobierno local y a otras entidades a desarrollar más a fondo sobre este tema.



## 8. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Asamblea Legislativa de la República de Costa Rica. (2010). Ley para la gestión integral de residuos. San José, Costa Rica.
2. Barrios, O. (2001). Manual práctico para la evaluación de la generación y alternativas de disposición final de desechos sólidos ordinarios. Proyecto de gradación para optar por el grado de licenciatura en ingeniería civil, Escuela de Ingeniería Civil, Universidad de Costa Rica, San José, Costa Rica.
3. Brenes, E. (2010, Febrero). Entrevista con Carlos Guillén, Encargado y recolector de la empresa Servicios de Valle, Alajuela, Costa Rica.
4. Brenes, E. (2010, Febrero). Entrevista con Jaime Sancho, Encargado Recicladora Sancro, Alajuela, Costa Rica.
5. Brenes, E. (2010, Marzo). Entrevista con José Luis Rojas, encargado de empresa Recipal, Alajuela, Costa Rica.
6. Brenes, E. (2010, Marzo). Entrevista con Sergio Cascante, encargado de empresa recicladora en Palmares, Alajuela, Costa Rica.
7. Brenes, E. (2010, Agosto). Entrevista con Juan Diego Rubí, Municipalidad de Santo Domingo, Heredia, Costa Rica.
8. Brenes, E. (2010, Agosto). Entrevista con Michelle Arias, Municipalidad de Escazú, San José, Costa Rica.
9. Brenes, E. (2010, Agosto). Entrevista con Siany Serrano, Municipalidad de Belén, Heredia, Costa Rica.
10. Brenes, E. (2011, Febrero). Entrevista con el Ing. Roberto González, Ingeniero Constructor, San José, Costa Rica.
11. Camacho, J. (2007). Plan de negocios para la implementación de un centro de recuperación de materiales en Guácimo, Costa Rica. Proyecto de gradación para optar por el grado licenciatura en ingeniería agrónoma, Universidad La EARTH, Limón, Costa Rica.
12. Carvajal, G. Municipalidad de Palmares (Comunicación personal, 2010)

13. Gamboa, P. (2009). Diseño de un plan de manejo y reciclaje de los desechos biodegradables producidos en la feria del agricultor de la Municipalidad de Curridabat utilizando la semolina fermentada. Proyecto de gradación para optar por el grado de ingeniería civil, Escuela de Ingeniería Civil, Universidad de Costa Rica, San José, Costa Rica.
14. Gobierno de Costa Rica y Agencia de Cooperación Técnica Alemana (GTZ). (2007). *Plan nacional de residuos sólidos (PRESOL)*. San José, Costa Rica
15. Gutiérrez, J., López, A. (1996). Generación de desechos sólidos en función del consumo eléctrico en el cantón central de Heredia. Proyecto de gradación para optar por el grado de licenciatura en ingeniería civil, Escuela de Ingeniería Civil, Universidad de Costa Rica, San José, Costa Rica.
16. Instituto Nacional de Estadística y Censo (INEC). (2011). Cifras básicas de población y vivienda para el cantón de Palmares y sus distritos. Censo Piloto de Población y vivienda Agosto 2010. San José, Costa Rica.
17. Instituto Nacional de Electricidad (ICE). (2010). Base de datos de cantidad de abonados al servicio eléctrico en Palmares. ICE, sucursal de Palmares, Alajuela, Costa Rica.
18. López, H. Municipalidad de Palmares (Comunicación personal, 2010)
19. Lund, F. (1996). *Manual McGraw-Hill de reciclaje*. Madrid: McGraw-Hill.
20. Méndez, J. (2008). Evaluación del sistema de recolección de desechos en el cantón de Atenas. Taller de Diseño (IC-0905), Escuela de Ingeniería Civil, Universidad de Costa Rica, San José, Costa Rica.
21. Morales, J. (2010). Estudio de viabilidad para la creación de un centro de acopio en Palmares. Trabajo Comunal Universitario: Apoyo a entidades comunales, Acción Social, Universidad de Costa Rica, Alajuela, Costa Rica.
22. Municipalidad de Palmares. (2010). Base de datos de tributación, patentes y catastro. Palmares, Alajuela, Costa Rica.
23. Parini, L. (2005). Protocolo para el cálculo y recalificación de tarifas de servicios de recolección de desechos sólidos. Proyecto de gradación para optar por el grado de

- licenciatura en ingeniería civil, Escuela de Ingeniería Civil, Universidad de Costa Rica, San José, Costa Rica.
24. Plan municipal para la gestión integral de residuos sólidos, Cantón de Palmares. Programa de Fortalecimiento Municipal y Descentralización (FOMUDE). Instituto de Fomento y Asesoría Municipal (IFAM). Federación Occidental de Municipalidades de Alajuela (FEDOMA). San José, Costa Rica.
  25. Programa de Investigación en Desarrollo Urbano Sostenible (ProDUS). (2008). Base de datos de curvas de nivel, ríos y calles según en Instituto geográfico nacional (IGN). ProDUS, Universidad de Costa Rica, San José, Costa Rica.
  26. Programa de Investigación en Desarrollo Urbano Sostenible (ProDUS). (2008). Estudio de factibilidad para el establecimiento de un relleno sanitario integral en la región occidental de la provincia de Alajuela. ProDUS, Universidad de Costa Rica, San José, Costa Rica.
  27. Rodríguez, L. (2003). Metodología para llevar a cabo un plan de separación y reciclaje de desechos sólidos domésticos a nivel comunitario. Proyecto de gradación para optar por el grado de licenciatura en ingeniería civil, Escuela de Ingeniería Civil, Universidad de Costa Rica, San José, Costa Rica.
  28. Sánchez, R. Municipalidad de Palmares (Comunicación personal, 2011)
  29. Sharón, A., Terrán, A. (2008). Estudio de rentabilidad para el establecimiento de centros de recuperación de materiales secundario en el cantón de Siquirres. Proyecto de gradación para optar por el grado licenciatura en ingeniería agrónoma, Universidad La EARTH, Limón, Costa Rica.
  30. Tchobanoglous, G., Theisen, H., Vigil, S. (1994). *Gestión integral de residuos sólidos*. Madrid: McGraw-Hill.
  31. Vargas, W. Agropecuaria Palmarín (Comunicación personal, Enero 27, 2010).

## 8. Referencias bibliográficas

---

## **ANEXOS**

## CONTENIDO DE ANEXOS

<b>Anexo 1. Muestreos y encuestas para la estimación de la generación de residuos en Palmares .....</b>	<b>- 5 -</b>
A.1.1 Muestreos Domiciliares .....	- 5 -
A.1.2 Encuesta Domiciliar .....	- 10 -
<b>Anexo 2. Características de los equipos encontrados en el mercado y las instalaciones para el centro de recuperación .....</b>	<b>- 12 -</b>
A.2.1 Equipo del centro de recuperación.....	- 12 -
A.2.2 Instalaciones del centro de recuperación.....	- 16 -
<b>Anexo 3. Posibilidades de venta de materiales reciclables.....</b>	<b>- 18 -</b>
<b>Anexo 4. Otros aspectos del centro de recuperación .....</b>	<b>- 22 -</b>
A.4.1 Propiedades municipales.....	- 22 -
A.4.2 Derechos de vía y anchos de calle .....	- 25 -
A.4.3 Vistas en planta, frontal y lateral del centro de recuperación	<b>Error! Marcador no definido.</b>
<b>Anexo 5. Cuadros del análisis financiero.....</b>	<b>- 30 -</b>
A.5.1 Escenario 0. Alternativa nula. No se realiza el programa de reciclaje cantonal. ...	30 -
A.5.2 Escenario 1. Se realiza el programa de reciclaje. Toda la inversión, costos e ingresos son administrados por la Municipalidad.....	- 32 -
A.5.3 Escenario 2. Se realiza el programa de reciclaje. Administración parcial entre gobierno local y la empresa privada. ....	- 36 -
A.5.4 Escenario 3. Se realiza el programa de reciclaje. La inversión, costos e ingresos son administrados por la empresa privada .....	- 40 -
A.5.5 Análisis de sensibilidad de las tarifas por servicios municipales ante el porcentaje de morosidad.....	- 43 -
A.5.6 Análisis de sensibilidad ante el porcentaje de crecimiento de los precios del material reciclable en el mercado de Costa Rica .....	- 45 -
A.5.7 Análisis de sensibilidad para los casos especiales. Escenario 2.....	- 53 -
<b>Anexo 6. Propuestas para las rutas de recolección .....</b>	<b>- 59 -</b>

## **ANEXOS. ÍNDICE DE CUADROS**

Cuadro A.1.1. Características de las muestras domiciliarias.....	- 5 -
Cuadro A.1.2. Datos recolectados en Campo. Muestras de tipo urbana. ....	- 6 -
Cuadro A.1.3. Datos recolectados en Campo. Muestras de tipo rural.....	- 7 -
Cuadro A.1.4. Normalización de los datos. Generación en kg/persona/día. Muestras de tipo urbana. ....	- 8 -
Cuadro A.1.5. Normalización de los datos. Generación en kg/persona/día. Muestras de tipo rural.....	- 9 -
Cuadro A.1.6. Datos de encuesta realizada a negocios en los cuadrantes del distrito central .....	- 11 -
Cuadro A.2.1. Características y precios de las balanzas encontradas en el mercado ...	- 13 -
Cuadro A.2.2. Estimación del costo de infraestructura del centro de recuperación.....	- 16 -
Cuadro A.3.1. Principales compradores de papel y cartón reciclable. Precios y especificaciones .....	- 18 -
Cuadro A.3.2. Principales compradores de vidrio reciclable. Precios y especificaciones	- 18 -
Cuadro A.3.3. Principales compradores de plástico reciclable. Precios y especificaciones-	19 -
Cuadro A.3.4. Principales compradores de otros residuos reciclables. Precios y especificaciones .....	- 21 -
Cuadro A.5.1. Análisis Financiero. Escenario 0, sin reajuste de tarifa .....	- 30 -
Cuadro A.5.2. Análisis Financiero para la Municipalidad. Escenario 0, con reajuste de tarifa. ....	- 31 -
Cuadro A.5.3. Análisis Financiero para la Municipalidad. Vehículo para reciclaje propio. Escenario 1.....	- 32 -
Cuadro A.5.4. Análisis Financiero para la Municipalidad. Vehículo para reciclaje alquilado. Escenario 1.....	- 34 -

Cuadro A.5.5. Análisis Financiero para la Municipalidad. Escenario 2.....	- 36 -
Cuadro A.5.6. Análisis Financiero para la empresa privada. Escenario 2. ....	- 38 -
Cuadro A.5.7. Análisis Financiero para la Municipalidad. Escenario 3.....	- 40 -
Cuadro A.5.8. Análisis Financiero para la empresa privada. Escenario 3. ....	- 41 -
Cuadro A.5.9. Análisis de sensibilidad de la tarifa ante el porcentaje de morosidad. Escenario 0.....	- 43 -
Cuadro A.5.10. Análisis de sensibilidad de la tarifa ante el porcentaje de morosidad. Escenario 1.....	- 43 -
Cuadro A.5.11. Análisis de sensibilidad de la tarifa ante el porcentaje de morosidad. Escenario 2.....	- 44 -
Cuadro A.5.12. Análisis de sensibilidad de la tarifa ante el porcentaje de morosidad. Escenario 3.....	- 44 -
Cuadro A.5.13. Análisis de sensibilidad de la tarifa ante el porcentaje de variación de los precios del material reciclable. Escenario 1.....	- 45 -
Cuadro A.5.14. Análisis de sensibilidad del valor actual neto (VAN) ante el porcentaje de variación de los precios del material reciclable. Escenario 2. ....	- 49 -
Cuadro A.5.15. Análisis de sensibilidad del valor actual neto (VAN) ante un aumento del 20% en los costos de inversión inicial. Escenario 2.....	- 53 -
Cuadro A.5.16. Análisis de sensibilidad del valor actual neto (VAN) ante una disminución del 20% en los ingresos por venta de material. Escenario 2. ....	- 55 -
Cuadro A.5.17. Análisis de sensibilidad del valor actual neto (VAN) ante un aumento de un 10% en los costos de inversión inicial y una disminución del 10% en los ingresos por venta de material. Escenario 2. ....	- 57 -
Cuadro A.6.1. Descripción de las rutas de recolección propuestas. Rutas A y B.....	- 60 -
Cuadro A.6.2. Descripción de las rutas de recolección propuestas. Rutas C y D .....	- 61 -
Cuadro A.6.3. Descripción de las rutas de recolección propuestas. Rutas E y F .....	- 62 -

## **ANEXOS. ÍNDICE DE FIGURAS**

Figura A.1.1. Encuesta realizada al sector comercial. Cuadrantes del distrito central. .	- 10 -
Figura A.2.1. Romana electrónica, Modelo AFW-300.....	- 14 -
Figura A.2.2. Romana electrónica, Modelo AFM-300 .....	- 14 -
Figura A.2.3. Romana Mecánica, SP1213.....	- 14 -
Figura A.2.4. Romana Mecánica, Modelo SP1213 .....	- 14 -
Figura A.2.5. Romana electromecánica.....	- 15 -
Figura A.2.6. Compactadora G90. ....	- 15 -
Figura A.2.7. Trituradora de Vidrio.....	- 15 -
Figura A.4.1. Plano catastrado de la propiedad #1 para del terreno destinado al centro de recuperación.....	- 22 -
Figura A.4.2. Plano catastrado de la propiedad #2 para del terreno destinado al centro de recuperación.....	- 23 -
Figura A.4.3. Plano catastrado de la propiedad #3 para del terreno destinado al centro de recuperación.....	- 24 -
Figura A.4.4. Ancho de calle y derecho de vía. (Foto #1, Mapas 5.1 y 5.2).....	- 25 -
Figura A.4.5. Ancho de calle y derecho de vía. (Foto #3, Mapas 5.1 y 5.2).....	- 25 -
Figura A.4.6. Derecho de vía. (Foto #4, Mapas 5.1 y 5.2).....	- 26 -
Figura A.4.7. Ancho de calle y derecho de vía. (Foto #6, Mapas 5.1 y 5.2).....	- 26 -
Figura A.4.8. Ancho de calle y derecho de vía. (Foto #7, Mapas 5.1 y 5.2).....	- 27 -
Figura A.4.9. Ancho de calle y derecho de vía. (Foto #8, Mapas 5.1 y 5.2).....	- 27 -
Figura A.4.10. Ancho de calle y derecho de vía. (Foto #11, Mapas 5.1 y 5.2) .....	- 28 -
Figura A.4.11. Ancho de calle y derecho de vía. (Foto #12, Mapas 5.1 y 5.2) .....	- 28 -
Figura A.4.12. Vistas en planta, frontal y lateral. Primer y segundo nivel del centro de recuperación propuesto .....	- 29 -

## Anexo 1. Muestreos y encuestas para la estimación de la generación de residuos en Palmare

### A.1.1 Muestreos Domiciliares

**Cuadro A.1.1.** Características de las muestras domiciliare.

#	Localidad	Tipo	Nivel de ingresos	Cantidad de Personas	Días de Basura
1	Centro	Urbana	Medio	1	4
2	Centro	Urbana	Bajo	4	4
3	Centro	Urbana	Medio	7	4
4	Centro	Urbana	Alto	5	4
5	Barrio Santa Fe	Urbana	Medio	2	4
6	Barrio Santa Fe	Urbana	Medio	4	4
7	Barrio Santa Fe	Urbana	Bajo	5	4
8	Barrio del Colegio	Urbana	Medio	3	4
9	Barrio del Colegio	Urbana	Alto	2	4
10	Rincón de Zaragoza	Rural	Medio	3	4
11	Rincón de Zaragoza	Rural	Medio	3	4
12	Calle Vásquez	Rural	Bajo	2	4
13	Calle Vásquez	Rural	Medio	3	4
14	Calle Vargas	Rural	Bajo	4	4
15	Calle Vargas	Rural	Bajo	4	4
16	Esquipulas	Rural	Bajo	4	4
17	Esquipulas	Rural	Bajo	4	4
18	Esquipulas (Calle Chanceros)	Rural	Alto	3	4
19	Cocaleca	Rural	Bajo	4	4
20	Cocaleca	Rural	Medio	4	7
21	Cocaleca	Rural	Bajo	3	4
22	Cocaleca	Rural	Bajo	5	4
23	Cocaleca	Rural	Bajo	5	4
24	Zaragoza	Urbana	Alto	4	4
25	Candelaria	Rural	Medio	2	8
26	Candelaria	Rural	Bajo	4	4
27	Zaragoza (La Chata)	Rural	Bajo	3	4
28	Zaragoza	Rural	Medio	4	4
29	Buenos Aires	Urbana	Alto	4	8
30	Buenos Aires	Urbana	Alto	5	4
31	Buenos Aires	Urbana	Medio	4	4
32	Buenos Aires	Urbana	Medio	3	4
33	Buenos Aires (Bajo de la Cabra)	Rural	Bajo	7	4
34	Centro (Urb. El Valle)	Urbana	Medio	2	4
35	Centro (Calle Brujos)	Urbana	Bajo	5	4
36	La Granja (Los Proyectos)	Rural	Bajo	5	4
37	La Granja	Rural	Medio	2	4
38	La Granja (Urb Palma Real)	Urbana	Alto	6	8
39	La Granja (Urb Palma Real)	Urbana	Alto	1	4

Cuadro A.1.2. Datos recolectados en Campo. Muestras de tipo urbana.

#	Localidad	Composición															
		Residuos Orgánicos		Papel		Plástico		Metal		Vidrio		Tetrabrick		otros		Total	
		(kg)	(%)	(kg)	(%)	(kg)	(%)	(kg)	(%)	(kg)	(%)	(kg)	(%)	(kg)	(%)	(kg)	(%)
1	Centro	1,10	42,1	0,10	3,82	0,25	9,56	0,00	0,00	0,00	0,10	3,82	1,07	40,7	2,62	100	
2	Centro	9,10	77,1	0,70	5,93	0,25	2,12	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,75	14,8	11,80	100	
3	Centro	2,90	35,6	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	5,25	64,4	8,15	100	
4	Centro	1,20	19,2	0,05	0,80	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	5,00	80,0	6,25	100	
5	Barrio Santa Fe	5,10	81,0	0,00	0,00	0,05	0,79	0,05	0,79	0,00	0,00	0,00	1,10	17,5	6,30	100	
6	Barrio Santa Fe	6,10	89,1	0,10	1,46	0,10	1,46	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,55	8,0	6,85	100	
7	Barrio Santa Fe	3,65	77,7	0,00	0,00	0,05	1,06	0,20	4,26	0,15	3,19	0,15	3,19	0,50	4,70	100	
8	Barrio del Colegio	4,55	64,5	0,00	0,00	0,15	2,13	0,00	0,00	0,00	0,15	2,13	2,20	31,2	7,05	100	
9	Barrio del Colegio	3,05	63,5	0,00	0,00	0,10	2,08	0,05	1,04	0,00	0,10	2,08	1,50	31,3	4,80	100	
24	Zaragoza	3,74	64,7	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	2,04	35,3	5,78	100	
29	Buenos Aires	4,30	67,7	0,00	0,00	0,30	4,72	0,05	0,79	0,40	6,30	0,15	2,36	1,15	18,1	6,35	100
30	Buenos Aires	20,40	86,3	0,20	0,85	0,35	1,48	0,00	0,00	0,00	0,10	0,42	2,6	11,0	23,65	100	
31	Buenos Aires	9,80	55,2	0,00	0,00	0,70	3,94	0,60	3,38	0,00	0,00	0,05	0,28	6,6	17,75	100	
32	Buenos Aires	6,00	60,6	0,10	1,01	0,30	3,03	0,00	0,00	0,20	2,02	0,05	0,51	3,25	9,90	100	
34	Centro (Urb. El Valle)	0,25	55,6	0,00	0,00	0,10	22,22	0,05	11,11	0,00	0,00	0,05	11,11	0,00	0,45	100	
35	Centro (Calle Brujos)	4,65	87,7	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,10	1,89	0,55	10,4	5,30	100	
38	La Granja (Urb Palma Real)	6,00	75,5	0,00	0,00	0,35	4,40	0,10	1,26	0,00	0,00	0,00	1,50	18,9	7,95	100	
39	La Granja (Urb Palma Real)	0,50	21,3	0,40	17,02	0,10	4,26	0,05	2,13	0,00	0,00	0,00	1,3	55,3	2,35	100	
	<b>Promedio</b>	<b>5,13</b>	<b>67,0%</b>	<b>0,09</b>	<b>1,2%</b>	<b>0,18</b>	<b>2,3%</b>	<b>0,06</b>	<b>0,8%</b>	<b>0,04</b>	<b>0,5%</b>	<b>0,06</b>	<b>0,7%</b>	<b>2,11</b>	<b>27,5%</b>	<b>7,67</b>	<b>100</b>
	<b>Desviación estándar</b>	4,63	21,31	0,18	4,14	0,18	5,24	0,14	2,74	0,11	1,66	0,06	2,70	1,82	21,23	5,52	

**Cuadro A.1.3.** Datos recolectados en Campo. Muestras de tipo rural.

#	Localidad	Composición															
		Residuos Orgánicos		Papel		Plástico		Metal		Vidrio		Tetrabrick		otros		Total	
		(kg)	(%)	(kg)	(%)	(kg)	(%)	(kg)	(%)	(kg)	(%)	(kg)	(%)	(kg)	(%)	(kg)	(%)
10	Rincón de Zaragoza	2,69	54,9	1,05	21,43	0,20	4,08	0,10	2,04	0,00	0,00	0,01	0,20	0,85	17,3	4,90	100
11	Rincón de Zaragoza	2,10	57,5	0,40	10,96	0,00	0,00	0,25	6,85	0,00	0,00	0,00	0,00	0,90	24,7	3,65	100
12	Calle Vásquez	3,35	67,0	0,40	8,00	0,15	3,00	0,15	3,00	0,00	0,00	0,05	1,00	0,90	18,0	5,00	100
13	Calle Vásquez	2,80	54,4	0,15	2,91	0,05	0,97	0,05	0,97	0,00	0,00	1,50	29,13	0,60	11,7	5,15	100
14	Calle Vargas	2,00	51,9	0,10	2,60	0,15	3,90	0,15	3,90	0,00	0,00	0,00	0,00	1,45	37,7	3,85	100
15	Calle Vargas	3,15	61,2	0,20	3,88	0,25	4,85	0,05	0,97	0,05	0,97	0,15	2,91	1,30	25,2	5,15	100
16	Esquipulas	5,28	72,3	0,00	0,00	0,06	0,82	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,96	26,8	7,30	100
17	Esquipulas	2,40	50,8	0,00	0,00	0,08	1,69	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	2,24	47,5	4,72	100
18	Esquipulas (Calle Chanceros)	2,02	56,4	0,26	7,26	0,04	1,12	0,12	3,35	0,00	0,00	0,16	4,47	1,52	42,5	3,58	100
19	Cocaleca	9,52	72,7	0,08	0,61	0,04	0,31	0,04	0,31	0,00	0,00	0,26	1,98	3,16	24,1	13,10	100
20	Cocaleca	3,56	49,3	0,74	10,25	0,22	3,05	0,00	0,00	0,00	0,00	0,28	3,88	2,42	33,5	7,22	100
21	Cocaleca	3,28	61,0	0,22	4,09	0,14	2,60	0,00	0,00	0,00	0,00	0,30	5,58	1,44	26,8	5,38	100
22	Cocaleca	2,58	81,6	0,00	0,00	0,10	3,16	0,00	0,00	0,10	3,16	0,00	0,00	0,38	12,0	3,16	100
23	Cocaleca	2,30	63,5	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,32	36,5	3,62	100
25	Candelaria	1,94	35,4	0,78	14,23	0,26	4,74	0,20	3,65	0,00	0,00	0,10	1,82	2,20	40,1	5,48	100
26	Candelaria	2,05	46,6	0,00	0,00	0,40	9,09	0,00	0,00	0,05	1,14	0,00	0,00	1,90	43,2	4,40	100
27	Zaragoza (La Chata)	8,04	60,4	2,58	19,37	0,08	0,60	0,16	1,20	0,14	1,05	0,14	1,05	2,2	16,4	13,32	100
28	Zaragoza	9,90	83,2	0,00	0,00	0,04	0,34	0,06	0,50	0,00	0,00	0,18	1,51	1,72	14,5	11,90	100
33	Buenos Aires (Bajo de la Cabra)	4,20	60,9	0,20	2,90	0,25	3,62	0,05	0,72	0,00	0,00	1,30	18,84	0,90	13,0	6,90	100
36	La Granja (Los Proyectos)	12,90	86,9	0,00	0,00	0,25	1,68	0,05	0,34	0,00	0,00	0,10	0,67	1,55	10,4	14,85	100
37	La Granja	0,30	18,8	0,15	9,38	1,10	68,75	0,00	0,00	0,05	3,13	0,00	0,00	0,00	0,0	1,60	100
	Promedio	<b>4,11</b>	<b>59,3</b>	<b>0,35</b>	<b>5,6</b>	<b>0,18</b>	<b>5,6</b>	<b>0,07</b>	<b>1,3</b>	<b>0,02</b>	<b>0,45</b>	<b>0,22</b>	<b>3,5</b>	<b>1,47</b>	<b>24,9</b>	<b>6,39</b>	<b>100</b>
	Desviación estándar	3,22		0,59		0,23		0,08		0,04		0,41		0,76		3,71	

Cuadro A.1.4. Normalización de los datos. Generación en kg/persona/día. Muestras de tipo urbana.

#	Localidad	Composición Normalizada														Total (%)
		Residuos Orgánicos		Papel		Plástico		Metal		Vidrio		Tetrabrick		otros		
		(kg)	(%)	(kg)	(%)	(kg)	(%)	(kg)	(%)	(kg)	(%)	(kg)	(%)	(kg)	(%)	
1	Centro	0,28	42,1	0,03	3,8	0,06	9,6	0,00	0,0	0,00	0,03	3,8	0,27	40,7	0,65	100
2	Centro	0,57	77,1	0,04	5,9	0,02	2,1	0,00	0,0	0,00	0,00	0,0	0,11	14,8	0,74	100
3	Centro	0,10	35,6	0,00	0,0	0,00	0,0	0,00	0,0	0,00	0,00	0,0	0,19	64,4	0,29	100
4	Centro	0,06	19,2	0,00	0,8	0,00	0,0	0,00	0,0	0,00	0,00	0,0	0,25	80,0	0,31	100
5	Barrio Santa Fe	0,64	81,0	0,00	0,0	0,01	0,8	0,00	0,0	0,00	0,00	0,0	0,14	17,5	0,79	100
6	Barrio Santa Fe	0,38	89,1	0,01	1,5	0,01	1,5	0,00	0,0	0,00	0,00	0,0	0,03	8,0	0,43	100
7	Barrio Santa Fe	0,18	77,7	0,00	0,0	0,00	1,1	0,01	4,3	0,01	3,2	0,01	0,03	10,6	0,24	100
8	Barrio del Colegio	0,38	64,5	0,00	0,0	0,01	2,1	0,00	0,0	0,00	0,0	0,01	0,18	31,2	0,59	100
9	Barrio del Colegio	0,38	63,5	0,00	0,0	0,01	2,1	0,01	1,0	0,00	0,0	0,01	0,19	31,3	0,60	100
24	Zaragoza	0,23	64,7	0,00	0,0	0,00	0,0	0,00	0,0	0,00	0,0	0,00	0,13	35,3	0,36	100
29	Buenos Aires	0,13	67,7	0,00	0,0	0,01	4,7	0,00	0,8	0,01	6,3	0,00	0,04	18,1	0,20	100
30	Buenos Aires	1,02	86,3	0,01	0,8	0,02	1,5	0,00	0,0	0,00	0,0	0,01	0,13	11,0	1,18	100
31	Buenos Aires	0,61	55,2	0,00	0,0	0,04	3,9	0,04	3,4	0,00	0,0	0,00	0,41	37,2	1,11	100
32	Buenos Aires	0,50	60,6	0,01	1,0	0,03	3,0	0,00	0,0	0,02	2,0	0,00	0,27	32,8	0,83	100
34	Centro (Urb. El Valle)	0,03	55,6	0,00	0,0	0,01	22,2	0,01	11,1	0,00	0,0	0,01	0,00	0,0	0,06	100
35	Centro (Calle Brujos)	0,23	87,7	0,00	0,0	0,00	0,0	0,00	0,0	0,00	0,0	0,01	0,03	10,4	0,27	100
38	La Granja (Urb Palma Real)	0,13	75,5	0,00	0,0	0,01	4,4	0,00	1,3	0,00	0,0	0,00	0,03	18,9	0,17	100
39	La Granja (Urb Palma Real)	0,13	21,3	0,10	17,0	0,03	4,3	0,01	2,1	0,00	0,0	0,00	0,33	55,3	0,59	100
	<b>Promedio</b>	<b>0,33</b>	<b>63,8</b>	<b>0,01</b>	<b>2,1</b>	<b>0,01</b>	<b>2,8</b>	<b>0,00</b>	<b>0,9</b>	<b>0,00</b>	<b>0,4</b>	<b>0,00</b>	<b>0,15</b>	<b>29,2</b>	<b>0,52</b>	<b>100%</b>
	<b>Desviación estándar</b>	0,257		0,025		0,016		0,009		0,005		0,007	0,118		0,321	

**Cuadro A.1.5.** Normalización de los datos. Generación en kg/persona/día. Muestras de tipo rural.

#	Localidad	Composición Normalizada															
		Residuos Orgánicos		Papel		Plástico		Metal		Vidrio		Tetrabrick		otros		Total	
		(kg)	(%)	(kg)	(%)	(kg)	(%)	(kg)	(%)	(kg)	(%)	(kg)	(%)	(kg)	(%)	(kg)	(%)
10	Rincón de Zaragoza	0,22	54,9	0,09	21,4	0,02	4,1	0,01	2,0	0,00	0,0	0,00	0,2	0,07	17,3	0,41	100
11	Rincón de Zaragoza	0,18	57,5	0,03	11,0	0,00	0,0	0,02	6,8	0,00	0,0	0,00	0,0	0,08	24,7	0,30	100
12	Calle Vásquez	0,42	67,0	0,05	8,0	0,02	3,0	0,02	3,0	0,00	0,0	0,01	1,0	0,11	18,0	0,63	100
13	Calle Vásquez	0,23	54,4	0,01	2,9	0,00	1,0	0,00	1,0	0,00	0,0	0,13	29,1	0,05	11,7	0,43	100
14	Calle Vargas	0,13	51,9	0,01	2,6	0,01	3,9	0,01	3,9	0,00	0,0	0,00	0,0	0,09	37,7	0,24	100
15	Calle Vargas	0,20	61,2	0,01	3,9	0,02	4,9	0,00	1,0	0,00	1,0	0,01	2,9	0,08	25,2	0,32	100
16	Equipulas	0,33	72,3	0,00	0,0	0,00	0,8	0,00	0,0	0,00	0,0	0,00	0,0	0,12	26,8	0,46	100
17	Equipulas	0,15	50,8	0,00	0,0	0,01	1,7	0,00	0,0	0,00	0,0	0,00	0,0	0,14	47,5	0,30	100
18	Equipulas (Calle Chanceros)	0,17	49,0	0,02	6,3	0,00	1,0	0,01	2,9	0,00	0,0	0,01	3,9	0,13	36,9	0,34	100
19	Cocaleca	0,60	72,7	0,01	0,6	0,00	0,3	0,00	0,3	0,00	0,0	0,02	2,0	0,20	24,1	0,82	100
20	Cocaleca	0,13	49,3	0,03	10,2	0,01	3,0	0,00	0,0	0,00	0,0	0,01	3,9	0,09	33,5	0,26	100
21	Cocaleca	0,27	61,0	0,02	4,1	0,01	2,6	0,00	0,0	0,00	0,0	0,03	5,6	0,12	26,8	0,45	100
22	Cocaleca	0,13	81,6	0,00	0,0	0,01	3,2	0,00	0,0	0,01	3,2	0,00	0,0	0,02	12,0	0,16	100
23	Cocaleca	0,12	63,5	0,00	0,0	0,00	0,0	0,00	0,0	0,00	0,0	0,00	0,0	0,07	36,5	0,18	100
25	Candelaria	0,12	35,4	0,05	14,2	0,02	4,7	0,01	3,6	0,00	0,0	0,01	1,8	0,14	40,1	0,34	100
26	Candelaria	0,13	46,6	0,00	0,0	0,03	9,1	0,00	0,0	0,00	1,1	0,00	0,0	0,12	43,2	0,28	100
27	Zaragoza (La Chata)	0,67	60,4	0,22	19,4	0,01	0,6	0,01	1,2	0,01	1,1	0,01	1,1	0,18	16,4	1,11	100
28	Zaragoza	0,62	83,2	0,00	0,0	0,00	0,3	0,00	0,5	0,00	0,0	0,01	1,5	0,11	14,5	0,74	100
33	Buenos Aires (Bajo de la Cabra)	0,15	60,9	0,01	2,9	0,01	3,6	0,00	0,7	0,00	0,0	0,05	18,8	0,03	13,0	0,25	100
36	La Granja (Los Proyectos)	0,65	86,9	0,00	0,0	0,01	1,7	0,00	0,3	0,00	0,0	0,01	0,7	0,08	10,4	0,74	100
37	La Granja	0,04	18,8	0,02	9,4	0,14	68,8	0,00	0,0	0,01	3,1	0,00	0,0	0,00	0,0	0,20	100
	<b>Promedio</b>	<b>0,27</b>	<b>62,9</b>	<b>0,03</b>	<b>6,3</b>	<b>0,01</b>	<b>3,5</b>	<b>0,01</b>	<b>1,2</b>	<b>0,00</b>	<b>0,3</b>	<b>0,01</b>	<b>3,2</b>	<b>0,10</b>	<b>22,5</b>	<b>0,43</b>	<b>100</b>
	<b>Desviación estándar</b>	0,199		0,049		0,029		0,007		0,003		0,028		0,049		0,247	

## A.1.2 Encuesta Domiciliar

	<b>Universidad de Costa Rica</b> <b>Escuela de Ingeniería Civil</b> <b>Proyecto de Graduación:</b> <b>Diagnóstico del Manejo Integral de Residuos Sólidos y Recomendaciones</b> <b>Encuesta a Empresas, Comercios e Instituciones</b>
---	---

1. Descripción del local (**cuadro 1**)

**Cuadro 1. Tipo de Empresa o Comercio**

<input type="checkbox"/> Tienda	<input type="checkbox"/> Fotocopias o Artículos de Oficina
<input type="checkbox"/> Almacén, Bazar	<input type="checkbox"/> Ferretería o Depósito de Materiales
<input type="checkbox"/> Abastecedor o Pulpería	<input type="checkbox"/> Taller
<input type="checkbox"/> Supermercado	<input type="checkbox"/> Clínica, Ebais
<input type="checkbox"/> Restaurante, Soda	<input type="checkbox"/> Servicios Profesionales
<input type="checkbox"/> Alimentos	<input type="checkbox"/> Institución
<input type="checkbox"/> Textiles	<input type="checkbox"/> Otro:

Descripción Detallada \_\_\_\_\_, (ejemplo: **tienda** de zapatos)

2. Tamaño del local: \_\_\_\_\_ m<sup>2</sup>

3. ¿De qué están compuestos los residuos que produce su negocio? (**cuadro 2**)

**Cuadro 2. Composición de los Residuos y Reciclaje.**

Tipo de Residuo	Cant. Reciclada (%)	¿Qué hace con lo que recicla?
Papel y Cartón		
Plástico		
Metales		
Vidrio		
Materia Orgánica		
Otros:		

4. ¿Se separan los residuos para el reciclaje?  
 No  
 Sí, ¿Qué hace con los materiales reciclables o reutilizables?

5. ¿Conoce usted cuáles materiales son reciclables o reutilizables?  
 Sí \_\_\_\_\_  No  
 \_\_\_\_\_

6. ¿Dispone de espacio para almacenar residuos reciclables?  
 Sí. ¿Cuánto? \_\_\_\_\_ m<sup>2</sup>  No

7. ¿Estaría dispuesto/a a entregar los residuos para un Centro de reciclaje?  
 No  
 Sí, Con qué frecuencia ( \_\_\_\_\_ ) días  
 Estaría dispuesta/a a pagar por el Servicio;  
 De manera gratuita;  
 Solo si hay remuneración por los materiales;  
 Estaría dispuesto a llevarlos al Sitio  
 Solo si se da un servicio de Recolección  
 Sólo si se ofrece algún otro incentivo: \_\_\_\_\_

**Figura A.1.1.** Encuesta realizada al sector comercial. Cuadrantes del distrito central.

**Cuadro A.1.6.** Datos de encuesta realizada a negocios en los cuadrantes del distrito central

#	Tipo	Descripción Detallada	Tamaño del Local (m2)	Separa los Residuos	¿Conoce la Clasificación?		¿Dispone de espacio para almacenar?		¿Entregaría sus RS a un CA Cantonal?	
					No/Sí	¿Cómo?	No/Sí	¿Cuánto?	No/Sí	¿Cada Cuánto?
1	Tienda	Artículos de Plástico	30	No	Sí	general	No	--	Sí	15
2	Restaurante, Soda	Soda	250	Sí	Sí	general	Sí	Patio	Sí	8
3	Institución	<b>Liceo de Palmares</b>	--	Sí	No	--	No	--	Sí	--
4	Fotocopias o Artículos de Oficina	Internet café	40	Sí	Sí	general	No	--	No	--
5	Supermercado	Bodega de Supermercado	700	No	Sí	general	Sí	Patio	No	--
6	Almacén, Bazar	Electrodomésticos	800	Sí	Sí	general	Sí	Bodega	Sí	15
7	Tienda	ropa	300	No	No	--	No	--	Sí	15
8	Alimentos	Panadería	100	No	Sí	general	Sí	Cuarto	Sí	15
9	Tienda	Ropa y Zapatos	35	No	No	--	No	--	No	--
10	Alimentos	Carnicería	100	No	Sí	general	Sí	Bodega	Sí	4
11	Tienda	ropa	150	No	No	--	No	--	Sí	7
12	Otros	Mercado	59 locales	No	Sí	general	No	--	No	--
13	Tienda	Bisutería	150	No	Sí	general	Sí	Recipientes	Sí	15
14	Tienda	Alimento para mascotas	100	No	Sí	general	No	--	Sí	30
15	Tienda	ropa	150	No	Sí	general	No	--	Sí	2
16	Restaurante, Soda	Soda	50	Sí	Sí	general	No	--	Sí	4
17	Ferretería o Depósito	Ferretería	100	Sí	Sí	general	Sí	Cuarto	Sí	7
18	Tienda	Artículos de Plástico	75	No	Sí	general	No	--	Sí	15
19	Abastecedor o Pulpería	Pulpería	50	Sí	Sí	general	No	--	Sí	15
20	Alimentos	Carnicería	16	Sí	Sí	general	Sí	el camión	Sí	15
21	Tienda	Zapatería		Sí	Sí	general	Sí	Cuarto	Sí	7
22	Alimentos	Frutería	250	Sí	Sí	general	Sí	Cuarto	Sí	15

## **Anexo 2. Características de los equipos encontrados en el mercado y las instalaciones para el centro de recuperación**

### **A.2.1 Equipo del centro de recuperación**

#### **Máquina compactadora GS90**

Características:

- Fabricada con acero bajo la norma A-36. Dimensiones de la máquina: 1020 mm de ancho, 925 mm de fondo, 3167 mm de alto.
- Dimensiones la cámara embaladora: 820 mm de ancho, 850 mm de fondo, 1001 mm de alto. Cuenta con guía para introducir suncho de amarre y sistema de extracción de pacas. Dimensión máxima por paca de compactación: 85x85x90 cm.
- Motor eléctrico monofásico de 220 V, de 10 HP.
- Control de Pistón con regulador de Presión. Diámetro de pistón de 4 pulgadas. Presión nominal de 3,0 kips a 4,0 kips.
- Peso admisible por paca (según material): de 40 a 200 kg, dependiendo del producto por compactar. Para compactar papel, cartón, latas de aluminio o envases metálicos de alimentos, envases UHT, algunos metales livianos.
- Proveedor: ISOTEX. Precio: \$13 150.

#### **Quebradora de Vidrio**

Características:

- Fabricada en hierro negro.
- Cuenta con rodines para movilización
- La manga de alimentación de botellas está protegida con unas cortinas plásticas para impedir que los envases se salgan.
- En la salida se incluye una manga que se introduce dentro del estañón para proteger que no se salga ninguna partícula de vidrio quebrado.
- Motor monofásico de 1 Hp, 1750 r.p.m., 110/220 V.

**Cuadro A.2.1.** Características y precios de las balanzas encontradas en el mercado

<b>Equipo</b>	<b>Modelo</b>	<b>Capacidad</b>	<b>División mínima</b>	<b>Plataforma</b>	<b>Otras características</b>	<b>Proveedor</b>	<b>Precio</b>
Romana Electrónica. Marca UWE	AFW-300	300 kg	50 g	42x52 cm	Plataforma de acero inoxidable Batería Recargable Pantalla de cristal líquido con números de 1 pulgada Tara y teclado Automático.	OCONY	\$301,0
Romana Electrónica. Marca UWE	AFM-300	300 kg	50 g	42x52 cm	Plataforma de acero inoxidable Batería Recargable Pantalla de cristal líquido con números de 2 pulgadas Tara y teclado Automático.	OCONY	\$385,0
Romana Mecánica. Marca OCONY	SP-1203	500 kg	100 g	60x60 cm	Plataforma de hierro fundido con rodines para su movilización	OCONY	\$192,5
Romana Electromecánica. Marca OCONY	SP-1203-1707	500 kg	100 g	60x60 cm	Plataforma con laminado extra-fuerte Pantalla LCD Batería recargable	OCONY	\$437,5
Romana Electromecánica. Fabricación China		500 kg	100 g	45x60 cm	Plataforma de hierro fundido. Indicador electrónico, pantalla LCD Tara y cero automático, auto calibración. Batería recargable	AZOCAR	\$399,3
Balanza mecánica. Fabricación China		500 kg	250 g	45x60 cm	Tipo de brazo: con pesas y péndulo	AZOCAR	\$143,1
Balanza electrónica. Marca Snowrex	S3000	150 kg	20 g	32x42 cm	Plataforma en acero inoxidable Batería recargable Pantalla LCD, Cero y tara automáticos	AZOCAR	\$226,0



**Figura A.2.1.** Romana electrónica,  
Modelo AFW-300  
**Fuente:** Romanas OCONY



**Figura A.2.3.** Romana Mecánica,  
SP1213  
**Fuente:** Romanas OCONY



**Figura A.2.2.** Romana electrónica,  
Modelo AFM-300  
**Fuente:** Romanas OCONY



**Figura A.2.4.** Romana Mecánica,  
Modelo SP1213  
**Fuente:** Romanas OCONY



**Figura A.2.5.** Romana electromecánica.  
**Fuente:** AZOCAR



**Figura A.2.7.** Trituradora de Vidrio.  
**Fuente:** ISOTEX



**Figura A.2.6.** Compactadora G90.  
**Fuente:** ISOTEX

## A.2.2 Instalaciones del centro de recuperación

**Cuadro A.2.2.** Estimación del costo de infraestructura del centro de recuperación

Componente	Cantidad	Unidades	Costo Unitario	Costo	Observación
<b>Concreto reforzado</b>					
Fundaciones	12	m3	Ø140.000,00	Ø1.680.000,00	0,5 m de ancho, 0,25m de espesor, 96m distancia
Losa de piso	32	m3	Ø130.000,00	Ø4.160.000,00	20 m de largo, 16m de ancho, 0,1m de espesor
Entrepiso Viguetas	36	m2	Ø26.000,00	Ø936.000,00	6 m de ancho
Columnas Nave Industrial	7	m3	Ø180.000,00	Ø1.260.000,00	0,2 m de ancho, 0,4m de largo, 5m altura (16 columnas)
Vigas (corona y medianera) Nave industrial	12	m3	Ø200.000,00	Ø2.400.000,00	(0,4 m alto, 0,2m ancho, 2x(36 m) de distancia) x(2 tipos de viga)
Escaleras	2	m3	Ø350.000,00	Ø700.000,00	1 m de ancho, 12 m de largo, 0,15 m de espesor
<b>Paredes (Bloque de 20, 5m de altura)</b>	360	m2	Ø24.000,00	Ø8.640.000,00	72 m de largo, 5m de altura
<b>Paredes (Bloque de 15, 3,5 m de altura)</b>	84	m2	Ø17.000,00	Ø1.428.000,00	24 m de distancia, 3,5m alto
<b>Paredes (Bloque de 12, 3,5 m de altura)</b>	63	m2	Ø15.000,00	Ø945.000,00	18 m distancia, 3,5m alto
<b>Pared Liviana</b>	154,7	m2	Ø14.500,00	Ø2.243.150,00	18 m bodega + 3 m baños abajo + 12 m mezanine+11,2 m área de operación
<b>Estructura y cubierta de Techo</b>	320	m2	Ø22.100,00	Ø7.072.000,00	(20x16)m
<b>Hojalatería</b>					
Canoas #24 hierro galvanizado	44	ml	Ø12.000,00	Ø528.000,00	12x6m + 2x6m
Bajantes #26 hierro galvanizado	48	ml	Ø10.000,00	Ø480.000,00	8x5m+4x2m
Cumbrera #24 hierro galvanizado	16	ml	Ø8.000,00	Ø128.000,00	16 m

**Fuente:** Entrevista con el Ingeniero Roberto Gonzáles.

**Cuadro A.2.2. (Cont.)** Estimación del costo de infraestructura del centro de recuperación

Componente	Cantidad	Unidades	Costo Unitario	Costo	Observación
Portón (Cortina arrollable)	49	m2	Ø40.000,00	Ø1.960.000,00	7m ancho * 3,5 alto *2
Ventanas+vidrios	31,6	m2	Ø45.000,00	Ø1.422.000,00	4x(2m alto, 2,5m ancho) + (1m alto, 0,2m ancho)+6x(2m alto, 2 m de alto)
Puertas Principales	2	Unidades	Ø160.000,00	Ø320.000,00	
Puertas Internas	6	Unidades	Ø60.000,00	Ø360.000,00	
Movimiento de tierra	1800	m3	Ø16.000,00	Ø28.800.000,00	(20+20+20)m, (16+7+7)m, 1m prof prom
Excavación de placas	31,2	m3	Ø14.000,00	Ø436.800,00	0,5 m de ancho, (0,25+0,4) de espesor , (72+24) de distancia
Baños					
Inodoros+duchas+ lavamanos	3	Unidades	Ø110.000,00	Ø330.000,00	
				<b>Ø66.228.950,00</b>	Con Movimiento de tierra
				<b>Ø37.428.950,00</b>	Sin Movimiento de tierra
<b>Area de construcción</b>	356	m2	Ø186.036,38		

**Fuente:** Entrevista con el Ingeniero Roberto González.

### Anexo 3. Posibilidades de venta de materiales reciclables

**Cuadro A.3.1.** Principales compradores de papel y cartón reciclable. Precios y especificaciones

Tipo de Residuo	Comprador	Ubicación	Precio (¢/kg)	Características	Teléfono	Precio promedio
Papel Primera	Kimberly Clark	La Ribera de Belén	¢130,0	Papel de Computadora, fotocopias, cuadernos.	2298-3115	¢50,0
Papel Segunda	Euroamérica	Orotina	¢32,0	Periódicos	2664-9000	
			¢10,0	Directorios		
Papel Mezclado	Kimberly Klark	La Ribera de Belén	¢30,0	No especificado	2298-3115	
Cartón	Kimberly Clark	La Ribera de Belén	¢20,0	Cajas de cartón y algunos tipos de cartulina	2298-3100	
	Empaques Santa Ana	Santa Ana	¢26,0	Cajas	2282-9354	
			¢18,0	Cartón nuevo		
			¢7,0	Cartulina		
		¢7,0	Tubos de cartón, sacos de cemento			

Fuente: <http://www.redcicla.org/basededatos/>

**Cuadro A.3.2.** Principales compradores de vidrio reciclable. Precios y especificaciones

Tipo de Residuo	Comprador	Ubicación	Precio (¢/kg)	Características	Teléfono	Precio promedio
Vidrio quebrado	Vidriera Centroamericana S.A. (VICESA - Grupo VICAL)	Cartago	¢28,0	Debe entregarse en estañones y separado por colores: ámbar, transparente y verde. No se recibe vidrio plano	2550-3303	¢50,0
Vidrio botella	Centenario Internacional S.A.	Curridabat	¢100 a ¢633	Botellas deben estar sin quebrar, limpias sin contaminarse y entregarse en sacos o cajas.	2216-4200	
	Destilería Centroamericana S.A.	Moravia	¢360 por docena		2235-7890	
	Fábrica Nacional de Licores (FANAL)	Grecia	¢140,0		2494-0100 (Ext. 330)	

Fuente: <http://www.redcicla.org/basededatos/>

**Cuadro A.3.3.** Principales compradores de plástico reciclable. Precios y especificaciones

Tipo de Residuo	Comprador	Ubicación	Precio (¢/kg)	Características	Teléfono	Precio promedio
Plástico/1	Golden Plastic S.A.	Alajuela	Ø100- Ø150	No especificado	2441- 1836	Ø100,0
	GLC (Global Logistics Center S.A.)	San José	Ø110,0	Transparente	2290- 4971	
			Ø80,0	Verde y mixto de colores		
	Florida Bebidas	Belén (Cuentan con centros de recolección en todo el país)	Ø80,0	Menos de 50 kg en ruta	2437- 6593	
			Ø90,0	Menos de 50 kg en Sitio		
			Ø90,0	Más de 50 kg en ruta		
			Ø100,0	Más de 50 kg en Sitio		
			Ø100,0	Más de 250 kg en ruta		
	FEMSA (Coca Cola)	Naranjo	Ø120,0	Trasparente	2260- 4812	
			Ø110,0	Color		
Ø100,0			Mezclado			
Gente reciclando	Cartago	Ø45,0	No especificado	2537- 3809		
Plástico/2	Golden Plastic S.A.	Alajuela	Ø200- Ø250	Plástico opaco de jugos o leche	2441- 1836	
	Palmares	Plastimex Palmares S.A.	Ø150,0	Plástico opaco de jugos o leche	2453- 1251	
	Florida Bebidas	Belén	Ø80- Ø100	Plástico opaco de jugos o leche	2437- 6593	
Plástico/3	Gente Reciclando	Ochomogo, Cartago	Ø20-Ø30	PVC	8391- 6354	

Fuente: <http://www.redcicla.org/basededatos/>

**Cuadro A.3.3 (cont.).** Principales compradores de plástico reciclable. Precios y especificaciones

<b>Tipo de Residuo</b>	<b>Comprador</b>	<b>Ubicación</b>	<b>Precio (¢/kg)</b>	<b>Características</b>	<b>Teléfono</b>	<b>Precio promedio</b>
Plástico/4	Empaques Universal	Alajuela	¢200 a ¢280	Envases y empaques diversos. Consultar el tipo de material directamente con la empresa.	2438-0525	¢100,0
	Golden Plastic S.A.	Alajuela	¢200 a ¢250	Envases y empaques diversos. Consultar el tipo de material directamente con la empresa.	2441-1836	
Plástico/5	Golden Plastic S.A.	Alajuela	¢200 a ¢250	Envases y empaques diversos. Consultar el tipo de material directamente con la empresa.	2441-1837	
Plástico/6	GLC (Global Logistics Center S.A.)		Consultar	Debido al bajo peso del material y al volumen que ocupa se debe consultar el transporte con la empresa o industria.	2290-4971	
Plástico/7	Gente Reciclando	Ochomogo, Cartago	Donado	Forros de lavadoras, refrigeradoras y empaques diversos. Consultar el tipo de material directamente con la empresa.	8391-6354	

**Fuente:** <http://www.redcicla.org/basededatos/>

**Cuadro A.3.4.** Principales compradores de otros residuos reciclables. Precios y especificaciones

Tipo de Residuo	Comprador	Ubicación	Precio (€/kg)	Características	Teléfono	Precio promedio
Aluminio Lata	Florida Bebidas	Belén	€430 a €500	Latas de aluminio de bebidas (refrescos, cerveza, jugos, etc). De preferencia comprimido	2437-6593	€200,0
Aluminio Sólido	Fundición Alajuelense	Alajuela	€300 a €400	Residuos o piezas de aluminio (marcos de ventana, utensilios de cocina, herramientas, etc.) Algunos compran radiadores aluminio. Consultar directamente.	2441-0359	
	Modelado y Fundición Saborío S.A. (MOFUSA)	San José	€500 a €550		2232-0911	
Chatarra	Fundición Alajuelense	Alajuela	€100 a €125	Piezas, herrajes y partes de hierro y zinc de diverso tipo. Algunos ya están incluyendo latas de comestibles y pinturas limpias. Consultar directamente.	2441-0359	
	Taller Industrial Villanea S.A.	San José	€150,0		2226-0870	
Cobre	Fundición Alajuelense	Alajuela	€1500 a €1700	No especificado	2441-0359	
Plomo	Recuperadora Nacional de Plomo S.A.	Curridabat	€250,0	No especificado	2272-0561	
Tetrapak	Cooperativa Dos Pinos R.L.	Alajuela	€50,0	Puesto en planta	2437-3546	€40,0
			€35,0	Con transporte		
Llantas	Fundellantas	Alajuela	Donado	Llantas de hule	2433-8101	Donado

Fuente: <http://www.redcicla.org/basededatos/>

### Anexo 4. Otros aspectos del centro de recuperación

#### A.4.1 Propiedades municipales

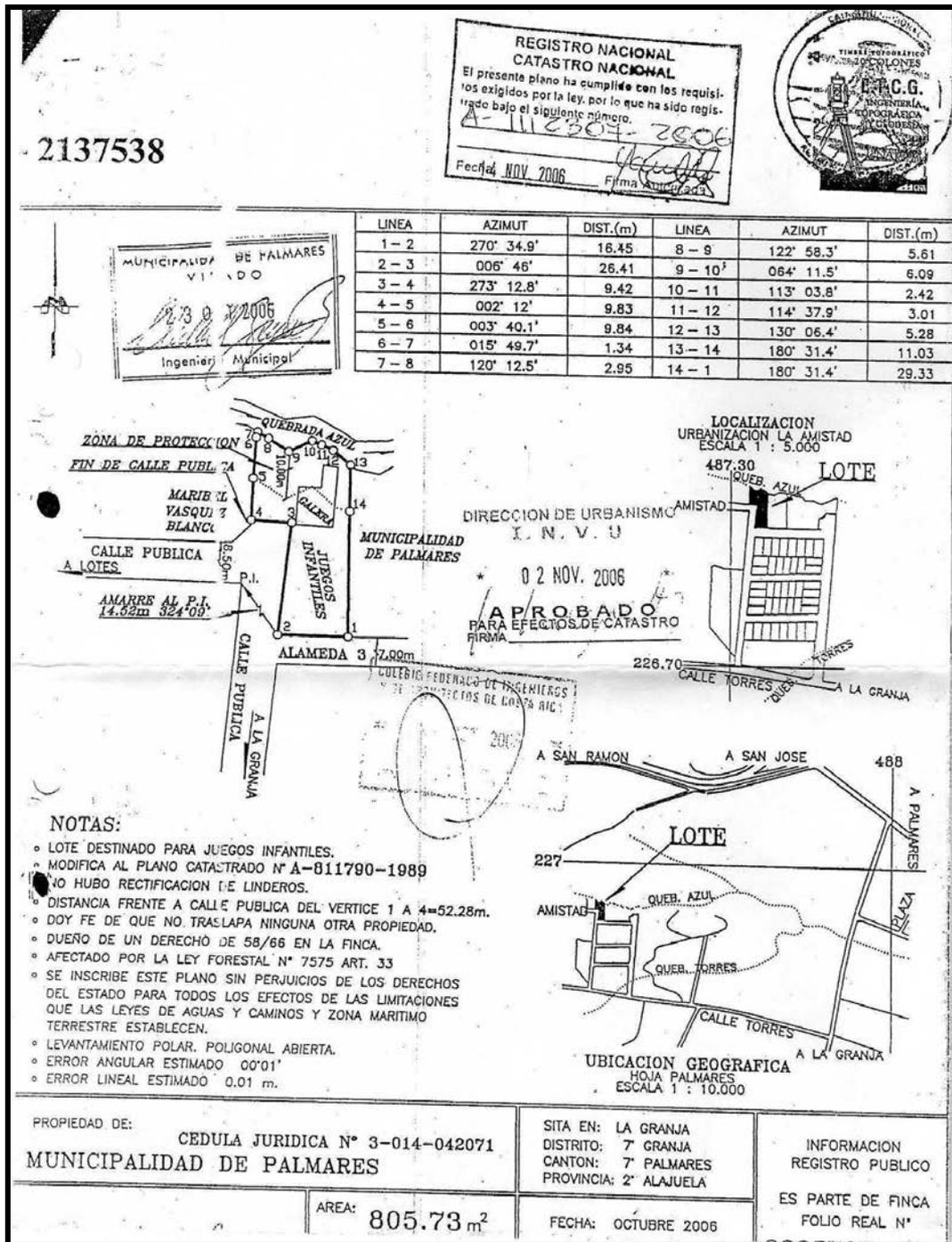
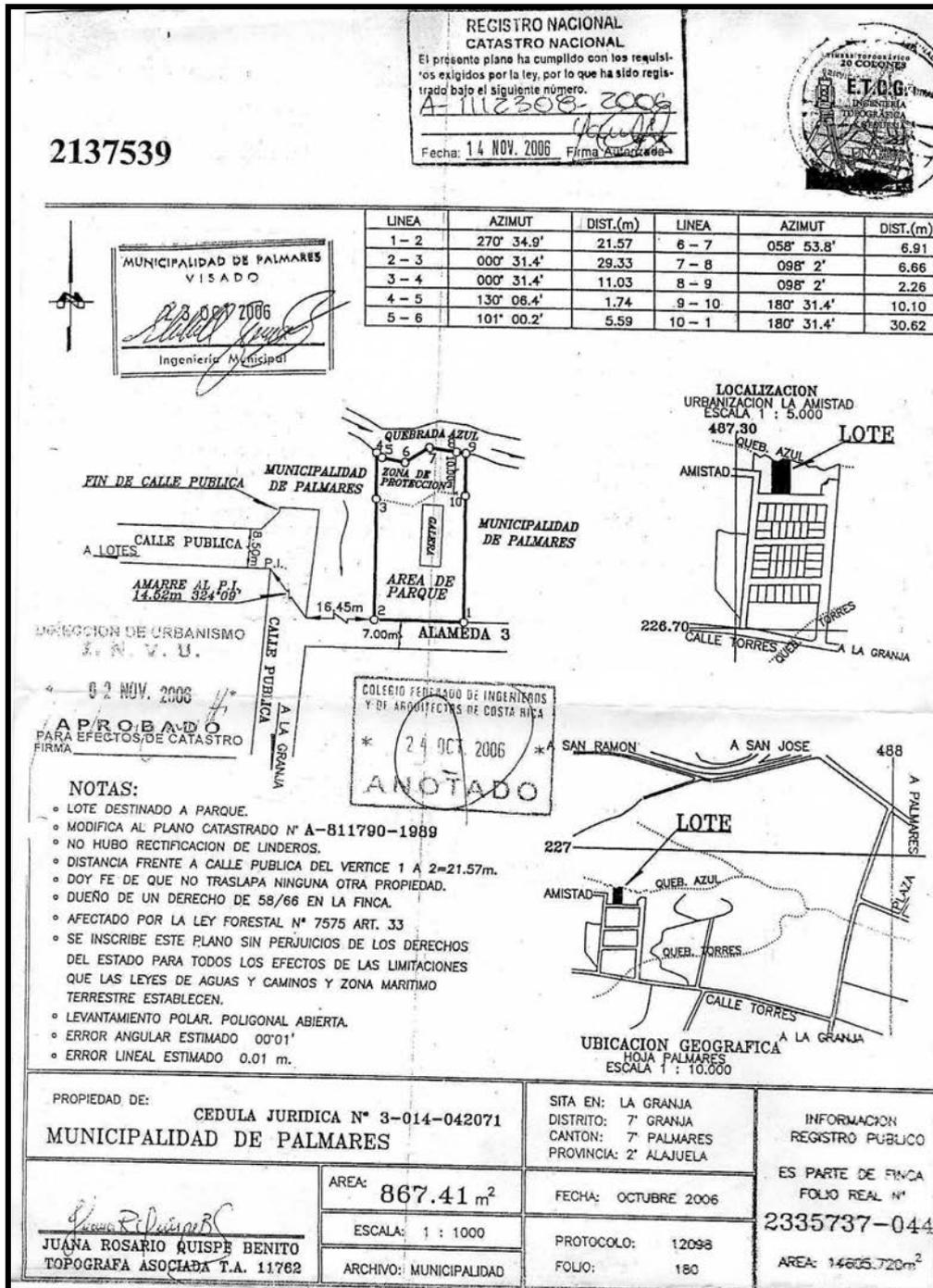


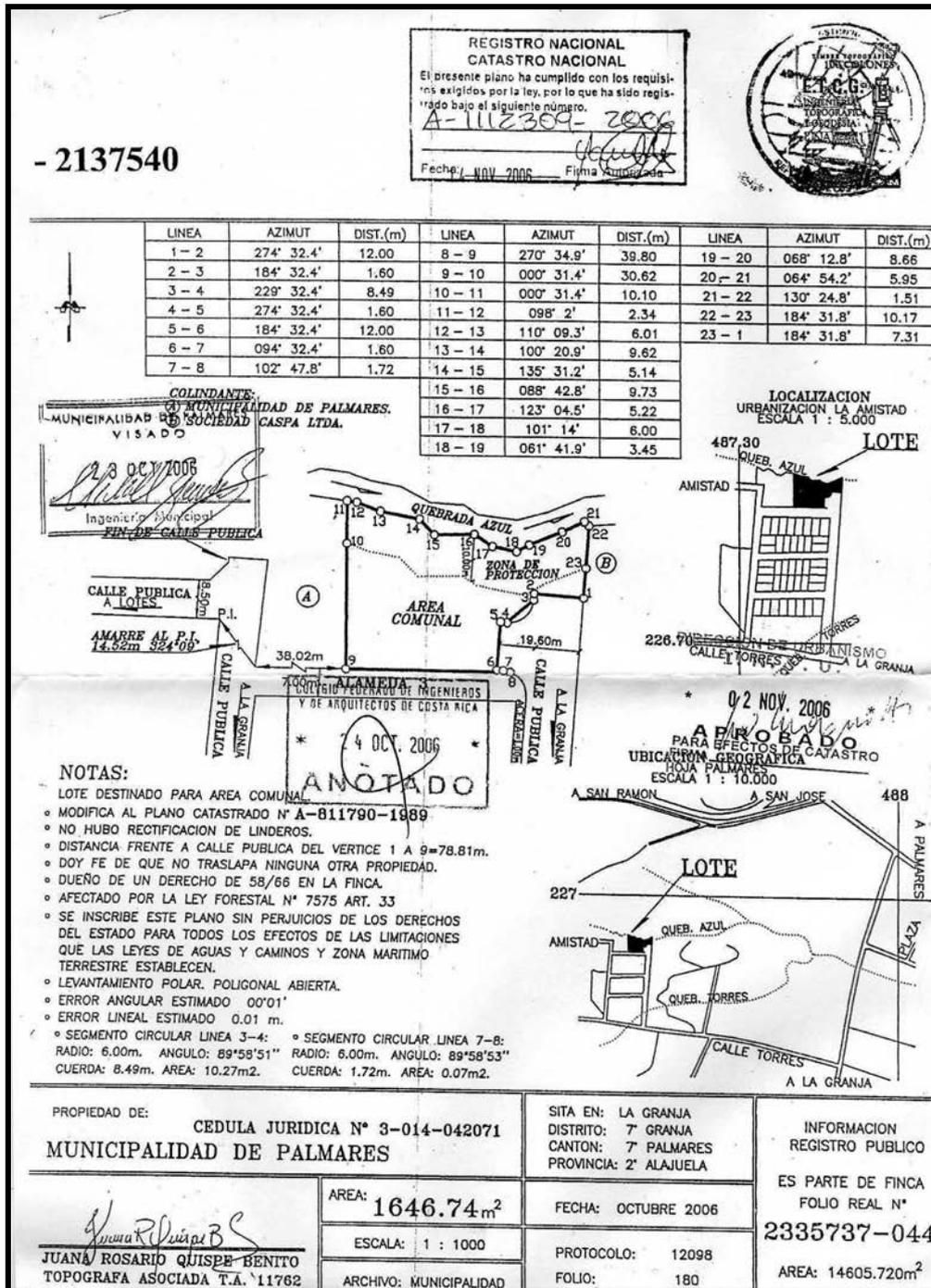
Figura A.4.1. Plano catastrado de la propiedad #1 para del terreno destinado al centro de recuperación.

Fuente: Municipalidad de Palmares



**Figura A.4.2.** Plano catastrado de la propiedad #2 para del terreno destinado al centro de recuperación.

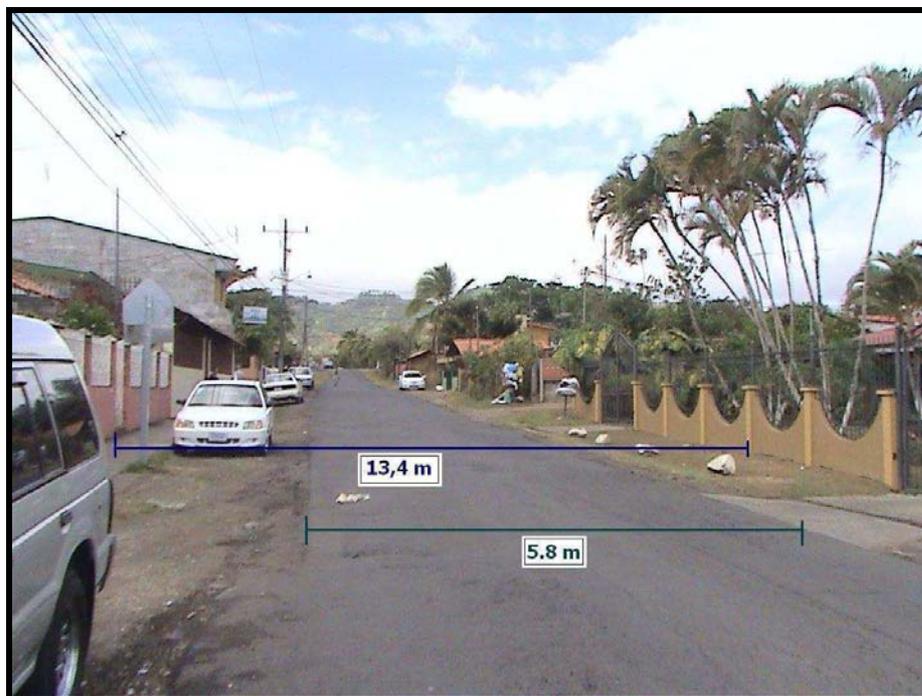
**Fuente:** Municipalidad de Palmares



**Figura A.4.3.** Plano catastrado de la propiedad #3 para del terreno destinado al centro de recuperación.

**Fuente:** Municipalidad de Palmares

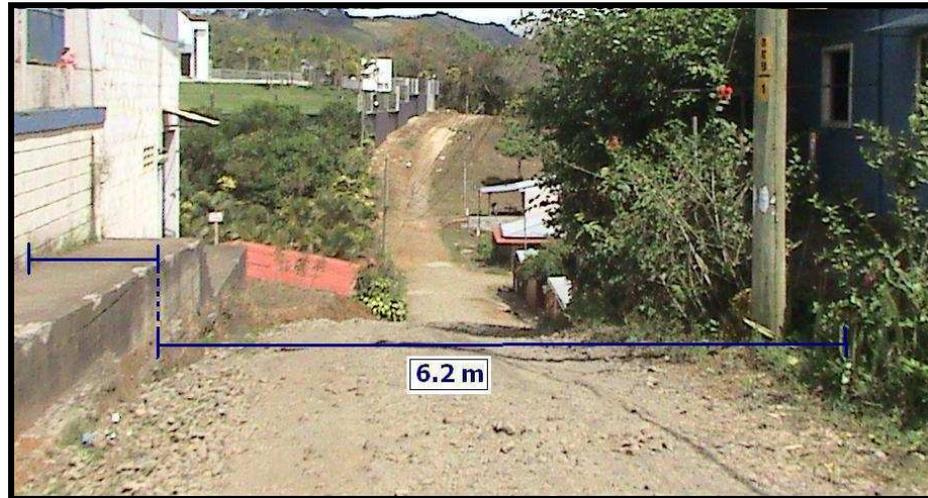
#### A.4.2 Derechos de vía y anchos de calle



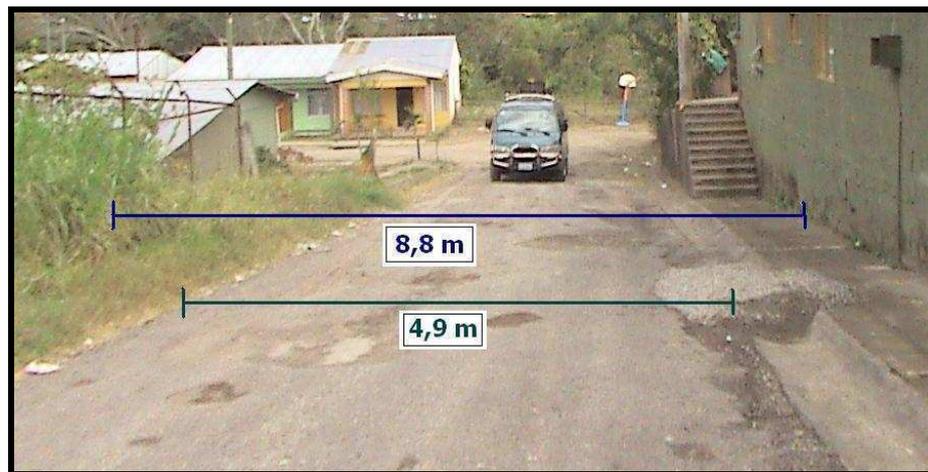
**Figura A.4.4.** Ancho de calle y derecho de vía. (**Foto #1**, Mapas 5.1 y 5.2)



**Figura A.4.5.** Ancho de calle y derecho de vía. (**Foto #3**, Mapas 5.1 y 5.2)



**Figura A.4.6.** Derecho de vía. (**Foto #4**, Mapas 5.1 y 5.2)



**Figura A.4.7.** Ancho de calle y derecho de vía. (**Foto #6**, Mapas 5.1 y 5.2)



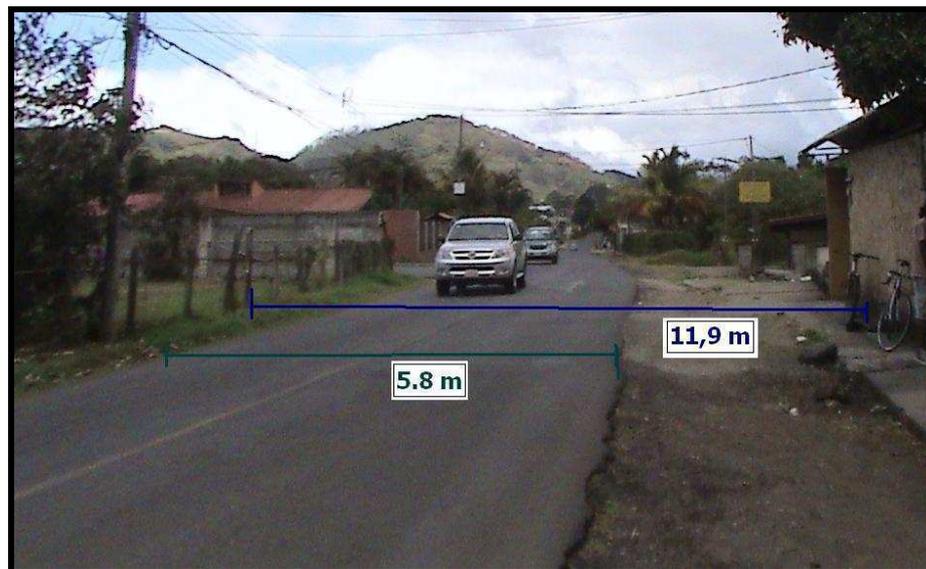
**Figura A.4.8.** Ancho de calle y derecho de vía. (Foto #7, Mapas 5.1 y 5.2)



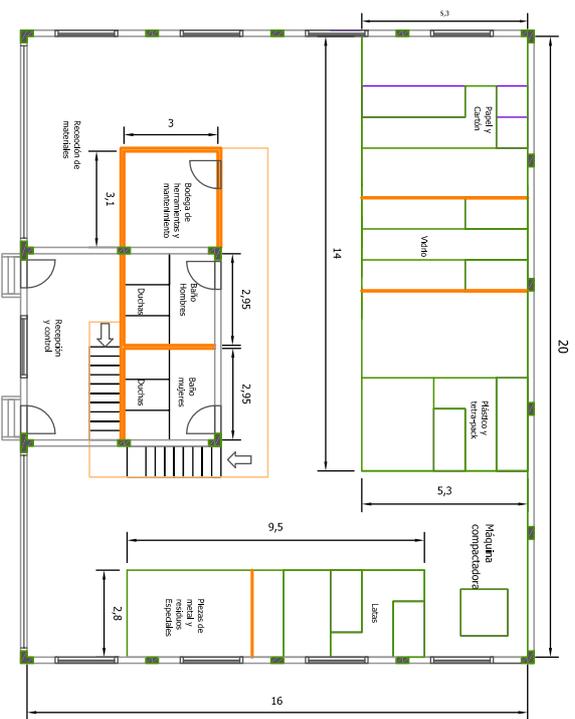
**Figura A.4.9.** Ancho de calle y derecho de vía. (Foto #8, Mapas 5.1 y 5.2)



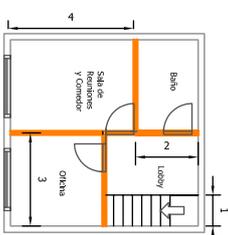
**Figura A.4.10.** Ancho de calle y derecho de vía. (**Foto #11**, Mapas 5.1 y 5.2)



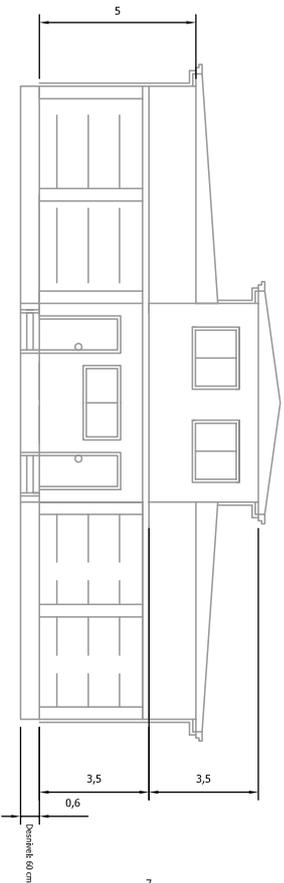
**Figura A.4.11.** Ancho de calle y derecho de vía. (**Foto #12**, Mapas 5.1 y 5.2)



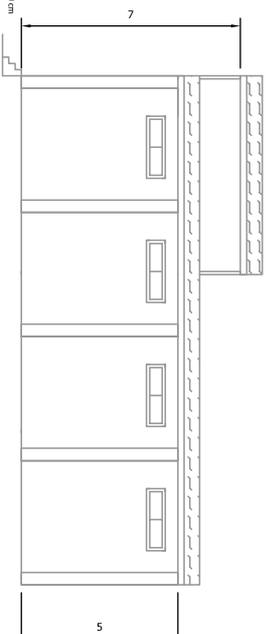
Vista en planta. 1er nivel



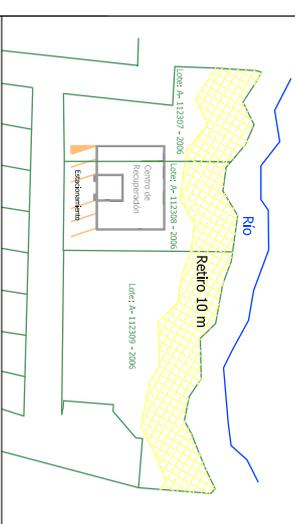
Mezanine



Vista Frontal



Vista Lateral



**Proyecto Final de Graduación:**  
 Diagnóstico y Recomendaciones  
 para el manejo de Residuos  
 Sólidos en Palmares

**Figura A.5.12.** Vistas en planta, frontal y lateral. Primer y segundo nivel del centro de recuperación propuesto

**Fuente. Autor**

### Anexo 5. Cuadros del análisis financiero

#### A.5.1 Escenario 0. Alternativa nula. No se realiza el programa de reciclaje cantonal.

##### i. Caso sin reajuste de tarifa

Cuadro A.5.1. Análisis Financiero. Escenario 0, sin reajuste de tarifa

Año	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019
<b>Ingresos</b>										
<b>Ingresos por Pago de Servicios</b>	\$455.243	\$478.005	\$501.906	\$527.001	\$553.351	\$581.019	\$610.069	\$640.573	\$672.602	\$706.232
<b>Costos de Operación</b>										
Costos Administrativos de la Municipalidad	\$24.504	\$25.729	\$27.016	\$28.367	\$29.785	\$31.274	\$32.838	\$34.480	\$36.204	\$38.014
Costos por Recolección Convencional y Disposición	\$421.391	\$445.049	\$470.018	\$496.372	\$524.186	\$553.541	\$584.521	\$617.214	\$651.716	\$688.125
<b>Total de Costos de Operación</b>	\$445.895	\$470.778	\$497.034	\$524.738	\$553.971	\$584.815	\$617.358	\$651.694	\$687.920	\$726.139
<b>Utilidad</b>	\$9.348	\$7.228	\$4.872	\$2.262	-\$620	-\$3.796	-\$7.289	-\$11.121	-\$15.318	-\$19.907
<b>Costos de Inversión</b>										
Sin Inversión										
<b>Flujo de Efectivo</b>	\$9.348	\$7.228	\$4.872	\$2.262	-\$620	-\$3.796	-\$7.289	-\$11.121	-\$15.318	-\$19.907
<b>VAN</b>	\$9.348	\$6.523	\$3.968	\$1.663	-\$411	-\$2.273	-\$3.939	-\$5.425	-\$6.744	-\$7.910

Cuadro A.5.1. (Cont.) Análisis Financiero. Escenario 0, sin reajuste de tarifa

Año	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030
<b>Ingresos</b>											
<b>Ingresos por Pago de Servicios</b>	\$741.543	\$778.620	\$817.551	\$858.429	\$901.350	\$946.418	\$993.739	\$1.043.426	\$1.095.597	\$1.150.377	\$1.207.896
<b>Costos de Operación</b>											
Costos Administrativos de la Municipalidad	\$39.915	\$41.910	\$44.006	\$46.206	\$48.516	\$50.942	\$53.489	\$56.164	\$58.972	\$61.921	\$65.017
Costos por Recolección Convencional y Disposición	\$726.546	\$767.335	\$810.386	\$855.824	\$903.781	\$954.393	\$1.007.807	\$1.064.176	\$1.123.663	\$1.186.438	\$1.252.681
<b>Total de Costos de Operación</b>	\$766.460	\$809.245	\$854.392	\$902.031	\$952.297	\$1.005.335	\$1.061.296	\$1.120.340	\$1.182.635	\$1.248.358	\$1.317.698
<b>Utilidad</b>	-\$24.917	-\$30.625	-\$36.841	-\$43.602	-\$50.947	-\$58.917	-\$67.557	-\$76.914	-\$87.038	-\$97.981	-\$109.802
<b>Costos de Inversión</b>											
Sin Inversión											
<b>Flujo de Efectivo</b>	-\$24.917	-\$30.625	-\$36.841	-\$43.602	-\$50.947	-\$58.917	-\$67.557	-\$76.914	-\$87.038	-\$97.981	-\$109.802
<b>VAN</b>	-\$8.935	-\$9.911	-\$10.761	-\$11.494	-\$12.122	-\$12.652	-\$13.093	-\$13.453	-\$13.740	-\$13.960	-\$14.119

**ii. Caso con reajuste de tarifa**

**Cuadro A.5.2.** Análisis Financiero para la Municipalidad. Escenario 0, con reajuste de tarifa

<b>Año</b>	<b>2010</b>	<b>2011</b>	<b>2012</b>	<b>2013</b>	<b>2014</b>	<b>2015</b>	<b>2016</b>	<b>2017</b>	<b>2018</b>	<b>2019</b>
<b>Ingresos</b>										
<b>Ingresos por Pago de Servicios</b>	<b>\$455,243</b>	<b>\$490,281</b>	<b>\$514,795</b>	<b>\$540,535</b>	<b>\$567,562</b>	<b>\$595,940</b>	<b>\$625,737</b>	<b>\$657,024</b>	<b>\$689,875</b>	<b>\$724,369</b>
Total de Ingresos	\$455,243	\$490,281	\$514,795	\$540,535	\$567,562	\$595,940	\$625,737	\$657,024	\$689,875	\$724,369
Costos Administrativos	\$24,504	\$25,729	\$27,016	\$28,367	\$29,785	\$31,274	\$32,838	\$34,480	\$36,204	\$38,014
Costos por Recolección Convencional y Disposición	\$421,391	\$445,049	\$470,018	\$496,372	\$524,186	\$553,541	\$584,521	\$617,214	\$651,716	\$688,125
<b>Total de Costos de Operación</b>	<b>\$445,895</b>	<b>\$470,778</b>	<b>\$497,034</b>	<b>\$524,738</b>	<b>\$553,971</b>	<b>\$584,815</b>	<b>\$617,358</b>	<b>\$651,694</b>	<b>\$687,920</b>	<b>\$726,139</b>
<b>Utilidad</b>	<b>\$9,348</b>	<b>\$19,503</b>	<b>\$17,762</b>	<b>\$15,797</b>	<b>\$13,591</b>	<b>\$11,125</b>	<b>\$8,379</b>	<b>\$5,330</b>	<b>\$1,955</b>	<b>-\$1,770</b>
<b>Costos de Inversión</b>										
Infraestructura										
<b>Fujo de Efectivo</b>	<b>\$9,348</b>	<b>\$19,503</b>	<b>\$17,762</b>	<b>\$15,797</b>	<b>\$13,591</b>	<b>\$11,125</b>	<b>\$8,379</b>	<b>\$5,330</b>	<b>\$1,955</b>	<b>-\$1,770</b>
<b>VAN</b>	<b>\$9,348</b>	<b>\$17,602</b>	<b>\$14,468</b>	<b>\$11,613</b>	<b>\$9,018</b>	<b>\$6,662</b>	<b>\$4,528</b>	<b>\$2,600</b>	<b>\$861</b>	<b>-\$703</b>

<b>Año</b>	<b>2020</b>	<b>2021</b>	<b>2022</b>	<b>2023</b>	<b>2024</b>	<b>2025</b>	<b>2026</b>	<b>2027</b>	<b>2028</b>	<b>2029</b>	<b>2030</b>
<b>Ingresos</b>											
<b>Ingresos por Pago de Servicios</b>	<b>\$760,587</b>	<b>\$798,617</b>	<b>\$838,547</b>	<b>\$880,475</b>	<b>\$924,498</b>	<b>\$970,723</b>	<b>\$1,019,260</b>	<b>\$1,070,223</b>	<b>\$1,123,734</b>	<b>\$1,179,920</b>	<b>\$1,238,916</b>
Total de Ingresos	\$760,587	\$798,617	\$838,547	\$880,475	\$924,498	\$970,723	\$1,019,260	\$1,070,223	\$1,123,734	\$1,179,920	\$1,238,916
Costos Administrativos	\$39,915	\$41,910	\$44,006	\$46,206	\$48,516	\$50,942	\$53,489	\$56,164	\$58,972	\$61,921	\$65,017
Costos por Recolección Convencional y Disposición	\$726,546	\$767,335	\$810,386	\$855,824	\$903,781	\$954,393	\$1,007,807	\$1,064,176	\$1,123,663	\$1,186,438	\$1,252,681
<b>Total de Costos de Operación</b>	<b>\$766,460</b>	<b>\$809,245</b>	<b>\$854,392</b>	<b>\$902,031</b>	<b>\$952,297</b>	<b>\$1,005,335</b>	<b>\$1,061,296</b>	<b>\$1,120,340</b>	<b>\$1,182,635</b>	<b>\$1,248,358</b>	<b>\$1,317,698</b>
<b>Utilidad</b>	<b>-\$5,873</b>	<b>-\$10,629</b>	<b>-\$15,845</b>	<b>-\$21,556</b>	<b>-\$27,799</b>	<b>-\$34,612</b>	<b>-\$42,036</b>	<b>-\$50,117</b>	<b>-\$58,901</b>	<b>-\$68,438</b>	<b>-\$78,781</b>
<b>Costos de Inversión</b>											
Infraestructura											
<b>Fujo de Efectivo</b>	<b>-\$5,873</b>	<b>-\$10,629</b>	<b>-\$15,845</b>	<b>-\$21,556</b>	<b>-\$27,799</b>	<b>-\$34,612</b>	<b>-\$42,036</b>	<b>-\$50,117</b>	<b>-\$58,901</b>	<b>-\$68,438</b>	<b>-\$78,781</b>
<b>VAN</b>	<b>-\$2,106</b>	<b>-\$3,440</b>	<b>-\$4,628</b>	<b>-\$5,683</b>	<b>-\$6,614</b>	<b>-\$7,432</b>	<b>-\$8,147</b>	<b>-\$8,766</b>	<b>-\$9,298</b>	<b>-\$9,751</b>	<b>-\$10,130</b>

## A.5.2

## A.5.3 Escenario 1. Se realiza el programa de reciclaje. Toda la inversión, costos e ingresos son administrados por la Municipalidad

## i. Caso en que se adquiere un vehículo para la recolección de reciclables

Cuadro A.5.3. Análisis Financiero para la Municipalidad. Vehículo para reciclaje propio. Escenario 1.

Año	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019
<b>Ingresos</b>										
Ingresos por Ventas de Materiales		\$65,707	\$75,942	\$86,177	\$96,412	\$106,647	\$116,882	\$127,116	\$137,351	\$147,586
Ingresos por Pago de Servicios	\$455,243	\$535,389	\$562,158	\$590,266	\$619,779	\$650,768	\$683,307	\$717,472	\$753,346	\$791,013
<b>Total de Ingresos</b>	<b>\$455,243</b>	<b>\$601,096</b>	<b>\$638,100</b>	<b>\$676,443</b>	<b>\$716,191</b>	<b>\$757,415</b>	<b>\$800,188</b>	<b>\$844,589</b>	<b>\$890,697</b>	<b>\$938,599</b>
<b>Costos de Operación</b>										
Costos Administrativos Municipalidad	\$24,504	\$25,729	\$27,016	\$28,367	\$29,785	\$31,274	\$32,838	\$34,480	\$36,204	\$38,014
Costos Administrativos del Centro de Acopio		\$14,849	\$15,592	\$16,371	\$17,190	\$18,049	\$18,952	\$19,899	\$20,894	\$21,939
Costos de Operación del Centro de Acopio		\$62,916	\$66,062	\$69,365	\$72,833	\$76,474	\$80,298	\$84,313	\$88,529	\$92,955
Mantenimiento Equipo		\$4,959	\$4,959	\$4,959	\$4,934	\$4,934	\$4,934	\$4,934	\$4,934	\$4,934
Costos por Recolección Convencional y Disposición	\$421,391	\$426,683	\$448,797	\$472,055	\$496,517	\$522,245	\$549,305	\$577,765	\$607,698	\$639,180
Costos por Recolección Diferenciada		\$45,482	\$45,482	\$47,756	\$50,143	\$52,651	\$55,283	\$58,047	\$60,950	\$63,997
Educación e Información		\$35,200	\$36,960	\$38,808	\$40,749	\$42,786	\$44,926	\$47,172	\$49,530	\$52,007
<b>Total de Costos de Operación</b>	<b>\$445,895</b>	<b>\$608,693</b>	<b>\$644,866</b>	<b>\$672,721</b>	<b>\$718,151</b>	<b>\$743,480</b>	<b>\$793,657</b>	<b>\$821,677</b>	<b>\$877,096</b>	<b>\$908,092</b>
<b>Utilidad</b>	<b>\$9,348</b>	<b>-\$7,597</b>	<b>-\$6,766</b>	<b>\$3,722</b>	<b>-\$1,960</b>	<b>\$13,935</b>	<b>\$6,532</b>	<b>\$22,912</b>	<b>\$13,601</b>	<b>\$30,507</b>
<b>Costos de Inversión</b>										
Infraestructura y Movimientos de tierra										
Vehículo		\$124,893								
Maquinaria		\$58,343								
Equipo de trabajo		\$15,838								
Mobiliario		\$3,480								
Contenedores		\$2,552								
		\$43,757				\$53,187				
<b>Total de Inversión</b>	<b>\$0</b>	<b>\$248,863</b>	<b>\$0</b>	<b>\$0</b>	<b>\$0</b>	<b>\$53,187</b>	<b>\$0</b>	<b>\$0</b>	<b>\$0</b>	<b>\$0</b>
<b>Medidas de Mitigación</b>										
<b>Reventa</b>										
<b>Flujo de Efectivo</b>	<b>\$9,348</b>	<b>-\$275,908</b>	<b>-\$6,766</b>	<b>\$3,722</b>	<b>-\$1,960</b>	<b>-\$39,252</b>	<b>\$6,532</b>	<b>\$22,912</b>	<b>\$13,601</b>	<b>\$30,507</b>
<b>VAN</b>	<b>\$9,348</b>	<b>-\$249,015</b>	<b>-\$5,511</b>	<b>\$2,736</b>	<b>-\$1,300</b>	<b>-\$23,505</b>	<b>\$3,530</b>	<b>\$11,176</b>	<b>\$5,988</b>	<b>\$12,121</b>

**Cuadro A.5.3. (Cont.)** Análisis Financiero para la Municipalidad. Vehículo para recíclaje propio. Escenario 1.

Año	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030
<b>Ingresos</b>											
Ingresos por Ventas de Materiales	\$157,821	\$182,449	\$207,078	\$231,706	\$256,335	\$280,963	\$305,591	\$330,220	\$354,848	\$379,476	\$404,105
Ingresos por Pago de Servicios	\$830,564	\$872,092	\$915,696	\$961,481	\$1,009,555	\$1,060,033	\$1,113,035	\$1,168,687	\$1,227,121	\$1,288,477	\$1,352,901
<b>Total de Ingresos</b>	<b>\$988,385</b>	<b>\$1,054,541</b>	<b>\$1,122,774</b>	<b>\$1,193,187</b>	<b>\$1,265,890</b>	<b>\$1,340,996</b>	<b>\$1,418,626</b>	<b>\$1,498,906</b>	<b>\$1,581,969</b>	<b>\$1,667,953</b>	<b>\$1,757,006</b>
<b>Costos de Operación</b>											
Costos Administrativos Municipalidad	\$39,915	\$41,910	\$44,006	\$46,206	\$48,516	\$50,942	\$53,489	\$56,164	\$58,972	\$61,921	\$65,017
Costos Administrativos del Centro de Acopio	\$23,036	\$24,188	\$25,397	\$26,667	\$28,000	\$29,400	\$30,870	\$32,414	\$34,035	\$35,736	\$37,523
Costos de Operación del Centro de Acopio	\$97,603	\$102,483	\$107,607	\$112,988	\$118,637	\$124,569	\$130,797	\$137,337	\$144,204	\$151,414	\$158,985
Mantenimiento Equipo	\$14,653	\$16,155	\$17,155	\$17,811	\$18,637	\$19,636	\$21,636	\$21,649	\$21,649	\$21,649	\$23,868
Costos por Recolección Convencional y Disposición	\$672,291	\$705,210	\$739,740	\$775,960	\$813,953	\$853,805	\$895,608	\$939,456	\$985,451	\$1,033,696	\$1,084,301
Costos por Recolección Diferenciada	\$67,197	\$70,557	\$74,085	\$77,789	\$81,678	\$85,762	\$90,050	\$94,553	\$99,281	\$104,245	\$109,467
Educación e Información	\$54,607	\$57,338	\$60,204	\$63,215	\$66,375	\$69,694	\$73,179	\$76,838	\$80,680	\$84,714	\$88,949
<b>Total de Costos de Operación</b>	<b>\$969,301</b>	<b>\$1,001,686</b>	<b>\$1,067,194</b>	<b>\$1,102,825</b>	<b>\$1,174,971</b>	<b>\$1,214,173</b>	<b>\$1,293,631</b>	<b>\$1,336,762</b>	<b>\$1,424,271</b>	<b>\$1,471,725</b>	<b>\$1,568,100</b>
<b>Utilidad</b>	<b>\$19,083</b>	<b>\$52,856</b>	<b>\$55,580</b>	<b>\$90,363</b>	<b>\$90,918</b>	<b>\$126,823</b>	<b>\$124,995</b>	<b>\$162,144</b>	<b>\$157,698</b>	<b>\$196,228</b>	<b>\$188,905</b>
<b>Costos de Inversión</b>											
Infraestructura y Movimientos de tierra											
Vehículo											
Maquinaria											
Equipo de trabajo											
Mobiliario											
Contenedores	\$67,882	\$0	\$0	\$0	\$0	\$0	\$0	\$0	\$0	\$0	\$0
<b>Total de Inversión</b>	<b>\$67,882</b>	<b>\$0</b>									
<b>Medidas de Mitigación</b>											
Reventa											\$125,773
<b>Flujo de Efectivo</b>	<b>-\$48,799</b>	<b>\$52,856</b>	<b>\$55,580</b>	<b>\$90,363</b>	<b>\$90,918</b>	<b>\$126,823</b>	<b>\$124,995</b>	<b>\$162,144</b>	<b>\$157,698</b>	<b>\$196,228</b>	<b>\$314,678</b>
<b>VAN</b>	<b>-\$17,499</b>	<b>\$17,106</b>	<b>\$16,235</b>	<b>\$23,822</b>	<b>\$21,632</b>	<b>\$27,233</b>	<b>\$24,225</b>	<b>\$28,361</b>	<b>\$24,895</b>	<b>\$27,958</b>	<b>\$40,464</b>

**ii. Caso en que se alquila un vehículo para la recolección de reciclables**

**Cuadro A.5.4. Análisis Financiero para la Municipalidad. Vehículo para reciclaje alquilado. Escenario 1.**

<b>Año</b>	<b>2010</b>	<b>2011</b>	<b>2012</b>	<b>2013</b>	<b>2014</b>	<b>2015</b>	<b>2016</b>	<b>2017</b>	<b>2018</b>	<b>2019</b>
<b>Ingresos</b>										
Ingresos por Ventas de Materiales	\$455,243	\$65,707	\$75,942	\$86,177	\$96,412	\$106,647	\$116,882	\$127,116	\$137,351	\$147,586
Ingresos por Pago de Servicios	\$455,243	\$535,389	\$562,158	\$590,266	\$619,779	\$650,768	\$683,307	\$717,472	\$753,346	\$791,013
<b>Total de Ingresos</b>	<b>\$455,243</b>	<b>\$601,096</b>	<b>\$638,100</b>	<b>\$676,443</b>	<b>\$716,191</b>	<b>\$757,415</b>	<b>\$800,188</b>	<b>\$844,589</b>	<b>\$890,697</b>	<b>\$938,599</b>
<b>Costos de Operación</b>										
Costos Administrativos Municipalidad	\$24,504	\$25,729	\$27,016	\$28,367	\$29,785	\$31,274	\$32,838	\$34,480	\$36,204	\$38,014
Costos Administrativos del Centro de Acopio		\$14,849	\$15,592	\$16,371	\$17,190	\$18,049	\$18,952	\$19,899	\$20,894	\$21,939
Costos de Operación del Centro de Acopio		\$62,916	\$66,062	\$69,365	\$72,833	\$76,474	\$80,298	\$84,313	\$88,529	\$92,955
Mantenimiento Equipo		\$4,959	\$4,959	\$4,959	\$4,959	\$4,959	\$4,959	\$4,959	\$4,959	\$4,959
Costos por Recolección Convencional y Disposición	\$421,391	\$426,683	\$448,797	\$472,055	\$496,517	\$522,245	\$549,305	\$577,765	\$607,698	\$639,180
Costos por Recolección Diferenciada		\$52,998	\$55,648	\$58,430	\$61,352	\$64,419	\$67,640	\$71,022	\$74,573	\$78,302
Educación e Información		\$35,200	\$36,960	\$38,808	\$40,749	\$42,786	\$44,926	\$47,172	\$49,530	\$52,007
<b>Total de Costos de Operación</b>	<b>\$445,895</b>	<b>\$618,375</b>	<b>\$652,699</b>	<b>\$683,396</b>	<b>\$724,213</b>	<b>\$755,249</b>	<b>\$800,340</b>	<b>\$834,651</b>	<b>\$884,464</b>	<b>\$922,397</b>
<b>Utilidad</b>	<b>\$9,348</b>	<b>-\$13,894</b>	<b>-\$11,044</b>	<b>-\$3,221</b>	<b>-\$4,104</b>	<b>\$6,281</b>	<b>\$4,168</b>	<b>\$14,473</b>	<b>\$10,995</b>	<b>\$21,203</b>
<b>Costos de Inversión</b>										
Infraestructura y Movimientos de Tierra		\$124,893								
Vehículo		\$0								
Maquinaria		\$15,838								
Equipo de trabajo		\$3,480								
Mobiliario		\$2,552								
Contenedores		\$43,757					\$53,187			
<b>Total de Inversión</b>	<b>\$0</b>	<b>\$190,520</b>	<b>\$0</b>	<b>\$0</b>	<b>\$0</b>	<b>\$53,187</b>	<b>\$0</b>	<b>\$0</b>	<b>\$0</b>	<b>\$0</b>
<b>Medidas de Mitigación</b>		<b>\$19,448</b>								
<b>Reventa</b>										
<b>Fujo de Efectivo</b>	<b>\$9,348</b>	<b>-\$223,862</b>	<b>-\$11,044</b>	<b>-\$3,221</b>	<b>-\$4,104</b>	<b>-\$46,907</b>	<b>\$4,168</b>	<b>\$14,473</b>	<b>\$10,995</b>	<b>\$21,203</b>
<b>VAN</b>	<b>\$9,348</b>	<b>-\$202,042</b>	<b>-\$8,996</b>	<b>-\$2,368</b>	<b>-\$2,723</b>	<b>-\$28,089</b>	<b>\$2,253</b>	<b>\$7,060</b>	<b>\$4,840</b>	<b>\$8,424</b>

**Cuadro A.5.4. (Cont.) Análisis Financiero para la Municipalidad. Vehículo para reciclaje alquilado. Escenario 1.**

Año	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030
<b>Ingresos</b>											
Ingresos por Ventas de Materiales	\$157.821	\$182.449	\$207.078	\$231.706	\$256.335	\$280.963	\$305.591	\$330.220	\$354.848	\$379.476	\$404.105
Ingresos por Pago de Servicios	\$830.564	\$872.092	\$915.696	\$961.481	\$1.009.555	\$1.060.033	\$1.113.035	\$1.168.687	\$1.227.121	\$1.288.477	\$1.352.901
<b>Total de Ingresos</b>	<b>\$988.385</b>	<b>\$1.054.541</b>	<b>\$1.122.774</b>	<b>\$1.193.187</b>	<b>\$1.265.890</b>	<b>\$1.340.996</b>	<b>\$1.418.626</b>	<b>\$1.498.906</b>	<b>\$1.581.969</b>	<b>\$1.667.953</b>	<b>\$1.757.006</b>
<b>Costos de Operación</b>											
Costos Administrativos Municipalidad	\$39.915	\$41.910	\$44.006	\$46.206	\$48.516	\$50.942	\$53.489	\$56.164	\$58.972	\$61.921	\$65.017
Costos Administrativos del Centro de Acopio	\$23.036	\$24.188	\$25.397	\$26.667	\$28.000	\$29.400	\$30.870	\$32.414	\$34.035	\$35.736	\$37.523
Costos de Operación del Centro de Acopio	\$97.603	\$102.483	\$107.607	\$112.988	\$118.637	\$124.569	\$130.797	\$137.337	\$144.204	\$151.414	\$158.985
Mantenimiento Equipo	\$14.653	\$16.155	\$17.811	\$19.636	\$21.811	\$24.346	\$27.149	\$30.230	\$33.601	\$37.272	\$41.243
Costos por Recolección Convencional y Disposición	\$672.291	\$705.210	\$739.740	\$775.960	\$813.953	\$853.805	\$895.608	\$939.456	\$985.451	\$1.033.696	\$1.084.301
Costos por Recolección Diferenciada	\$82.217	\$86.328	\$90.644	\$95.176	\$99.935	\$104.932	\$110.179	\$115.687	\$121.472	\$127.545	\$133.923
Educación e Información	\$54.607	\$57.338	\$60.204	\$63.215	\$66.375	\$69.694	\$73.179	\$76.838	\$80.680	\$84.714	\$88.949
<b>Total de Costos de Operación</b>	<b>\$977.425</b>	<b>\$1.017.456</b>	<b>\$1.076.151</b>	<b>\$1.120.212</b>	<b>\$1.184.846</b>	<b>\$1.233.343</b>	<b>\$1.304.518</b>	<b>\$1.357.897</b>	<b>\$1.436.273</b>	<b>\$1.495.026</b>	<b>\$1.581.333</b>
<b>Utilidad</b>	<b>\$16.210</b>	<b>\$42.598</b>	<b>\$52.412</b>	<b>\$79.054</b>	<b>\$87.426</b>	<b>\$114.354</b>	<b>\$121.145</b>	<b>\$148.398</b>	<b>\$153.453</b>	<b>\$181.073</b>	<b>\$184.225</b>
<b>Costos de Inversión</b>											
Infraestructura y Movimientos de tierra											
Vehículo											
Maquinaria											
Equipo de trabajo											
Mobiliario											
Contenedores	\$67.882	\$0	\$0	\$0	\$0	\$0	\$0	\$0	\$0	\$0	\$0
<b>Total de Inversión</b>	<b>\$67.882</b>	<b>\$0</b>									
<b>Medidas de Mitigación</b>											
Reventa											\$125.773
<b>Fujo de Efectivo</b>	<b>-\$51.672</b>	<b>\$42.598</b>	<b>\$52.412</b>	<b>\$79.054</b>	<b>\$87.426</b>	<b>\$114.354</b>	<b>\$121.145</b>	<b>\$148.398</b>	<b>\$153.453</b>	<b>\$181.073</b>	<b>\$280.512</b>
<b>VAN</b>	<b>-\$18.529</b>	<b>\$13.786</b>	<b>\$15.309</b>	<b>\$20.840</b>	<b>\$20.801</b>	<b>\$24.556</b>	<b>\$23.478</b>	<b>\$25.957</b>	<b>\$24.225</b>	<b>\$25.799</b>	<b>\$36.071</b>

**A.5.4 Escenario 2. Se realiza el programa de reciclaje. Administración parcial entre gobierno local y la empresa privada.**  
**iii. Análisis para la Municipalidad**

Cuadro A.5.5. Análisis Financiero para la Municipalidad. Escenario 2.

Año	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019
<b>Ingresos</b>										
<b>Ingresos por Pago de Servicios</b>	<b>\$455.243</b>	<b>\$549.849</b>	<b>\$577.341</b>	<b>\$606.208</b>	<b>\$636.519</b>	<b>\$668.345</b>	<b>\$701.762</b>	<b>\$736.850</b>	<b>\$773.693</b>	<b>\$812.377</b>
<b>Costos de Operación</b>										
Costos Administrativos	\$24.504	\$25.729	\$27.016	\$28.367	\$29.785	\$31.274	\$32.838	\$34.480	\$36.204	\$38.014
Costos por Recolección Convencional y Disposición	\$421.391	\$426.683	\$448.797	\$472.055	\$496.517	\$522.245	\$549.305	\$577.765	\$607.698	\$639.180
Costos por Recolección Diferenciada		\$52.998	\$55.648	\$58.430	\$61.352	\$64.419	\$67.640	\$71.022	\$74.573	\$78.302
Educación e Información		\$35.200	\$36.960	\$38.808	\$40.749	\$42.786	\$44.926	\$47.172	\$49.530	\$52.007
<b>Total de Costos de Operación</b>	<b>\$445.895</b>	<b>\$540.610</b>	<b>\$568.420</b>	<b>\$597.660</b>	<b>\$628.402</b>	<b>\$660.725</b>	<b>\$694.709</b>	<b>\$730.439</b>	<b>\$768.006</b>	<b>\$807.503</b>
<b>Utilidad</b>	<b>\$9.348</b>	<b>\$9.239</b>	<b>\$8.921</b>	<b>\$8.549</b>	<b>\$8.117</b>	<b>\$7.620</b>	<b>\$7.054</b>	<b>\$6.411</b>	<b>\$5.687</b>	<b>\$4.875</b>
<b>Costos de Inversión</b>										
Contenedores		\$43.757				\$53.187				
<b>Medidas de Mitigación</b>		\$19.448								
<b>Flujo de Efectivo</b>	<b>\$0</b>									
<b>VAN</b>	<b>\$0</b>									

**Cuadro A.5.5. (Cont.)** Análisis Financiero para la Municipalidad. Escenario 2.

Año	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030
<b>Ingresos</b>											
<b>Ingresos por Pago de Servicios</b>	<b>\$852.996</b>	<b>\$895.646</b>	<b>\$940.428</b>	<b>\$987.450</b>	<b>\$1.036.822</b>	<b>\$1.088.663</b>	<b>\$1.143.097</b>	<b>\$1.200.251</b>	<b>\$1.260.264</b>	<b>\$1.323.277</b>	<b>\$1.389.441</b>
<b>Costos de Operación</b>											
Costos Administrativos	\$39.915	\$41.910	\$44.006	\$46.206	\$48.516	\$50.942	\$53.489	\$56.164	\$58.972	\$61.921	\$65.017
Costos por Recolección Convencional y Disposición	\$672.291	\$705.210	\$739.740	\$775.960	\$813.953	\$853.805	\$895.608	\$939.456	\$985.451	\$1.033.696	\$1.084.301
Costos por Recolección Diferenciada	\$82.217	\$86.328	\$90.644	\$95.176	\$99.935	\$104.932	\$110.179	\$115.687	\$121.472	\$127.545	\$133.923
Educación e Información	\$54.607	\$57.338	\$60.204	\$63.215	\$66.375	\$69.694	\$73.179	\$76.838	\$80.680	\$84.714	\$88.949
<b>Total de Costos de Operación</b>	<b>\$849.030</b>	<b>\$890.786</b>	<b>\$934.595</b>	<b>\$980.558</b>	<b>\$1.028.780</b>	<b>\$1.079.374</b>	<b>\$1.132.455</b>	<b>\$1.188.146</b>	<b>\$1.246.574</b>	<b>\$1.307.875</b>	<b>\$1.372.190</b>
<b>Utilidad</b>	<b>\$3.967</b>	<b>\$4.860</b>	<b>\$5.834</b>	<b>\$6.892</b>	<b>\$8.042</b>	<b>\$9.289</b>	<b>\$10.642</b>	<b>\$12.106</b>	<b>\$13.690</b>	<b>\$15.402</b>	<b>\$17.251</b>
<b>Costos de Inversión</b>											
Contenedores											
	<b>\$67.882</b>										
<b>Medidas de Mitigación</b>											
<b>Flujo de Efectivo</b>	<b>\$0</b>	<b>\$0</b>	<b>\$0</b>	<b>\$0</b>	<b>\$0</b>	<b>\$0</b>	<b>\$0</b>	<b>\$0</b>	<b>\$0</b>	<b>\$0</b>	<b>\$0</b>
<b>VAN</b>	<b>\$0</b>	<b>\$0</b>	<b>\$0</b>	<b>\$0</b>	<b>\$0</b>	<b>\$0</b>	<b>\$0</b>	<b>\$0</b>	<b>\$0</b>	<b>\$0</b>	<b>\$0</b>

## iv. Análisis para la empresa privada

Cuadro A.5.6. Análisis Financiero para la empresa privada. Escenario 2.

Año	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019
<b>Ingresos</b>										
<b>Ingresos por Ventas de Materiales</b>	\$0	\$65,707	\$75,942	\$86,177	\$96,412	\$106,647	\$116,882	\$127,116	\$137,351	\$147,586
<b>Costos de Operación</b>										
Costos Administrativos del Centro de Acopio	\$0	\$14,849	\$15,592	\$16,371	\$17,190	\$18,049	\$18,952	\$19,899	\$20,894	\$21,939
Costos de Operación del Centro de Acopio	\$0	\$62,916	\$66,062	\$69,365	\$72,833	\$76,474	\$80,298	\$84,313	\$88,529	\$92,955
Mantenimiento Equipo	\$0	\$0	\$875	\$0	\$1,929	\$0	\$2,127	\$0	\$2,345	\$0
<b>Total de Costos de Operación</b>	\$0	\$77,765	\$82,528	\$85,736	\$91,952	\$94,524	\$101,377	\$104,212	\$111,768	\$114,894
<b>Utilidad</b>	\$0	-\$12,058	-\$6,586	\$441	\$4,460	\$12,123	\$15,505	\$22,904	\$25,584	\$32,692
<b>Costos de Inversión</b>										
Infraestructura y Movimientos de tierra		\$124,893								
Vehículo		\$0								
Maquinaria		\$15,838								
Equipo de trabajo		\$3,480								
Mobiliario		\$2,552								
<b>Total de Inversión</b>	\$0	\$146,763	\$0	\$0	\$0	\$0	\$0	\$0	\$0	\$0
<b>Reventa</b>										
<b>Flujo de Efectivo</b>	\$0	-\$158,821	-\$6,586	\$441	\$4,460	\$12,123	\$15,505	\$22,904	\$25,584	\$32,692
<b>VAN</b>	\$0	-\$143,340	-\$5,364	\$324	\$2,959	\$7,260	\$8,380	\$11,172	\$11,263	\$12,989

**Cuadro A.5.6. (Cont.)** Análisis Financiero para la empresa privada. Escenario 2.

Año	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030
<b>Ingresos</b>											
<b>Ingresos por Ventas de Materiales</b>	\$157.821	\$182.449	\$207.078	\$231.706	\$256.335	\$280.963	\$305.591	\$330.220	\$354.848	\$379.476	\$404.105
<b>Costos de Operación</b>											
Costos Administrativos del Centro de Acopio	\$23.036	\$24.188	\$25.397	\$26.667	\$28.000	\$29.400	\$30.870	\$32.414	\$34.035	\$35.736	\$37.523
Costos de Operación del Centro de Acopio	\$97.603	\$102.483	\$107.607	\$112.988	\$118.637	\$124.569	\$130.797	\$137.337	\$144.204	\$151.414	\$158.985
Mantenimiento Equipo	\$2.585	\$0	\$2.850	\$0	\$3.142	\$0	\$3.464	\$0	\$3.819	\$0	\$4.211
<b>Total de Costos de Operación</b>	\$123.224	\$126.671	\$135.854	\$139.655	\$149.779	\$153.969	\$165.132	\$169.751	\$182.058	\$187.151	\$200.719
<b>Utilidad</b>	\$34.597	\$55.779	\$71.223	\$92.052	\$106.555	\$126.994	\$140.460	\$160.469	\$172.790	\$192.326	\$203.386
<b>Costos de Inversión</b>											
Infraestructura y Movimientos de tierra											
Vehículo											
Maquinaria											
Equipo de trabajo											
Mobiliario											
<b>Total de Inversión</b>	\$0	\$0	\$0	\$0	\$0	\$0	\$0	\$0	\$0	\$0	\$0
<b>Reventa</b>											\$29.353
<b>Flujo de Efectivo</b>	\$34.597	\$55.779	\$71.223	\$92.052	\$106.555	\$126.994	\$140.460	\$160.469	\$172.790	\$192.326	\$277.559
<b>VAN</b>	\$12.406	\$18.052	\$20.804	\$24.267	\$25.352	\$27.270	\$27.222	\$28.068	\$27.277	\$27.402	\$35.691

**A.5.5 Escenario 3. Se realiza el programa de reciclaje. La inversión, costos e ingresos son administrados por la empresa privada**  
**i. Análisis para la Municipalidad**

Cuadro A.5.7. Análisis Financiero para la Municipalidad. Escenario 3.

Año	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019
<b>Ingresos</b>										
Ingresos por Pago de Servicios	\$455,243	\$465,128	\$488,384	\$512,803	\$538,443	\$565,366	\$593,634	\$623,316	\$654,481	\$687,205
<b>Costos de Operación</b>										
Costos Administrativos	\$24,504	\$25,729	\$27,016	\$28,367	\$29,785	\$31,274	\$32,838	\$34,480	\$36,204	\$38,014
Costos por Recolección Convencional y Disposición	\$421,391	\$426,683	\$448,797	\$472,055	\$496,517	\$522,245	\$549,305	\$577,765	\$607,698	\$639,180
<b>Total de Costos de Operación</b>	<b>\$445,895</b>	<b>\$452,412</b>	<b>\$475,812</b>	<b>\$500,421</b>	<b>\$526,302</b>	<b>\$553,519</b>	<b>\$582,143</b>	<b>\$612,245</b>	<b>\$643,902</b>	<b>\$677,194</b>
<b>Utilidad</b>	<b>\$9,348</b>	<b>\$12,716</b>	<b>\$12,572</b>	<b>\$12,382</b>	<b>\$12,141</b>	<b>\$11,846</b>	<b>\$11,491</b>	<b>\$11,070</b>	<b>\$10,579</b>	<b>\$10,011</b>
<b>Costos de Inversión</b>										
Contenedores		\$43,757				\$53,187		\$0	\$0	\$0
<b>Medidas de Mitigación</b>		\$19,448								
<b>Fujo de Efectivo</b>	<b>\$9,348</b>	<b>-\$50,489</b>	<b>\$12,572</b>	<b>\$12,382</b>	<b>\$12,141</b>	<b>-\$41,341</b>	<b>\$11,491</b>	<b>\$11,070</b>	<b>\$10,579</b>	<b>\$10,011</b>
<b>VAN</b>	<b>\$9,348</b>	<b>-\$45,568</b>	<b>\$10,240</b>	<b>\$9,103</b>	<b>\$8,056</b>	<b>-\$24,756</b>	<b>\$6,210</b>	<b>\$5,400</b>	<b>\$4,657</b>	<b>\$3,978</b>

Cuadro A.5.7. (Cont.) Análisis Financiero para la Municipalidad. Escenario 3.

Año	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030
<b>Ingresos</b>											
Ingresos por Pago de Servicios	\$721,566	\$757,644	\$795,526	\$835,302	\$877,068	\$920,921	\$966,967	\$1,015,315	\$1,066,081	\$1,119,385	\$1,175,354
<b>Costos de Operación</b>											
Costos Administrativos	\$39,915	\$41,910	\$44,006	\$46,206	\$48,516	\$50,942	\$53,489	\$56,164	\$58,972	\$61,921	\$65,017
Costos por Recolección Convencional y Disposición	\$672,291	\$705,210	\$739,740	\$775,960	\$813,953	\$853,805	\$895,608	\$939,456	\$985,451	\$1,033,696	\$1,084,301
<b>Total de Costos de Operación</b>	<b>\$712,205</b>	<b>\$747,120</b>	<b>\$783,746</b>	<b>\$822,166</b>	<b>\$862,470</b>	<b>\$904,748</b>	<b>\$949,097</b>	<b>\$995,620</b>	<b>\$1,044,423</b>	<b>\$1,095,616</b>	<b>\$1,149,318</b>
<b>Utilidad</b>	<b>\$9,360</b>	<b>\$10,524</b>	<b>\$11,780</b>	<b>\$13,136</b>	<b>\$14,598</b>	<b>\$16,173</b>	<b>\$17,870</b>	<b>\$19,695</b>	<b>\$21,658</b>	<b>\$23,769</b>	<b>\$26,036</b>
<b>Costos de Inversión</b>											
Contenedores	\$67,882	\$0	\$0	\$0	\$0	\$0	\$0	\$0	\$0	\$0	\$0
<b>Medidas de Mitigación</b>											
<b>Fujo de Efectivo</b>	<b>-\$58,522</b>	<b>\$10,524</b>	<b>\$11,780</b>	<b>\$13,136</b>	<b>\$14,598</b>	<b>\$16,173</b>	<b>\$17,870</b>	<b>\$19,695</b>	<b>\$21,658</b>	<b>\$23,769</b>	<b>\$26,036</b>
<b>VAN</b>	<b>-\$20,986</b>	<b>\$3,406</b>	<b>\$3,441</b>	<b>\$3,463</b>	<b>\$3,473</b>	<b>\$3,473</b>	<b>\$3,463</b>	<b>\$3,445</b>	<b>\$3,419</b>	<b>\$3,387</b>	<b>\$3,348</b>

ii. Análisis para la empresa privada

Cuadro A.5.8. Análisis Financiero para la empresa privada. Escenario 3.

Año	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019
<b>Ingresos</b>										
<b>Ingresos por Ventas de Materiales</b>	<b>\$657,707</b>	<b>\$75,942</b>	<b>\$86,177</b>	<b>\$96,412</b>	<b>\$106,647</b>	<b>\$116,882</b>	<b>\$127,116</b>	<b>\$137,351</b>	<b>\$147,586</b>	
<b>Costos de Operación</b>										
Costos Administrativos del Centro de Acopio	\$14,849	\$15,592	\$16,371	\$17,190	\$18,049	\$18,952	\$19,899	\$20,894	\$21,939	
Costos de Operación del Centro de Acopio	\$48,020	\$50,421	\$52,942	\$55,589	\$58,368	\$61,287	\$64,351	\$67,569	\$70,947	
Mantenimiento Equipo		\$875		\$1,929		\$2,127		\$2,345		
Costos por Recolección Diferenciada	\$52,998	\$55,648	\$58,430	\$61,352	\$64,419	\$67,640	\$71,022	\$74,573	\$78,302	
Educación e Información	\$35,200	\$36,960	\$38,808	\$40,749	\$42,786	\$44,926	\$47,172	\$49,530	\$52,007	
<b>Total de Costos de Operación</b>	<b>\$151,067</b>	<b>\$159,495</b>	<b>\$166,551</b>	<b>\$176,808</b>	<b>\$183,623</b>	<b>\$194,931</b>	<b>\$202,444</b>	<b>\$214,911</b>	<b>\$223,195</b>	
<b>Utilidad</b>	<b>-\$85,360</b>	<b>-\$83,553</b>	<b>-\$80,374</b>	<b>-\$80,396</b>	<b>-\$76,976</b>	<b>-\$78,049</b>	<b>-\$75,328</b>	<b>-\$77,560</b>	<b>-\$75,609</b>	
<b>Costos de Inversión</b>										
Infraestructura y Movimientos de tierra	\$124,893									
Vehículo	\$0									
Maquinaria	\$15,838									
Equipo de trabajo	\$3,480									
Mobiliario	\$2,552									
<b>Total de Inversión</b>	<b>\$146,763</b>	<b>\$0</b>	<b>\$0</b>							
<b>Reventa</b>										
<b>Flujo de Efectivo</b>	<b>-\$232,123</b>	<b>-\$83,553</b>	<b>-\$80,374</b>	<b>-\$80,396</b>	<b>-\$76,976</b>	<b>-\$78,049</b>	<b>-\$75,328</b>	<b>-\$77,560</b>	<b>-\$75,609</b>	
<b>VAN</b>	<b>-\$209,497</b>	<b>-\$68,059</b>	<b>-\$59,088</b>	<b>-\$53,343</b>	<b>-\$46,095</b>	<b>-\$42,182</b>	<b>-\$36,743</b>	<b>-\$34,144</b>	<b>-\$30,041</b>	

Cuadro A.5.8. (Cont.) Análisis Financiero para la empresa privada. Escenario 3.

Año	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030
<b>Ingresos</b>											
<b>Ingresos por Ventas de Materiales</b>	\$157,821	\$182,449	\$207,078	\$231,706	\$256,535	\$280,963	\$305,591	\$330,220	\$354,848	\$379,476	\$404,105
<b>Costos de Operación</b>											
Costos Administrativos del Centro de Acopio	\$23,036	\$24,188	\$25,397	\$26,667	\$28,000	\$29,400	\$30,870	\$32,414	\$34,035	\$35,736	\$37,523
Costos de Operación del Centro de Acopio	\$74,494	\$78,219	\$82,130	\$86,237	\$90,548	\$95,076	\$99,830	\$104,821	\$110,062	\$115,565	\$121,344
Mantenimiento Equipo	\$2,585	\$2,850	\$2,850	\$3,142	\$3,142	\$3,464	\$3,464	\$3,819	\$3,819	\$4,211	\$4,211
Costos por Recolección Diferenciada	\$82,217	\$86,328	\$90,644	\$95,176	\$99,935	\$104,932	\$110,179	\$115,687	\$121,472	\$127,545	\$133,923
Educación e Información	\$54,607	\$57,338	\$60,204	\$63,215	\$66,375	\$69,694	\$73,179	\$76,838	\$80,680	\$84,714	\$88,949
<b>Total de Costos de Operación</b>	\$236,940	\$246,072	\$261,226	\$271,295	\$288,001	\$299,102	\$317,522	\$329,760	\$350,068	\$363,561	\$385,950
<b>Utilidad</b>	-\$79,119	-\$63,623	-\$54,148	-\$39,589	-\$31,667	-\$18,140	-\$11,930	\$459	\$4,780	\$15,916	\$18,155
<b>Costos de Inversión</b>											
Infraestructura y Movimientos de tierra											
Vehículo											
Maquinaria											
Equipo de trabajo											
Mobiliario											
<b>Total de Inversión</b>	\$0	\$0	\$0	\$0	\$0	\$0	\$0	\$0	\$0	\$0	\$0
<b>Reventa</b>											
											(\$29,352,6
<b>Fujo de Efectivo</b>	-\$79,119	-\$63,623	-\$54,148	-\$39,589	-\$31,667	-\$18,140	-\$11,930	\$459	\$4,780	\$15,916	\$92,328
<b>VAN</b>	-\$28,371	-\$20,591	-\$15,816	-\$10,436	-\$7,534	-\$3,895	-\$2,312	\$80	\$755	\$2,268	\$11,872

### A.5.6 Análisis de sensibilidad de las tarifas por servicios municipales ante el porcentaje de morosidad

**Cuadro A.5.9.** Análisis de sensibilidad de la tarifa ante el porcentaje de morosidad. Escenario 0.

Tipo de tarifa	Morosidad												
	0%	5%	10%	15%	20%	25%	30%	35%	40%	45%	50%	55%	60%
Residencial	Ø1.681	Ø1.770	Ø1.868	Ø1.978	Ø2.102	Ø2.242	Ø2.402	Ø2.587	Ø2.802	Ø3.057	Ø3.363	Ø3.737	Ø4.204
Residencial Diferenciada	Ø2.522	Ø2.655	Ø2.802	Ø2.967	Ø3.153	Ø3.363	Ø3.603	Ø3.880	Ø4.204	Ø4.586	Ø5.044	Ø5.605	Ø6.305
Comercial #1	Ø3.363	Ø3.540	Ø3.737	Ø3.956	Ø4.204	Ø4.484	Ø4.804	Ø5.174	Ø5.605	Ø6.114	Ø6.726	Ø7.473	Ø8.407
Comercial #2	Ø6.726	Ø7.080	Ø7.473	Ø7.913	Ø8.407	Ø8.968	Ø9.608	Ø10.347	Ø11.210	Ø12.229	Ø13.452	Ø14.946	Ø16.814
Comercial #3	Ø13.452	Ø14.160	Ø14.946	Ø15.825	Ø16.814	Ø17.935	Ø19.217	Ø20.695	Ø22.419	Ø24.457	Ø26.903	Ø29.892	Ø33.629
Comercial #4	Ø25.222	Ø26.549	Ø28.024	Ø29.673	Ø31.527	Ø33.629	Ø36.031	Ø38.803	Ø42.036	Ø45.858	Ø50.443	Ø56.048	Ø63.054

**Cuadro A.5.10.** Análisis de sensibilidad de la tarifa ante el porcentaje de morosidad. Escenario 1.

Tipo de tarifa	Morosidad												
	0%	5%	10%	15%	20%	25%	30%	35%	40%	45%	50%	55%	60%
Residencial	Ø1.534	Ø1.615	Ø1.705	Ø1.805	Ø1.918	Ø2.046	Ø2.192	Ø2.360	Ø2.557	Ø2.789	Ø3.068	Ø3.409	Ø3.835
Residencial Diferenciada	Ø2.301	Ø2.422	Ø2.557	Ø2.707	Ø2.877	Ø3.068	Ø3.288	Ø3.540	Ø3.835	Ø4.184	Ø4.603	Ø5.114	Ø5.753
Comercial #1	Ø3.068	Ø3.230	Ø3.409	Ø3.610	Ø3.835	Ø4.091	Ø4.383	Ø4.721	Ø5.114	Ø5.579	Ø6.137	Ø6.819	Ø7.671
Comercial #2	Ø6.137	Ø6.460	Ø6.819	Ø7.220	Ø7.671	Ø8.182	Ø8.767	Ø9.441	Ø10.228	Ø11.158	Ø12.273	Ø13.637	Ø15.342
Comercial #3	Ø12.273	Ø12.919	Ø13.637	Ø14.439	Ø15.342	Ø16.364	Ø17.533	Ø18.882	Ø20.456	Ø22.315	Ø24.547	Ø27.274	Ø30.683
Comercial #4	Ø23.013	Ø24.224	Ø25.569	Ø27.074	Ø28.766	Ø30.683	Ø32.875	Ø35.404	Ø38.354	Ø41.841	Ø46.025	Ø51.139	Ø57.531

**Cuadro A.5.11.** Análisis de sensibilidad de la tarifa ante el porcentaje de morosidad. Escenario 2.

Tipo de tarifa	Morosidad												
	0%	5%	10%	15%	20%	25%	30%	35%	40%	45%	50%	55%	60%
Residencial	Ø2.037	Ø2.145	Ø2.264	Ø2.397	Ø2.547	Ø2.716	Ø2.910	Ø3.134	Ø3.396	Ø3.704	Ø4.075	Ø4.527	Ø5.093
Residencial Diferenciada	Ø3.056	Ø3.217	Ø3.396	Ø3.595	Ø3.820	Ø4.075	Ø4.366	Ø4.702	Ø5.093	Ø5.556	Ø6.112	Ø6.791	Ø7.640
Comercial #1	Ø4.075	Ø4.289	Ø4.527	Ø4.794	Ø5.093	Ø5.433	Ø5.821	Ø6.269	Ø6.791	Ø7.409	Ø8.149	Ø9.055	Ø10.187
Comercial #2	Ø8.149	Ø8.578	Ø9.055	Ø9.587	Ø10.187	Ø10.866	Ø11.642	Ø12.537	Ø13.582	Ø14.817	Ø16.299	Ø18.110	Ø20.373
Comercial #3	Ø16.299	Ø17.157	Ø18.110	Ø19.175	Ø20.373	Ø21.732	Ø23.284	Ø25.075	Ø27.165	Ø29.634	Ø32.597	Ø36.219	Ø40.747
Comercial #4	Ø30.560	Ø32.169	Ø33.956	Ø35.953	Ø38.200	Ø40.747	Ø43.657	Ø47.016	Ø50.934	Ø55.564	Ø61.120	Ø67.911	Ø76.400

**Cuadro A.5.12.** Análisis de sensibilidad de la tarifa ante el porcentaje de morosidad. Escenario 3.

Tipo de tarifa	Morosidad												
	0%	5%	10%	15%	20%	25%	30%	35%	40%	45%	50%	55%	60%
Residencial	Ø1.530	Ø1.611	Ø1.700	Ø1.800	Ø1.913	Ø2.040	Ø2.186	Ø2.354	Ø2.550	Ø2.782	Ø3.060	Ø3.400	Ø3.826
Residencial Diferenciada	Ø2.295	Ø2.416	Ø2.550	Ø2.700	Ø2.869	Ø3.060	Ø3.279	Ø3.531	Ø3.826	Ø4.173	Ø4.591	Ø5.101	Ø5.738
Comercial #1	Ø3.060	Ø3.222	Ø3.400	Ø3.601	Ø3.826	Ø4.081	Ø4.372	Ø4.708	Ø5.101	Ø5.564	Ø6.121	Ø6.801	Ø7.651
Comercial #2	Ø6.121	Ø6.443	Ø6.801	Ø7.201	Ø7.651	Ø8.161	Ø8.744	Ø9.417	Ø10.201	Ø11.129	Ø12.242	Ø13.602	Ø15.302
Comercial #3	Ø12.242	Ø12.886	Ø13.602	Ø14.402	Ø15.302	Ø16.322	Ø17.488	Ø18.834	Ø20.403	Ø22.258	Ø24.484	Ø27.204	Ø30.604
Comercial #4	Ø22.953	Ø24.161	Ø25.504	Ø27.004	Ø28.692	Ø30.604	Ø32.791	Ø35.313	Ø38.256	Ø41.733	Ø45.907	Ø51.007	Ø57.383

**A.5.7 Análisis de sensibilidad ante el porcentaje de crecimiento de los precios del material reciclable en el mercado de Costa Rica**

**Cuadro A.5.13.** Análisis de sensibilidad de la tarifa ante el porcentaje de variación de los precios del material reciclable. Escenario 1.

<b>Año</b>	<b>2010</b>	<b>2011</b>	<b>2012</b>	<b>2013</b>	<b>2014</b>	<b>2015</b>	<b>2016</b>	<b>2017</b>	<b>2018</b>	<b>2019</b>
<b>Ingresos</b>										
Ingresos por Ventas de Materiales										
-10,0%	\$54.020	\$52.567	\$51.115	\$49.662	\$48.210	\$46.757	\$45.304	\$43.852	\$42.399	
-5,0%	\$56.956	\$58.440	\$59.924	\$61.408	\$62.892	\$64.376	\$65.860	\$67.344	\$68.828	
-4,0%	\$57.733	\$59.993	\$62.253	\$64.513	\$66.773	\$69.033	\$71.293	\$73.553	\$75.814	
-3,0%	\$58.585	\$61.698	\$64.810	\$67.923	\$71.035	\$74.148	\$77.261	\$80.373	\$83.486	
-2,0%	\$59.520	\$63.568	\$67.616	\$71.664	\$75.712	\$79.760	\$83.808	\$87.856	\$91.904	
0,0%	\$61.669	\$67.865	\$74.061	\$80.257	\$86.453	\$92.649	\$98.845	\$105.041	\$111.238	
2,0%	\$64.240	\$73.008	\$81.776	\$90.544	\$99.312	\$108.080	\$116.847	\$125.615	\$134.383	
3,0%	\$65.707	\$75.942	\$86.177	\$96.412	\$106.647	\$116.882	\$127.116	\$137.351	\$147.586	
4,0%	\$67.308	\$79.144	\$90.980	\$102.816	\$114.652	\$126.487	\$138.323	\$150.159	\$161.995	
5,0%	\$69.054	\$82.635	\$96.217	\$109.798	\$123.380	\$136.961	\$150.543	\$164.124	\$177.706	
10,0%	\$80.385	\$105.297	\$130.209	\$155.121	\$180.033	\$204.945	\$229.857	\$254.769	\$279.681	
15,0%	\$97.434	\$139.395	\$181.356	\$223.317	\$265.279	\$307.240	\$349.201	\$391.162	\$433.123	
<b>Ingresos por Pago de Servicios</b>										
-10,0%	\$455.243	\$608.590	\$639.019	\$670.970	\$704.519	\$739.745	\$776.732	\$815.569	\$856.347	\$899.164
-5,0%	\$453.847	\$593.847	\$623.539	\$654.716	\$687.452	\$721.825	\$757.916	\$795.812	\$835.602	\$877.383
-4,0%	\$455.243	\$589.541	\$619.018	\$649.969	\$682.467	\$716.591	\$752.420	\$790.041	\$829.543	\$871.020
-3,0%	\$455.243	\$584.615	\$613.845	\$644.537	\$676.764	\$710.603	\$746.133	\$783.439	\$822.611	\$863.742
-2,0%	\$455.243	\$578.972	\$607.920	\$638.316	\$670.232	\$703.744	\$738.931	\$775.877	\$814.671	\$855.405
0,0%	\$455.243	\$565.071	\$593.325	\$622.991	\$654.140	\$686.848	\$721.190	\$757.249	\$795.112	\$834.867
2,0%	\$455.243	\$546.706	\$574.041	\$602.744	\$632.881	\$664.525	\$697.751	\$732.639	\$769.270	\$807.734
3,0%	\$455.243	\$535.389	\$562.158	\$590.266	\$619.779	\$650.768	\$683.307	\$717.472	\$753.346	\$791.013
4,0%	\$455.243	\$522.341	\$548.458	\$575.880	\$604.674	\$634.908	\$666.654	\$699.986	\$734.986	\$771.735
5,0%	\$455.243	\$507.283	\$532.647	\$559.280	\$587.244	\$616.606	\$647.436	\$679.808	\$713.798	\$749.488
10,0%	\$455.243	\$388.510	\$407.936	\$428.333	\$449.749	\$472.237	\$495.848	\$520.641	\$546.673	\$574.007
15,0%	\$455.243	\$141.079	\$148.133	\$155.540	\$163.317	\$171.483	\$180.057	\$189.060	\$198.513	\$208.438
<b>Costos de Operación</b>										
Costos Administrativos Municipalidad	\$24.504	\$25.729	\$27.016	\$28.367	\$29.785	\$31.274	\$32.838	\$34.480	\$36.204	\$38.014
Costos Administrativos del Centro de Acopio	\$14.849	\$15.592	\$16.371	\$17.190	\$18.049	\$18.952	\$19.899	\$20.894	\$21.939	\$22.955
Costos de Operación del Centro de Acopio	\$62.916	\$66.062	\$69.365	\$72.833	\$76.474	\$80.298	\$84.313	\$88.529	\$92.955	\$97.595
Mantenimiento Equipo	\$4.959	\$4.959	\$4.959	\$4.959	\$4.959	\$4.959	\$4.959	\$4.959	\$4.959	\$4.959
Costos por Recolección Convencional y Disposición	\$421.391	\$426.683	\$448.797	\$472.055	\$496.517	\$522.245	\$549.305	\$577.765	\$607.698	\$639.180
Costos por Recolección Diferenciada transporte	\$43.316	\$43.316	\$45.482	\$47.756	\$50.143	\$52.651	\$55.283	\$58.047	\$60.950	\$63.997
Educación e Información	\$35.200	\$36.960	\$38.808	\$40.749	\$42.786	\$44.926	\$47.172	\$49.530	\$52.007	\$54.607
<b>Total de Costos de Operación</b>	<b>\$445.895</b>	<b>\$608.693</b>	<b>\$644.866</b>	<b>\$672.721</b>	<b>\$718.151</b>	<b>\$743.480</b>	<b>\$793.657</b>	<b>\$821.677</b>	<b>\$877.096</b>	<b>\$908.092</b>

**Cuadro A.5.13. (cont.)** Análisis de sensibilidad de la tarifa ante el porcentaje de variación de los precios del material reciclable. Escenario 1.

Año	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030
<b>Ingresos</b>											
Ingresos por Ventas de Materiales											
-10,0%	\$40.947	\$39.572	\$38.198	\$36.823	\$35.449	\$34.074	\$32.700	\$31.325	\$29.951	\$28.576	\$27.202
-5,0%	\$70.312	\$71.302	\$72.291	\$73.281	\$74.271	\$75.260	\$76.250	\$77.240	\$78.229	\$79.219	\$80.209
-4,0%	\$78.074	\$80.156	\$82.238	\$84.320	\$86.402	\$88.484	\$90.566	\$92.649	\$94.731	\$96.813	\$98.895
-3,0%	\$86.598	\$90.106	\$93.613	\$97.120	\$100.627	\$104.134	\$107.641	\$111.149	\$114.656	\$118.163	\$121.670
-2,0%	\$95.952	\$101.294	\$106.636	\$111.978	\$117.320	\$122.662	\$128.004	\$133.346	\$138.688	\$144.031	\$149.373
0,0%	\$117.434	\$128.065	\$138.696	\$149.326	\$159.957	\$170.588	\$181.219	\$191.850	\$202.481	\$213.112	\$223.743
2,0%	\$143.151	\$162.083	\$181.015	\$199.947	\$218.879	\$237.811	\$256.743	\$275.675	\$294.607	\$313.538	\$332.470
3,0%	\$157.821	\$182.449	\$207.078	\$231.706	\$256.335	\$280.963	\$305.591	\$330.220	\$354.848	\$379.476	\$404.105
4,0%	\$173.830	\$205.472	\$237.114	\$268.756	\$300.398	\$332.040	\$363.681	\$395.323	\$426.965	\$458.607	\$490.249
5,0%	\$191.287	\$231.524	\$271.761	\$311.998	\$352.235	\$392.472	\$432.709	\$472.946	\$513.183	\$553.420	\$593.657
10,0%	\$304.593	\$424.657	\$544.720	\$664.784	\$784.848	\$904.912	\$1.024.976	\$1.145.040	\$1.265.104	\$1.385.167	\$1.505.231
15,0%	\$475.085	\$793.766	\$1.112.447	\$1.431.129	\$1.749.810	\$2.068.492	\$2.387.173	\$2.705.855	\$3.024.536	\$3.343.218	\$3.661.899
<b>Ingresos por Pago de Servicios</b>											
-10,0%	\$944.123	\$991.329	\$1.040.895	\$1.092.940	\$1.147.587	\$1.204.966	\$1.265.215	\$1.328.475	\$1.394.899	\$1.464.644	\$1.537.876
-5,0%	\$921.252	\$967.314	\$1.015.680	\$1.066.464	\$1.119.787	\$1.175.777	\$1.234.565	\$1.296.294	\$1.361.108	\$1.429.164	\$1.500.622
-4,0%	\$914.572	\$960.300	\$1.008.315	\$1.058.731	\$1.111.667	\$1.167.251	\$1.225.613	\$1.286.894	\$1.351.239	\$1.418.801	\$1.489.741
-3,0%	\$906.929	\$952.275	\$999.889	\$1.049.884	\$1.102.378	\$1.157.497	\$1.215.372	\$1.276.140	\$1.339.947	\$1.406.945	\$1.477.292
-2,0%	\$898.175	\$943.084	\$990.238	\$1.039.750	\$1.091.780	\$1.146.324	\$1.203.640	\$1.263.822	\$1.327.014	\$1.393.364	\$1.463.033
0,0%	\$876.611	\$920.441	\$966.463	\$1.014.787	\$1.065.526	\$1.118.802	\$1.174.742	\$1.233.479	\$1.295.153	\$1.359.911	\$1.427.907
2,0%	\$848.121	\$890.527	\$935.053	\$981.806	\$1.030.896	\$1.082.441	\$1.136.563	\$1.193.391	\$1.253.061	\$1.315.714	\$1.381.499
3,0%	\$830.564	\$872.092	\$915.696	\$961.481	\$1.009.555	\$1.060.033	\$1.113.035	\$1.168.687	\$1.227.121	\$1.288.477	\$1.352.901
4,0%	\$810.322	\$850.838	\$893.380	\$938.049	\$984.951	\$1.034.198	\$1.085.908	\$1.140.204	\$1.197.214	\$1.257.075	\$1.319.928
5,0%	\$786.963	\$826.311	\$867.626	\$911.008	\$956.558	\$1.004.386	\$1.054.605	\$1.107.336	\$1.162.702	\$1.220.838	\$1.281.879
10,0%	\$602.707	\$632.842	\$664.484	\$697.709	\$732.594	\$769.224	\$807.685	\$848.069	\$890.473	\$934.996	\$981.746
15,0%	\$218.860	\$229.803	\$241.293	\$253.358	\$266.026	\$279.327	\$293.294	\$307.958	\$323.356	\$339.524	\$356.500
<b>Costos de Operación</b>											
Costos Administrativos Municipalidad	\$39.915	\$41.910	\$44.006	\$46.206	\$48.516	\$50.942	\$53.489	\$56.164	\$58.972	\$61.921	\$65.017
Costos Administrativos del Centro de Acopio	\$23.036	\$24.188	\$25.397	\$26.667	\$28.000	\$29.400	\$30.870	\$32.414	\$34.035	\$35.736	\$37.523
Costos de Operación del Centro de Acopio	\$97.603	\$102.483	\$107.607	\$112.988	\$118.637	\$124.569	\$130.797	\$137.337	\$144.204	\$151.414	\$158.985
Mantenimiento Equipo	\$14.653	\$16.155	\$17.715	\$19.340	\$21.033	\$22.805	\$24.656	\$26.587	\$28.598	\$30.689	\$32.868
Costos por Recolección Convencional y Disposición	\$672.291	\$705.210	\$739.740	\$775.960	\$813.953	\$853.805	\$895.608	\$939.456	\$985.451	\$1.033.696	\$1.084.301
Costos por Recolección Diferenciada transporte	\$67.197	\$70.557	\$74.085	\$77.789	\$81.678	\$85.762	\$90.050	\$94.553	\$99.281	\$104.245	\$109.457
Educación e Información	\$54.607	\$57.338	\$60.204	\$63.215	\$66.375	\$69.694	\$73.179	\$76.838	\$80.680	\$84.714	\$88.949
<b>Total de Costos de Operación</b>	<b>\$969.301</b>	<b>\$1.001.686</b>	<b>\$1.067.194</b>	<b>\$1.102.825</b>	<b>\$1.147.971</b>	<b>\$1.214.173</b>	<b>\$1.293.631</b>	<b>\$1.386.762</b>	<b>\$1.424.271</b>	<b>\$1.471.725</b>	<b>\$1.568.100</b>

Cuadro A.5.13. (cont.) Análisis de sensibilidad de la tarifa ante el porcentaje de variación de los precios del material reciclable. Escenario 1.

Año	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	
<b>Utilidad</b>	-10,00%	\$9,348	\$53,917	\$46,721	\$49,364	\$36,030	\$44,474	\$29,833	\$39,196	\$23,103	\$33,471
	-5,00%	\$9,348	\$42,110	\$37,114	\$41,919	\$30,709	\$41,237	\$28,636	\$39,995	\$25,851	\$38,118
	-4,00%	\$9,348	\$38,580	\$34,145	\$39,501	\$28,829	\$39,884	\$27,797	\$39,658	\$26,001	\$38,742
	-3,00%	\$9,348	\$34,506	\$30,677	\$36,627	\$26,536	\$38,158	\$26,624	\$39,023	\$25,889	\$39,135
	-2,00%	\$9,348	\$29,799	\$26,622	\$33,211	\$23,745	\$35,976	\$25,034	\$38,009	\$25,432	\$39,216
	0,00%	\$9,348	\$18,047	\$16,323	\$24,331	\$16,247	\$29,821	\$20,183	\$34,418	\$23,058	\$38,013
	2,00%	\$9,348	\$2,253	\$2,184	\$11,798	\$5,274	\$20,356	\$12,174	\$27,809	\$17,790	\$34,025
	3,00%	\$9,348	-\$7,597	-\$6,766	\$3,722	-\$1,960	\$13,935	\$6,532	\$22,912	\$13,601	\$30,507
	4,00%	\$9,348	-\$19,044	-\$17,265	-\$5,861	-\$10,661	\$6,080	-\$516	\$16,633	\$8,049	\$25,637
	5,00%	\$9,348	-\$32,356	-\$29,583	-\$17,225	-\$21,109	-\$3,494	-\$9,259	\$8,674	\$827	\$19,102
	10,00%	\$9,348	-\$139,798	-\$131,634	-\$114,180	-\$113,281	-\$91,211	-\$92,864	-\$71,179	-\$75,654	-\$54,405
	15,00%	\$9,348	-\$370,180	-\$357,338	-\$335,825	-\$331,517	-\$306,719	-\$306,360	-\$283,416	-\$287,421	-\$266,531
<b>Costos de Inversión</b>											
Infraestructura y Movimientos de tierra		\$124,893									
Vehículo		\$58,343									
Maquinaria		\$15,838									
Equipo de trabajo		\$3,480									
Mobiliario		\$2,552									
Contenedores		\$43,757					\$53,187				
<b>Total de Inversión</b>		\$0	\$248,863	\$0	\$0	\$0	\$53,187	\$0	\$0	\$0	\$0
<b>Medidas de Mitigación</b>			\$19,448								
<b>Flujo de Efectivo</b>											
	-10,00%	\$9,348	-\$214,394	\$46,721	\$49,364	\$36,030	-\$8,713	\$29,833	\$39,196	\$23,103	\$33,471
	-5,00%	\$9,348	-\$226,201	\$37,114	\$41,919	\$30,709	-\$11,950	\$28,636	\$39,995	\$25,851	\$38,118
	-4,00%	\$9,348	-\$229,731	\$34,145	\$39,501	\$28,829	-\$13,303	\$27,797	\$39,658	\$26,001	\$38,742
	-3,00%	\$9,348	-\$233,805	\$30,677	\$36,627	\$26,536	-\$15,029	\$26,624	\$39,023	\$25,889	\$39,135
	-2,00%	\$9,348	-\$238,512	\$26,622	\$33,211	\$23,745	-\$17,211	\$25,034	\$38,009	\$25,432	\$39,216
	0,00%	\$9,348	-\$250,264	\$16,323	\$24,331	\$16,247	-\$23,367	\$20,183	\$34,418	\$23,058	\$38,013
	2,00%	\$9,348	-\$266,058	\$2,184	\$11,798	\$5,274	-\$32,831	\$12,174	\$27,809	\$17,790	\$34,025
	3,00%	\$9,348	-\$275,908	-\$6,766	\$3,722	-\$1,960	-\$39,252	\$6,532	\$22,912	\$13,601	\$30,507
	4,00%	\$9,348	-\$287,355	-\$17,265	-\$5,861	-\$10,661	-\$47,108	-\$516	\$16,633	\$8,049	\$25,637
	5,00%	\$9,348	-\$300,667	-\$29,583	-\$17,225	-\$21,109	-\$56,682	-\$9,259	\$8,674	\$827	\$19,102
	10,00%	\$9,348	-\$408,109	-\$131,634	-\$114,180	-\$113,281	-\$144,398	-\$92,864	-\$71,179	-\$75,654	-\$54,405
	15,00%	\$9,348	-\$638,491	-\$357,338	-\$335,825	-\$331,517	-\$359,906	-\$306,360	-\$283,416	-\$287,421	-\$266,531

Cuadro A.5.13. (cont.) Análisis de sensibilidad de la tarifa ante el porcentaje de variación de los precios del material relicable. Escenario 1.

Año	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	
<b>Utilidad</b>	-10,0%	\$15.768	\$29.215	\$11.899	\$26.938	\$8.064	\$24.867	\$4.284	\$23.039	\$580	\$21.495	-\$3.022
	-5,0%	\$22.262	\$36.930	\$20.777	\$36.920	\$19.086	\$36.863	\$17.185	\$36.771	\$15.067	\$36.658	\$12.730
	-4,0%	\$23.344	\$38.770	\$23.359	\$40.226	\$23.098	\$41.562	\$22.549	\$42.780	\$21.699	\$43.888	\$20.535
	-3,0%	\$24.226	\$40.695	\$26.308	\$44.179	\$28.034	\$47.458	\$29.382	\$50.527	\$30.332	\$53.382	\$30.862
	-2,0%	\$24.825	\$42.692	\$29.680	\$48.903	\$34.086	\$54.813	\$38.014	\$60.407	\$41.432	\$65.670	\$44.305
	0,0%	\$24.743	\$46.820	\$37.965	\$61.288	\$50.512	\$75.217	\$62.331	\$88.568	\$73.364	\$101.298	\$83.549
	2,0%	\$21.970	\$50.924	\$48.874	\$78.928	\$74.803	\$106.078	\$99.675	\$132.303	\$123.397	\$157.527	\$145.869
	3,0%	\$19.083	\$52.856	\$55.580	\$90.363	\$90.918	\$126.823	\$124.995	\$162.144	\$157.698	\$196.228	\$188.905
	4,0%	\$14.851	\$54.624	\$63.299	\$103.980	\$110.377	\$152.065	\$155.959	\$198.765	\$199.908	\$243.956	\$242.077
	5,0%	\$8.948	\$56.149	\$72.193	\$120.181	\$133.822	\$182.685	\$193.684	\$243.519	\$251.615	\$302.532	\$307.436
	10,0%	-\$62.002	\$55.813	\$142.010	\$259.668	\$342.471	\$459.962	\$539.030	\$656.347	\$731.306	\$848.439	\$918.877
	15,0%	-\$275.357	\$21.884	\$286.547	\$581.662	\$840.865	\$1.133.646	\$1.386.836	\$1.677.051	\$1.923.622	\$2.211.016	\$2.450.299
<b>Costos de Inversión</b>												
Infraestructura y Movimientos de Tierra												
Vehículo												
Maquinaria												
Equipo de trabajo												
Mobiliario												
Contenedores		\$67.882	\$0	\$0	\$0	\$0	\$0	\$0	\$0	\$0	\$0	\$0
<b>Total de Inversión</b>		\$67.882	\$0	\$0	\$0	\$0	\$0	\$0	\$0	\$0	\$0	\$0
<b>Medidas de Mitigación</b>												
<b>Reventa</b>												\$49.773
<b>Fujo de Efectivo</b>	-10,0%	-\$52.114	\$29.215	\$11.899	\$26.938	\$8.064	\$24.867	\$4.284	\$23.039	\$580	\$21.495	\$122.751
	-5,0%	-\$45.620	\$36.930	\$20.777	\$36.920	\$19.086	\$36.863	\$17.185	\$36.771	\$15.067	\$36.658	\$138.503
	-4,0%	-\$44.538	\$38.770	\$23.359	\$40.226	\$23.098	\$41.562	\$22.549	\$42.780	\$21.699	\$43.888	\$146.308
	-3,0%	-\$43.656	\$40.695	\$26.308	\$44.179	\$28.034	\$47.458	\$29.382	\$50.527	\$30.332	\$53.382	\$156.635
	-2,0%	-\$43.056	\$42.692	\$29.680	\$48.903	\$34.086	\$54.813	\$38.014	\$60.407	\$41.432	\$65.670	\$170.078
	0,0%	-\$43.139	\$46.820	\$37.965	\$61.288	\$50.512	\$75.217	\$62.331	\$88.568	\$73.364	\$101.298	\$209.322
	2,0%	-\$45.912	\$50.924	\$48.874	\$78.928	\$74.803	\$106.078	\$99.675	\$132.303	\$123.397	\$157.527	\$271.642
	3,0%	-\$48.799	\$52.856	\$55.580	\$90.363	\$90.918	\$126.823	\$124.995	\$162.144	\$157.698	\$196.228	\$314.678
	4,0%	-\$53.031	\$54.624	\$63.299	\$103.980	\$110.377	\$152.065	\$155.959	\$198.765	\$199.908	\$243.956	\$367.850
	5,0%	-\$58.934	\$56.149	\$72.193	\$120.181	\$133.822	\$182.685	\$193.684	\$243.519	\$251.615	\$302.532	\$433.209
	10,0%	-\$129.884	\$55.813	\$142.010	\$259.668	\$342.471	\$459.962	\$539.030	\$656.347	\$731.306	\$848.439	\$1.044.650
	15,0%	-\$343.239	\$21.884	\$286.547	\$581.662	\$840.865	\$1.133.646	\$1.386.836	\$1.677.051	\$1.923.622	\$2.211.016	\$2.576.072

**Cuadro A.5.14.** Análisis de sensibilidad del valor actual neto (VAN) ante el porcentaje de variación de los precios del material reciclable. Escenario 2.

Año	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019
<b>Ingresos</b>										
Ingresos por Ventas de Materiales										
-10,0%	\$54.020	\$52.567	\$51.115	\$49.662	\$48.210	\$46.757	\$45.304	\$43.852	\$42.399	
-5,0%	\$56.956	\$58.440	\$59.924	\$61.408	\$62.892	\$64.376	\$65.860	\$67.344	\$68.828	
-4,0%	\$57.733	\$59.993	\$62.253	\$64.513	\$66.773	\$69.033	\$71.293	\$73.553	\$75.814	
-3,0%	\$58.585	\$61.698	\$64.810	\$67.923	\$71.035	\$74.148	\$77.261	\$80.373	\$83.486	
-2,0%	\$59.520	\$63.568	\$67.616	\$71.664	\$75.712	\$79.760	\$83.808	\$87.856	\$91.904	
0,0%	\$61.669	\$67.865	\$74.061	\$80.257	\$86.453	\$92.649	\$98.845	\$105.041	\$111.238	
2,0%	\$62.361	\$69.250	\$76.138	\$83.027	\$89.915	\$96.804	\$103.692	\$110.581	\$117.470	
3,0%	\$65.707	\$75.942	\$86.177	\$96.412	\$106.647	\$116.882	\$127.116	\$137.351	\$147.586	
4,0%	\$67.308	\$79.144	\$90.980	\$102.816	\$114.652	\$126.487	\$138.323	\$150.159	\$161.995	
5,0%	\$69.054	\$82.635	\$96.217	\$109.798	\$123.380	\$136.961	\$150.543	\$164.124	\$177.706	
10,0%	\$80.385	\$105.297	\$130.209	\$155.121	\$180.033	\$204.945	\$229.857	\$254.769	\$279.681	
15,0%	\$97.434	\$139.395	\$181.356	\$223.317	\$265.279	\$307.240	\$349.201	\$391.162	\$433.123	
<b>Total de Ingresos</b>	<b>\$54.020</b>	<b>\$52.567</b>	<b>\$51.115</b>	<b>\$49.662</b>	<b>\$48.210</b>	<b>\$46.757</b>	<b>\$45.304</b>	<b>\$43.852</b>	<b>\$42.399</b>	
-5,0%	\$58.440	\$59.993	\$62.253	\$64.513	\$66.773	\$69.033	\$71.293	\$73.553	\$75.814	
-4,0%	\$57.733	\$59.993	\$62.253	\$64.513	\$66.773	\$69.033	\$71.293	\$73.553	\$75.814	
-3,0%	\$58.585	\$61.698	\$64.810	\$67.923	\$71.035	\$74.148	\$77.261	\$80.373	\$83.486	
-2,0%	\$59.520	\$63.568	\$67.616	\$71.664	\$75.712	\$79.760	\$83.808	\$87.856	\$91.904	
0,0%	\$61.669	\$67.865	\$74.061	\$80.257	\$86.453	\$92.649	\$98.845	\$105.041	\$111.238	
2,0%	\$62.361	\$69.250	\$76.138	\$83.027	\$89.915	\$96.804	\$103.692	\$110.581	\$117.470	
3,0%	\$65.707	\$75.942	\$86.177	\$96.412	\$106.647	\$116.882	\$127.116	\$137.351	\$147.586	
4,0%	\$67.308	\$79.144	\$90.980	\$102.816	\$114.652	\$126.487	\$138.323	\$150.159	\$161.995	
5,0%	\$69.054	\$82.635	\$96.217	\$109.798	\$123.380	\$136.961	\$150.543	\$164.124	\$177.706	
10,0%	\$80.385	\$105.297	\$130.209	\$155.121	\$180.033	\$204.945	\$229.857	\$254.769	\$279.681	
15,0%	\$97.434	\$139.395	\$181.356	\$223.317	\$265.279	\$307.240	\$349.201	\$391.162	\$433.123	
<b>Costos de Operación</b>										
Costos Administrativos del Centro de Acopio	Q7.635,455,9	Q8.017,228,7	Q8.418,090,2	Q8.838,994,7	Q9.280,944,4	Q9.744,991,6	Q10.232,241,2	Q10.743,853,3	Q11.281,045,9	
Costos de Operación del Centro de Acopio	Q32.351,261,3	Q33.968,824,3	Q35.667,265,5	Q37.450,628,8	Q39.323,160,3	Q41.289,318,3	Q43.353,784,2	Q45.521,473,4	Q47.797,547,1	
Mantenimiento Equipo	Q0,0	Q2.549,822,0	Q0,0	Q5.622,357,5	Q0,0	Q6.198,649,1	Q0,0	Q6.834,010,7	Q0,0	
<b>Total de Costos de Operación</b>	<b>Q0,0</b>	<b>Q39.986,717,2</b>	<b>Q44.535,875,0</b>	<b>Q44.085,355,7</b>	<b>Q51.911,981,0</b>	<b>Q48.604,104,7</b>	<b>Q57.232,959,0</b>	<b>Q53.586,025,4</b>	<b>Q63.099,337,3</b>	<b>Q59.078,593,0</b>

**Cuadro A.5.14. (cont.)** Análisis de sensibilidad del valor actual neto (VAN) ante el porcentaje de variación de los precios del material reedable. Escenario 2.

Año	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030
<b>Ingresos</b>											
Ingresos por Ventas de Materiales	\$40,947	\$39,572	\$38,198	\$36,823	\$35,449	\$34,074	\$32,700	\$31,325	\$29,951	\$28,576	\$27,202
-10,00%	\$70,312	\$71,302	\$72,291	\$73,281	\$74,271	\$75,260	\$76,250	\$77,240	\$78,229	\$79,219	\$80,209
-5,00%	\$78,074	\$80,156	\$82,238	\$84,320	\$86,402	\$88,484	\$90,566	\$92,649	\$94,731	\$96,813	\$98,895
-4,00%	\$86,598	\$90,106	\$93,613	\$97,120	\$100,627	\$104,134	\$107,641	\$111,149	\$114,656	\$118,163	\$121,670
-3,00%	\$95,952	\$101,294	\$106,636	\$111,978	\$117,320	\$122,662	\$128,004	\$133,346	\$138,688	\$144,031	\$149,373
-2,00%	\$117,434	\$128,065	\$138,696	\$149,326	\$159,957	\$170,588	\$181,219	\$191,850	\$202,481	\$213,112	\$223,743
0,00%	\$124,358	\$137,013	\$149,668	\$162,323	\$174,978	\$187,633	\$200,288	\$212,942	\$225,597	\$238,252	\$250,907
2,00%	\$157,821	\$182,449	\$207,078	\$231,706	\$256,335	\$280,963	\$305,591	\$330,220	\$354,848	\$379,476	\$404,105
3,00%	\$173,830	\$205,472	\$237,114	\$268,756	\$300,398	\$332,040	\$363,681	\$395,323	\$426,965	\$458,607	\$490,249
4,00%	\$191,287	\$231,524	\$271,761	\$311,998	\$352,235	\$392,472	\$432,709	\$472,946	\$513,183	\$553,420	\$593,657
5,00%	\$304,593	\$424,657	\$544,720	\$664,784	\$784,848	\$904,912	\$1,024,976	\$1,145,040	\$1,265,104	\$1,385,167	\$1,505,231
10,00%	\$475,085	\$793,766	\$1,112,447	\$1,431,129	\$1,749,810	\$2,068,492	\$2,387,173	\$2,705,855	\$3,024,536	\$3,343,218	\$3,661,899
<b>Total de Ingresos</b>	<b>\$40,947</b>	<b>\$39,572</b>	<b>\$38,198</b>	<b>\$36,823</b>	<b>\$35,449</b>	<b>\$34,074</b>	<b>\$32,700</b>	<b>\$31,325</b>	<b>\$29,951</b>	<b>\$28,576</b>	<b>\$27,202</b>
-10,00%	\$70,312	\$71,302	\$72,291	\$73,281	\$74,271	\$75,260	\$76,250	\$77,240	\$78,229	\$79,219	\$80,209
-5,00%	\$78,074	\$80,156	\$82,238	\$84,320	\$86,402	\$88,484	\$90,566	\$92,649	\$94,731	\$96,813	\$98,895
-4,00%	\$86,598	\$90,106	\$93,613	\$97,120	\$100,627	\$104,134	\$107,641	\$111,149	\$114,656	\$118,163	\$121,670
-3,00%	\$95,952	\$101,294	\$106,636	\$111,978	\$117,320	\$122,662	\$128,004	\$133,346	\$138,688	\$144,031	\$149,373
-2,00%	\$117,434	\$128,065	\$138,696	\$149,326	\$159,957	\$170,588	\$181,219	\$191,850	\$202,481	\$213,112	\$223,743
0,00%	\$124,358	\$137,013	\$149,668	\$162,323	\$174,978	\$187,633	\$200,288	\$212,942	\$225,597	\$238,252	\$250,907
2,00%	\$157,821	\$182,449	\$207,078	\$231,706	\$256,335	\$280,963	\$305,591	\$330,220	\$354,848	\$379,476	\$404,105
3,00%	\$173,830	\$205,472	\$237,114	\$268,756	\$300,398	\$332,040	\$363,681	\$395,323	\$426,965	\$458,607	\$490,249
4,00%	\$191,287	\$231,524	\$271,761	\$311,998	\$352,235	\$392,472	\$432,709	\$472,946	\$513,183	\$553,420	\$593,657
5,00%	\$304,593	\$424,657	\$544,720	\$664,784	\$784,848	\$904,912	\$1,024,976	\$1,145,040	\$1,265,104	\$1,385,167	\$1,505,231
10,00%	\$475,085	\$793,766	\$1,112,447	\$1,431,129	\$1,749,810	\$2,068,492	\$2,387,173	\$2,705,855	\$3,024,536	\$3,343,218	\$3,661,899
<b>Costos de Operación</b>											
Costos Administrativos del Centro de Acopio	\$11,845,098,2	\$12,437,353,1	\$13,059,220,8	\$13,712,181,8	\$14,397,790,9	\$15,117,680,5	\$15,873,564,5	\$16,667,242,7	\$17,500,604,9	\$18,375,635,1	\$19,294,416,9
Costos de Operación del Centro de Acopio	\$50,187,424,4	\$52,696,795,6	\$55,331,635,4	\$58,098,217,2	\$61,003,128,1	\$64,053,284,5	\$67,255,948,7	\$70,618,746,1	\$74,149,683,4	\$77,857,167,6	\$81,750,026,0
Mantenimiento Equipo	\$7,534,496,8	\$0,0	\$8,306,782,7	\$0,0	\$9,158,227,9	\$0,0	\$10,096,946,3	\$0,0	\$11,131,883,3	\$0,0	\$12,272,901,3
<b>Total de Costos de Operación</b>	<b>\$69,567,019,4</b>	<b>\$65,134,148,8</b>	<b>\$76,697,638,9</b>	<b>\$71,810,399,0</b>	<b>\$84,559,146,9</b>	<b>\$79,170,964,9</b>	<b>\$93,226,459,4</b>	<b>\$87,285,988,8</b>	<b>\$102,782,171,5</b>	<b>\$96,232,802,7</b>	<b>\$113,317,344,1</b>

Cuadro A.5.14. (cont.) Análisis de sensibilidad del valor actual neto (VAN) ante el porcentaje de variación de los precios del material reedable. Escenario 2.

Año	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019
Utilidad	-10,0%	-\$23.745	-\$29.961	-\$34.621	-\$42.289	-\$46.314	-\$54.620	-\$58.908	-\$67.916	-\$72.495
	-5,0%	-\$20.808	-\$24.088	-\$25.811	-\$30.543	-\$31.632	-\$37.000	-\$38.352	-\$44.424	-\$46.066
	-4,0%	-\$20.032	-\$22.535	-\$23.483	-\$27.439	-\$27.751	-\$32.343	-\$32.919	-\$38.214	-\$39.081
	-3,0%	-\$19.180	-\$20.830	-\$20.926	-\$24.029	-\$23.488	-\$27.229	-\$26.952	-\$31.394	-\$31.408
	-2,0%	-\$18.244	-\$18.960	-\$18.119	-\$20.287	-\$18.812	-\$21.616	-\$20.404	-\$23.912	-\$22.990
	0,0%	-\$16.096	-\$14.663	-\$11.675	-\$11.695	-\$8.071	-\$8.727	-\$5.367	-\$6.726	-\$3.657
	2,0%	-\$15.404	-\$13.278	-\$9.598	-\$8.925	-\$4.608	-\$4.573	-\$5.20	-\$1.187	-\$2.575
	3,0%	-\$12.058	-\$6.586	\$441	\$4.460	\$12.123	\$15.505	\$22.904	\$25.584	\$32.692
	4,0%	-\$10.457	-\$3.384	\$5.244	\$10.864	\$20.128	\$25.111	\$34.111	\$38.391	\$47.100
	5,0%	-\$8.711	\$107	\$10.481	\$17.847	\$28.856	\$35.585	\$46.330	\$52.356	\$62.811
	10,0%	\$2.620	\$22.769	\$44.473	\$63.169	\$85.509	\$103.568	\$125.644	\$143.001	\$164.786
	15,0%	\$19.669	\$56.867	\$95.620	\$131.366	\$170.755	\$205.863	\$244.989	\$279.395	\$318.229
<b>Costos de Inversión</b>										
Infraestructura y Movimientos de tierra		\$124.893								
Vehículo		\$58.343								
Maquinaria		\$15.838								
Equipo de trabajo		\$3.480								
Mobiliario		\$2.552								
<b>Total de Inversión</b>	<b>\$0</b>	<b>\$205.106</b>	<b>\$0</b>							
<b>Reventa</b>										
<b>Flujo de Efectivo</b>	<b>-10,0%</b>	<b>-\$228.851</b>	<b>-\$29.961</b>	<b>-\$34.621</b>	<b>-\$42.289</b>	<b>-\$46.314</b>	<b>-\$54.620</b>	<b>-\$58.908</b>	<b>-\$67.916</b>	<b>-\$72.495</b>
	-5,0%	-\$225.915	-\$24.088	-\$25.811	-\$30.543	-\$31.632	-\$37.000	-\$38.352	-\$44.424	-\$46.066
	-4,0%	-\$225.138	-\$22.535	-\$23.483	-\$27.439	-\$27.751	-\$32.343	-\$32.919	-\$38.214	-\$39.081
	-3,0%	-\$224.286	-\$20.830	-\$20.926	-\$24.029	-\$23.488	-\$27.229	-\$26.952	-\$31.394	-\$31.408
	-2,0%	-\$223.351	-\$18.960	-\$18.119	-\$20.287	-\$18.812	-\$21.616	-\$20.404	-\$23.912	-\$22.990
	0,0%	-\$221.202	-\$14.663	-\$11.675	-\$11.695	-\$8.071	-\$8.727	-\$5.367	-\$6.726	-\$3.657
	2,0%	-\$220.510	-\$13.278	-\$9.598	-\$8.925	-\$4.608	-\$4.573	-\$5.20	-\$1.187	-\$2.575
	3,0%	-\$217.164	-\$6.586	\$441	\$4.460	\$12.123	\$15.505	\$22.904	\$25.584	\$32.692
	4,0%	-\$215.563	-\$3.384	\$5.244	\$10.864	\$20.128	\$25.111	\$34.111	\$38.391	\$47.100
	5,0%	-\$213.817	\$107	\$10.481	\$17.847	\$28.856	\$35.585	\$46.330	\$52.356	\$62.811
	10,0%	-\$202.486	\$22.769	\$44.473	\$63.169	\$85.509	\$103.568	\$125.644	\$143.001	\$164.786
	15,0%	-\$185.437	\$56.867	\$95.620	\$131.366	\$170.755	\$205.863	\$244.989	\$279.395	\$318.229

Cuadro A.5.14. (cont.) Análisis de sensibilidad del valor actual neto (VAN) ante el porcentaje de variación de los precios del material reedable. Escenario 2.

Año	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	
Utilidad	-10,00%	-872.277	-87.099	-97.657	-102.831	-114.331	-119.895	-132.432	-138.426	-152.107	-158.574	-173.517
	-5,00%	-52.912	-55.369	-63.563	-66.374	-75.509	-78.709	-88.882	-92.511	-103.828	-107.931	-120.510
	-4,00%	-45.150	-46.515	-53.616	-55.335	-63.377	-65.485	-74.565	-77.102	-87.327	-90.338	-101.824
	-3,00%	-36.625	-36.565	-42.242	-42.535	-49.152	-49.835	-57.490	-58.602	-67.402	-68.988	-79.048
	-2,00%	-27.272	-25.377	-29.218	-27.677	-32.459	-31.307	-37.127	-36.405	-43.369	-43.120	-51.346
	0,00%	-5.790	1.394	2.841	9.672	10.178	16.619	16.088	22.099	20.423	25.962	23.024
	2,00%	1.134	10.342	13.814	22.668	25.198	33.663	35.156	43.191	43.540	51.102	51.847
	3,00%	50.607	55.779	71.223	92.052	106.555	126.994	140.460	160.469	172.790	192.326	203.386
	4,00%	68.063	78.801	101.260	129.101	150.618	178.070	198.550	225.572	244.907	271.456	289.530
	5,00%	181.369	297.986	408.866	525.130	635.069	750.943	859.844	975.289	1.083.125	1.198.017	1.304.513
	10,00%	351.861	667.095	976.593	1.291.474	1.600.031	1.914.523	2.222.041	2.536.104	2.842.478	3.156.067	3.461.180
<b>Costos de Inversión</b>												
Infraestructura y Movimientos de tierra												
Vehículo												
Maquinaria												
Equipo de trabajo												
Mobiliario												
<b>Total de Inversión</b>	<b>\$0</b>	<b>\$0</b>	<b>\$0</b>	<b>\$0</b>	<b>\$0</b>	<b>\$0</b>	<b>\$0</b>	<b>\$0</b>	<b>\$0</b>	<b>\$0</b>	<b>\$0</b>	<b>\$0</b>
<b>Reventa</b>												<b>(\$41.021,2</b>
<b>Flujo de Efectivo</b>	<b>-10,00%</b>	<b>-872.277</b>	<b>-877.099</b>	<b>-977.657</b>	<b>-1027.831</b>	<b>-1144.331</b>	<b>-119.895</b>	<b>-132.432</b>	<b>-138.426</b>	<b>-152.107</b>	<b>-158.574</b>	<b>-173.517</b>
	-5,00%	-52.912	-55.369	-63.563	-66.374	-75.509	-78.709	-88.882	-92.511	-103.828	-107.931	-120.510
	-4,00%	-45.150	-46.515	-53.616	-55.335	-63.377	-65.485	-74.565	-77.102	-87.327	-90.338	-101.824
	-3,00%	-36.625	-36.565	-42.242	-42.535	-49.152	-49.835	-57.490	-58.602	-67.402	-68.988	-79.048
	-2,00%	-27.272	-25.377	-29.218	-27.677	-32.459	-31.307	-37.127	-36.405	-43.369	-43.120	-51.346
	0,00%	-5.790	1.394	2.841	9.672	10.178	16.619	16.088	22.099	20.423	25.962	23.024
	2,00%	1.134	10.342	13.814	22.668	25.198	33.663	35.156	43.191	43.540	51.102	51.847
	3,00%	50.607	55.779	71.223	92.052	106.555	126.994	140.460	160.469	172.790	192.326	203.386
	4,00%	68.063	78.801	101.260	129.101	150.618	178.070	198.550	225.572	244.907	271.456	289.530
	5,00%	181.369	297.986	408.866	525.130	635.069	750.943	859.844	975.289	1.083.125	1.198.017	1.304.513
	10,00%	351.861	667.095	976.593	1.291.474	1.600.031	1.914.523	2.222.041	2.536.104	2.842.478	3.156.067	3.461.180

**A.5.8 Análisis de sensibilidad para los casos especiales. Escenario 2**

**i. Caso especial a. Aumento en los costos de inversión inicial en un 20%**

**Cuadro A.5.15.** Análisis de sensibilidad del valor actual neto (VAN) ante un aumento del 20% en los costos de inversión inicial. Escenario 2.

Año	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019
<b>Ingresos</b>										
<b>Ingresos por Ventas de Materiales</b>	\$0	\$65,707	\$75,942	\$86,177	\$96,412	\$106,647	\$116,882	\$127,116	\$137,351	\$147,586
<b>Costos de Operación</b>										
Costos Administrativos del Centro de Acopio	\$0	\$14,849	\$15,592	\$16,371	\$17,190	\$18,049	\$18,952	\$19,899	\$20,894	\$21,939
Costos de Operación del Centro de Acopio	\$0	\$62,916	\$66,062	\$69,365	\$72,833	\$76,474	\$80,298	\$84,313	\$88,529	\$92,955
Mantenimiento Equipo	\$0	\$0	\$875	\$0	\$1,929	\$0	\$2,127	\$0	\$2,345	\$0
<b>Total de Costos de Operación</b>	\$0	\$77,765	\$82,528	\$85,736	\$91,952	\$94,524	\$101,377	\$104,212	\$111,768	\$114,894
<b>Utilidad</b>	\$0	-\$12,058	-\$6,586	\$441	\$4,460	\$12,123	\$15,505	\$22,904	\$25,584	\$32,692
<b>Costos de Inversión</b>										
Infraestructura y Movimientos de tierra		\$124,893								
Vehículo		\$0								
Maquinaria		\$15,838								
Equipo de trabajo		\$3,480								
Mobiliario		\$2,552								
<b>Total de Inversión</b>	\$0	\$176,116	\$0	\$0	\$0	\$0	\$0	\$0	\$0	\$0
<b>Reventa</b>										
<b>Flujo de Efectivo</b>	\$0	-\$188,173	-\$6,586	\$441	\$4,460	\$12,123	\$15,505	\$22,904	\$25,584	\$32,692
<b>VAN</b>	\$0	-\$169,831	-\$5,364	\$324	\$2,959	\$7,260	\$8,380	\$11,172	\$11,263	\$12,989

Cuadro A.5.15. (cont.) Análisis de sensibilidad del valor actual neto (VAN) ante un aumento del 20% en los costos de inversión inicial. Escenario 2

Año	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030
<b>Ingresos</b>											
<b>Ingresos por Ventas de Materiales</b>	\$157,821	\$182,449	\$207,078	\$231,706	\$256,335	\$280,963	\$305,591	\$330,220	\$354,848	\$379,476	\$404,105
<b>Costos de Operación</b>											
Costos Administrativos del Centro de Acopio	\$23,036	\$24,188	\$25,397	\$26,667	\$28,000	\$29,400	\$30,870	\$32,414	\$34,035	\$35,736	\$37,523
Costos de Operación del Centro de Acopio	\$97,603	\$102,483	\$107,607	\$112,988	\$118,637	\$124,569	\$130,797	\$137,337	\$144,204	\$151,414	\$158,985
Mantenimiento Equipo	\$2,585	\$0	\$2,850	\$0	\$3,142	\$0	\$3,464	\$0	\$3,819	\$0	\$4,211
<b>Total de Costos de Operación</b>	\$123,224	\$126,671	\$135,854	\$139,655	\$149,779	\$153,969	\$165,132	\$169,751	\$182,058	\$187,151	\$200,719
<b>Utilidad</b>	\$34,597	\$55,779	\$71,223	\$92,052	\$106,555	\$126,994	\$140,460	\$160,469	\$172,790	\$192,326	\$203,386
<b>Costos de Inversión</b>											
Infraestructura y Movimientos de tierra											
Vehículo											
Maquinaria											
Equipo de trabajo											
Mobiliario											
<b>Total de Inversión</b>	\$0	\$0	\$0	\$0	\$0	\$0	\$0	\$0	\$0	\$0	\$0
<b>Reventa</b>											\$35,223
<b>Flujo de Efectivo</b>	\$34,597	\$55,779	\$71,223	\$92,052	\$106,555	\$126,994	\$140,460	\$160,469	\$172,790	\$192,326	\$292,393
<b>VAN</b>	\$12,406	\$18,052	\$20,804	\$24,267	\$25,352	\$27,270	\$27,222	\$28,068	\$27,277	\$27,402	\$37,599

**Cuadro A.5.16.** Análisis de sensibilidad del valor actual neto (VAN) ante una disminución del 20% en los ingresos por venta de material. Escenario 2.

Año	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019
<b>Ingresos</b>										
<b>Ingresos por Ventas de Materiales</b>	\$0	\$65,707	\$75,942	\$86,177	\$96,412	\$106,647	\$116,882	\$127,116	\$137,351	\$147,586
<b>Costos de Operación</b>										
Costos Administrativos del Centro de Acopio	\$0	\$14,849	\$15,592	\$16,371	\$17,190	\$18,049	\$18,952	\$19,899	\$20,894	\$21,939
Costos de Operación del Centro de Acopio	\$0	\$62,916	\$66,062	\$69,365	\$72,833	\$76,474	\$80,298	\$84,313	\$88,529	\$92,955
Mantenimiento Equipo	\$0	\$0	\$875	\$0	\$1,929	\$0	\$2,127	\$0	\$2,345	\$0
<b>Total de Costos de Operación</b>	\$0	\$77,765	\$82,528	\$85,736	\$91,952	\$94,524	\$101,377	\$104,212	\$111,768	\$114,894
<b>Utilidad</b>	\$0	-\$25,199	-\$21,774	-\$16,794	-\$14,822	-\$9,206	-\$7,871	-\$2,519	-\$1,887	\$3,175
<b>Costos de Inversión</b>										
Infraestructura y Movimientos de tierra		\$124,893								
Vehículo		\$0								
Maquinaria		\$15,838								
Equipo de trabajo		\$3,480								
Mobiliario		\$2,552								
<b>Total de Inversión</b>	\$0	\$146,763	\$0	\$0	\$0	\$0	\$0	\$0	\$0	\$0
<b>Reventa</b>										
<b>Flujo de Efectivo</b>	\$0	-\$171,962	-\$21,774	-\$16,794	-\$14,822	-\$9,206	-\$7,871	-\$2,519	-\$1,887	\$3,175
<b>VAN</b>	\$0	-\$155,200	-\$17,736	-\$12,346	-\$9,834	-\$5,513	-\$4,254	-\$1,229	-\$831	\$1,261

Cuadro A.5.16. (cont.) Análisis de sensibilidad del valor actual neto (VAN) ante una disminución del 20% en los ingresos por venta de material. Escenario 2.

Año	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030
<b>Ingresos</b>											
<b>Ingresos por Ventas de Materiales</b>	<b>\$157,821</b>	<b>\$182,449</b>	<b>\$207,078</b>	<b>\$231,706</b>	<b>\$256,335</b>	<b>\$280,963</b>	<b>\$305,591</b>	<b>\$330,220</b>	<b>\$354,848</b>	<b>\$379,476</b>	<b>\$404,105</b>
<b>Costos de Operación</b>											
Costos Administrativos del Centro de Acopio	\$23,036	\$24,188	\$25,397	\$26,667	\$28,000	\$29,400	\$30,870	\$32,414	\$34,035	\$35,736	\$37,523
Costos de Operación del Centro de Acopio	\$97,603	\$102,483	\$107,607	\$112,988	\$118,637	\$124,569	\$130,797	\$137,337	\$144,204	\$151,414	\$158,985
Mantenimiento Equipo	\$2,585	\$0	\$2,850	\$0	\$3,142	\$0	\$3,464	\$0	\$3,819	\$0	\$4,211
<b>Total de Costos de Operación</b>	<b>\$123,224</b>	<b>\$126,671</b>	<b>\$135,854</b>	<b>\$139,655</b>	<b>\$149,779</b>	<b>\$153,969</b>	<b>\$165,132</b>	<b>\$169,751</b>	<b>\$182,058</b>	<b>\$187,151</b>	<b>\$200,719</b>
<b>Utilidad</b>	<b>\$3,033</b>	<b>\$19,289</b>	<b>\$29,808</b>	<b>\$45,710</b>	<b>\$55,288</b>	<b>\$70,801</b>	<b>\$79,341</b>	<b>\$94,425</b>	<b>\$101,821</b>	<b>\$116,431</b>	<b>\$122,565</b>
<b>Costos de Inversión</b>											
Infraestructura y Movimientos de tierra											
Vehículo											
Maquinaria											
Equipo de trabajo											
Mobiliario											
<b>Total de Inversión</b>	<b>\$0</b>										
<b>Reventa</b>											<b>\$29,353</b>
<b>Flujo de Efectivo</b>	<b>\$3,033</b>	<b>\$19,289</b>	<b>\$29,808</b>	<b>\$45,710</b>	<b>\$55,288</b>	<b>\$70,801</b>	<b>\$79,341</b>	<b>\$94,425</b>	<b>\$101,821</b>	<b>\$116,431</b>	<b>\$196,738</b>
<b>VAN</b>	<b>\$1,088</b>	<b>\$6,243</b>	<b>\$8,707</b>	<b>\$12,050</b>	<b>\$13,155</b>	<b>\$15,204</b>	<b>\$15,377</b>	<b>\$16,516</b>	<b>\$16,074</b>	<b>\$16,589</b>	<b>\$25,298</b>

**Cuadro A.5.17.** Análisis de sensibilidad del valor actual neto (VAN) ante un aumento de un 10% en los costos de inversión inicial y una disminución del 10% en los ingresos por venta de material. Escenario 2.

Año	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019
<b>Ingresos</b>										
<b>Ingresos por Ventas de Materiales</b>	\$0	\$33.786.738	\$39.049.495	\$44.312.253	\$49.575.011	\$54.837.769	\$60.100.527	\$65.363.285	\$70.626.042	\$75.888.800
<b>Costos de Operación</b>										
Costos Administrativos del Centro de Acopio	\$0	\$7.635.456	\$8.017.229	\$8.418.090	\$8.838.995	\$9.280.944	\$9.744.992	\$10.232.241	\$10.743.853	\$11.281.046
Costos de Operación del Centro de Acopio	\$0	\$32.351.261	\$33.968.824	\$35.667.266	\$37.450.629	\$39.323.160	\$41.289.318	\$43.353.784	\$45.521.473	\$47.797.547
Mantenimiento Equipo	\$0	\$0	\$449.822	\$0	\$991.857	\$0	\$1.093.523	\$0	\$1.205.609	\$0
<b>Total de Costos de Operación</b>	\$0	\$39.986.717	\$42.435.875	\$44.085.356	\$47.281.481	\$48.604.105	\$52.127.833	\$53.586.025	\$57.470.936	\$59.078.593
<b>Utilidad</b>	\$0	-\$9.578.653	-\$7.291.329	-\$4.204.328	-\$2.663.971	\$749.887	\$1.962.641	\$5.240.931	\$6.092.503	\$9.221.327
<b>Costos de Inversión</b>										
Infraestructura y Movimientos de tierra		\$64.220.000								
Vehículo		\$0								
Maquinaria		\$8.143.875								
Equipo de trabajo		\$1.789.521								
Mobiliario		\$1.312.154								
<b>Total de Inversión</b>	\$0	\$83.012.105	\$0	\$0	\$0	\$0	\$0	\$0	\$0	\$0
<b>Reventa</b>										
<b>Flujo de Efectivo</b>	\$0	-\$92.590.758	-\$7.291.329	-\$4.204.328	-\$2.663.971	\$749.887	\$1.962.641	\$5.240.931	\$6.092.503	\$9.221.327
<b>VAN</b>	\$0	-\$83.565.666	-\$5.939.190	-\$3.090.845	-\$1.767.545	\$449.053	\$1.060.724	\$2.556.408	\$2.682.117	\$3.663.832

**Cuadro A.5.17. (cont.)** Análisis de sensibilidad del valor actual neto (VAN) ante un aumento de un 10% en los costos de inversión inicial y una disminución del 10% en los ingresos por venta de material. Escenario 2.

Año	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030
<b>Ingresos</b>											
<b>Ingresos por Ventas de Materiales</b>	<b>\$81.151.558</b>	<b>\$93.815.473</b>	<b>\$106.479.387</b>	<b>\$119.143.302</b>	<b>\$131.807.217</b>	<b>\$144.471.132</b>	<b>\$157.135.046</b>	<b>\$169.798.961</b>	<b>\$182.462.876</b>	<b>\$195.126.790</b>	<b>\$207.790.705</b>
<b>Costos de Operación</b>											
Costos Administrativos del Centro de Acopio	\$11.845.098	\$12.437.353	\$13.059.221	\$13.712.182	\$14.397.791	\$15.117.680	\$15.873.565	\$16.667.243	\$17.500.605	\$18.375.635	\$19.294.417
Costos de Operación del Centro de Acopio	\$50.187.424	\$52.696.796	\$55.331.635	\$58.098.217	\$61.003.128	\$64.053.284	\$67.255.949	\$70.618.746	\$74.149.683	\$77.857.168	\$81.750.026
Mantenimiento Equipo	\$1.329.184	\$0	\$1.465.425	\$0	\$1.615.631	\$0	\$1.781.234	\$0	\$1.963.810	\$0	\$2.165.101
<b>Total de Costos de Operación</b>	<b>\$63.361.707</b>	<b>\$65.134.149</b>	<b>\$69.856.281</b>	<b>\$71.810.399</b>	<b>\$77.016.550</b>	<b>\$79.170.965</b>	<b>\$84.910.747</b>	<b>\$87.285.989</b>	<b>\$93.614.098</b>	<b>\$96.232.803</b>	<b>\$103.209.543</b>
<b>Utilidad</b>	<b>\$9.674.696</b>	<b>\$19.299.777</b>	<b>\$25.975.167</b>	<b>\$35.418.573</b>	<b>\$41.609.945</b>	<b>\$50.853.053</b>	<b>\$56.510.795</b>	<b>\$65.533.076</b>	<b>\$70.602.490</b>	<b>\$79.381.308</b>	<b>\$83.802.091</b>
<b>Costos de Inversión</b>											
Infraestructura y Movimientos de tierra											
Vehículo											
Maquinaria											
Equipo de trabajo											
Mobiliario											
<b>Total de Inversión</b>	<b>\$0</b>	<b>\$0</b>	<b>\$0</b>	<b>\$0</b>	<b>\$0</b>	<b>\$0</b>	<b>\$0</b>	<b>\$0</b>	<b>\$0</b>	<b>\$0</b>	<b>\$0</b>
<b>Reventa</b>											<b>\$16.602.421</b>
<b>Fujo de Efectivo</b>	<b>\$9.674.696</b>	<b>\$19.299.777</b>	<b>\$25.975.167</b>	<b>\$35.418.573</b>	<b>\$41.609.945</b>	<b>\$50.853.053</b>	<b>\$56.510.795</b>	<b>\$65.533.076</b>	<b>\$70.602.490</b>	<b>\$79.381.308</b>	<b>\$125.755.582</b>
<b>VAN</b>	<b>\$3.469.283</b>	<b>\$6.246.186</b>	<b>\$7.587.195</b>	<b>\$9.337.147</b>	<b>\$9.900.121</b>	<b>\$10.919.949</b>	<b>\$10.952.046</b>	<b>\$11.462.639</b>	<b>\$11.145.622</b>	<b>\$11.310.005</b>	<b>\$16.170.821</b>

## **Anexo 6. Propuestas para las rutas de recolección**

Con la idea de facilitar el seguimiento de las rutas, se presentan los Cuadros del A.7.1 al A.7.3. Cada parte del recorrido está contenido en estos cuadros, de manera que se indica la nomenclatura de la flecha que determina el inicio y el final en cada segmento y se le añade una descripción adicional para ubicarla.

Por ejemplo, la "Ruta C" mostrada en el Cuadro A.7.2, se describe de la siguiente manera:

- La primera parte de esta ruta es una conexión que se aprecia en la Mapa A.7; comienza en el centro de Zaragoza con la flecha de inicio (C, 1, 1) y termina en la entrada hacia el distrito de Santiago con la Flecha (C, 1, 7).
- La siguiente es la conexión que entra y sale del distrito de Santiago. La primera flecha es (C, 1, 8) y la última es (C, 1, 24).
- Lo que sigue es entrar y salir del "Núcleo 17".
- Luego se atraviesa la conexión que va del "Núcleo 17 al 18", compuesta por las dos flechas (C, 2, 1) y (C, 2, 2).
- Se ingresa al "Núcleo 18".
- La última parte de esta ruta es una conexión indicada por las flechas (C, 3, 1) y (C, 3, 2), hasta salir a la carretera secundaria que va hacia el distrito central. Esta última conexión puede variarse cuando se recolectan reciclables para salir al distrito de La Granja donde se encontraría el centro de recuperación.

Con la ayuda del registro obtenido por el GPS y las observaciones de campo del sistema de recolección, se ha estimado cuánto se tarda en cada tramo de las rutas. Para calcular el horario para el servicio propuesto, se incrementa ese tiempo en un 15%, como factor adicional para darle holgura al sistema.

La representación gráfica de los recorridos propuestos se ilustra del Mapa A.1 al A.16.

**Cuadro A.6.1.1.** Descripción de las rutas de recolección propuestas. Rutas A y B

Núc	Ruta	Inicio					Fin					Descripción	En el sistema observado			En el sistema propuesto				
		R	S	O	R	S	O	R	S	O	Hora Inicio		Hora Fin	Duración	Duración (+15%)	Hora Inicio	Hora Fin			
1a	A	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	5:30	9:45	4:26	5:05	6:00	11:05
	A	A	0	1	A	0	2							1:15	1:48	0:33	0:37	11:05	11:43	
1b	B	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1:34	2:10	0:36	0:45	6:00	6:45	
2	B	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2:11	2:57	0:36	0:45	6:45	7:30	
	B	B	0	1	B	0	2							5:30	5:44	0:14	0:17	7:30	7:47	
15	B	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	5:44	6:27	0:31	0:38	7:47	8:26	
	B	B	1	1	B	1	4							6:27	6:33	0:06	0:07	8:26	8:33	
16	B	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	6:33	7:58	0:42	0:52	8:33	10:20	
	B	B	2	1	B	2	7							7:02	7:15	0:13	0:16	9:02	9:19	
	B	B	2	8	B	2	21							7:15	7:45	0:30	0:37	9:19	9:56	

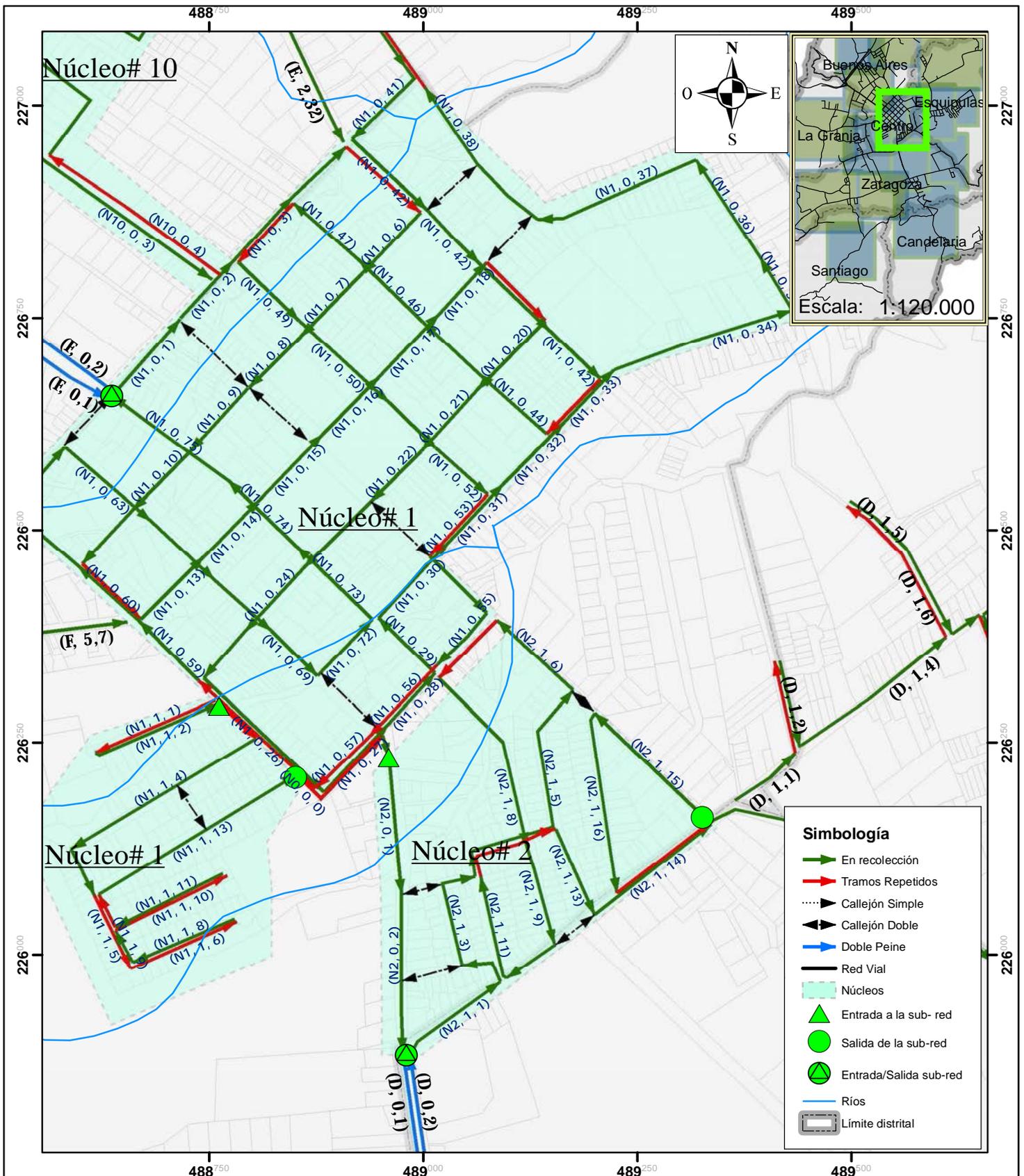
Nótese el caso particular de la Ruta B: dentro del marco de la propuesta, esta ruta termina con el "Núcleo 16" en el centro de Zaragoza; al cual se entra a las 8:33 am y se sale a las 10:20 am, finalizando la recolección. Antes de terminar este núcleo, se tiene que entrar y salir del Barrio La Unión y del Distrito de Candelaria; por esto, las horas de inicio y final de estas dos últimas conexiones están en medio del tiempo que se dispones para el "Núcleo 16".

**Cuadro A.6.2.** Descripción de las rutas de recolección propuestas. Rutas C y D

Núc	Ruta	Inicio					Fin					Descripción	En el sistema observado			En el sistema propuesto		
		R	S	O	R	S	O	R	S	O	Hora Inicio		Hora Fin	Duración	Duración (+15%)	Hora Inicio	Hora Fin	
--	C	C	1	1	C	1	7	Zaragoza al Rincón	7:59	8:51	0:27				0:33	6:00	6:33	
--	C	C	1	8	C	1	24	Entrada y salida de Santiago	2:02	3:07	1:05				1:21	6:33	7:55	
17	C	--	-	--	-	-	--	Rincón de Zaragoza	8:52	15:08	0:30				0:37	7:55	8:32	
--	C	C	2	1	C	2	2	Del Núcleo 17 al 18	9:30	9:42	0:12				0:15	8:32	8:47	
18	C	--	-	--	-	-	--	Entrada entre Calle Vargas y la escuela de Zaragoza	3:47	4:09	0:22				0:27	8:47	9:15	
--	C	C	3	1	C	3	2	Del Núcleo 18 al final de la Ruta C	9:43	9:47	0:04				0:05	9:15	9:20	
--	D	D	0	3	D	0	12	Calle Chanceros, Inicio de ruta D	9:50	10:15	0:25				0:31	6:00	6:31	
3	D	--	-	--	-	-	--	Parte central de Esquipulas	2:59	5:03	0:42				0:52	6:31	9:13	
--	D	D	1	2	D	1	3	Unión entre núcleos 3 y 4	3:34	3:39	0:05				0:06	7:06	7:12	
4	D	--	-	--	-	-	--	Zona de proyectos habitacionales en Esquipulas	3:33	4:56	1:23				1:43	7:12	8:56	
--	D	D	2	1	D	2	1	Del cruce de Esquipulas a entrada de doña Lorena (sin entrar)	10:20	10:33	0:13				0:16	9:13	9:30	
--	D	D	2	2	D	2	4	De entrada de doña Lorena a Rincón de Salas	10:36	11:01	0:25				0:31	9:30	10:01	
6	D	--	-	--	-	-	--	Nueva área cubierta: Rincón de Salas, Esquipulas			0:00				0:15	10:01	10:16	
--	D	D	3	1	D	3	5	De Rincón de Salas a doña Lorena (entrar al núcleo 5)	11:08	11:13	0:05				0:06	10:16	10:22	
5	D	--	-	--	-	-	--	Nueva área propuesta, Urbanización doña Lorena			0:00				0:20	10:22	10:42	
--	D	D	4	1	D	4	2	doña Lorena a cruce de Esquipulas	11:13	11:14	0:01				0:01	10:42	10:43	
--	D	4	4	3	4	4	3	Del cruce de Esquipulas al Centro	11:14	11:33	0:19				0:23	10:43	11:07	

Cuadro A.6.3. Descripción de las rutas de recolección propuestas. Rutas E y F

Núc	Ruta	Inicio			Fin			Descripción	En el sistema observado			En el sistema propuesto		
		R	S	O	R	S	O		Hora Inicio	Hora Fin	Duración	Duración (+15%)	Hora Inicio	Hora Fin
7	E	--	--	--	--	--	--	Norte de Buenos Aires, calle Ramírez, Barrio la "Y" Griega	5:34	6:24	0:50	0:57	6:00	6:57
--	E	E	0	1	5	0	1	Del Núcleo 7 al 8	6:24	6:31	0:07	0:08	6:57	7:06
8	E	--	--	--	--	--	--	Tres Matías, Buenos Aires	6:31	7:24	0:53	1:00	7:06	8:07
--	E	E	1	1	5	1	1	Del núcleo 8 al 9	7:24	7:32	0:08	0:10	8:07	8:17
9	E	--	--	--	--	--	--	Centro de Buenos Aires	7:32	7:45	0:13	0:14	8:17	8:32
--	E	E	2	1	E	2	3	Del Núcleo 9 a entrada de Bajo de la Cabra	7:45	8:12	0:27	0:33	8:32	9:05
--	E	E	2	4	E	2	14	Entrada y salida del Bajo de la Cabra	8:12	8:36	0:24	0:30	9:05	9:35
--	E	E	2	15	E	2	18	Entrada y salida de calle Castillo	8:36	8:52	0:16	0:20	9:35	9:55
--	E	E	2	19	E	2	22	De salida de calle Castillo a cruce de Buenos Aires	8:52	9:03	0:11	0:13	9:55	10:09
--	E	E	2	23	E	2	24	Del Cruce de Buenos Aires a entrada de Barrio	9:03	9:12	0:09	0:11	10:09	10:20
--	E	E	2	25	E	2	29	Entrada y salida de Barrio	9:12	9:24	0:12	0:15	10:20	10:35
--	E	E	2	30	E	2	32	Salida de Barrio al centro	9:24	9:37	0:19	0:23	10:35	10:59
--	F	F	0	1	F	0	2	Entrada de Fiestas Cívicas al centro y después a la entrada del Valle por ambos lados	12:57	13:03	0:12	0:15	6:00	6:15
10	F	--	--	--	--	--	--	Urbanización el Valle	12:21	12:56	0:35	0:40	6:15	6:55
--	F	F	1	1	F	1	4	Desde el núcleo 10 en doble peine por el resto de la Calle Principal Hasta el Núcleo 11	13:03	13:10	0:07	0:08	6:55	7:04
11	F	--	--	--	--	--	--	Urbanización el INVU	13:10	13:46	0:36	0:41	7:04	7:45
--	F	F	2	1	F	2	1	De Núcleo 11 al Núcleo 12	13:46	13:54	0:08	0:10	7:45	7:55
12	F	--	--	--	--	--	--	Calle Torres	13:54	14:35	0:41	0:47	7:55	8:42
--	F	F	3	1	F	3	1	De Núcleo 12 al Núcleo 13	14:35	14:38	0:03	0:03	8:42	8:46
13	F	--	--	--	--	--	--	Proyectos habitacionales de La Granja	14:38	16:15	1:09	1:19	8:46	10:05
--	F	F	4	1	F	4	2	De Núcleo 13 al Núcleo 14	16:15	16:30	0:15	0:18	10:05	10:24
14	F	--	--	--	--	--	--	Urbanización Palma Real	16:30	16:43	0:13	0:14	10:24	10:39
--	F	F	5	1	F	5	7	De Núcleo 14 al Centro (Final)	16:43	16:55	0:12	0:15	10:39	10:54



**Mapa A.1. Rutas de Recolección Propuestas**

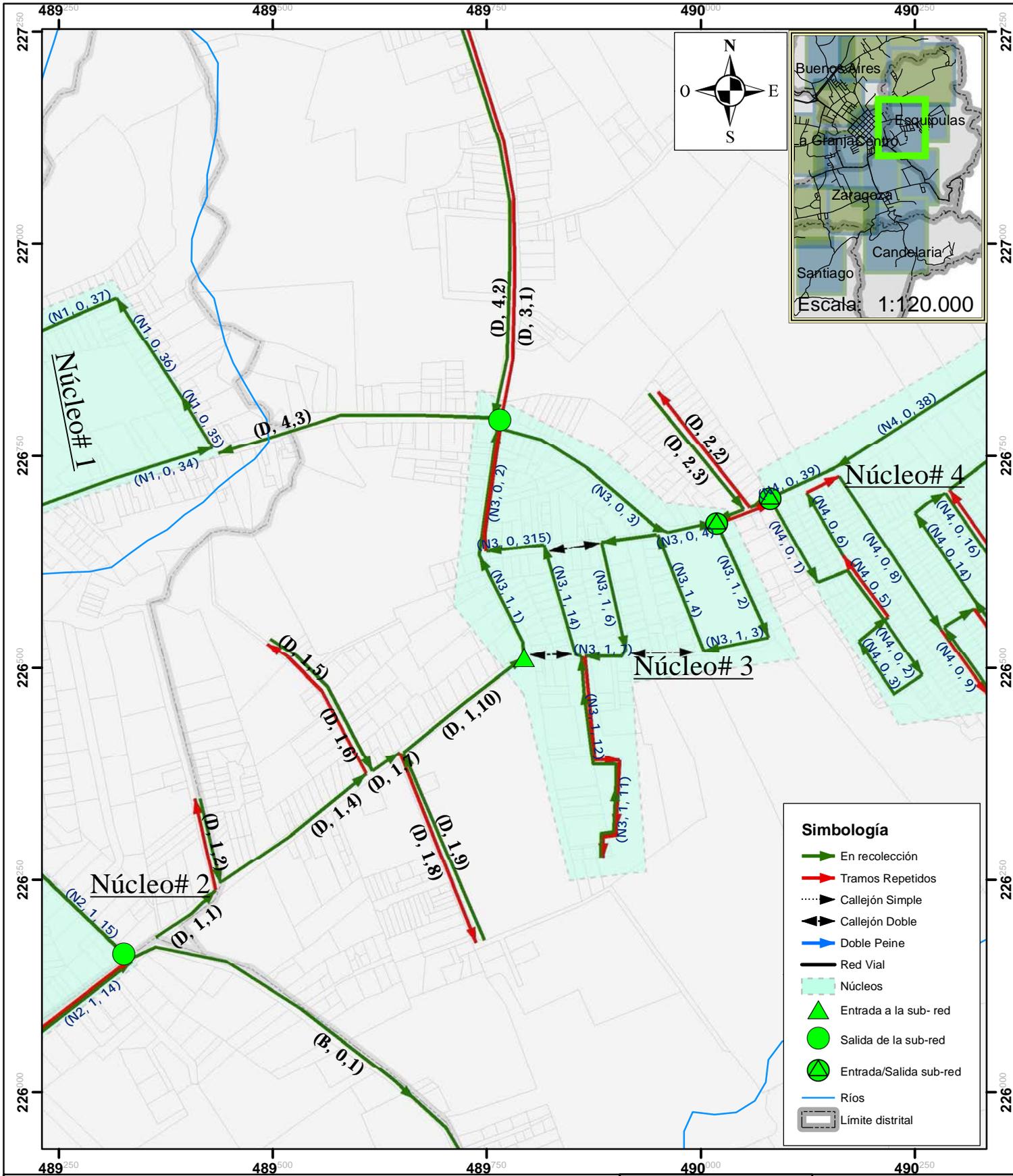


Escala: 1:6.000



Proyecto Final de Graduación,  
Diagnóstico y Recomendaciones  
para el Manejo de Residuos Sólidos  
en Palmares

Fuente: Mapas IGN, Esc. 1:5.000.  
ProDUS-UCR, 2010-2011.  
Municipalidad de Palmares



**Mapa A.2. Rutas de Recolección Propuestas**

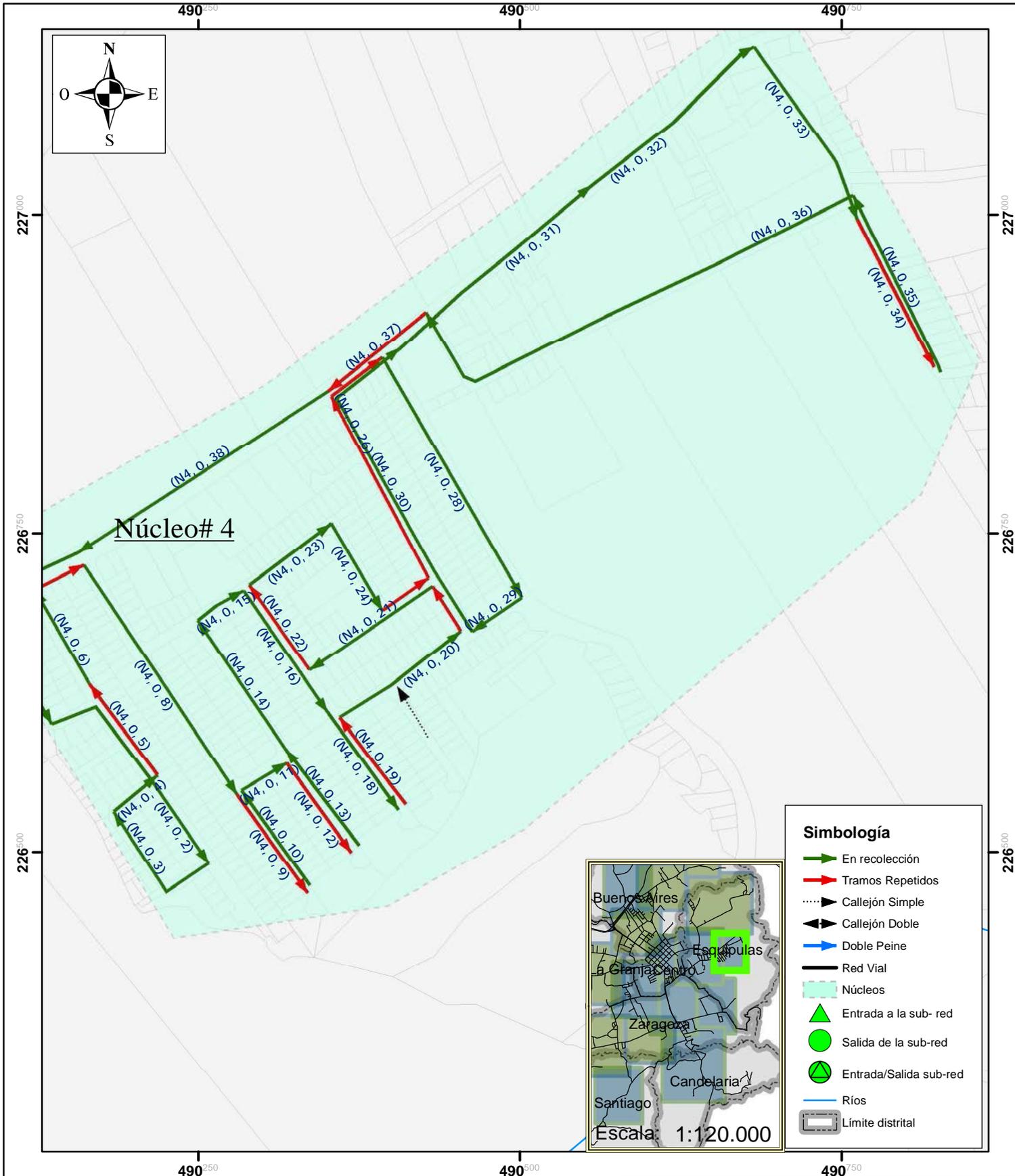


Escala: 1:6.000



Proyecto Final de Graduación,  
Diagnóstico y Recomendaciones  
para el Manejo de Residuos Sólidos  
en Palmares

Fuente: Mapas IGN, Esc. 1:5.000.  
ProDUS-UCR, 2010-2011.  
Municipalidad de Palmares



### Mapa A.3. Rutas de Recolección Propuestas

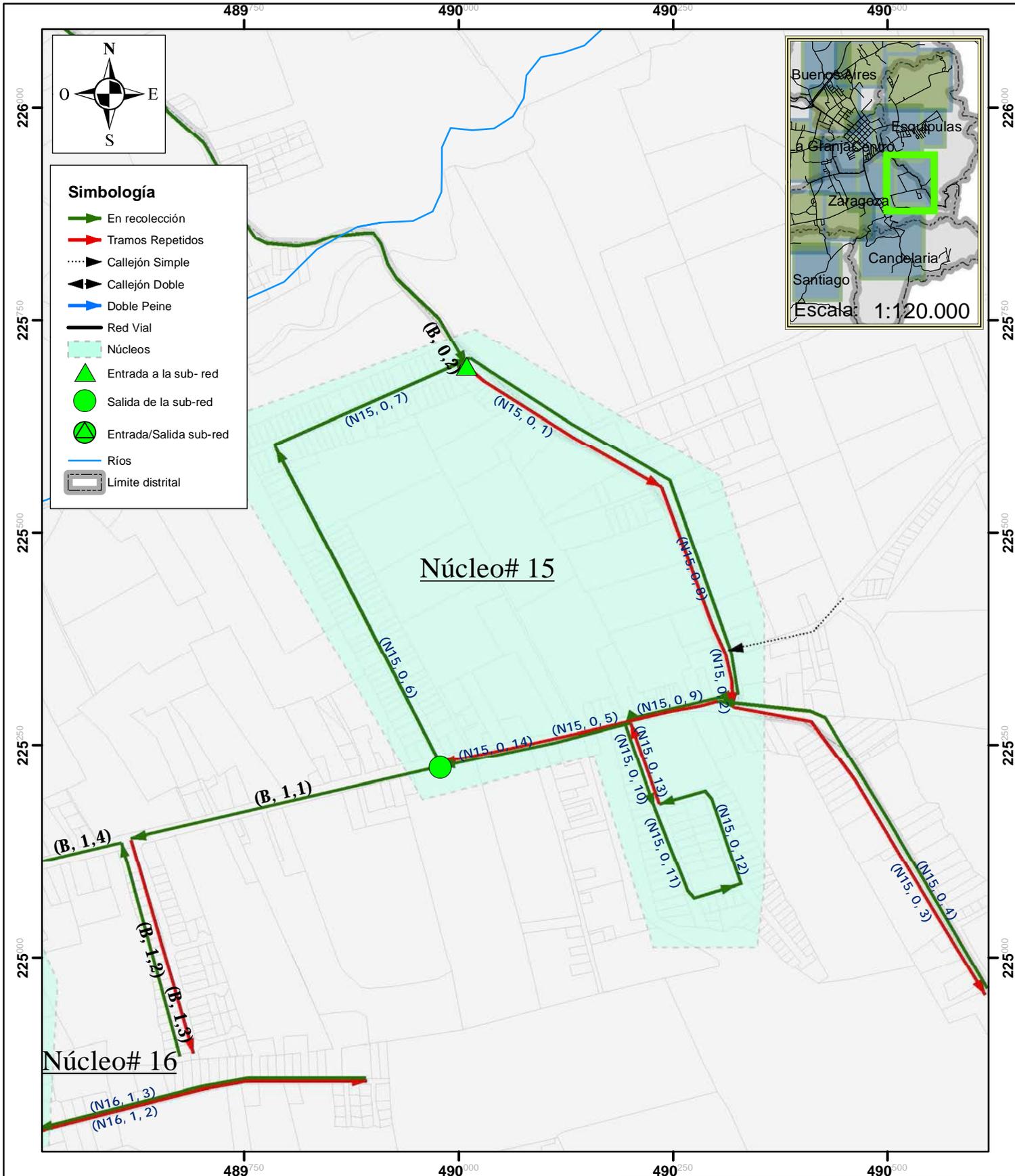


Escala: 1:4.000



Proyecto Final de Graduación,  
Diagnóstico y Recomendaciones  
para el Manejo de Residuos Sólidos  
en Palmares

Fuente: Mapas IGN, Esc. 1:5.000.  
ProDUS-UCR, 2010-2011.  
Municipalidad de Palmares



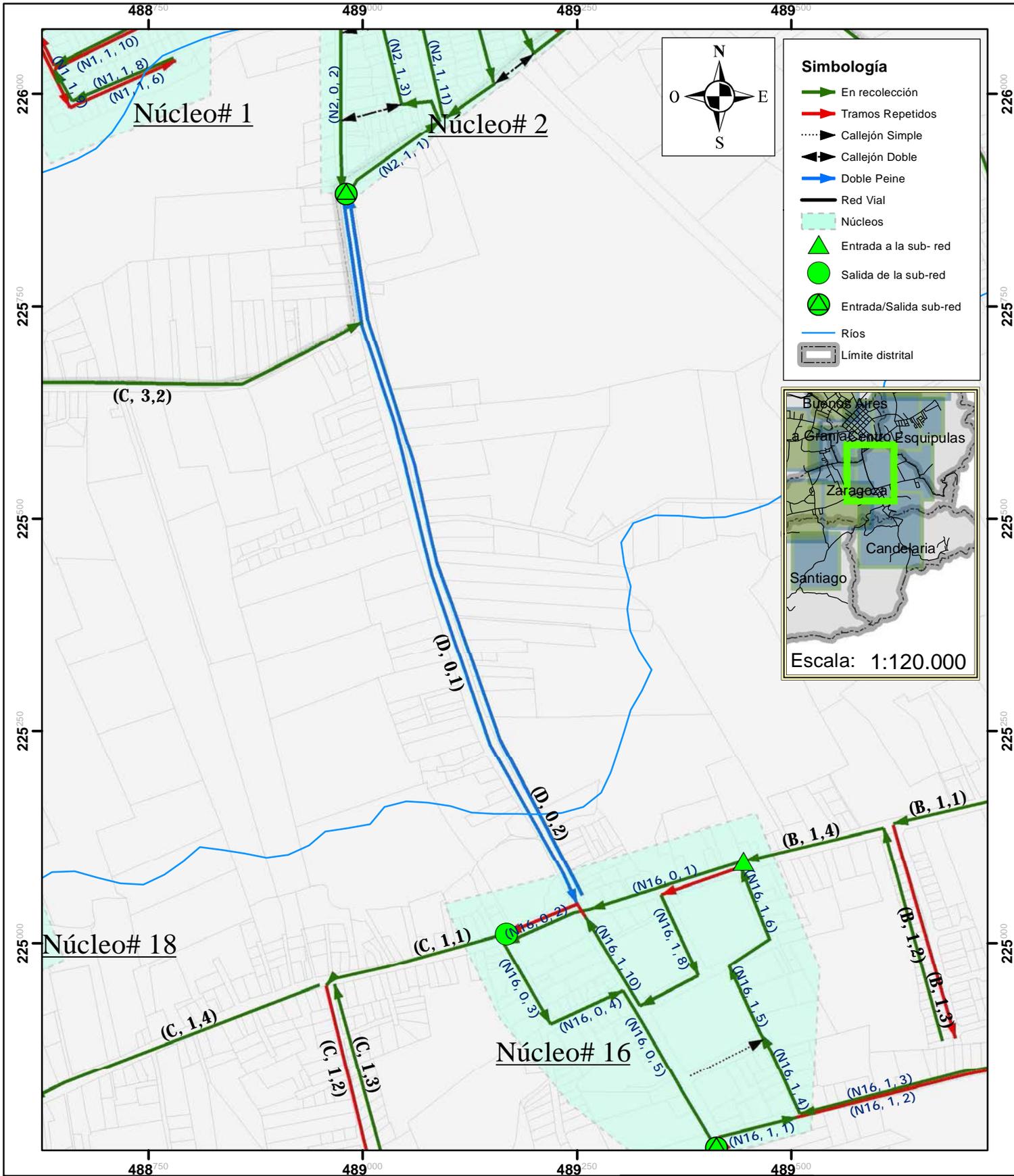
**Mapa A.4. Rutas de Recolección Propuestas**



Escala: 1:6.000

Proyecto Final de Graduación,  
Diagnóstico y Recomendaciones  
para el Manejo de Residuos Sólidos  
en Palmares

Fuente: Mapas IGN, Esc. 1:5.000.  
ProDUS-UCR, 2010-2011.  
Municipalidad de Palmares



**Mapa A.5. Rutas de Recolección Propuestas**

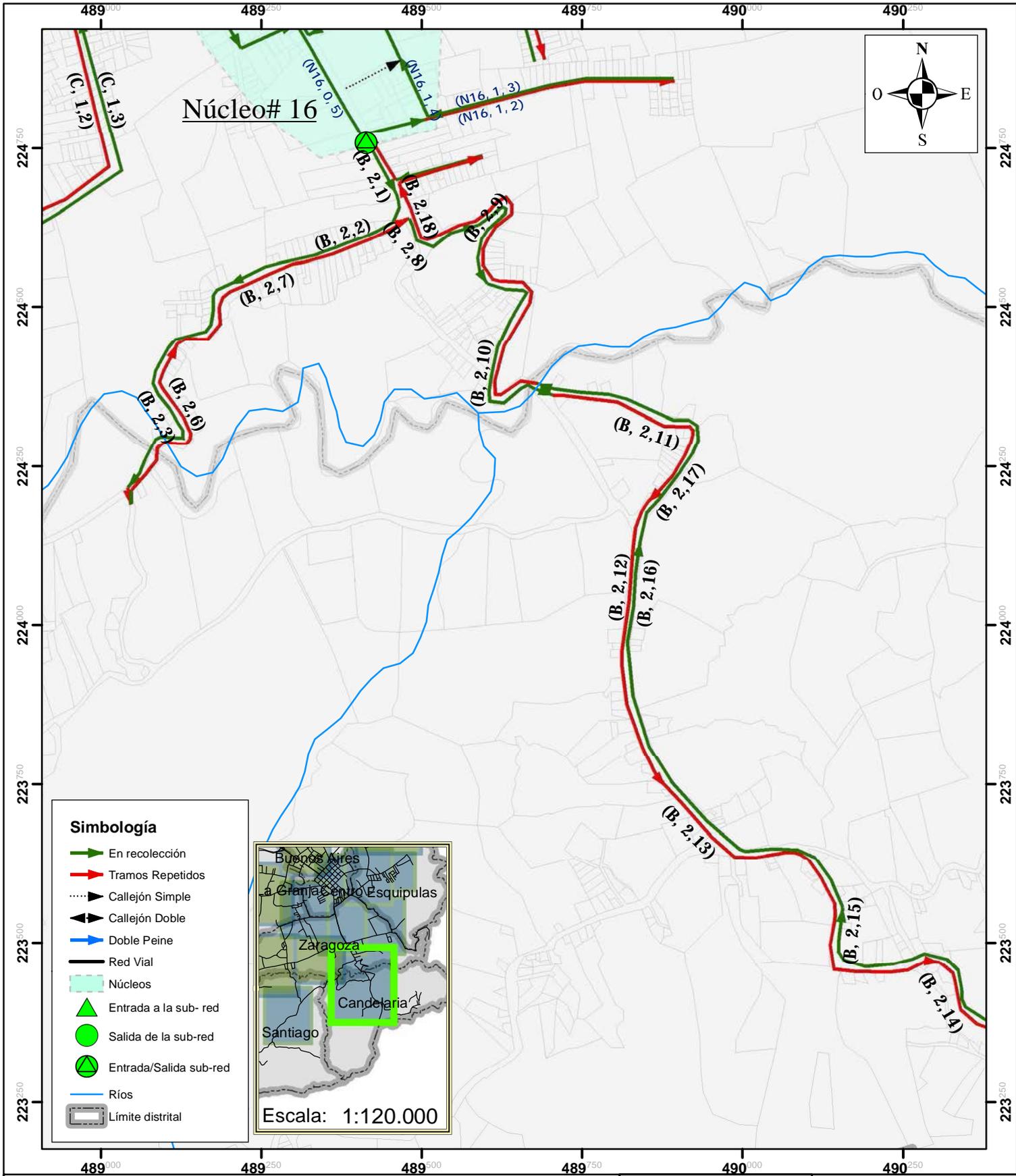


Escala: 1:6.000

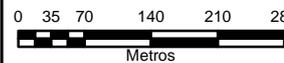


Proyecto Final de Graduación,  
Diagnóstico y Recomendaciones  
para el Manejo de Residuos Sólidos  
en Palmares

Fuente: Mapas IGN, Esc. 1:5.000.  
ProDUS-UCR, 2010-2011.  
Municipalidad de Palmares



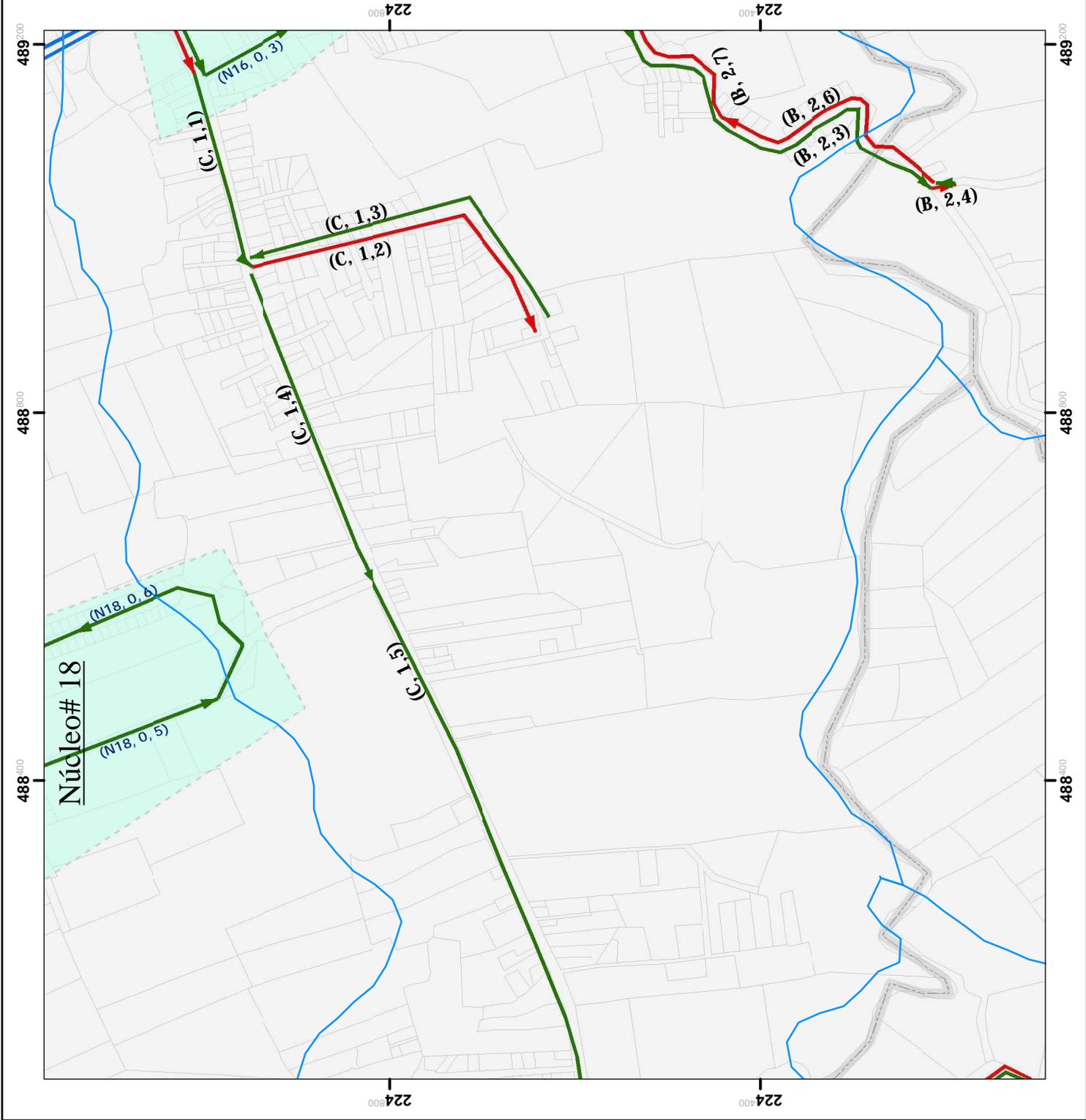
**Mapa A.6. Rutas de Recolección Propuestas**



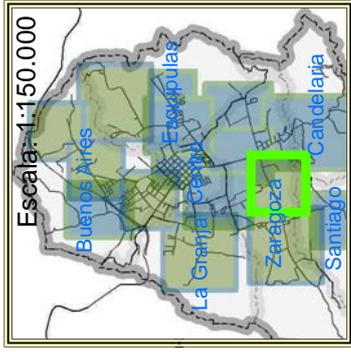
Escala: 1:8.000

Proyecto Final de Graduación,  
Diagnóstico y Recomendaciones  
para el Manejo de Residuos Sólidos  
en Palmares

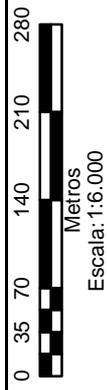
Fuente: Mapas IGN, Esc. 1:5.000.  
ProDUS-UCR, 2010-2011.  
Municipalidad de Palmares



- Simbología**
- En recolección
  - Tramos Repetidos
  - Callejón Simple
  - Callejón Doble
  - Doble Peine
  - Entrada a la sub-red
  - Salida de la sub-red
  - Entrada/Salida sub-red
  - Nucleos
  - Limite distrital
  - Rtos



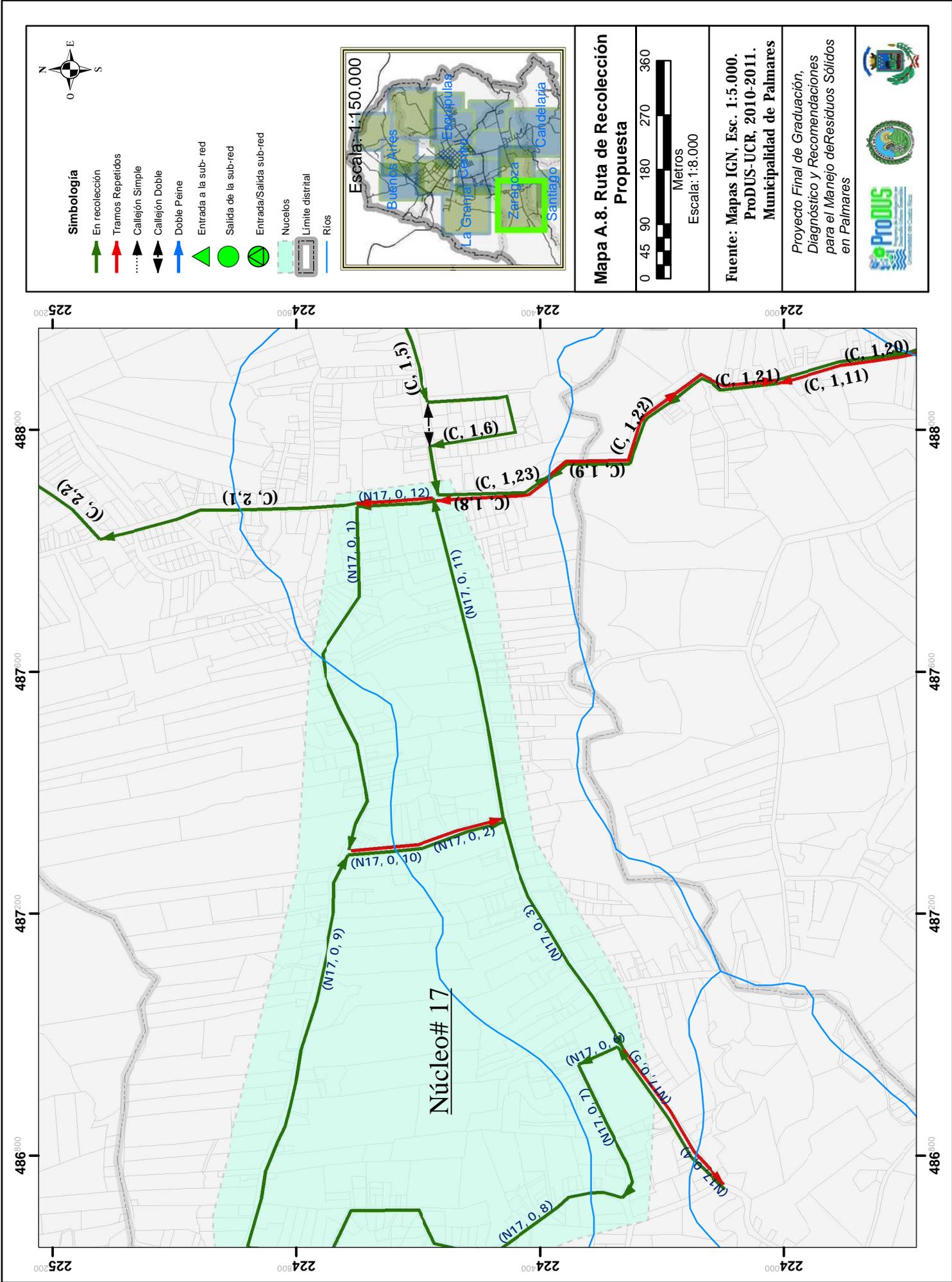
**Mapa A.7. Ruta de Recolección Propuesta**



Fuente: Mapas IGN, Esc. 1:5.000.  
 PRODUS-UCR, 2010-2011.  
 Municipalidad de Palmares

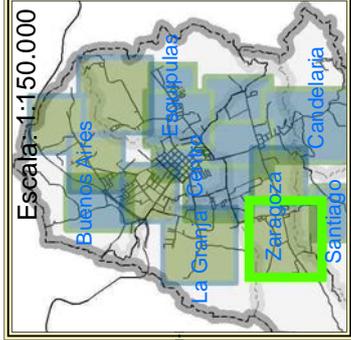
Proyecto Final de Graduación,  
 Diagnóstico y Recomendaciones  
 para el Manejo de Residuos Sólidos  
 en Palmares





**Simbología**

- En recolección
- Tramos Repetidos
- Callejón Simple
- Callejón Doble
- Doble Peaje
- Entrada a la sub-red
- Salida de la sub-red
- Entrada/Salida sub-red
- Núcleos
- Límite distrital
- Ríos



**Mapa A.8. Ruta de Recolección Propuesta**

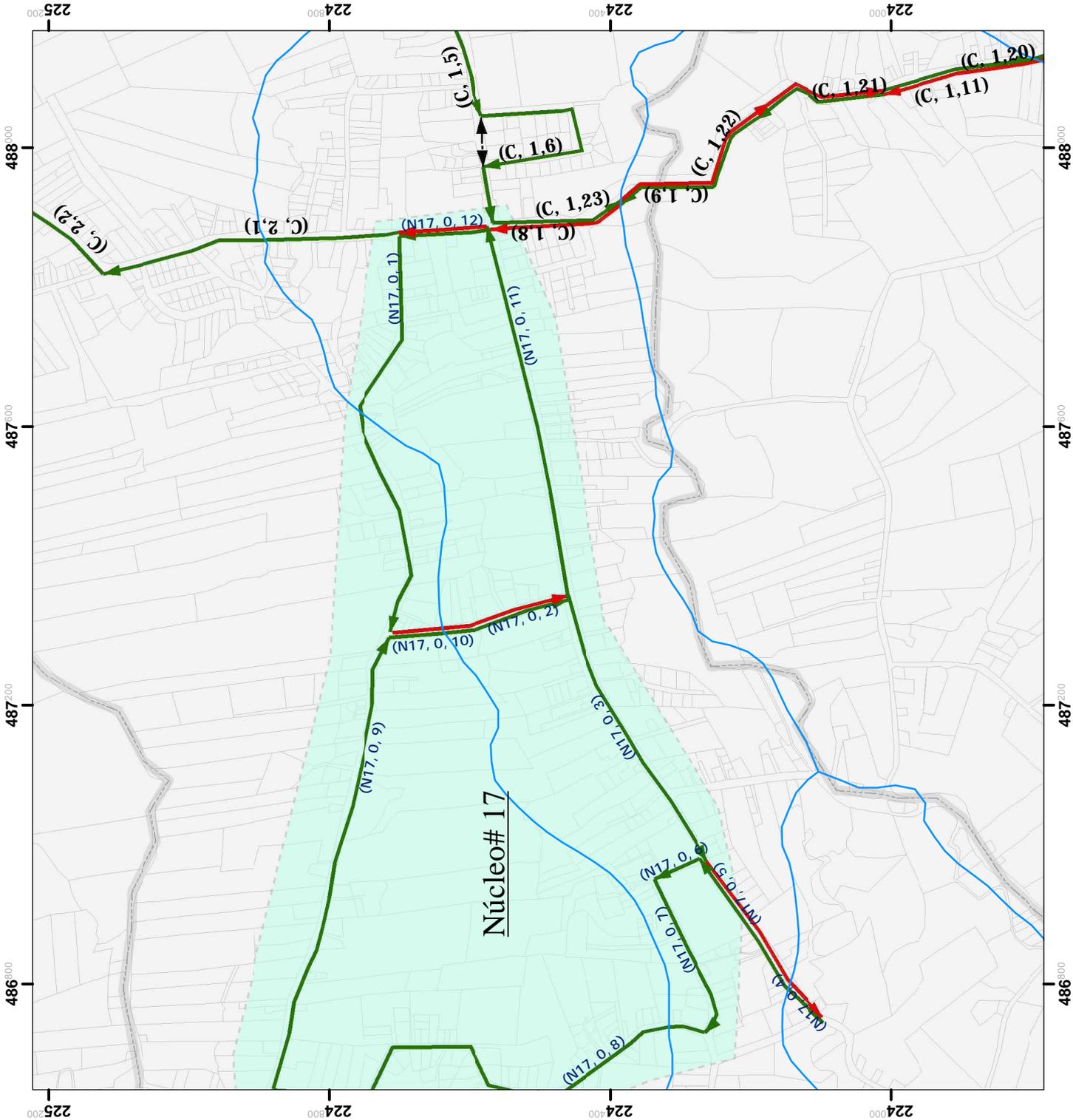


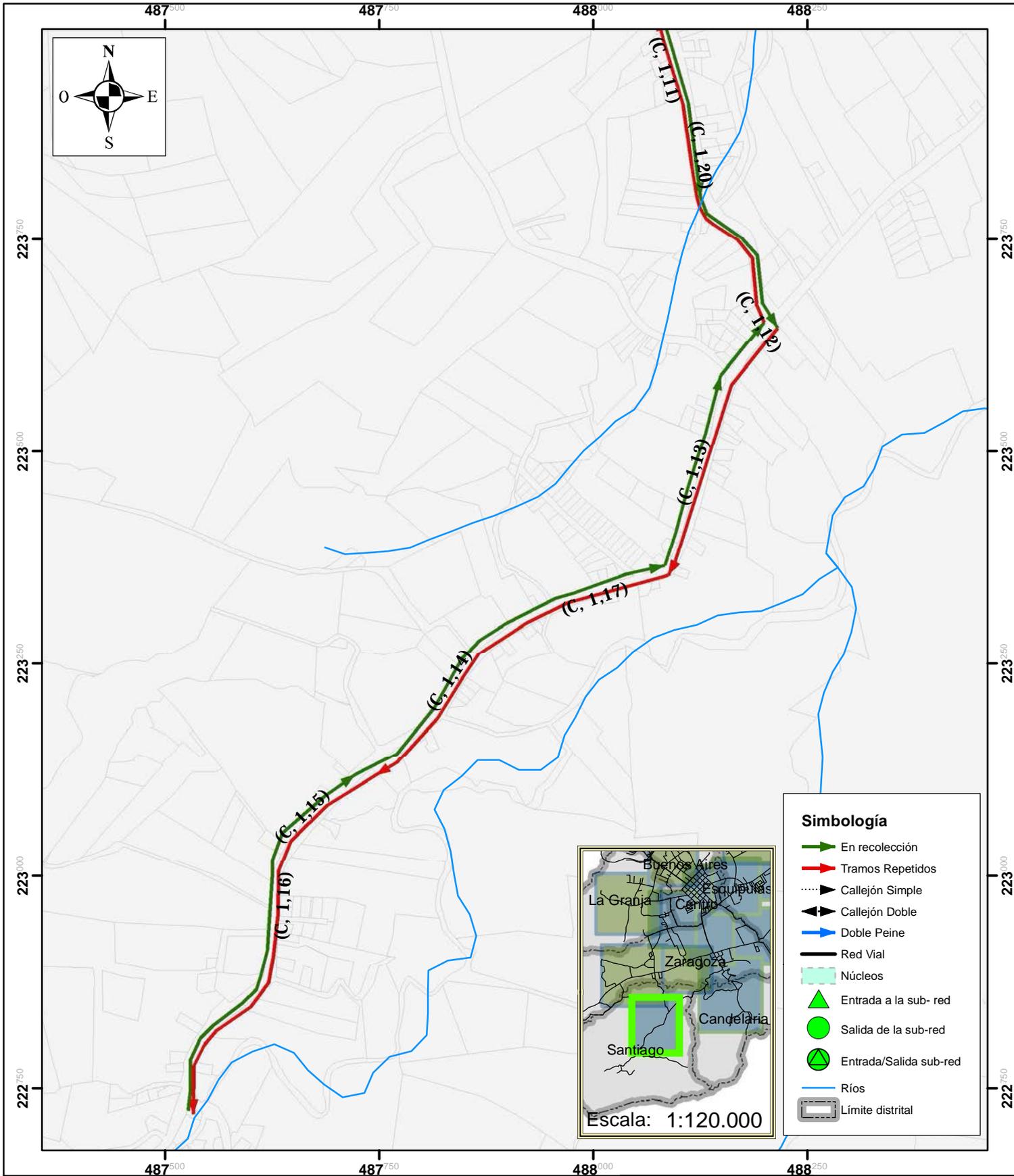
Fuente: Mapas IGN, Esc. 1:5.000.  
 PRODUS-UCR, 2010-2011.  
 Municipalidad de Palmares

Proyecto Final de Graduación,  
 Diagnóstico y Recomendaciones  
 para el Manejo de Residuos Sólidos  
 en Palmares

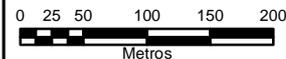


**Núcleo# 17**





**Mapa A.9. Rutas de Recolección Propuestas**

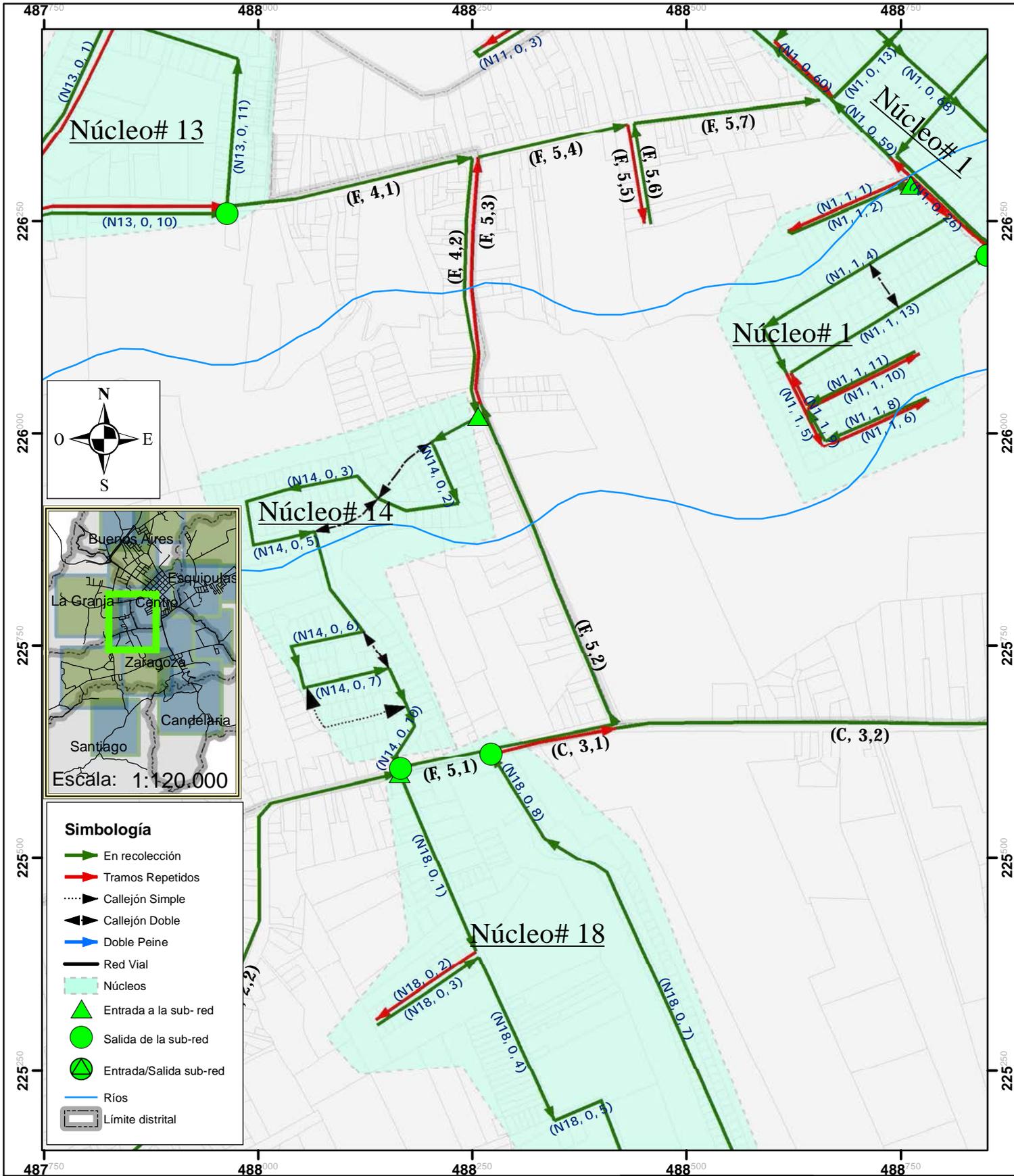


Escala: 1:6.000

Proyecto Final de Graduación,  
Diagnóstico y Recomendaciones  
para el Manejo de Residuos Sólidos  
en Palmares

Fuente: Mapas IGN, Esc. 1:5.000.  
ProDUS-UCR, 2010-2011.  
Municipalidad de Palmares





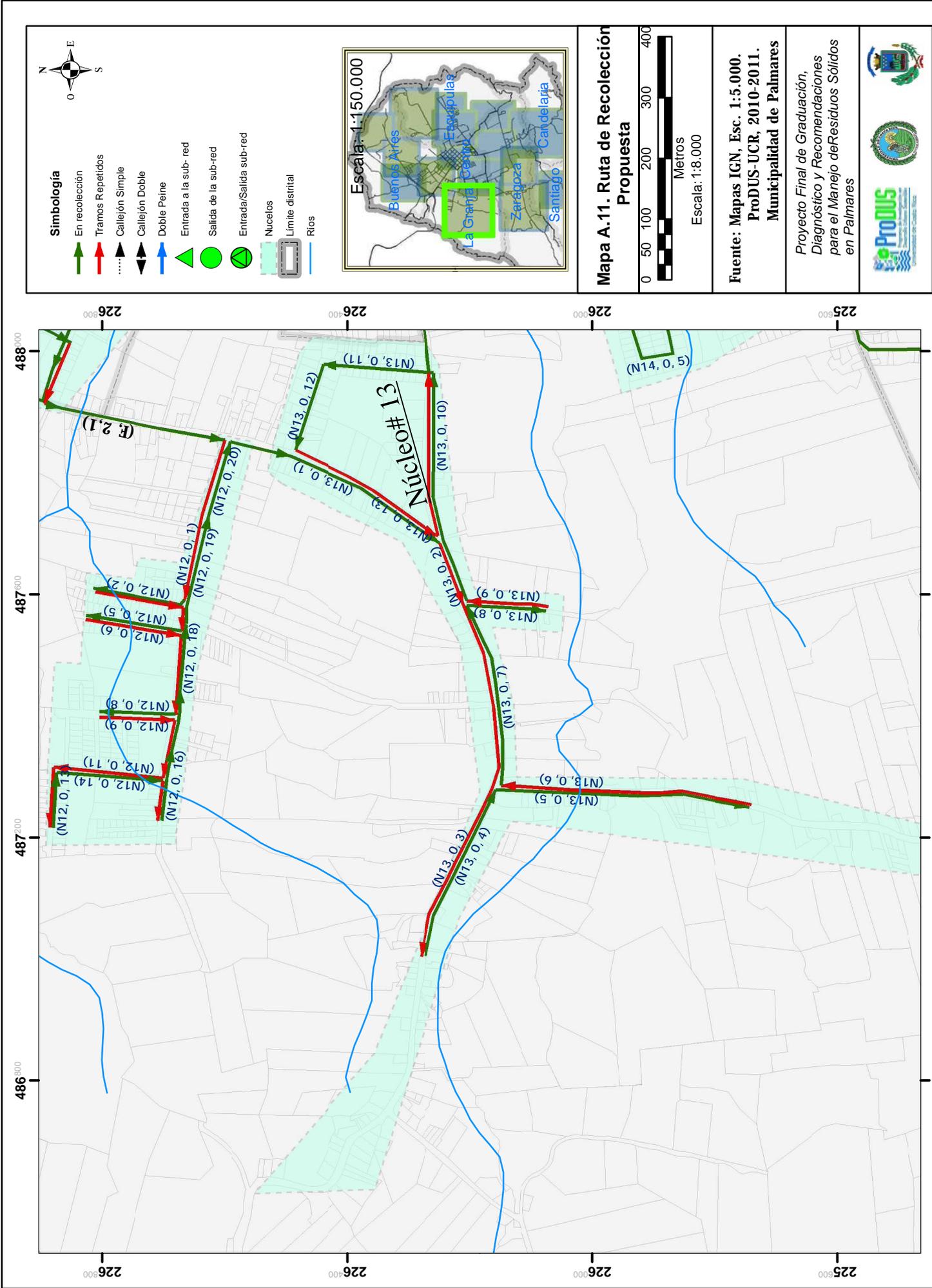
**Mapa A.10. Rutas de Recolección Propuestas**



Escala: 1:6.000

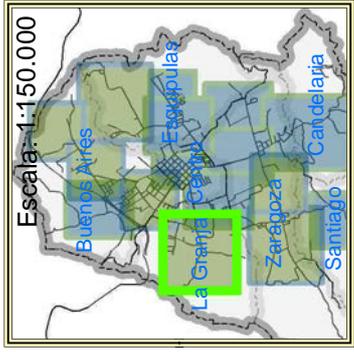
Proyecto Final de Graduación,  
Diagnóstico y Recomendaciones  
para el Manejo de Residuos Sólidos  
en Palmares

Fuente: Mapas IGN, Esc. 1:5.000.  
ProDUS-UCR, 2010-2011.  
Municipalidad de Palmares

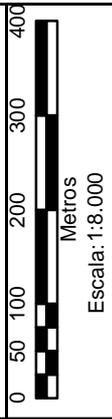


**Simbología**

- En recolección
- Tramos Repetidos
- Callejón Simple
- Callejón Doble
- Doble Peine
- Entrada a la sub-red
- Salida de la sub-red
- Entrada/Salida sub-red
- Núcleos
- Límite distrital
- Ríos



**Mapa A.11. Ruta de Recolección Propuesta**



Fuente: Mapas IGN, Esc. 1:5.000.  
 ProDUS-UCR, 2010-2011.  
 Municipalidad de Palmares

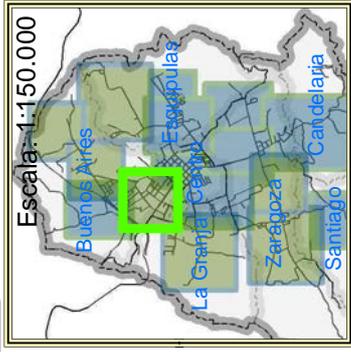
Proyecto Final de Graduación,  
 Diagnóstico y Recomendaciones  
 para el Manejo de Residuos Sólidos  
 en Palmares



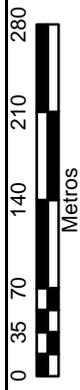


**Simbología**

- Entrada a la sub-red
- Salida de la sub-red
- Entrada/Salida sub-red
- Ríos
- En recolección
- Tramos Repetidos
- Callejón Simple
- Callejón Doble
- Doble Peine
- Nucleos
- Límite distrital

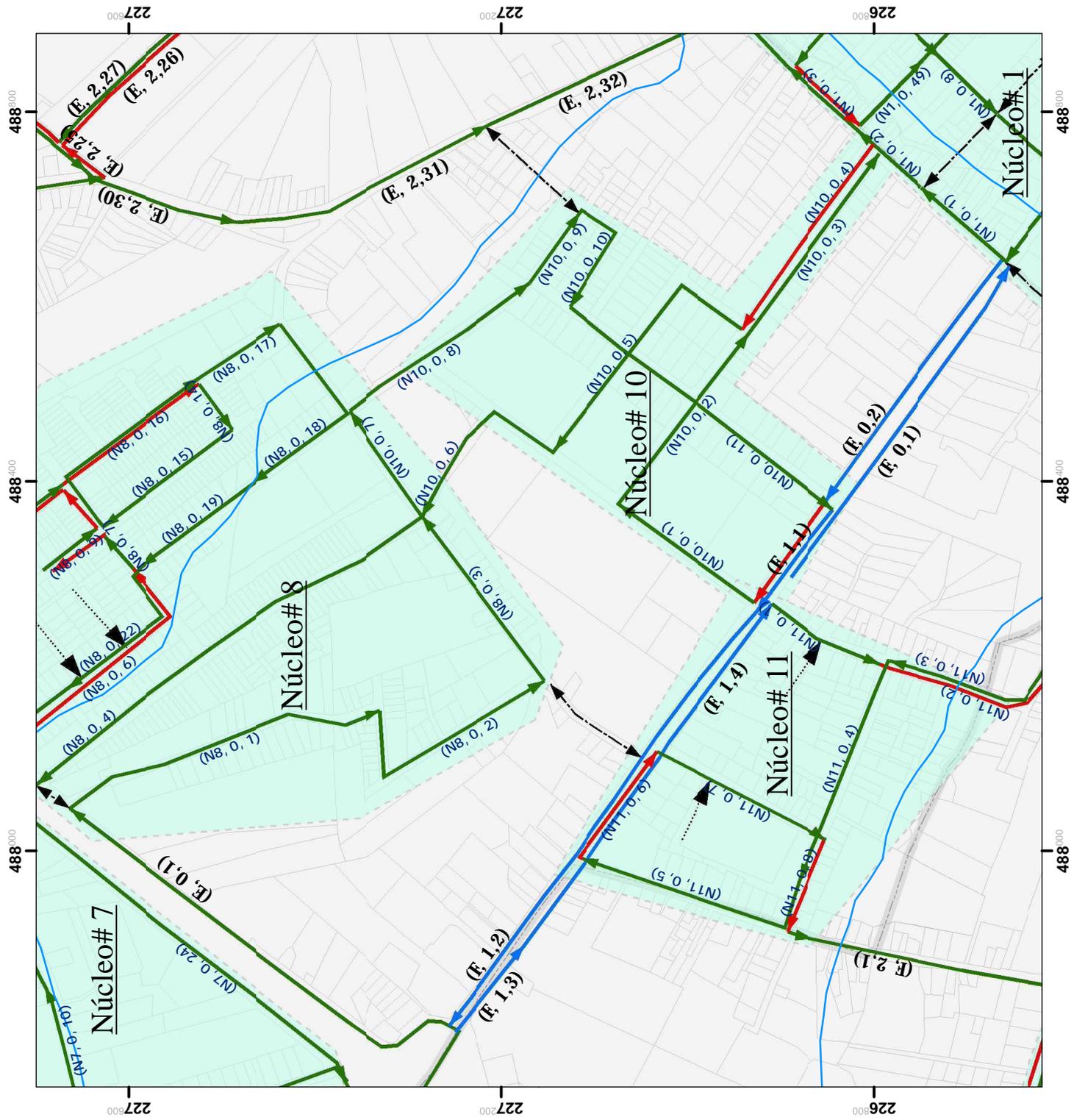


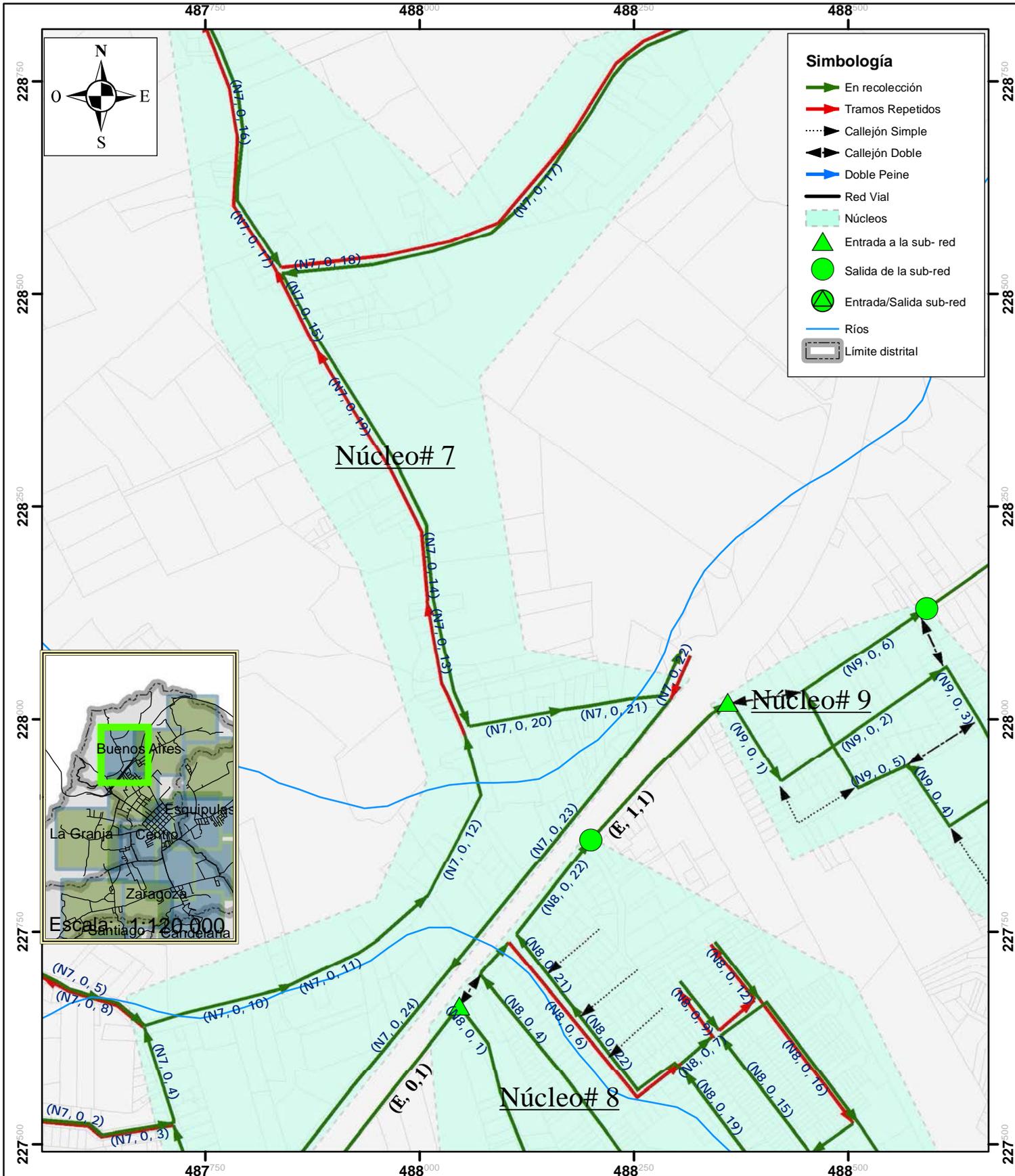
**Mapa A.12. Ruta de Recolección Propuesta**



Fuente: Mapas IGN, Esc. 1:5.000.  
PRODUS-UCR, 2010-2011.  
Municipalidad de Palmares

Proyecto Final de Graduación,  
Diagnóstico y Recomendaciones  
para el Manejo de Residuos Sólidos  
en Palmares





**Mapa A.13. Rutas de Recolección Propuestas**

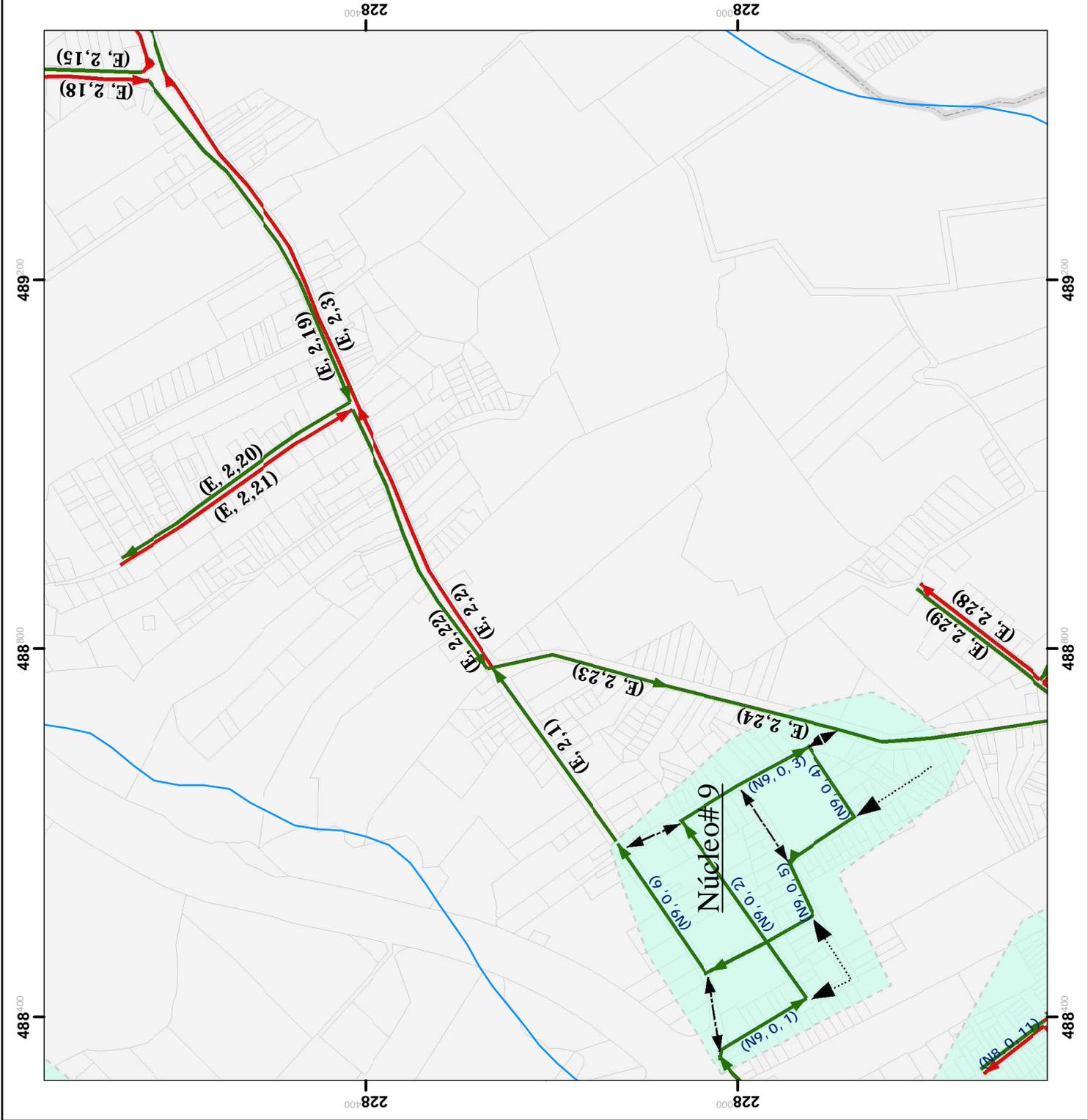


Escala: 1:6.000

Proyecto Final de Graduación,  
Diagnóstico y Recomendaciones  
para el Manejo de Residuos Sólidos  
en Palmares

Fuente: Mapas IGN, Esc. 1:5.000.  
ProDUS-UCR, 2010-2011.  
Municipalidad de Palmares

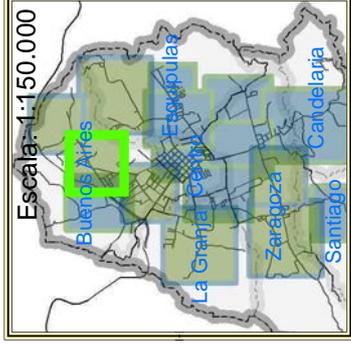




**Simbología**

- En recolección
- Tramos Repetidos
- Callejón Simple
- Callejón Doble
- Doble Peine
- Entrada a la sub-red
- Salida de la sub-red
- Entrada/Salida sub-red
- Nucleos
- Límite distrital
- Ríos

0 N  
E  
S



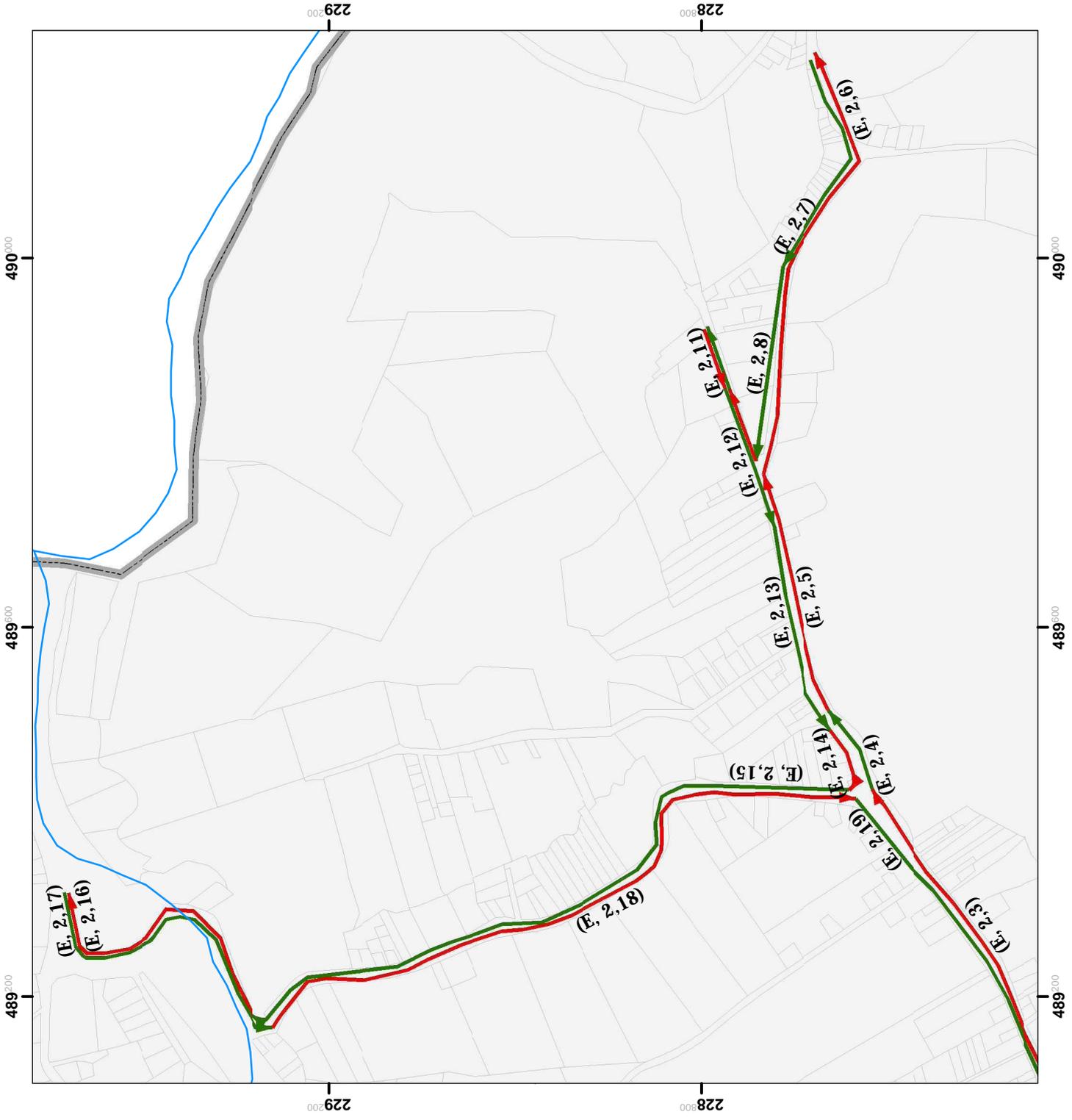
**Mapa A.14. Ruta de Recolección Propuesta**



Fuente: Mapas IGN, Esc. 1:5.000.  
 ProDUS-UCR, 2010-2011.  
 Municipalidad de Palmares

Proyecto Final de Graduación,  
 Diagnóstico y Recomendaciones  
 para el Manejo de Residuos Sólidos  
 en Palmares





**Simbología**

- En recolección
- Tramos Repetidos
- Callejón Simple
- Callejón Doble
- Doble Peine
- Entrada a la sub-red
- Salida de la sub-red
- Entrada/Salida sub-red
- Nucleos
- Límite distrital
- Ríos



**Mapa A.15. Ruta de Recolección Propuesta**

0 35 70 140 210 280  
Metros  
Escala: 1:6.000

Fuente: Mapas IGN, Esc. 1:5.000.  
 PRODUS-UCR, 2010-2011.  
 Municipalidad de Palmares

Proyecto Final de Graduación,  
 Diagnóstico y Recomendaciones  
 para el Manejo de Residuos Sólidos  
 en Palmares



