



UNIVERSIDAD LATINA CAMPUS HEREDIA
CENTRO INTERNACIONAL DE POSGRADOS

MAESTRÍA PROFESIONAL EN ADMINISTRACIÓN DE NEGOCIOS

TRABAJO FINAL DE GRADUACIÓN

“Diseño de una estrategia de operaciones que permita el manejo de los residuos comunales por parte de la Asociación de Desarrollo Integral de Villa Hermosa, ubicada en Alajuela, durante el periodo 2019-2020”

ELABORADO POR

MELISA BANEGAS SÁNCHEZ

REBECA CRUZ ESQUIVEL

HEREDIA, COSTA RICA

AÑO 2019



**UNIVERSIDAD LATINA CAMPUS HEREDIA
CENTRO INTERNACIONAL DE POSGRADOS**

**CARTA DE APROBACIÓN POR PARTE DEL TUTOR
DEL TRABAJO FINAL DE GRADUACIÓN**

Heredia, 10 de junio del 2019
Señores
Miembros del Comité de Trabajos Finales de Graduación
SD

Estimados señores:

He revisado y corregido el Trabajo Final de Graduación denominado: **"Diseño de una estrategia de operaciones que permita el manejo de los residuos comunales por parte de la Asociación de Desarrollo Integral de Villa Hermosa, ubicada en Alajuela, durante el periodo 2019-2020"**, elaborado por las estudiantes: Melisa Banegas Sánchez y Rebeca Cruz Esquivel, como requisito para que las citadas estudiantes puedan optar por el grado académico de **MÁSTER PROFESIONAL EN ADMINISTRACIÓN DE NEGOCIOS**.

Considero que dicho trabajo cumple con los requisitos formales y de contenido exigidos por la Universidad, y por tanto lo recomiendo para su entrega ante el Comité de Trabajos Finales de Graduación.

Suscribe cordialmente,

M.Sc. Luis Esteban Vargas Jiménez



**UNIVERSIDAD LATINA CAMPUS HEREDIA
CENTRO INTERNACIONAL DE POSGRADOS**

**CARTA DE APROBACIÓN POR PARTE DEL LECTOR
DEL TRABAJO FINAL DE GRADUACIÓN**

Heredia, 20 de junio del 2019
Señores
Miembros del Comité de Trabajos Finales de Graduación
SD

Estimados señores:

He revisado y corregido el Trabajo Final de Graduación denominado: **“Diseño de una estrategia de operaciones que permita el manejo de los residuos comunales por parte de la Asociación de Desarrollo Integral de Villa Hermosa, ubicada en Alajuela, durante el periodo 2019-2020”**, elaborado por las estudiantes: Melisa Banegas Sánchez y Rebeca Cruz Esquivel, como requisito para que las citadas estudiantes puedan optar por el grado académico de **MÁSTER PROFESIONAL EN ADMINISTRACIÓN DE NEGOCIOS**.

Considero que dicho trabajo cumple con los requisitos formales y de contenido exigidos por la Universidad, y por tanto lo recomiendo para su entrega ante el Comité de Trabajos Finales de Graduación.

Suscribe cordialmente,

Ing. Jean Paul San Lee Lizano, MBA



**UNIVERSIDAD LATINA CAMPUS HEREDIA
CENTRO INTERNACIONAL DE POSGRADOS**

**CARTA DE APROBACIÓN POR PARTE DEL FILÓLOGO
DEL TRABAJO FINAL DE GRADUACIÓN**

Heredia, 30 de junio del 2019

Señores
Miembros del Comité de Trabajos Finales de Graduación
SD

Estimados señores:

Leí y corregí el Trabajo Final de Graduación denominado: **“Diseño de una estrategia de operaciones que permita el manejo de los residuos comunales por parte de la Asociación de Desarrollo Integral de Villa Hermosa, ubicada en Alajuela, durante el periodo 2019-2020”**, elaborado por las estudiantes: Melisa Banegas Sánchez y Rebeca Cruz Esquivel, para optar por el grado académico de **MÁSTER PROFESIONAL EN ADMINISTRACIÓN DE NEGOCIOS**.

Corregí el trabajo en aspectos tales como: construcción de párrafos, vicios del lenguaje que se trasladan a lo escrito, ortografía, puntuación y otros relacionados con el campo filológico, y desde ese punto de vista considero que está listo para ser presentado como Trabajo Final de Graduación, por cuanto cumple con los requisitos establecidos por la Universidad.

Cordialmente,

Licda. Ginette Fonseca Vargas
Carné: 10993

DECLARACIÓN JURADA

Las suscritas, Melisa María Banegas Sánchez, con cédula de identidad número 1-1135-0721, y Rebeca Cruz Esquivel, con cédula de identidad número 4-0183-0521, declaramos bajo fe de juramento, conociendo las consecuencias penales que conlleva el delito de perjurio: Que somos las autoras del presente trabajo final de graduación, modalidad memoria, para optar por el título de **MÁSTER PROFESIONAL EN ADMINISTRACIÓN DE NEGOCIOS** de la Universidad Latina, campus Heredia, y que el contenido de dicho trabajo es obra original de las suscritas.

Heredia, siete de junio del dos mil diecinueve.



Melisa María Banegas Sánchez



Rebeca Cruz Esquivel

MANIFESTACIÓN EXONERACIÓN DE RESPONSABILIDAD

Las suscritas, Melisa María Banegas Sánchez, con cédula de identidad número 1-1135-0721, y Rebeca Cruz Esquivel con cédula de identidad número 4-0183-0521, exoneramos de toda responsabilidad a la Universidad Latina, campus Heredia, así como al Tutor y Lector que han revisado el presente trabajo final de graduación, para optar por el título de **MÁSTER PROFESIONAL EN ADMINISTRACIÓN DE NEGOCIOS** de la Universidad Latina, campus Heredia; por las manifestaciones o apreciaciones personales incluidas en él. Asimismo, autorizamos a la Universidad Latina, campus Heredia, a disponer de dicho trabajo para uso y fines de carácter académico, publicitándolo en el sitio web, así como en el CRAI.

Heredia, siete de junio del dos mil diecinueve



Melisa María Banegas Sánchez



Rebeca Cruz Esquivel

Dedicatoria

Melisa Banegas Sánchez

Dedico este proyecto a mi familia, el regalo más grande que Dios me ha dado y el motor de vida que puso en mi camino. Sin ellos esto no habría sido posible. A mi mamá y papá por apoyarme para ser una mujer fuerte e independiente y motivar siempre mi crecimiento personal y profesional. En especial a mi esposo, quien ha sido mi apoyo incondicional en este proceso y me continúa motivando a ser mejor cada día.

Rebeca Cruz Esquivel

A mi hija querida, Elena Paz. Sos la respuesta a la oración más importante de nuestras vidas. Mi mayor anhelo es verte crecer sana y feliz. También anhelo hacerte sentir orgullosa y ser ejemplo de la importancia de la educación y del crecimiento continuo, personal y profesional. Anhelo que te apasionen por la educación y eso te lleve a un camino lleno de éxitos, pero por sobre todo que lo hagas siendo muy feliz. Que Dios bendiga tu vida y tu educación. Te amo.

Agradecimiento

Melisa Banegas Sánchez

Agradezco a Dios la bendición de nacer en un país como Costa Rica y de haber contado siempre con el apoyo de mis padres, quienes vieron en la educación una herramienta para el desarrollo. Gracias a ellos conozco la importancia del esfuerzo y la dedicación. A mi hermano, por su complicidad y apoyo a lo largo de los años, porque a pesar de ser el menor, me ha enseñado muchas cosas.

A mi esposo, por ser mi compañero idóneo, mi amigo y mi inspiración. Por siempre estar ahí en cada uno de los proyectos que emprendo, por ser un aliado de la igualdad y la equidad.

A Edgar, por compartir este proyecto y dejarnos hacerlo nuestro también.

Rebeca Cruz Esquivel

Gracias a mami y a papi, por inculcarme desde niña el valor de la educación y estar siempre a mi lado en este camino. Los admiro por todo lo que construyeron por nuestra educación y la de cientos de niños. Los amo.

Gracias a mi hermana y hermano, por su constante ejemplo de dedicación y esfuerzo. Gracias por mi sobrina y mi sobrino, quienes estoy segura crecerán conscientes del papel tan importante de la educación en nuestras vidas. Los amo.

Y gracias a mi esposo, mi compañero de vida, mi mejor decisión. Gracias por ser mi apoyo incondicional, por creer en mí y recordarme que lo hiciera yo también cuando lo necesitaba. Gracias por valorarme, cuidarme y protegerme. Este logro es nuestro. Te amo.

Resumen Ejecutivo

El presente documento muestra el trabajo realizado para la Asociación de Desarrollo Integral de Villa Hermosa y Paso Flores con la colaboración del proyecto Comunidades Pioneras de Alajuela, con el objetivo de ayudar a la Junta Directiva de involucrarse en el manejo integral de residuos de la comunidad ante la necesidad de implementar un sistema de gestión integral apegado a los principios de la Ley 8839 Ley para la Gestión Integral de Residuos.

En el primer capítulo se establecen los objetivos que dirigen la investigación y análisis para el logro del diseño una estrategia de operaciones para el manejo de los residuos comunales por parte de la Asociación de Desarrollo Integral de Villa Hermosa y Paso Flores ubicada en Alajuela, durante el periodo 2019-2020.

En el segundo capítulo se desarrollarán los temas y subtemas que apoyan teóricamente el proyecto de investigación, y en el tercer capítulo se muestra la metodología para recolectar la información necesaria durante la fase de diagnóstico y evaluación, cubierta en el cuarto capítulo.

En el quinto capítulo se enumeran las conclusiones y recomendaciones de forma general y en el sexto capítulo se presenta la propuesta.

Las comunidades de Villa Hermosa, Paso Flores y Urbanización Ciruelas son las principales beneficiarias de este proyecto. Actualmente, el 56% de los residuos producidos por los vecinos corresponden a residuo orgánico, por lo que se recomienda a la Asociación enfocar sus esfuerzos en este tipo de residuos. La comunidad está comprendida de 500 familias pero de estas solo 141 casas siguen un modelo de separación de residuo orgánico que es después recogido para la producción de compost, mediante el proyecto Comunidades Pioneras. Se recomienda a la Asociación asumir el manejo de estos desechos para poder replicar este proyecto en las restantes 359 casas que forman parte de la comunidad.

Al hacer una evaluación más detallada de los procesos que involucra el manejo de los residuos orgánicos en la comunidad, se encuentran varias oportunidades de mejora en tiempos y costos de manejo. La propuesta es colocar más centros de acopio a lo largo de los barrios para hacer más eficiente el proceso de recolección, y ampliar la cobertura. Con el uso de espacios comunales y la contratación de recursos fijos es posible optimizar también el acopio de los residuos y el transporte a las fincas encargadas del compostaje.

Haciendo uso de los recursos actuales de la Asociación, enfocando sus esfuerzos en procesos que puede asumir y aprovechando alianzas para aquellos procesos para los cuales no cuenta con los recursos o la experiencia, la Asociación puede experimentar mejoras considerables. Además de una propuesta de mejora respecto a los procesos, en el diseño de la estrategia, también se aporta una visualización del sistema económico e indicadores que contribuyen a darle sostenibilidad al proyecto.

TABLA DE CONTENIDOS

Capítulo I: Problema y Propósito.....	15
1.1 Estado actual de la investigación	16
1.2 Planteamiento del problema.....	18
1.3 Justificación.....	19
1.4 Objetivo general y específicos	22
1.4.1 Objetivo general.....	22
1.4.2 Objetivos específicos:.....	22
Capítulo II: Fundamentación Teórica	23
2.1 Conceptos Relacionados a Procesos.....	24
2.1.1 Diseño de procesos	24
2.1.2 Reingeniería de Procesos	26
2.1.3 Análisis de procesos.....	26
2.1.4 Herramientas de análisis de procesos.....	26
2.2 Conceptos relacionados a Sistema de Costos.....	29
2.2.1 Sistemas por procedimientos de control.....	30
2.2.2 Sistemas por técnicas de valuación.....	31
2.2.3 Sistemas por el tratamiento de costos fijos	31
2.2.4 Sistemas según el método	32
2.3 Conceptos relacionados a Indicadores	33
2.3.1 Indicadores de Eficacia.....	33
2.3.2 Indicadores de Eficiencia	34
2.3.3 Indicadores de Calidad	34
2.3.4 Indicadores de Economía	35
2.4 Conceptos relacionados con el manejo de residuos sólidos	36
2.4.1 Clasificación de Residuos.....	36
2.4.2 Jerarquía en la Gestión de Residuos.....	36
Capítulo III: Metodología	43
3.1 Enfoque metodológico y el método seleccionado	44
3.2 Descripción del contexto o del sitio en dónde se lleva a cabo el estudio .	45

3.3	Las características de los participantes y las fuentes de información	46
3.4	Las técnicas e instrumentos para la recolección de los datos.....	46
3.5	Descripción operacional de las variables	47
Capítulo IV. Análisis e interpretación de resultados		50
4.1	Análisis de los procesos actuales de manejo de los residuos.....	51
4.1.1	Proceso actual de recolección de residuos orgánicos	51
4.1.2	Análisis de Causa Raíz.....	59
4.1.3	Análisis de priorización de causas.....	64
4.2	Identificar cualitativa y cuantitativamente los residuos	66
4.3	Análisis de costos del manejo actual de residuos orgánicos.....	75
Capítulo V: Conclusiones y Recomendaciones.....		80
5.1	Conclusiones.....	81
5.2	Recomendaciones.....	82
Capítulo VI: Propuesta		84
6.1	Justificación de la propuesta	85
6.2	Descripción de la propuesta.....	85
6.2.1	Metodología y procesos.....	85
6.2.2	Estructura económica	96
6.2.3	Definición de indicadores.....	100
6.3	Cronograma de implementación	105
6.3.1	Planeación	105
6.3.2	Diagnóstico	105
6.3.3	Implementación	106
Bibliografía		107
7.1	Bibliografía Citada.....	107
7.2	Disponible en Internet	108

ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico 1: Recolección de residuos	56
Gráfico 2 Pareto de Causas.....	65
Gráfico 3: Clasificación de residuos.....	74
Gráfico 4: Distribución semanal de costos	79

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Descripción operacional de las variables	47
Tabla 2: Distribución de casas participantes por método de recolección.....	52
Tabla 3: Recolección de residuos orgánicos.....	54
Tabla 4: Matriz de análisis de causas.....	61
Tabla 5: Caracterización de residuos en las casas del muestreo	69
Tabla 6: Residuos valorizables de otros residuos	71
Tabla 7: Costo reportado de instalación de centro de acopio	76
Tabla 8: Costo reportado y real de instalación de centro de acopio	77
Tabla 9: Costo semanal reportado y real del manejo de residuos orgánicos.....	77
Tabla 10: Comparación de tiempo y costos por tipo de recolección.....	88
Tabla 11: Distribución de estañones por centro de consolidación	95
Tabla 12: Resumen de mejora de tiempos con el nuevo proceso	95
Tabla 13: Costo unitario de instalación de centro de acopio	96
Tabla 14: Inversión instalación centros de acopio.....	97
Tabla 15: Evolución de los costos semanales Fases 1 a 3	97
Tabla 16: Costo semanal manejo de residuos orgánicos.....	99

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Jerarquía de la gestión de residuos Ley 8839	17
Figura 2: Costos operativos y beneficios ambientales por tonelada.....	21
Figura 3: Principales decisiones para procesos	25
Figura 4: Figuras de diagramas de flujo	27
Figura 5: Ejemplo de Diagrama de Ishikawa.....	28
Figura 6: Diagrama de Pareto.....	29
Figura 7: Ciclo de producción ideal.....	39
Figura 8: Fases del proceso de Compostaje.....	41
Figura 9: Ubicación de los Centros de Acopio Proyecto Comunidades Pioneras.....	53
Figura 10: Mapa ruta recolección de residuos	55
Figura 11: Diagrama de flujo	58
Figura 12: Diagrama de Ishikawa	59
Figura 13: Análisis de causa raíz	60
Figura 14: Matriz de priorización de soluciones	66
Figura 15: Mapa de casas participantes del muestreo.....	68
Figura 16: Estructura organizacional.....	86
Figura 17: Ubicación Centros de Acopio Fase 1.....	90
Figura 18: Ubicación Centros de Acopio Fase 2.....	91
Figura 19: Ubicación Centros de Acopio Fase 3.....	92
Figura 20: Ubicación Centros de Acopio Fase 4.....	93
Figura 21: Ubicación de los centros de consolidación de centros de acopio	94

Capítulo I: Problema y Propósito

1.1 Estado actual de la investigación

En Costa Rica, uno de los principales problemas ambientales que enfrenta la ciudadanía es el manejo inadecuado de los residuos. Según el diagnóstico realizado por el Ministerio de Salud, como parte de la elaboración del plan nacional de gestión integral de residuos, aproximadamente el 82% de los residuos podrían ser reciclado o reutilizado (55% corresponde a residuos orgánicos, 15,5% a papel y cartón y 11,5% a plásticos), en lugar de estar siendo entregado a rellenos sanitarios. Aunque la generación de residuos ha disminuido, la cantidad de residuos ordinarios que son recolectados por las municipalidades es bastante alta. En el 2006, se generaban 3784 toneladas de residuos ordinarios por día, 2.7 veces más de lo que se generaba en 1991; y para el 2014 se generaba 4000 toneladas diarias (Ministerio de Salud, 2016, p.13).

En Alajuela, la recolección de residuos está manejada por Rabsa y Empresas Berthier EBI, casi en su totalidad. Se producen 204 toneladas de basura diaria, por las que se pagan alrededor de 2000 millones de colones anuales para su manejo. Los ciudadanos están acostumbrados a que les recojan su basura en la puerta de la casa, y no están acostumbrados a separar residuos. El diagnóstico realizado por la Municipalidad de este cantón indicó que para el 2012 se generaban 204.62 toneladas diarias y aproximadamente el 71% (51.1% biodegradable, pape/cartón 7.5%, plástico 12.6%) podría ser reciclado o reutilizado (Municipalidad de Alajuela, 2013, p.9). Es importante recalcar que los residuos biodegradables son los de mayor poder contaminante y además, los que más se producen en los hogares.

En el 2010, se promulga la ley 8839 Ley para la Gestión Integral de Residuos con el objeto de “regular la gestión integral de residuos y el uso eficiente de los recursos, mediante la planificación y ejecución de acciones regulatorias, operativas, financieras, administrativas, educativas, ambientales y saludables de monitoreo y evaluación” (Ley N° 8839, 2010, art. 1), ante la creciente preocupación por el ambiente y el agotamiento de los rellenos sanitarios. Aun así, diez años después, el manejo de los residuos sólidos domiciliarios dista de tener un manejo integral.

La Ley 8893 incorpora elementos super valiosos como el establecimiento de una responsabilidad compartida por parte de los productores, importadores de bienes, consumidores, autoridades, gestores, etcétera, contribuyendo al cambio de paradigma con respecto al manejo tradicional de los residuos. Pone un énfasis especial en la participación ciudadana, incluso priorizando los esfuerzos comunales y ordenando al Ministerio de Salud y las municipalidades a “Apoyar a los grupos sociales organizados en la realización de programas, proyectos y otras iniciativas sociales para la gestión integral de residuo” (Ley N° 8839, 2010, art. 3). Por primera vez, se ve a la comunidad como un participante activo en la solución de los problemas asociados con el manejo de residuos.

Adicionalmente, la ley establece el orden jerárquico en el que se debe realizar la gestión de residuos, iniciando por la reducción al máximo de residuos desde su origen, pasando por la reutilización, valorización y tratamiento con el objetivo de disponer la menor cantidad de residuos (Ley N° 8839, 2010, art. 4). En Costa Rica, la pirámide esta invertida y lo que se busca es poder revertirla para evitar la concentración tan alta de residuos.



Figura 1: Jerarquía de la gestión de residuos Ley 8839

Fuente: Programa CYMA (2012) Adaptado de Centro Nacional de Producción Más Limpia (CNP+L).

Las comunidades de Villa Hermosa y Paso Flores son comunidades pioneras en el esfuerzo de un manejo integral de los residuos gracias a su participación en el Proyecto Comunidades Pioneras. La Asociación Integral de Desarrollo requiere ayuda para dar el siguiente paso de establecer procesos y revisar la factibilidad de formalizar y escalar este proyecto, después de cinco años de aprendizaje, para llevar este proyecto al siguiente nivel.

La Junta Directiva ha expresado que los esfuerzos realizados por el Ministerio de Salud y la municipalidad no son suficientes para poder resolver el problema de manejo inadecuado de los residuos. Sin una educación adecuada, la solución más fácil es el de sacar la basura cuando pasa el camión y pagarle a la municipalidad por ese servicio. La experiencia de proyectos como Comunidades Pioneras ha motivado a la Asociación de Desarrollo Integral (ADI) a tomar cartas en el asunto y trabajar con la comunidad y otros actores de la sociedad civil para abordar el manejo de los residuos de forma integral y sostenible.

1.2 Planteamiento del problema

La ADI requiere ayuda para definir una estrategia de operaciones que le permita apoyar la iniciativa Comunidades Pioneras desde sus programas para el periodo 2019-2020, con la creación de una unidad de autogestión comunal de los residuos para aportar sostenibilidad al proyecto y la capacidad de escalar el trabajo que varias familias de la comunidad han iniciado mediante la separación de los residuos orgánicos. La ADI ha decidido tomar la facultad brindada por la ley de gestión integral de residuos para trabajar activamente a aportar soluciones al problema de la basura en la comunidad.

El Proyecto Comunidades Pioneras es un emprendimiento comunal en tres comunidades del cantón central de Alajuela (Villa Hermosa, Paso Flores y Urbanización Ciruelas) para la recolección y reutilización de residuos orgánicos. Mediante la participación ciudadana de 150 familias y 6 centros de acopio, se recoge hasta 3 toneladas semanales de basura orgánica que después se procesa en una finca en Santa Bárbara para la producción de compost. El principal reto que tiene la

Asociación es que el proyecto que desean apoyar e incorporar como parte de su gestión carece de una estrategia operativa y de la factibilidad económica para poder ser asumida por esta Asociación y ser la guía que puedan utilizar otras asociaciones de desarrollo para contribuir con el problema de manejo inadecuado de residuos.

Actualmente, además de la experiencia de Comunidades Pioneras, no hay un manejo integral del residuo según lo indicado en la ley. En las comunidades objeto de la investigación, el camión de la basura municipal pasa a recoger dos veces por semana los residuos, que después son trasladados a un relleno sanitario en Miramar de Puntarenas. No hay separación de residuos ni promoción del reciclaje y de la reutilización de los residuos por parte de los entes públicos. Una vez cada quince días pasa un camión a recoger residuos valorizables (no orgánicos), sin embargo, los vecinos nos han comentado que ninguno separa ya que desconocen muy bien el propósito o que se puede enviar en el camión.

Los afectados corresponden a las comunidades de Villa Hermosa, Paso Flores y Ciruelas, que agrupan alrededor de 500 familias. En caso de no realizarse el proyecto, se corre el riesgo de perder el avance realizado en estos últimos años y se continuaría con un modelo ineficiente del manejo de residuos con el correspondiente daño al ambiente.

1.3 Justificación

El poder establecer un proceso que permita la sostenibilidad y factibilidad económica de este sistema de autogestión de los residuos por parte de la comunidad, facilitado por la Asociación de Desarrollo, es de vital importancia en la solución de la problemática de manejo inadecuado de los recursos. La gestión comunal puede contribuir con el cambio de paradigma respecto a la forma de gestionar los residuos como lo plantea la legislación. La cercanía de la Asociación con la comunidad tiene un potencial educativo y de cambio de hábitos invaluable como lo ha demostrado la experiencia del Proyecto Comunidades Pioneras hasta ese momento.

Adicionalmente, gracias al trabajo del Dr. Jeffrey Morris, de Sound Resource Management, en Washington, sabemos que el potencial beneficio del compostaje como alternativa al tratamiento de los residuos es mayor que el de cualquier otro método. El Dr. Morris desarrolló un calculador que permite comparar los costos y beneficios ambientales de diferentes prácticas de manejo del residuo biodegradable. El modelo de Excel creado por Morris es construido a partir de años de investigación y colaboración con organismos y especialistas en el tema.

El calculador utiliza la información en toneladas, pero es traducida a una medida mucho más fácil de entender y comparar, dólares. La estimación del valor de cada agente contaminador se realiza a partir del costo que tiene en el ambiente y la salud de los individuos. Los beneficios de cada proceso también son analizados y asignados un valor.

Como se puede apreciar en la tabla a continuación, el compost produce el mayor beneficio ambiental, \$44 por tonelada, a uno de los menores costos operativos, haciendo del compost la mejor opción para el manejo de residuos sólidos biodegradables (Morawski, 2008).

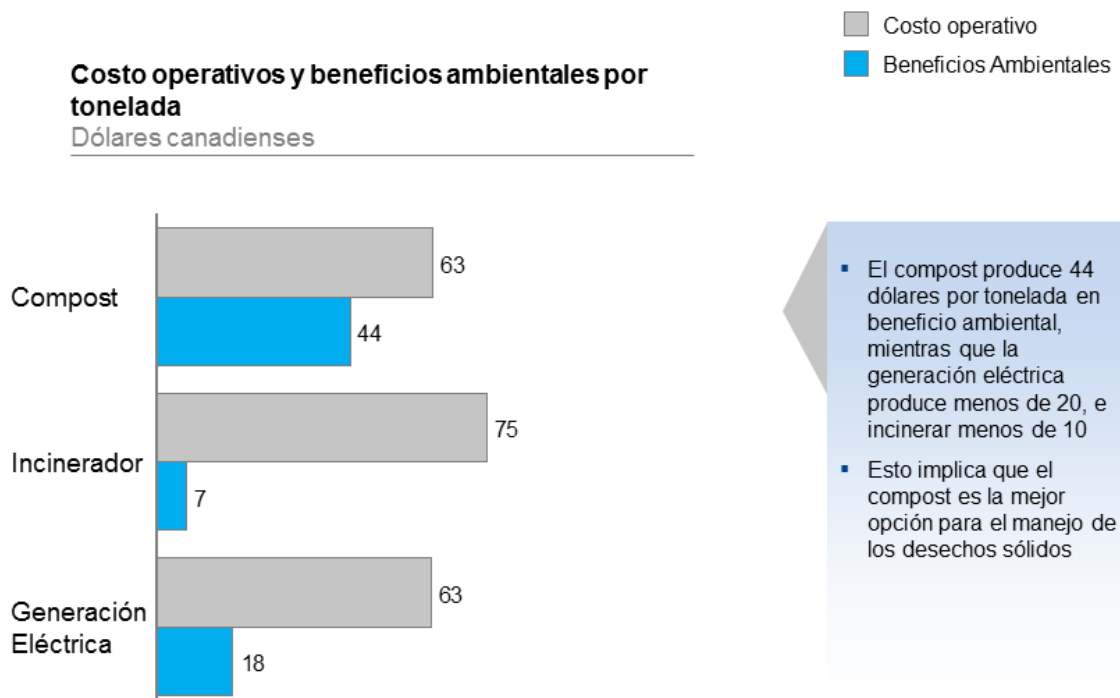


Figura 2: Costos operativos y beneficios ambientales por tonelada

Fuente: Realización propia con datos de Composting — Best Bang for MSW Management Buck, 2008.

A pesar de la importancia ambiental y práctica de esta iniciativa, sin la correcta estrategia y sistema de operaciones el proyecto no puede ser replicado y su permanencia a lo largo del tiempo es incierta. Si se entiende la estrategia de operaciones como “un patrón consistente de decisiones para el sistema de transformación y para la cadena de suministro asociada que están vinculados con la estrategia del negocio y con otras estrategias funcionales, lo que lleva a una ventaja competitiva para la empresa” (Schroeder, R.G., Goldstein, S.M., Rungtusanatham, M.J., 2011, p.21), se reconoce la importancia de poder contar con la correcta estrategia operativa que apoye la visión que tiene la Asociación y la comunidad respecto al manejo de residuos orgánicos por medio del compostaje.

1.4 Objetivo general y específicos

1.4.1 Objetivo general

Diseñar una estrategia de operaciones para el manejo de los residuos comunales por parte de la Asociación de Desarrollo Integral de Villa Hermosa y Paso Flores ubicada en Alajuela, durante el periodo 2019-2020.

1.4.2 Objetivos específicos

- Evaluar los procesos actuales de recolección y manejo de los residuos.
- Identificar cualitativa y cuantitativamente los residuos.
- Analizar los costos actuales asociados al manejo de residuos en las comunidades relacionadas con el proyecto.
- Diseñar la metodología y procesos adecuados para la recolección y manejo de los residuos según las características de los residuos de la comunidad y conforme a la normativa.
- Definir una estructura económica de costos que permita la sostenibilidad del proyecto durante el tiempo.
- Proponer indicadores que permitan dar seguimiento a la eficiencia y eficacia de la estrategia planteada.

Capítulo II: Fundamentación Teórica

A continuación, se desarrollarán los temas y subtemas que apoyan teóricamente el proyecto de investigación **“Diseño de una estrategia de operaciones que permita el manejo de los residuos comunales por parte de la Asociación de Desarrollo Integral de Villa Hermosa, ubicada en Alajuela, durante el periodo 2019-2020”**.

Es valioso retomar la importancia de la estrategia de operaciones como “el medio por el cual el área de operaciones implementa la estrategia corporativa y contribuye a crear una compañía impulsada por el cliente” (Krajewski, L., Ritzman, L., Malhotra, M. 2008, p. 46). A pesar de que la Asociación no es una entidad con fines de lucro, tiene un propósito que cumplir y clientes a quienes servir: sus asociados y la comunidad. El correcto establecimiento de procesos, sistema de costos e indicadores le dará al proyecto la solidez que requiere para su continuidad.

2.1 Conceptos relacionados con procesos

Existen varias definiciones para el concepto de proceso. Para el presente trabajo de investigación se puede mencionar el siguiente:

Los procesos son cualquier actividad o grupo de actividades que emplee un insumo, le agregue valor a éste y suministre un producto a un cliente externo o interno. Un proceso de la empresa consiste en un grupo de tareas lógicamente relacionadas que emplean los recursos de la organización para dar resultados definidos en apoyo a los objetivos de la organización. (Saá, 2019)

2.1.1 Diseño de procesos

Hay cuatro decisiones principales que influyen en el diseño de un proceso eficaz:

- Estructura del proceso: determina cómo se diseñarán los procesos respecto al tipo de recursos necesarios y las características de estos.
- Participación del cliente: es la variable que muestra cómo los clientes forman parte del proceso.

- Flexibilidad de los recursos: hace referencia a la facilidad con la que empleados manejan recursos, tareas y funciones.
- Intensidad del capital: es la combinación de equipo y habilidades humanas que intervienen en un proceso.

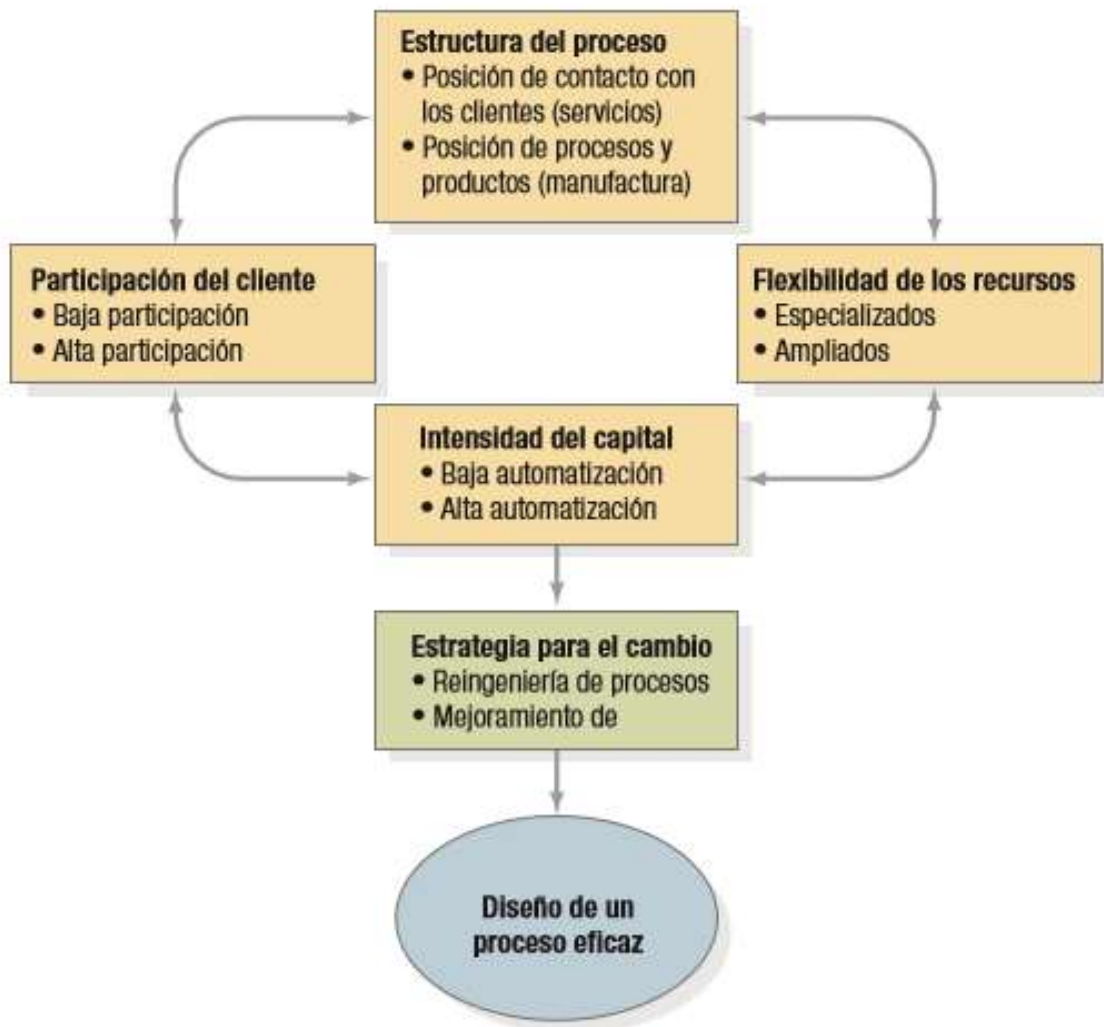


Figura 3: Principales decisiones para procesos

Fuente: Krajewski et al., 2008, p.122.

2.1.2 Reingeniería de procesos

Es la reconsideración fundamental y el rediseño radical de los procesos para mejorar drásticamente el desempeño en términos de costo, calidad, servicio y rapidez (Krajewski *et al.*, 2008, p. 141).

2.1.3 Análisis de procesos

1. Identificar la oportunidad.
2. Definir el alcance.
3. Documentar el proceso.
4. Evaluar el rendimiento.
5. Rediseñar el proceso.
6. Implementar los cambios.

2.1.4 Herramientas de análisis de procesos

Es importante mencionar herramientas seleccionadas para el análisis de los procesos.

2.1.4.1 Diagrama de flujo de proceso

Representación gráfica que permite y facilita el entendimiento de cada actividad dentro del proceso; lo cual es de gran utilidad para entender la relación de las actividades, así como la secuencia de estas. La diagramación de los procesos con esta herramienta ayuda a comprender cómo se están realizando las actividades, al tiempo que permite visualizar las mejoras requeridas.








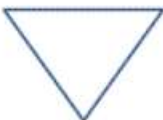
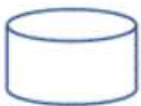

SÍMBOLO	SIGNIFICADO	SÍMBOLO	SIGNIFICADO
	Terminal: Indica el inicio o la terminación del flujo del proceso.		Actividad: Representa la actividad llevada a cabo en el proceso.
	Decisión: Señala un punto en el flujo donde se produce una bifurcación del tipo "Sí" – "No".		Documento: Documento utilizado en el proceso.
	Multidocumento: Refiere un conjunto de documentos. Por ejemplo, un expediente.		Inspección / Firma: Aplicado en aquellas acciones que requieren de supervisión.
	Conector de un Proceso: Conexión o enlace con otro proceso, en el que continúa el diagrama de flujo. Por ejemplo, un subproceso.		Archivo: Se utiliza para reflejar la acción de archivo de un documento o expediente.
	Base de Datos: Empleado para representar la grabación de datos.		Línea de Flujo: Indica el sentido del flujo del proceso.

Figura 4: Figuras de diagramas de flujo

Fuente: Aiteco Consultores, 2019.

2.1.4.2 Diagrama de Ishikawa

Representación gráfica conocida también como “espina de pez” o “diagrama causa-efecto”. Su objetivo es mostrar las relaciones entre causas y subcausas que producen un efecto determinado. El diagrama se utiliza con diferentes propósitos, entre ellos identificar las causas de un problema (principales y secundarias), viéndolas de una manera más sistemática y completa, identificar soluciones y realizar mejoras en los procesos.

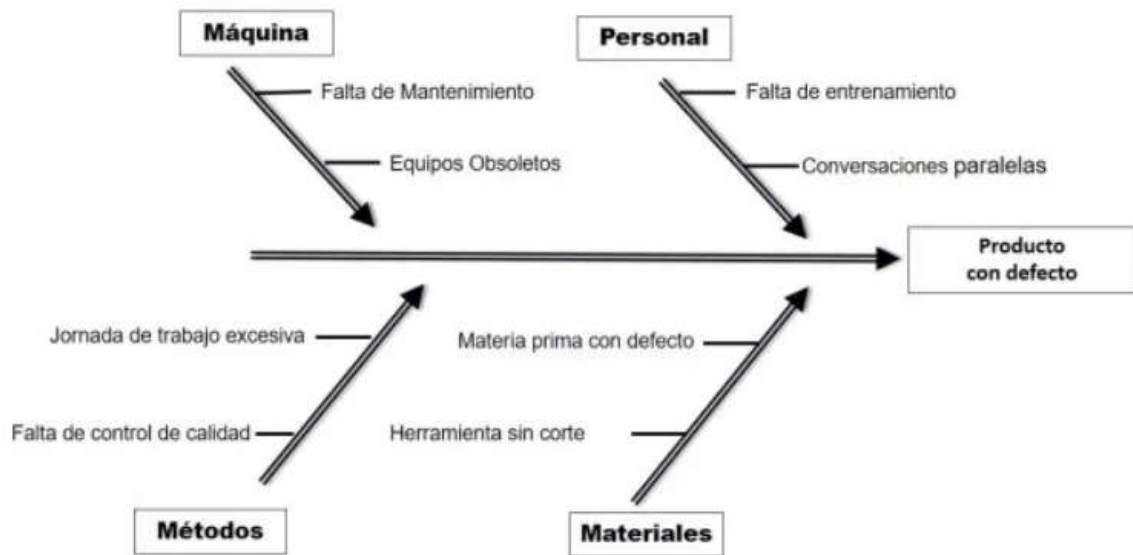


Figura 5: Ejemplo de Diagrama de Ishikawa

Fuente: Arenhart y Martins, 2018.

2.1.4.3 Diagrama de Pareto

Diagrama de gran utilidad para ordenar prioridades y de tal forma tener información útil para toma de decisiones. Establece que el 20% de las causas totales es responsable por el 80% de los efectos en determinado proceso, proyecto y organización. El diagrama de Pareto es importante para asignar un orden de prioridades, enfocándose en aquellas que generan un mayor impacto, además, permite realizar el estudio de errores en las empresas.

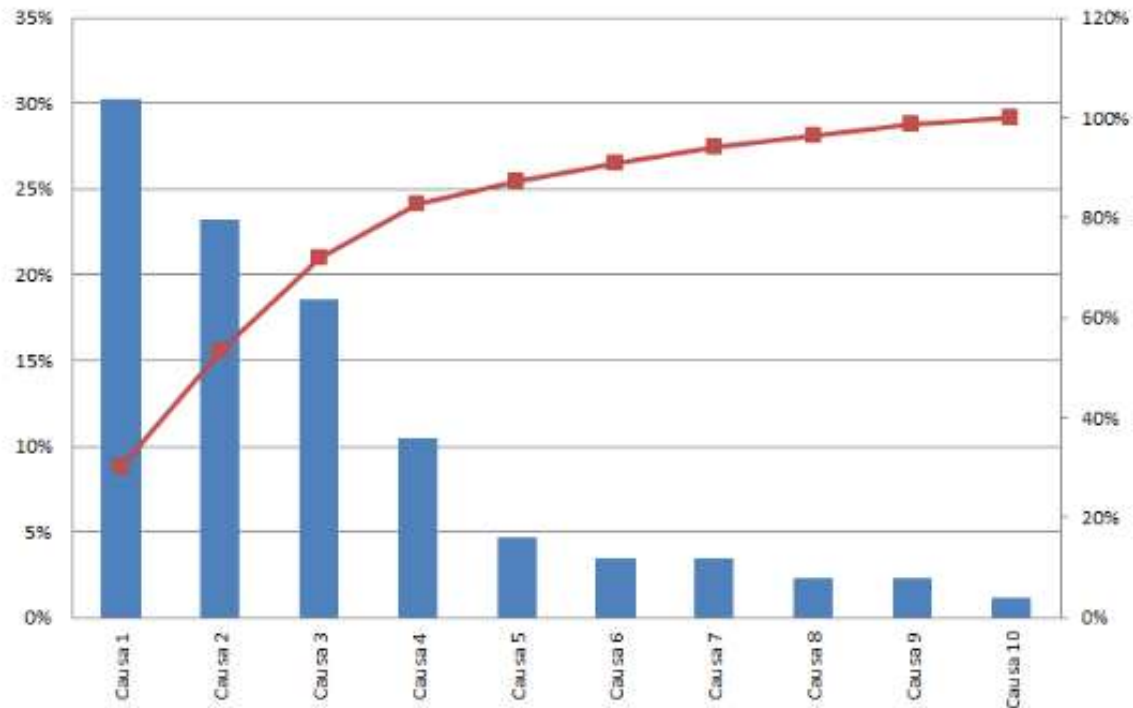


Figura 6: Diagrama de Pareto

Fuente: Lean Manufacturing 10, 2019.

2.1.4.4 Análisis de causa raíz

También conocido como “los 5 porqués”. Taiichi Ohno, describe los 5 porqués como la base del enfoque científico adoptado por Toyota -afirma que repitiendo la pregunta ‘por qué’ cinco veces, la naturaleza y la solución de un problema sale a la luz. Para realizar el proceso de los 5 porqués es necesario realizar las preguntas correctas y luego emparejarlas con la respuesta. Una vez identificada la causa fundamental del problema, se elaboran las acciones correctivas (Lean Manufacturing 10, 2019).

2.2 Conceptos relacionados a sistema de costos

Los sistemas de costeo son subsistemas de la contabilidad general, los cuales manipulan los detalles referentes al costo total de fabricación. La manipulación

incluye clasificación, acumulación, asignación y control de datos, para lo cual se requiere un conjunto de normas contables, técnicas y procedimientos de acumulación de datos tendentes a determinar el costo unitario del producto (Sinisterra, 1997, citado por Morillo, 2002).

Hay diversos sistemas de costeo según las características de las empresas y sus necesidades. A continuación, se presenta un listado de los distintos sistemas.

2.2.1 Sistemas por procedimientos de control

- Los **sistemas por órdenes específicas** son aquellos donde se acumulan los costos de la producción de acuerdo con las especificaciones del cliente, de manera que los costos que demanda cada orden de trabajo se van acumulando para cada trabajo (Sinisterra, 1997, citado por Morillo, 2002), siendo el objeto de costos un grupo o lote de productos homogéneos o iguales, con las características que el cliente desea.
- Los **sistemas por proceso**, en los cuales los costos de producción se acumulan en las etapas fases del proceso productivo, durante un lapso. En cada fase se debe elaborar un informe de costos de producción, donde se reportan todos los costos incurridos durante ese lapso; los costos de producción serán traspasados de una fase a otra, junto con las unidades físicas del producto y el costo total de producción se halla al finalizar el proceso productivo (Morillo, 2002).

Para el objeto de este proyecto, enfocamos nuestra atención en el sistema de costeo por procesos, ya que permite hacer el cálculo de los costos a las operaciones involucradas y promediarlo entre las unidades producidas dadas las características de “recolección y producción en masa” de los residuos y el compost. Esta técnica se puede dividir en tres etapas:

1. Medición de la operación obtenida en un periodo.
2. Medición de los costos incurridos en ese periodo.

3. Calcular el costo promedio repartiendo el costo total a lo largo de la operación

El cálculo de costo unitario equivalente resulta entonces del cálculo de los costos agregados durante el periodo dividido entre las unidades equivalentes tomadas del plan de producción.

2.2.2 Sistemas por técnicas de valuación

- Los **sistemas de costeo históricos** son los que acumulan costos de producción reales pasados o incurridos, lo cual puede realizarse en cada una las órdenes de trabajo o en cada una de las fases del proceso productivo.
- Los **sistemas de costeo predeterminados** son los que funcionan a partir de costos calculados con anterioridad al proceso de fabricación, para ser comparados con los costos reales con el fin de verificar si lo incorporado a la producción ha sido utilizado eficientemente para un determinado nivel de producción y tomar las medidas correctivas (Neuner, 1998, citado por Morillo, 2002).

2.2.3 Sistemas por el tratamiento de costos fijos

- Los **sistemas de costeo absorbentes** son los que consideran y acumulan todos los costos de producción, tanto costos fijos como variables. Estos son considerados como parte del valor de los productos elaborados, bajo la premisa de que todos los costos son necesarios para fabricar un producto (Backer, 1997, citado por Morillo, 2002).
- Los **sistemas de costeo variables** son los que consideran y acumulan solo los costos variables como parte de los costos de los productos elaborados, por cuanto los costos fijos solo representan la capacidad para producir y vender independientemente de lo que se fabrique (Backer, 1997, citado por Morillo, 2002).

2.2.4 Sistemas según el método

- El **sistema de costeo basado en actividades (ABC)** parte de la diferencia entre costos directos y costos indirectos, relacionando los últimos con las actividades que se realizan en la empresa. Las actividades se plantean de tal forma que los costos indirectos aparecen como directos a las actividades, desde donde se les traslada a los productos (objeto de costos), según la cantidad de actividades consumidas por cada objeto de costos. De esta manera, el costo final está conformado por los costos directos y por los costos asociados a ciertas actividades, consideradas como las que añaden valor a los productos (Sáez, 1993, citado por Morillo, 2002).
- Los **sistemas de costos de calidad** son los que cuantifican financieramente los costos de calidad de la organización agrupados en costos de cumplimiento y de no cumplimiento, para facilitar a la gerencia la selección de niveles de calidad que minimicen los costos de esta (Shank y Govindarajan, 1998, citado por Morillo, 2002).
- El **sistema de costeo por objetivo** es una técnica que parte de un precio meta y de un nivel de utilidad planeada, que determinan los costos en que debe incurrir la empresa por ofrecer dicho producto, costo meta ($\text{Costo meta} = \text{Precio meta} - \text{Utilidad deseada}$). De esta manera se intenta ofrecer un producto de calidad -satisfacción de las necesidades del cliente- y además ofrecer un precio que le asegure la demanda (Morillo, 2002).
- El **sistema de costeo kaizen** presenta una técnica que plantea actividades para el mejoramiento de las actividades y la reducción de costos, incluyendo cambios en la forma como la empresa manufactura sus productos, esto lo hace mediante la proyección de costos a partir de las mejoras propuestas, las cuales deben ser alcanzadas, tal como un control presupuestal (Gayle, 1999, citado por Morillo, 2002).

- El **sistema de costeo backflus** es un sistema de contabilidad de costos condensado en el que no se registran los costos de producción incurridos a medida que se traslada de una fase a otra, sino que los costos incurridos en los productos se registran cuando estén finalizados o vendidos (Gayle, 1999, citado por Morillo, 2002).

2.3 Conceptos relacionados con indicadores

Los indicadores de desempeño son herramientas que entregan información cuantitativa respecto del logro o resultado de los objetivos, cubriendo aspectos cuantitativos o cualitativos (Armijo, 2010, p.3). Es información útil que permite tomar decisiones en cuanto a cómo se están manejando los recursos respecto a las metas y objetivos establecidos.

Ya sea para proyectos, programas o procesos, es importante definir indicadores para poder obtener información que permita evaluar la organización y la gestión, así como para asegurar la calidad de las operaciones. Los indicadores deben estar alineados con los objetivos que la organización desea cumplir y metas planteadas. En el caso de este proyecto, la definición de indicadores debe incluir:

- Tiempos y volúmenes.
- Eficiencia y eficacia de los procesos.
- Calidad del producto.
- Rentabilidad económica.

Hay varios tipos de indicadores según lo que miden: eficacia, calidad, eficiencia, economía; o la etapa en el proceso productivo: insumos, procesos, productos, resultados.

2.3.1 Indicadores de eficacia

La eficacia mide el grado de cumplimiento de un objetivo sin considerar los recursos utilizados para ello, lo que se evalúa es el logro de los resultados que se

propusieron y se enfocan en lo que se debe hacer y contesta a la pregunta ¿qué? Los indicadores de eficacia van de la mano de los objetivos previstos en su diseño, y para cada uno de estos se analiza el cumplimiento de este según la meta que se había definido. Ejemplos de indicadores de eficacia incluyen “porcentaje de unidades producidas”, “número de casas visitadas”, etcétera. Es muy común que en la práctica las evaluaciones se hagan a partir de indicadores de eficacia y eficiencia.

2.3.2 Indicadores de eficiencia

La eficiencia mide la relación entre los productos generados respecto a los recursos utilizados. La eficiencia se enfoca no solo en el logro de los objetivos, pero la forma en que estos se alcanzaron. Para evaluar la eficiencia hay dos tipos de análisis que se pueden realizar:

- Análisis costo-beneficio, que expresa la relación entre los beneficios obtenidos y los costos asumidos para poder lograr esos beneficios y se procura que los beneficios sean mayores que los costos.
- Análisis costo-efectividad expresa la relación entre el impacto obtenido, al que se le asigna un valor en dinero, y el valor presente de los costos en los que se incurrió para lograr ese impacto

Ejemplos de indicadores de eficiencia incluyen “costo por producto”, “unidad por insumo”, etcétera.

2.3.3 Indicadores de calidad

La calidad mide atributos o características que deben tener los bienes para satisfacer adecuadamente los objetivos o exigencias de los clientes. En su expresión más amplia, los indicadores de calidad son medidas estadísticas que se utilizan para juzgar y evaluar el desempeño de una organización, un sistema o un proceso. Esta definición ha evolucionado a lo largo de los años hasta llegar hoy a la normalización por medio de la era de indicadores de calidad ISO 9001 y otras familias.

Para ello, se recomienda a las empresas que inicien con un plan de gestión que incluya la definición, selección, evaluación y seguimiento de los indicadores de calidad definidos. Ejemplos de indicadores de calidad incluyen: porcentaje de usuarios satisfechos, número de fallas, porcentaje de reportes entregados a tiempo.

2.3.4 Indicadores de economía

Los indicadores de economía miden la capacidad del programa para generar o movilizar adecuadamente los recursos financieros. Ejemplos de estos indicadores incluyen la capacidad de autofinanciamiento, capacidad de ejecutar el presupuesto, etcétera.

Para la construcción de indicadores, se debe tomar en cuenta los siguientes pasos (Armijo, 2010, p. 43):

1. Establecer las definiciones estratégicas como referente para la medición.
2. Establecer las áreas de desempeño relevantes por medir.
3. Formular el indicador y describir la fórmula de cálculo.
4. Validar los indicadores aplicando criterios técnicos.
5. Recopilar los datos.
6. Establecer las metas o el valor deseado del indicador y la periodicidad de la medición.
7. Señalar la fuente de los datos o medios de verificación.
8. Establecer supuestos (observaciones).
9. Evaluar: establecer referentes comparativos y establecer juicios.
10. Comunicar e Informar el desempeño logrado

2.4 Conceptos relacionados con el manejo de residuos sólidos

El residuo es un concepto incorporado por nuestra legislación en oposición al concepto de desecho. El concepto de residuo implica que puede tener un valor intrínseco que se debe aprovechar al realizar un manejo adecuado e integral. Al igual que desecho, el término basura tiene una connotación negativa, que se asocia a algo sucio, indeseable, que no tiene valor. Este cambio de terminología contribuye también con un cambio de paradigma respecto a cómo se debe manejar los residuos generados.

2.4.1 Clasificación de residuos

La Ley 8839 define en su artículo 6 los tipos de residuos que son generados:

- **Residuos ordinarios:** son los residuos de carácter doméstico generados en viviendas o cualquier otra fuente que presenta composiciones similares a los de las viviendas.
- **Residuos peligrosos:** son aquellos que, por su reactividad química y sus características tóxicas, explosivas, corrosivas, radioactivas, biológicas, bioinfecciosas e inflamables, o que por su tiempo de exposición puedan causar daños a la salud y al ambiente. Para estos residuos se especifica las responsabilidades para su manejo.
- **Residuos de manejo especial:** son aquellos cuya composición, necesidades de transporte, condiciones de almacenaje, formas de uso o valor de recuperación, implican riesgos significativos a la salud y degradación sistemática de la calidad del ecosistema, por lo que requieren salir de la corriente normal de residuos ordinarios.

2.4.2 Jerarquía en la gestión de residuos

Como se mencionó, la Ley 8839 incorpora la jerarquía de la gestión a partir de seis principios básicos y necesarios para asegurar la gestión adecuada de los residuos: evitar (no consumir), reducir (disminuir la cantidad), reutilizar (hacer otro

uso del residuo), valorizar, tratar y, por último, disponer, si ninguna de las acciones anteriores fuera posible. A continuación, se ahonda en algunos de estos principios.

La **valorización** corresponde al conjunto de acciones tomadas con el propósito de recuperar el valor de los residuos para los procesos productivos, la protección y el ambiente. Hay dos métodos principales de valorización para la recuperación de materiales: el reciclaje y el composteo.

2.4.2.1 Reciclaje

Consiste en la separación de los residuos para reprocesarlos nuevamente, ahorrando así el uso de nuevos recursos naturales en la forma de energía y materias primas, y reduciendo la cantidad de residuos a disponer, disminuyendo la necesidad de espacio en los rellenos sanitarios y alargando la vida útil de estas. El reciclaje no puede realizarse con todos los materiales, por eso es importante que esta actividad se realice cuando realmente represente un beneficio.

Las claves del reciclaje son la separación en la fuente de producción del residuo y la recolección por separado de cada residuo a ser reciclado. Como parte de la separación, es necesario lavar y secar adecuadamente. Hay diversos tipos de reciclaje:

- Reciclado fuera del sitio: Involucra la segregación y transporte de los materiales al sitio de procesamiento. Para esto es necesario que haya un receptor de esos residuos.
- Reciclado en el sitio o interno: es parte de la producción limpia, donde se enfrenta el tema de contaminación industrial mediante la identificación de mejoras para reducir o eliminar los residuos antes de que se generen. Como tal no cumple con la definición de reciclado.
- Reciclado en lazo abierto: implica el procesamiento y la transformación de un producto en otro. Por ejemplo: botellas en textiles.

- Reciclado en lazo cerrado: implica el procesamiento para la generación de los mismos productos de partida. Por ejemplo, de latas de aluminio a aluminio.

No todos los materiales se pueden reciclar o no en todos los casos representa un beneficio, a continuación, una vista breve por material:

- Aluminio: su producción es sumamente intensiva en cuanto a consumo energético. Genera solo 5% de las emisiones CO₂, sin considerar la minería.
- Vidrio: su producción es sumamente intensiva en cuanto a consumo energético y requiere la actividad minera. Es el único material que es 100% reciclable si se realiza la separación adecuada (separando todos los componentes y dejando solo el vidrio limpio y lavado).
- Metales ferrosos: consumo energético muy intensivo debido a la actividad minera y producción metalúrgica. El acero es el material más reciclado del mundo.
- Plástico: se justifica su reciclaje ya que a pesar de ser sustancias orgánicas no son fácilmente degradables y su producción contribuye al agotamiento de recursos fósiles, además de la liberación de sustancias tóxicas. Lo más importante con el plástico es seguir la jerarquía de gestión y se priorice el 1. Evitar, 2. Reducir y 3. Reutilizar.
- Papel y Cartón: su producción implica un alto consumo de agua. Debe estar limpio y en buenas condiciones para reciclarlo.
- TetraBrik: el reciclaje es bajo porque el proceso es complejo, se deben limpiar y compactar los envases.

2.4.2.2 Compostaje

El compostaje consiste en un proceso mediante el cual los residuos biodegradables son transformados en un abono natural conocido como compost. Son muchos los beneficios que tiene el compostaje de los residuos orgánicos. Por

un lado, evitan el efecto contaminante de estos: emisiones de efecto invernadero, contaminación de cuerpos de agua, y generación de plagas. Adicionalmente, permite el cierre del ciclo de una producción ideal con la reincorporación al sistema natural y productivo, a la vez que la composta mejora las características físicas, químicas y bioquímicas del suelo.



Figura 7: Ciclo de producción ideal

Fuente: Elaboración propia con información del proyecto Comunidades Pioneras.

El compostaje es un proceso sumamente sencillo, que no tiene mayor complejidad técnica, lo que lo hace muy flexible ante distintas condiciones como los volúmenes por manejar, la disponibilidad de espacio, trabajo o equipo, y tiempos requeridos. Los dos factores que controlar en la elaboración de compost son la aireación y la humedad ya que el proceso imita a la naturaleza en su formación de suelo fértil, conocido como hummus, a raíz de la descomposición de restos vegetales y animales por parte de organismos descomponedores.

En el compostaje se dan dos acciones principales, por un lado, se mineraliza aeróbicamente la parte que es más fácilmente asimilable por los organismos, por otro, se humifica los compuestos más difícilmente atacables de la materia orgánica, por lo que se considera un procedimiento muy estable y de ahí su característica de mejorador del suelo. La humificación es el proceso de producción de complejos coloidales relativamente estables que son resistentes a la acción de los microorganismos.

Se puede distinguir cuatro fases en el proceso de compostaje:

- Fase Mesófila: en esta fase inicial, la temperatura de la pila sube rápidamente hasta los 40°C, mientras se consumen azúcares y proteínas. Hay gran cantidad de bacterias y el pH baja a 5.0 a 5.5.
- Fase Termófila; en esta fase predominan los hongos termófilos y actinomicetos. Sube la temperatura por encima de los 65°C, los hongos mueren y preponderan las bacterias que forman esporas. En esta fase se consume hemicelulosa y celulosa. El pH de la pila sube entre 8 y 9°C y se liberan iones como los de magnesio, potasio y calcio.
- Fase Mesófila: la temperatura disminuye nuevamente a 40°C, lo que permite la reactivación de los microorganismos que le dan el nombre a la fase: mesófilos. Las bacterias y los hongos consumen la lignina y aparecen otros microorganismos e invertebrados.
- Fase de maduración: Es la última fase del proceso. En esta, la temperatura baja al ambiente, disminuyen las poblaciones de microorganismos y el pH llega entre 7 y 8.

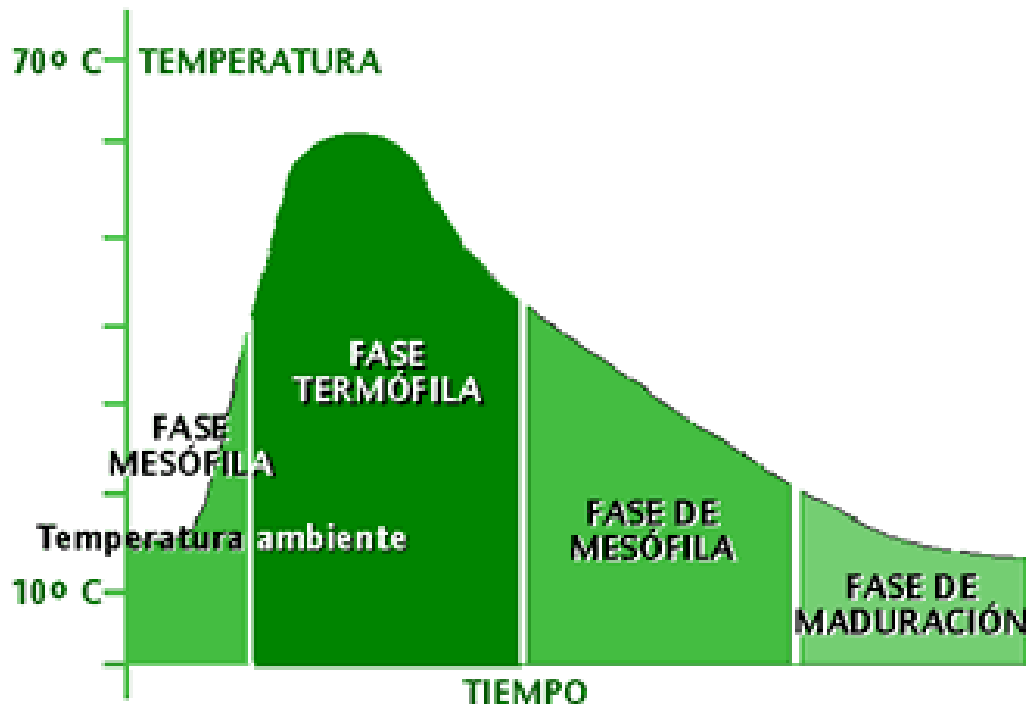


Figura 8: Fases del proceso de Compostaje

Fuente: Alvear, 2013, p. 14.

Beneficios del compost en el suelo:

- Mejora la estructura, porosidad y densidad del suelo, propiciando mejores condiciones para las raíces de la planta.
- Incrementa la infiltración y permeabilidad, reduciendo la erosión.
- Mejora la capacidad de retención de agua, por tanto, reduce las pérdidas de agua y la lixiviación en suelos arenosos.
- Suministra una variedad de macro y micronutrientes.
- La actividad microbiana benéfica del compost suprime ciertos patógenos, mediante distintos mecanismos de competencia, antibiosis u otros.
- Aporta cantidades significativas de materia orgánica.

- Mejora la capacidad de intercambio catiónico de los suelos y medios de cultivo, por lo tanto, mejora su habilidad de retener nutrientes.
- Aporta microorganismos benéficos a los suelos y los medios de cultivo.
- Mejora y estabiliza el pH del suelo,

Capítulo III: Metodología

3.1 Enfoque metodológico y el método seleccionado

En este apartado se documentan varios aspectos referentes al tipo de investigación, su paradigma y el enfoque para cada uno de los objetivos planteados desde el inicio del proyecto. Esta información es clave mencionarla con el propósito de tener un mejor entendimiento respecto a la forma de analizar la información recopilada, de manera que puedan obtenerse tanto conclusiones como recomendaciones.

Esta investigación es de tipo descriptivo ya que se documenta con detalle la situación actual del proyecto, de manera que sea posible identificar las relaciones existentes entre los factores, actores y variables correspondientes. Se considera que está en un paradigma positivista (cuantitativo) y al mismo tiempo naturalista (cualitativo) también, ya que combina componentes de carácter cualitativo junto con análisis cuantitativo de datos numéricos y estadísticos.

El primer objetivo planteado establece: “Evaluar los procesos actuales de recolección y manejo de los residuos”. Para este objetivo se utilizará un enfoque cualitativo, iniciando con visitas en campo que permitan recolectar información haciendo uso de la observación, así como entrevistas a los involucrados con el fin de obtener la información necesaria para entender dichos procesos. Adicionalmente, se hará una labor de investigación y revisión de publicaciones relacionadas con el tema como referencia para la evaluación de los procesos actuales.

Es necesario un enfoque mixto para el segundo objetivo, el cual es “Identificar cualitativa y cuantitativamente los residuos”. Se aplican nuevamente componentes cualitativos que se complementan a su vez con técnicas de carácter cuantitativo al obtener datos representados en números que se analizan mediante procesos estadísticos.

El tercer objetivo consiste en “Analizar los costos actuales asociados al manejo de residuos en las comunidades relacionadas con el proyecto”. En este caso se

aplica un enfoque cuantitativo, al analizar datos numéricos que darán soporte al diagnóstico utilizado para las propuestas del proyecto de investigación.

Finalmente, se cuenta con los objetivos relacionados con propuestas de mejora. Tales objetivos incluyen diseño de metodología y procesos para la recolección y manejo de los residuos, definir una estructura económica de costos que permita la sostenibilidad del proyecto durante el tiempo, y proponer métricas e indicadores para dar seguimiento al rendimiento y progreso de la estrategia propuesta. El enfoque para aplicar es principalmente de carácter cuantitativo, en concordancia con la siguiente definición:

El enfoque cuantitativo es un proceso deductivo, cada etapa conduce de forma lógica a la que viene, sirve para comprobar, explicar o predecir un determinado hecho. Es una muy buena opción para producir conocimiento objetivo, definido, muy particularizado y comprobable (Normasapa.net, 2019).

3.2 Descripción del contexto o del sitio donde se lleva a cabo el estudio

El proyecto se lleva a cabo en las comunidades de Villa Hermosa, Paso Flores y Ciruelas, ubicadas en la provincia de Alajuela. En esta zona, de características rurales, viven alrededor de 500 familias.

Villa Hermosa es la 2da. comunidad desarrollada por el I.N.V.U. en Alajuela Centro, hecha en dos etapas, la primera consta de 5 parquecitos infantiles y 118 casas para personas de pocos ingresos económicos Casas con muy buenos acabados y la 2da. etapa que fue donde se [integro] el área donde se encuentra la Casa Comunal y el Parque Infantil con mayor terreno. A esta se le debe agregar la finca donde se encuentra Paso Flores ya que en esta área el INVU la vendió en lotes donde cada propietario [construyera] su propia casa, pero que también pertenece a lo que se llama Villa Hermosa (Yellow.Place, 2019).

3.3 Las características de los participantes y las fuentes de información

En esta sección se detallan las características de los participantes y fuentes de información. Además, se explican las razones por las cuales la información que pueden aportar es relevante para cumplir el propósito de esta investigación.

Los tipos de fuentes de información existen de acuerdo con el grado de información que proporcionan, el tipo de información que contienen, el formato en las que se encuentran, el canal utilizado y por la cobertura geográfica (García González, 2019).

Para iniciar, se recurre a entrevistar las personas de Villa Hermosa y Paso Flores que pertenecen a la Asociación de Desarrollo Integral de esta comunidad. Su experiencia en el manejo integral de los residuos es clave para entender los procesos actuales y así proceder a la evaluación de estos. De igual manera, su opinión respecto a necesidades, recomendaciones y retos a enfrentar es de gran importancia para la elaboración de la propuesta de estrategia de operaciones.

Seguidamente, se toman en cuenta investigaciones con referencia al tema de manejo de residuos. Con el fin de obtener información relevante y aplicable a la problemática actual, estas fuentes se filtran de manera que no tengan más de 10 años desde su publicación. Esto es clave para crear un modelo sostenible tomando en cuenta tendencias e historias de éxito actuales, de manera que se genere un mayor compromiso en la comunidad.

Por último, se recurre a textos académicos especializados en el área de ingeniería industrial para seleccionar herramientas de planificación de proyectos, análisis y mejora de procesos.

3.4 Las técnicas e instrumentos para la recolección de los datos

A continuación, se detallan las técnicas e instrumentos seleccionados para la recolección de datos necesarios en la fase inicial de diagnóstico. Tal como se

menciona al inicio del presente capítulo, la investigación incluye componentes de carácter cualitativo junto con análisis cuantitativo.

Iniciando con la investigación de campo, se realizarán entrevistas con preguntas abiertas de manera que los involucrados brinden información a profundidad, no solamente sobre la situación actual, sino también agregando sus propias recomendaciones para la estrategia de operaciones.

Durante la visita de campo, la observación será una actividad clave para documentar en detalle los procesos actuales, medición de tiempos e identificación de desperdicios tales como espera, movimiento, sobreproducción, entre otros. Esta actividad será acompañada por toma de fotografías o videograbaciones, las cuales serán utilizadas en la fase de análisis y elaboración de la propuesta.

En cuanto a métodos e instrumentos por utilizar, se refiere los textos académicos de ingeniería industrial para proponer los siguientes: diagrama de flujo de proceso, diagrama de Ishikawa, diagrama de Pareto y un análisis de causa raíz.

3.5 Descripción operacional de las variables

En este apartado se detallan las variables, indicadores y métodos de obtención para cada uno de los objetivos propuestos.

Tabla 1: Descripción operacional de las variables

Objetivo	Variable	Indicadores	Método de obtención
Evaluar los procesos actuales de recolección y manejo de los residuos.	Diagrama de Ishikawa.	Interpretación, selección y análisis de las principales causas.	Entrevistas y observación para entender principales causas.

Objetivo	Variable	Indicadores	Método de obtención
	Diagrama del proceso actual.	Descripción general del proceso.	Reunión con principal encargado para elaboración del diagrama.
Caracterizar cualitativa y cuantitativamente los residuos.	Documentación de características de los residuos.	Residuos orgánicos y valorizables. Cantidad de residuos (kg).	Muestreo en colaboración de principal encargado.
Analizar los costos actuales asociados al manejo de los residuos en las comunidades objeto del proyecto.	Levantamiento de información de los costos actuales.	Costos de centro de recolección, acopio, flete y compostaje.	Reunión con principal encargado para validar costos.
Diseñar la metodología y procesos adecuados para la recolección y manejo de los residuos según las características de los residuos de la comunidad y conforme a la normativa.	Definir procesos, responsables y fechas de ejecución.	Cumplimiento de propuesta. Participación de la comunidad.	Confección de plan de implementación.
	Diagrama del proceso propuesto.	Descripción general del proceso.	Reunión para elaboración.
Definir el sistema de costos para que el proyecto sea factible económicamente.	Propuesta de sistema de costos.	Costos de centro de recolección, acopio, flete y compostaje.	Reunión para elaboración.

Objetivo	Variable	Indicadores	Método de obtención
Proponer métricas e indicadores para dar seguimiento al rendimiento y progreso de la estrategia propuesta.	Documentación de métricas e indicadores para tiempos y volúmenes.	Cantidad recolectada. Número de casas participantes. Tiempo de recolección, acopio, flete y compostaje.	Reunión para elaboración.

Fuente: Elaboración propia.

Capítulo IV. Análisis e interpretación de resultados

4.1 Análisis y evaluación de los procesos actuales de manejo de los residuos

En la actualidad, hay dos procesos principales de manejo de residuos en las comunidades:

- La recolección de residuos sólidos por parte de la Municipalidad de Alajuela dos veces por semana -los lunes y viernes- en horas de la madrugada. Es el camión de recolección que recoge todos los residuos y los traslada a un relleno sanitario. Según datos de la Municipalidad de Alajuela, cada tonelada de residuo le cuesta 23.569,91 colones (el costo de recolección por tonelada es de 13.046,73 colones por tonelada por recolección y 10.523,18 colones por tonelada por disposición).
- La Recolección de residuos orgánicos por parte del proyecto Comunidades Pioneras y en el cual la Asociación de Desarrollo quiere invertir para alcanzar toda la comunidad como parte de sus objetivos para el periodo 2019-2020. Se enfocará la atención en este proceso.

4.1.1 Proceso actual de recolección de residuos orgánicos

El proceso general de manejo de los residuos orgánicos se da en cuatro pasos que se analizarán a continuación:



4.1.1.1 Recolección

El proyecto Comunidades Pioneras realiza la recolección de 17–21 estañones por semana proveniente de:

- 6 centros de acopio ubicados en distintas zonas de la comunidad que sirven a 87 casas;

- ruteo en bicicleta para aquellos vecinos que no cuentan con un centro de acopio cercano, y a los que se les hace la recolección en la puerta de su casa (55 casas), y
- casas que entregan directamente en el centro general de acopio y zona de aliste del flete.

Adicionalmente, el proyecto realiza la recolección en punto de venta del único participante de carácter comercial -Jugos Pura Vida- una vez por semana. A continuación, se detalla la distribución de las casas participantes por método de recolección.

Tabla 2: Distribución de casas participantes por método de recolección

Método de recolección	Casas
Centro de Acopio Primer Parque Villa Hermosa	12 a 14
Centro de Acopio Segundo Parque Villa Hermosa	16 a 20
Ruta en Bicicleta Villa Hermosa	25
Centro de Acopio Paso Flores Parque de las Banderas	20 a 23
Ruta en Bicicleta Ciruelas arriba y Caracol	18 a 20
Ruta en Bicicleta Ciruelas	10
Centro de Acopio Ciruelas	18
Centro de Acopio Cacho	12
Casas que entregan en la zona de aliste de flete	10 a 15

Fuente: Elaboración propia con datos del Proyecto Comunidades Pioneras.

Los centros de acopio fueron ubicados según la disponibilidad de los vecinos participantes de colocar un centro de acopio frente a su casa. Al ver el mapa de la ubicación de los centros de acopio, se evidencia el aglomeramiento en la zona sureste de la comunidad y la falta de cobertura de una porción importante de esta.



Figura 9: Ubicación de los Centros de Acopio Proyecto Comunidades Pioneras

Fuente: Elaboración propia con datos de la Asociación de Desarrollo Integral y el proyecto Comunidades Pioneras.

Los tiempos y la frecuencia con que se realiza la recolección de los residuos varían dependiendo del método de recolección. Como se observa en la siguiente

tabla, el ruteo es la actividad que consume más tiempo, la más frecuente (dos veces por semana) y la que resulta en la menor cantidad de estañones recolectados.

Tabla 3: Recolección de residuos orgánicos

Tipo de recolección	Estañones recolectados	Tiempos semanales	Frecuencia
Centros de Acopio	6	2 horas	Semanal
Jugos Pura Vida	6 a 10	0.5 horas	Semanal
Ruteo Bicicleta*	5	6 horas	2 veces por semana
*Vaciado de bolsas	-	2 horas	2 veces por semana

Fuente: Elaboración propia con datos del Proyecto Comunidades Pioneras.

Se hacen tres viajes en bicicleta para poder realizar la recolección de los cinco estañones, como se detalla a continuación. Adicionalmente, se debe realizar el vaciado de bolsas en los estañones, actividad que toma 1.5 – 2 horas.



Figura 10: Mapa ruta recolección de residuos

Fuente: Elaboración propia con datos del Proyecto Comunidades Pioneras.

El siguiente gráfico representa el principio de Ishikawa, comprobando que el ruteo en bicicleta, incluyendo el tiempo de vaciado de las bolsas, cubre un 85% del esfuerzo en horas dedicado a recolección de los residuos:

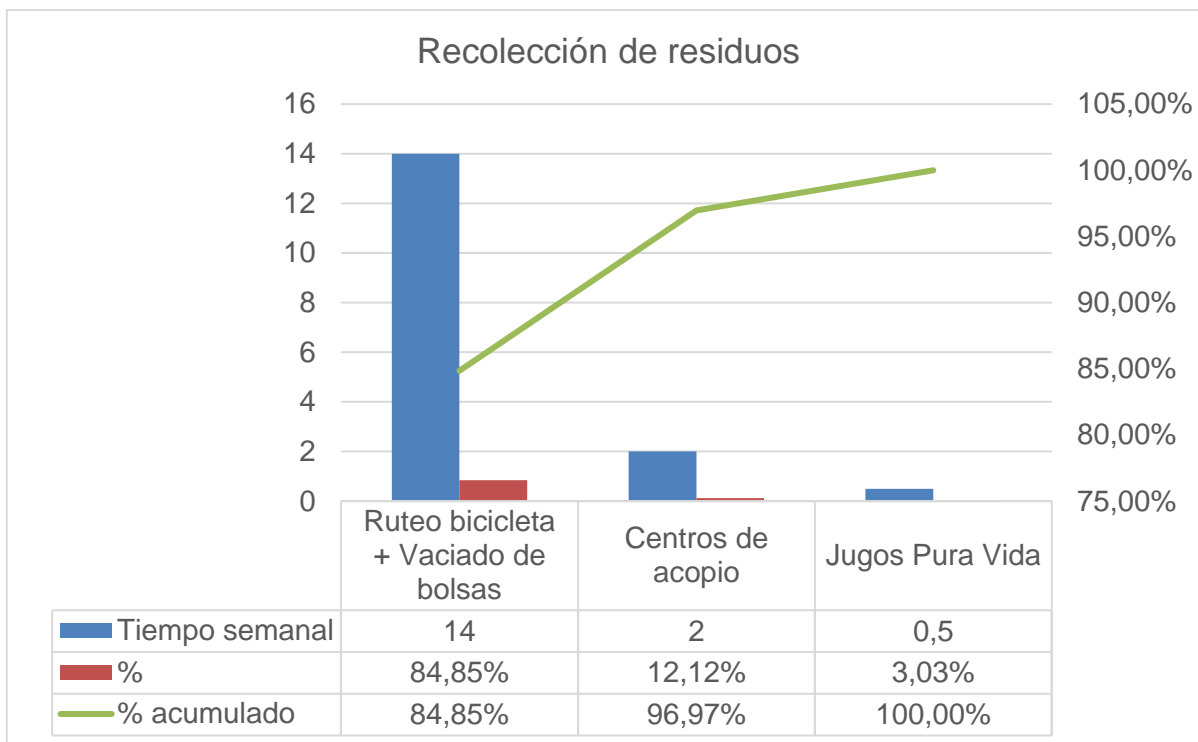


Gráfico 1: Recolección de residuos

Fuente: Elaboración propia con datos recabados en colaboración con la Asociación de Desarrollo y el Proyecto Comunidades Pioneras.

4.1.1.2 Acopio

El acopio se realiza en la casa del miembro fundador e impulsor de esta iniciativa, en la zona de Paso Flores. Cada semana, Edgar prepara los 17-21 estañones para el flete hacia Santa Barbara de Heredia, finca en la cual se procesan los residuos por medio del compostaje. La preparación de los estañones implica el almacenamiento de los estañones recolectados mediante la recolección en bicicleta, y los estañones provenientes del centro de acopio. Adicionalmente, se deben almacenar los estañones vacíos que se utilizarán para remplazar los estañones recogidos esa semana.

4.1.1.3 Flete

Una vez preparados los estañones, el camión los traslada hacia la finca. El flete a la finca se realiza de manera semanal y toma un tiempo de 4 horas en total –la ida con estañones llenos y la venida con los estañones vacíos-.

4.1.1.4 Compostaje

Con los estañones en la finca, inicia el proceso de compostaje con el vaciado de los estañones en la pila de compostaje y el lavado de estos. Esta actividad toma ocho horas a la semana y es realizada los miércoles. Posteriormente, es necesario que se haga el volteo del abono por sus distintas fases de secado y descomposición y esto toma siete horas semanales. Finalmente, en la última fase del proceso de compostaje, el producto final se zarandea para obtener el abono. Este proceso toma dos horas de tiempo.

Este proceso es realizado por una sola persona y se encuentra a su capacidad máxima, por lo que no es posible recolectar en más casas. El tiempo total desde que inicia el proceso hasta que se obtiene el producto final oscila entre diez y quince días.

El siguiente diagrama de flujo muestra las actividades de cada fase del proceso:

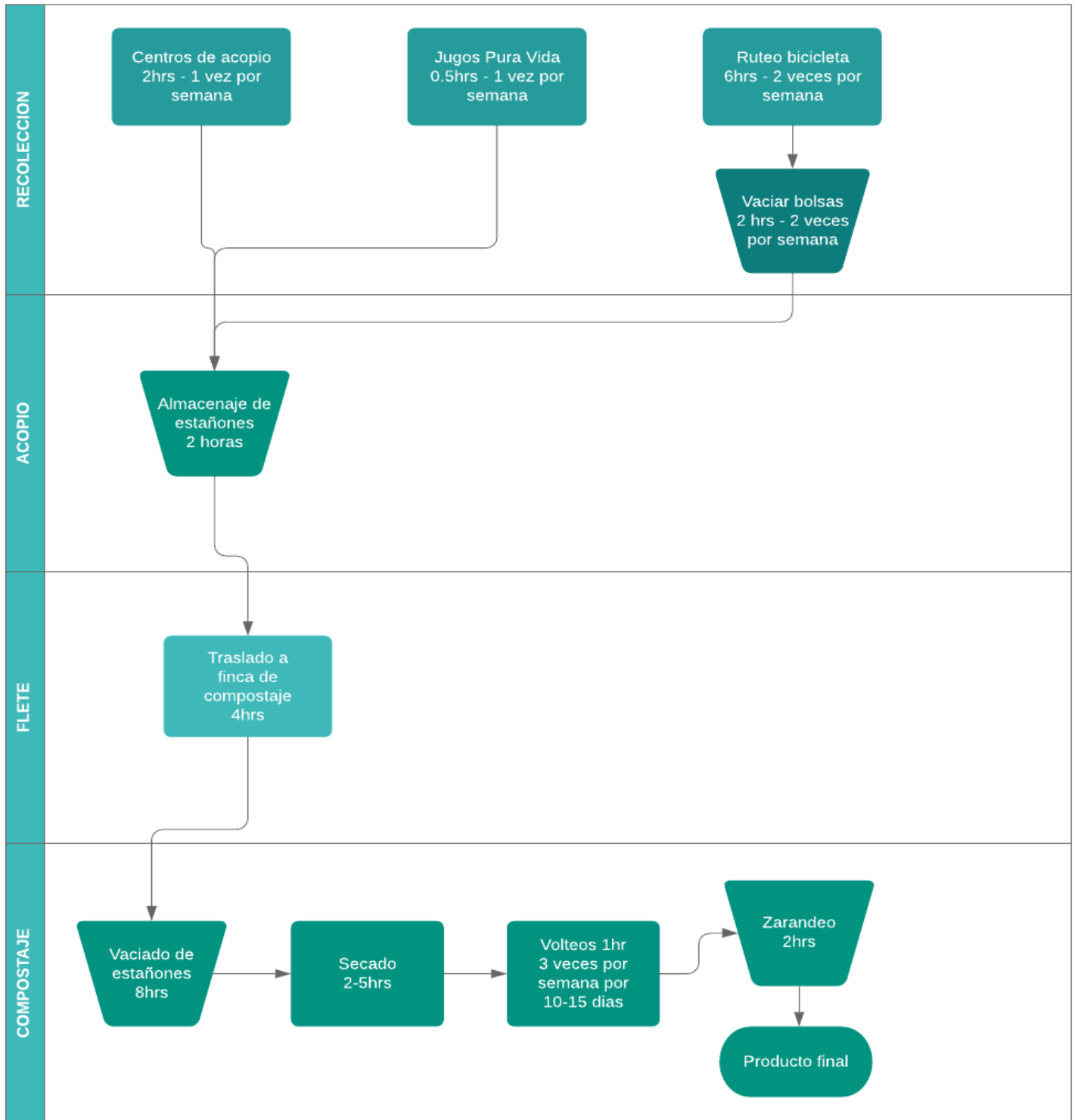


Figura 11: Diagrama de flujo

Fuente: Elaboración propia con datos recabados en colaboración con la Asociación de Desarrollo y el Proyecto Comunidades Pioneras.

4.1.2 Análisis de causa raíz

Una vez evaluado y descrito el proceso actual de recolección del residuo orgánico, se puede analizar en detalle las causas del manejo inadecuado de los residuos en la comunidad objeto de estudio. El siguiente diagrama de Ishikawa muestra las principales causas que generan el manejo inadecuado de los residuos:



Figura 12: Diagrama de Ishikawa

Fuente: Elaboración propia con datos recabados en colaboración con la Asociación de Desarrollo y el Proyecto Comunidades Pioneras.

Como muestra el diagrama anterior, el proyecto de la Asociación de Desarrollo requiere de varias mejoras para contar con un mejor manejo de sus residuos. Entre las causas por las cuales no se da el manejo adecuado de los residuos está la falta de estándares para el cálculo de indicadores y la falta de análisis cuantitativo de residuos, no hay suficientes recursos o centros de acopio, además de la ausencia de una estrategia operativa o de un sistema de costos definidos.

Con base en la información representada en los diagramas anteriores, se procede a construir un análisis de causa raíz. Como se puede observar a continuación, al evaluar las causas de del manejo inadecuados de residuos en la comunidad, se ve que la raíz de la que se derivan el resto de las causas es la falta de recursos, no solo económicos, sino y más importante aún, de personas.

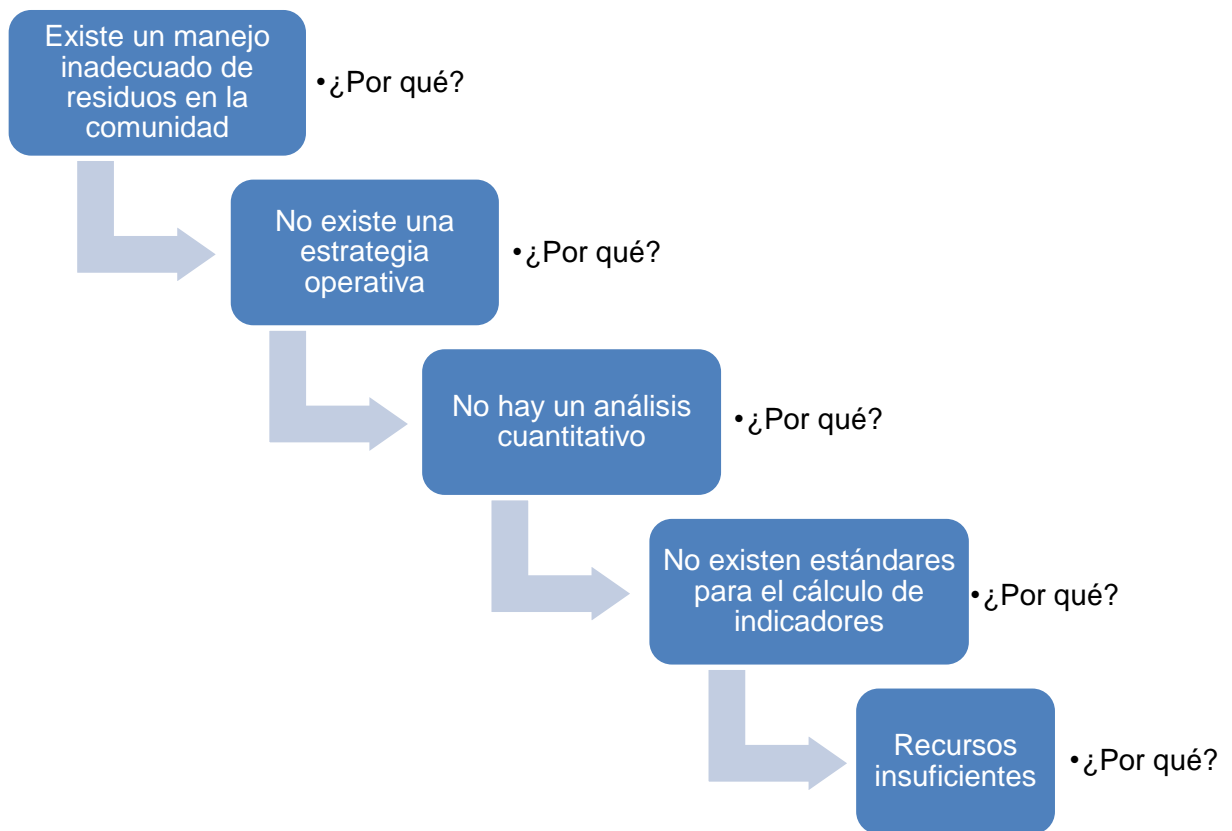


Figura 13: Análisis de causa raíz

Fuente: Elaboración propia.

A continuación, se presenta una matriz para el análisis de las causas antes descritas:

Tabla 4: Matriz de análisis de causas

Causa	¿Soluciona el problema?	Motivo
1. No está establecida una estrategia de operaciones.	Sí lo soluciona.	Con una estrategia operativa, la Asociación podría lograr con éxito el logro de los objetivos planteados.
2. No hay un sistema de costos definido.	Parcialmente.	Aunque la Asociación cuenta con el presupuesto necesario para poder cubrir la actividad de recolección de residuos, es necesario poder tener un sistema de costos que sustente la actividad.
3. No hay reutilización de residuos.	Sí lo soluciona.	La reutilización de residuos es uno de los pilares del manejo integral de los residuos.
4. Separación insuficiente de residuos.	Sí lo soluciona.	La separación de los residuos por categorías es vital para la correcta valorización de los residuos y su aprovechamiento.

Causa	¿Soluciona el problema?	Motivo
5. Falta de análisis cuantitativo de residuos.	Parcialmente.	El análisis cuantitativo de los residuos ayuda a establecer prioridades al decidir el modelo adecuado de manejo de residuos. No soluciona el problema, pero aporta datos de gran importancia para la decisión de la estrategia.
6. No existen estándares para el cálculo de indicadores.	Parcialmente.	Los indicadores no resuelven el problema, pero contribuyen al aportar información necesaria en tiempo real sobre el desempeño de las actividades y cumplimiento de objetivos, asegurando la sostenibilidad y eficiencia del proyecto.
7. Agotamiento de rellenos sanitarios.	No soluciona.	Abrir más rellenos sanitarios no es la respuesta al manejo de los residuos. Es necesario invertir la pirámide de gestión donde todo se desecha y termina en un botadero o

Causa	¿Soluciona el problema?	Motivo
		relleno, contaminando el ambiente.
8. Pocos centros de acopio.	Sí lo soluciona.	Para poder aumentar la oferta de opciones de manejo integral de los residuos en la comunidad es necesaria la instalación de más centros de acopio, con el fin de ofrecer una mejor cobertura.
9. Falta una cultura más fuerte de reutilización/separación de residuos.	Sí lo soluciona.	Además de los esfuerzos materiales en el establecimiento de una estrategia operativa y un rediseño de los procesos, es de vital importancia trabajar en el cambio cultural de la comunidad para que comprendan la importancia de la reutilización/separación de residuos y su responsabilidad compartida en el manejo integral de residuos.

Causa	¿Soluciona el problema?	Motivo
10. Recursos insuficientes (mano de obra).	Sí lo soluciona.	Se requiere contar con más personas trabajando en el proyecto para poder darle sostenibilidad y escalarlo a más casas dentro de la comunidad.

Fuente: Elaboración propia.

4.1.3 Análisis de priorización de causas

Para tener una perspectiva más clara de cómo se debe priorizar la búsqueda de soluciones, se recurre a un gráfico de Pareto. Así es como en la siguiente grafica se puede identificar que el 80% del impacto de las causas del manejo inadecuado de recursos, está relacionado con los métodos y la mano de obra.

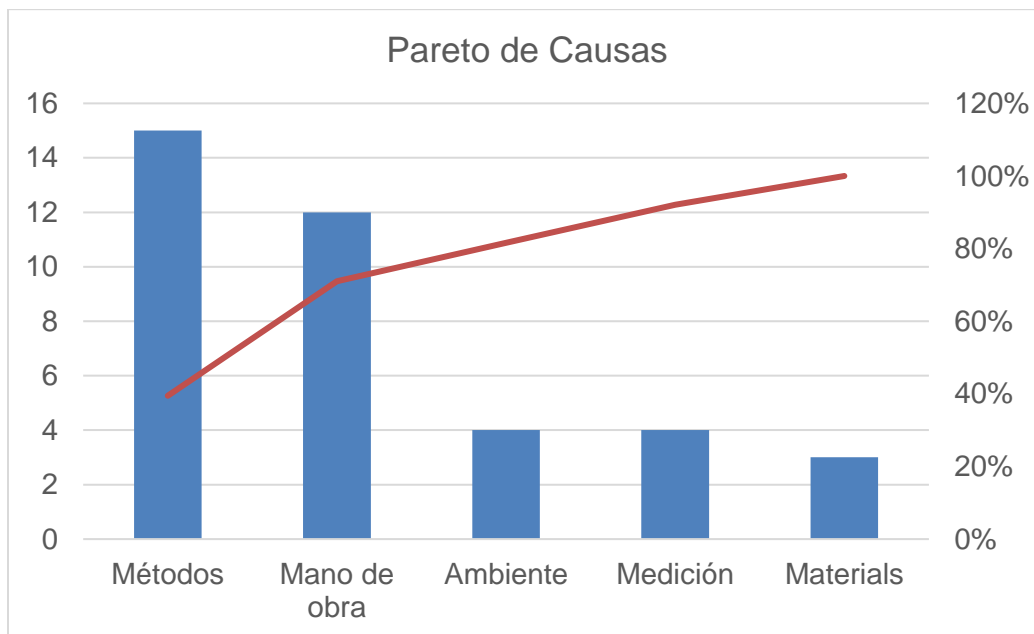


Gráfico 2 Pareto de Causas

Fuente: Elaboración propia.

Al realizar la evaluación de la incurrencia y peso de las distintas causas identificadas, se puede establecer que las que tienen un mayor impacto son las relacionadas con métodos -específicamente la que se refiere a la falta de una estrategia de operaciones- y con mano de obra, la correspondiente al contar con recursos insuficientes. Otra causa relevante es la falta de centros de acopio. En estas variables hay que centrar el esfuerzo ya que representan las de mayor impacto.

Anteriormente, en la matriz de causa efecto se estableció que el trabajo que se realice en las causas relacionadas con métodos y mano de obra sí contribuye en la solución del problema. Corresponde ahora complementar este análisis y el de 80-20% con una matriz de impacto-esfuerzo para determinar el plazo en que estas causas pueden resolverse y determinar en qué categoría (corto plazo, largo plazo, mediano plazo) estarían las relacionadas con método y mano de obra.

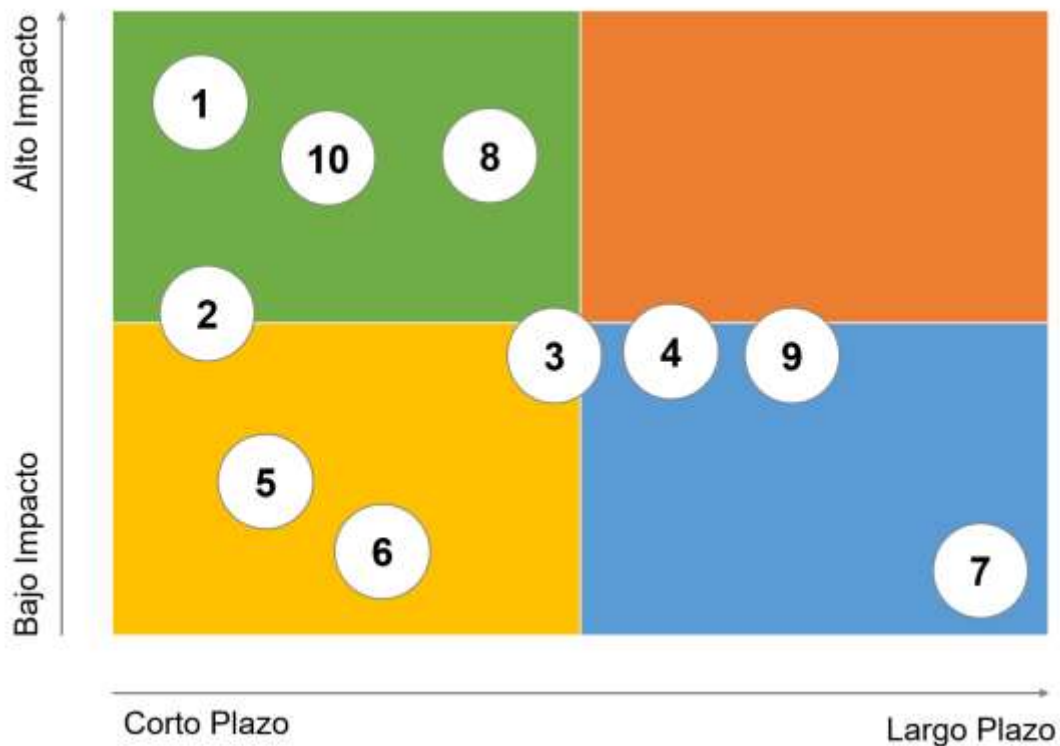


Figura 14: Matriz de priorización de soluciones

Fuente: Elaboración propia.

Se puede observar cómo hay cuatro causas principales que son las que tienen mayor impacto en la solución y son también realizables en el corto plazo. Es también evidente que la mayoría de las soluciones son realizables en el corto y mediano plazo, pero aquellas relacionadas a cambio de hábitos requieren de mayor tiempo para poder observar los resultados.

4.2 Identificar cualitativa y cuantitativamente los residuos

Para mejorar o diseñar un sistema de manejo de los residuos, es necesario primero conocer las características de los residuos respecto a cuánto se genera, y cuál es la composición y tamaño de estos. Por este motivo, en este apartado se hará un estudio de caracterización de residuos sólidos en las comunidades de Villa Hermosa, Paso Flores y Ciruelas.

El primer paso es la selección de una muestra confiable. Actualmente la comunidad cuenta con aproximadamente 500 familias a las cuales se quiere alcanzar con el proyecto. De estas, actualmente 141 familias participan del proyecto Comunidades Pioneras y separan los residuos orgánicos. Las familias de la comunidad pertenecen a la clase media, por lo que no se hace distinción o clasificaciones según el estrato social.

Para la selección de la muestra, se recurre a la siguiente fórmula:

$$n = \frac{N \times Z_a^2 \times p \times q}{d^2 \times (N - 1) + Z_a^2 \times p \times q}$$

Donde N = tamaño de la población Z = nivel de confianza, P = probabilidad de éxito, o proporción esperada Q = probabilidad de fracaso D = precisión (Error máximo admisible en términos de proporción)

N = 500 casas

$$Z = 95\% = 1.96$$

$$p = 95\% = 0.95$$

$$q = 5\% = 0.05$$

$$d = 5\% = 0.05$$

$$n = \frac{500 \times (1.96)^2 \times 0.05 \times 0.95}{(0.05)^2 \times (500-1) + (1.96)^2 \times 0.05 \times 0.95} = 29.69$$

Se requiere recolectar información de 30 casas con un nivel de confianza de 95% y un margen de error del 5%.

Con la colaboración del proyecto Comunidades y la Asociación de Desarrollo se realizó el muestreo. Se eligieron 30 casas de la comunidad a las que se les solicitó separar sus residuos en tres grupos: residuo orgánico, residuo sanitario (papel higiénico, toallas femeninas, pañales, etcétera.) y el resto de los residuos en la tercera categoría, por una semana. Los lunes y jueves en la noche (días previos a que el camión de basura pasara recogiendo la basura) se hizo la medición y caracterización de la basura en presencia de un representante de la familia.



Figura 15: Mapa de casas participantes del muestreo

Fuente: Elaboración propia con imagen extraída de Google Maps.

Los resultados del muestreo se detallan a continuación:

Tabla 5: Caracterización de residuos en las casas del muestreo

			Total Kilogramos		Total %	
Casas	Personas por casa	Total de residuos	Residuo orgánico	Otros residuos	Residuo orgánico	Otros residuos
Casa 1	6	32.9	19.3	13.6	59%	41%
Casa 2	4	26.7	10	16.7	37%	63%
Casa 3	4	17.5	8	9.5	46%	54%
Casa 4	3	13.5	9	4.5	67%	33%
Casa 5	5	27.5	18	9.5	65%	35%
Casa 6	6	30.5	19	11.5	62%	38%
Casa 7	2	13.3	9	4.3	68%	32%
Casa 8	3	18.2	12	6.2	66%	34%
Casa 9	4	22.5	11.4	11.1	51%	49%
Casa 10	5	28.1	19	9.1	68%	32%
Casa 11	6	32.5	21	11.5	65%	35%
Casa 12	6	28.5	19.4	9.1	68%	32%
Casa 13	7	37.8	22	15.8	58%	42%
Casa 14	7	43.3	25.4	17.9	59%	41%
Casa 15	3	18.2	7	11.2	38%	62%

Casa 16	3	18.5	9	9.5	49%	51%
Casa 17	4	19.5	9	10.5	46%	54%
Casa 18	3	17.9	9	8.9	50%	50%
Casa 19	3	18.3	10	8.3	55%	45%
Casa 20	4	20.5	9	11.5	44%	56%
Casa 21	4	27.5	10.6	16.9	39%	61%
Casa 22	5	32.9	19	13.9	58%	42%
Casa 23	6	37.8	23.6	14.2	62%	38%
Casa 24	7	42.8	27	15.8	63%	37%
Casa 25	4	23.2	14	9.2	60%	40%
Casa 26	4	18.1	11.8	6.3	65%	35%
Casa 27	2	13.4	8.2	5.2	61%	39%
Casa 28	2	13.5	6.7	6.8	50%	50%
Casa 29	2	15.5	9.1	6.4	59%	41%
Casa 30	4	24.5	13	11.5	53%	47%
Total	128	734.9	418.5	316.4	56%	44%

Fuente: Elaboración propia con datos recabados en colaboración con la Asociación de Desarrollo y el Proyecto Comunidades Pioneras.

Tabla 6: Residuos valorizables de otros residuos

			Total Kilogramos		Total %	
Casas	Personas por casa	Total de residuos	Otros residuos	Otros Valorizable	Otros residuos	Otros Valorizable
Casa 1	6	32.9	13.6	4.08	41%	12%
Casa 2	4	26.7	16.7	5.01	63%	19%
Casa 3	4	17.5	9.5	2.85	54%	16%
Casa 4	3	13.5	4.5	1.35	33%	10%
Casa 5	5	27.5	9.5	2.85	35%	10%
Casa 6	6	30.5	11.5	3.45	38%	11%
Casa 7	2	13.3	4.3	1.29	32%	10%
Casa 8	3	18.2	6.2	1.86	34%	10%
Casa 9	4	22.5	11.1	3.33	49%	15%
Casa 10	5	28.1	9.1	2.73	32%	10%
Casa 11	6	32.5	11.5	3.45	35%	11%
Casa 12	6	28.5	9.1	2.73	32%	10%
Casa 13	7	37.8	15.8	4.74	42%	13%
Casa 14	7	43.3	17.9	5.37	41%	12%
Casa 15	3	18.2	11.2	3.36	62%	18%

Casa 16	3	18.5	9.5	2.85	51%	15%
Casa 17	4	19.5	10.5	3.15	54%	16%
Casa 18	3	17.9	8.9	2.67	50%	15%
Casa 19	3	18.3	8.3	2.49	45%	14%
Casa 20	4	20.5	11.5	3.45	56%	17%
Casa 21	4	27.5	16.9	5.07	61%	18%
Casa 22	5	32.9	13.9	4.17	42%	13%
Casa 23	6	37.8	14.2	4.26	38%	11%
Casa 24	7	42.8	15.8	4.74	37%	11%
Casa 25	4	23.2	9.2	2.76	40%	12%
Casa 26	4	18.1	6.3	1.89	35%	10%
Casa 27	2	13.4	5.2	1.56	39%	12%
Casa 28	2	13.5	6.8	2.04	50%	15%
Casa 29	2	15.5	6.4	1.92	41%	12%
Casa 30	4	24.5	11.5	3.45	47%	14%
Total	128	734.9	316.4	94.92	44%	13%

Fuente: Elaboración propia con datos recabados en colaboración con la Asociación de Desarrollo y el Proyecto Comunidades Pioneras.

La información recabada muestra datos similares a los de entidades públicas como el Ministerio de Salud y Municipalidad de Alajuela que se han descrito anteriormente. Más de la mitad de los residuos de la comunidad corresponden a residuo orgánico (56%). Las casas parte del muestreo producen 734.9 kilogramos de residuos y de estos, 418.5 corresponde a residuo orgánico.

La composición del residuo orgánico corresponde a: cáscaras de frutas y verduras, semillas, carnes crudas o cocinadas, desperdicios de comida, etcétera. No se incluyó en el desperdicio orgánico la broza de café ni los productos desechables compostables que requieren un proceso de compostaje diferente y al que la Asociación no cubriría como parte de este proyecto. Aun así, el porcentaje de estos residuos no es significativo respecto a la composición total de residuos (muy por debajo del 1%).

En la categoría “otro residuo” se clasifica las otras dos categorías que se les pidió a los vecinos clasificar: residuo sanitario y el resto de los residuos. Las casas parte del muestreo produjeron en una semana 316.4 kilogramos de otros residuos, un 44% respecto a la generación total. La categoría de residuo sanitario es mayor respecto a volumen que peso, por lo que la mayor parte de otro residuo corresponde a: servilletas, empaques, bolsas, botellas, periódicos, papel, mallas, telas, latas, etcétera. La razón de separar el residuo sanitario de los “otros” residuos fue la de analizar el porcentaje de residuo valorizable que podría ser reciclado o reutilizado.

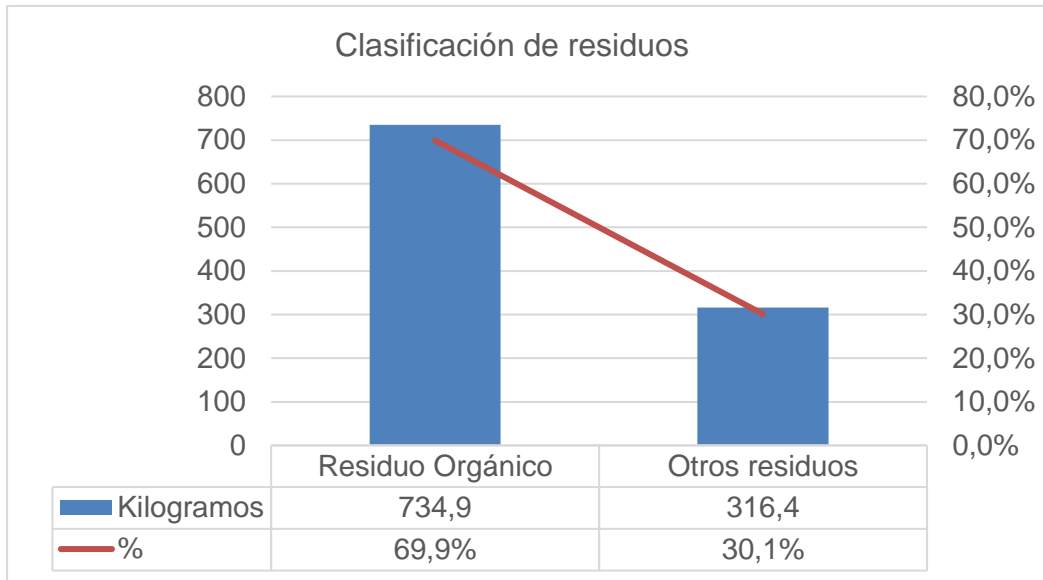


Gráfico 3: Clasificación de residuos

Fuente: Elaboración propia con datos recabados del muestreo en colaboración con la Asociación de Desarrollo y el Proyecto Comunidades Pioneras.

Según información proporcionada por la Cooperativa Alajuela Recicla R.L., el residuo valorizable que se puede aceptar para reciclaje corresponde a:

- Papel: revistas, periódicos, cuadernos, libros y guías telefónicas.
- Cartón.
- Cartoncillo: empaques de cereales, galletas, productos de limpieza, entre otros.
- Envases plásticos: botellas de bebidas, botellas de productos de limpieza y galones.
- Latas de licor o refresco.
- Latón: latas de atún, hongos, maíz, vegetales, entre otros.
- Envases de botellas de vidrio.

- Electrodomésticos y aparatos electrónicos.
- Cartuchos de tinta.
- Chatarra.
- Envases tetrapak.

Para las comunidades objeto del estudio, 94.92 kilogramos, el 13% de todos los residuos generados podrían ser entregados a la Cooperativa para su recolección y reciclaje. En mayor proporción las familias desechan plástico que podría ser reciclado, botellas, empaques de comida, envases tetrapak, latas y latón. Poco papel fue encontrado en las bolsas ya que comentan los periódicos y guías telefónicas son recogidas por un señor que las recicla. La basura de jardín, chatarra y electrónica no se incluyó en este análisis ya que su manejo ya se realiza de forma independiente y no será objeto de este proyecto.

Considerando los resultados de este análisis, se confirma la necesidad de abordar el tema del residuo orgánico al representar el mayor impacto posible.

4.3 Análisis de costos del manejo actual de residuos orgánicos

Debido a la naturaleza del residuo y los beneficios de su manejo integral y sostenible, se realiza un costeo por procesos en las cuatro etapas del manejo desde la recolección de los residuos hasta la producción del compost. Al realizar el detalle de los costos incurridos por parte del proyecto, se evidencia que hay muchos costos que no son visibilizados ya que son donados por algún vecino o absorbido por el principal promotor del proyecto, de ahí la dificultad de escalar el proyecto para poder cubrir con la demanda existente. Como ha quedado evidenciado en este diagnóstico, se está operando a capacidad máxima y se requiere la intervención de la Asociación para poder ampliar la capacidad.

Para colocar un centro de acopio con capacidad de almacenaje de 150 kg de residuos, actualmente se realiza una inversión de 165.000 colones. Estos no son

los costos reales ya que la mano de obra es donada por un vecino y los estañones son prestados. Este costo es obtenido de actividades comunales donde se vende comida y el 100% de la ganancia es reinvertido en la comunidad con la colocación de un nuevo centro de acopio. No se ha contabilizado el costo de dar mantenimiento a los centros de acopio, la limpieza corre por cuenta de los vecinos.

Tabla 7: Costo reportado de instalación de centro de acopio

	Costo
Mano de obra	Donada
Materiales	150.000
Estañón	Prestado
Rotulación	15.000
Total	165.000

Fuente: Proyecto Comunidades Pioneras.

El costo de la recolección del residuo también ha sido invisibilizado ya que la realiza el coordinador del proyecto, quien asume los costos. En este proceso se debe considerar el costo de hora hombre, un estañón adicional por centro de acopio, que es el que se devuelve limpio al tiempo que se retira el lleno, el mantenimiento de la bicicleta para la recolección por ruteo. Ninguno de estos costos está siendo considerado y deberán incluirse en la propuesta a la Asociación de Desarrollo.

De igual manera, el costo del acopio es asumido por el promotor del proyecto. El asume el costo de almacenaje de los estañones ya que los tiene en su casa de habitación, y no cobra por el tiempo que utiliza en esta labor. El único costo que es

evidenciado, además de la colocación de centros de acopio, es el de transporte desde el centro general acopio a la finca de producción de compostaje que tiene un costo de 25.000 colones por semana, aproximadamente 100.000 colones al mes. Parte de lo que se genera en las actividades comunales es utilizado en este rubro o es asumido por el proyecto.

A continuación, se realiza la comparación entre los costos reportados y los costos reales de operación del proyecto. Por costo reportado, se entiende el costo que asume actualmente el proyecto Comunidades Pioneras en efectivo, ya que el resto de la operación depende del trabajo voluntario de los miembros de la comunidad o el proyecto. El Costo real corresponde al costo en que deberá incurrir la Asociación de Desarrollo para escalar el proyecto.

Tabla 8: Costo reportado y real de instalación de centro de acopio

	Costo reportado	Costo real
Mano de obra	Donada	150.000
Materiales	150.000	150.000
Estañón	Prestado	20.000
Rotulación	15.000	15.000
Total	165.000	335.000

Fuente: Proyecto Comunidades Pioneras.

Tabla 9: Costo semanal reportado y real del manejo de residuos orgánicos

	Costo reportado	Costo real
Recolección	0	10.500
Transporte ruteo	0	0
Mano de obra	0	10.500
Acopio	0	19.000
Mano de obra	0	4000
Almacenaje de estaciones	0	15.000
Flete	0	25.000
Transporte	25.000	25.000
Compostaje	0	51.500
Agua	0	1.500
Mano de obra	0	25.000
Espacio	0	25.000
Total	25.000	106.000

Fuente: Elaboración propia recabados en colaboración con la Asociación de Desarrollo y el Proyecto Comunidades Pioneras.

El costo real de manejar tres toneladas de basura por semana se calcula en 116.000 colones considerando el costo por día de trabajador no calificado en 10.500 colones y la hora en 2000 colones y el costo de alquiler de 15\$ por metro cuadrado. Esto contrasta con los 25.000 que reporta el proyecto. Considerando las tres toneladas de residuos manejados por el proyecto a la semana, el costo por tonelada por semana es de 35.333 colones. Aun con este incremento al considerar todos los costos involucrados, hay una oportunidad de reducir costos mejorando los procesos, utilizando espacios públicos aptos para almacenaje y aumentando la cantidad de residuos manejada.

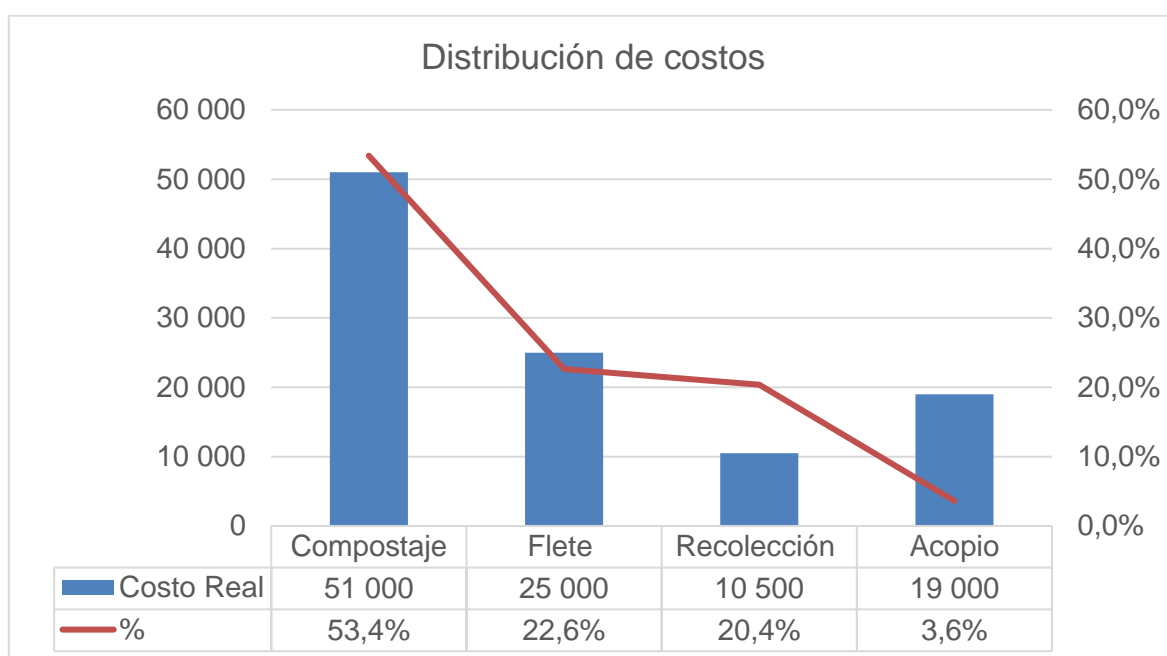


Gráfico 4: Distribución semanal de costos

Fuente: Elaboración propia con datos recabados en colaboración con la Asociación de Desarrollo y el Proyecto Comunidades Pioneras.

Capítulo V: Conclusiones y Recomendaciones

5.1 Conclusiones

Como principal conclusión, es importante mencionar que este es un proyecto con gran relevancia para la comunidad y la actual problemática ambiental. También cabe mencionar que tiene mucho potencial para poder ser replicado en otras comunidades. Sin embargo, carece de una estrategia operativa que le permita al proyecto ser sostenible y rentable a largo plazo.

A partir del análisis de causa raíz y la priorización de estas, se determinó que es necesario trabajar prioritariamente en el establecimiento de una estrategia de operaciones que además evidencie la necesidad de recurso adicional. Los procesos actuales de recolección y manejo de los residuos tienen varias oportunidades de mejora:

1. El proyecto requiere de una estrategia operativa donde se encuentre diseñada la metodología y procesos adecuados para la recolección y manejo de residuos.
2. El proceso de compostaje tiene una limitante en recursos al tener solamente una persona dedicada a las actividades de este proceso. Por lo tanto, no hay oportunidad de crecimiento al encontrarse en máxima capacidad.
3. La separación de residuos es insuficiente, así como la reutilización de estos. En cuanto a la caracterización de residuos, se determina que aproximadamente 56% de los residuos se clasifican como orgánicos.
4. El modelo puede presentar una mejora en cuanto a los tiempos de recolección, específicamente en el ruteo que se realiza en bicicleta, el cual representa el 85% del tiempo dedicado a recolección de residuos.
5. La participación de la comunidad es clave para el éxito y crecimiento del proyecto. Aún hay oportunidad para mayor promoción del proyecto y de tal manera aumentar su compromiso, tomando responsabilidad por el manejo de sus residuos.

6. Es importante proponer un sistema de costos que permita que el proyecto sea factible económicamente. Deben analizarse los costos reportados versus costos reales, ya que el 100% de la mano de obra es donada por el coordinador del proyecto y los estañones son prestados por un vecino.
7. Se carece de documentación estandarizada para medición y análisis de resultados; esto incluye tiempos y volúmenes de producción. Es importante contar con un proceso de análisis cuantitativo de los residuos, acompañado por una propuesta de indicadores que permitan dar seguimiento a la eficiencia y eficacia de la estrategia planteada.

5.2 Recomendaciones

1. Se recomienda a la Asociación de Desarrollo enfocarse de manera inicial en el manejo de los residuos orgánicos, considerando que constituyen el 56% de los residuos de la comunidad. Enfocar los esfuerzos en consolidar el trabajo iniciado por el proyecto Comunidades Pioneras, pero realizando inversión y mejoras del proceso.
2. Se recomienda que la Asociación se encargue solamente de la recolección y acopio de los residuos, y que establezca alianzas con agricultores de las zonas periurbanas alrededor de las comunidades para que ellos reciban los residuos orgánicos recolectados y sean los responsables de la producción del compost.
3. Se recomienda la instalación de más centros de acopio a lo largo de las comunidades participantes para poder aumentar la capacidad de cobertura de 500 casas que es la meta de la Asociación. Para eso se requiere la instalación de 20-25 centros de acopio más, pero se pueden programar las colocaciones a lo largo de este año de lanzamiento del programa. De esta manera también se optimiza el proceso de recolección y se disminuyen los tiempos.

4. Se recomienda utilizar espacios públicos que actualmente están siendo subutilizados, para la recepción y almacenaje de los estañones provenientes de los diferentes centros de acopio previo a su recolección por parte del transportista para su traslado a la finca de compostaje.
5. Se recomienda la documentación de los procesos para poder cuantificar de forma adecuada las necesidades reales respecto a inversión, equipo, personas, así como el establecimiento de indicadores que permitan evaluar la gestión y toma de decisiones respecto al rumbo del proyecto.
6. Se recomienda realizar actividades con fines educativos para aumentar la conciencia en los vecinos respecto a la importancia de la separación de los residuos, dando a conocer el impacto de sus acciones respecto a la problemática de manejos de los residuos en el país.

Capítulo VI: Propuesta

6.1 Justificación de la propuesta

Con base en la información recopilada en la fase de diagnóstico del proyecto, se establece que es importante elaborar una estrategia operativa de manera que permita a la comunidad tener un modelo de manejo de residuos sostenible y factible económicamente.

Cabe mencionar que la propuesta se elabora en conjunto con el principal encargado del proyecto, cuyo compromiso con el propósito de lograr un impacto positivo en el ambiente le ha llevado a investigar y estudiar sobre mejores prácticas, de manera que el modelo pueda ser replicable a largo plazo en otras comunidades. Adicionalmente, se valida con la Asociación de Desarrollo Integral y las necesidades que expresaron antes de iniciar el diagnóstico para ajustarlo a sus necesidades.

6.2 Descripción de la propuesta

La propuesta se centra en tres objetivos principales:

- Diseñar la metodología y procesos adecuados para la recolección y manejo de los residuos según las características de los residuos de la comunidad y conforme a la normativa.
- Definir una estructura económica de costos que permita la sostenibilidad del proyecto durante el tiempo.
- Proponer indicadores que permitan dar seguimiento a la eficiencia y eficacia de la estrategia planteada.

6.2.1 Metodología y procesos

6.2.1.1 Planteamiento de la estrategia operativa

La Asociación de Desarrollo necesita establecer la estrategia operativa que va a dirigir el camino hacia la adopción del proyecto Comunidades Pioneras para escalar el alcance a las 500 casas de la comunidad.

El objetivo de la Asociación de Desarrollo es lanzar el proyecto de manejo integral de los residuos de la comunidad, para ello requiere el establecimiento de una unidad operativa adjunta a la comisión de autogestión y asuntos ambientales para que coordine y administre las operaciones relacionadas con el manejo de residuos orgánicos. La meta de esta unidad es poder recolectar los residuos orgánicos de las 500 casas de la comunidad y la generación de alianzas con el o los agricultores del área periférica para que reciban los residuos recolectados para la elaboración de compostaje.

No se requiere una estructura muy elaborada, pero sí contar con un coordinador operativo del proyecto que le reporta directamente a la junta directiva. Esta persona está a cargo de manejar el presupuesto, contratar y supervisar la instalación de los centros de acopio, coordinar la contratación del personal para el manejo de los residuos (acopio), el contrato del flete y los acuerdos con los agricultores. A cargo tiene dos personas:

1. El personal de manejo de residuos se encarga del acopio de los estañones y es contratado por la Asociación.
2. El encargado de comunicación está a cargo de los proyectos de sensibilización y de promoción de la separación de residuos. Es un miembro de la Asociación.



Figura 16: Estructura organizacional

Fuente: Elaboración propia.

Los objetivos concretos para cumplir como parte del plan 2019-2020 son:

1. Consolidar el proceso de recolección mediante la ubicación de más centros de acopio.
2. Aprovechar los espacios comunales subutilizados para el acopio de estañones para el transporte a la(s) finca(s) receptora(s) de los residuos.
3. Consolidar los acuerdos con los agricultores para la recepción de los residuos y el abastecimiento de producto orgánico a la comunidad.

6.2.1.2 Rediseño de procesos

La Asociación de Desarrollo carece de tierras propias para poder realizar el compostaje. De ahí que se recomiende que asuma la recolección y acopio de los residuos orgánicos. Para el compostaje es necesario contar con alianzas con agricultores de las zonas cercanas a la comunidad para recibir los residuos como materia prima para la elaboración de compostaje para su uso en los cultivos o para la venta de abono (en el caso de excedente).



6.2.1.2.1 Recolección

Actualmente, el proyecto recolecta un máximo de 21 estañones por semana, de los cuales 11 corresponden a 141 casas. Para que la Asociación de Desarrollo asuma esta actividad de forma más eficiente y logre alcanzar las 500 casas que forman la comunidad, es necesaria la instalación de más centros de acopio y eliminar así la recolección casa a casa que actualmente consume 6 horas por semana por 5 estañones.

Cada estañón tiene la capacidad de almacenar 150 kg de residuos, lo que representa los residuos de aproximadamente 16 casas. Según los hallazgos y mediciones realizadas durante el diagnóstico, para poder escalar el proyecto y dar cobertura a la comunidad, es necesaria la instalación de 25 centros de acopio más. Con la colocación de 25 centros de acopio, se puede recolectar 3000 kilos de residuos más cada semana (correspondiente a 20 centros de acopio, ya que 5 de estos vendrían a remplazar la necesidad de ruteo puerta a puerta).

Si bien la instalación de centros de acopio es fácil y no requiere mayor tiempo, se recomienda realizar la colocación en fases, priorizando las áreas que ya realizan la separación de desechos y a las que se atiende mediante el ruteo en bicicleta. Las ventajas de la colocación de centros de acopio incluyen:

- Mayor cobertura y alcance de las casas de la comunidad, propiciando un modelo replicable.
- Elimina la necesidad del ruteo por bicicleta, que es ineficiente y más costoso que los centros de acopio.
- No hay riesgo de animales abriendo las bolsas y contaminando las calles con los residuos.
- Se evita la acumulación de la basura en la casa y se propicia que los vecinos se empoderen con el proyecto.

A continuación, se analiza la diferencia en costos y tiempos de realizar recolección mediante centros de acopio, versus puerta a puerta, mediante ruteo por bicicleta:

Tabla 10: Comparación de tiempo y costos por tipo de recolección

Tipo de recolección	Estañones recolectados por semana	Tiempos semanales por estañón	Costo por semana por estañón
Centros de Acopio	6	20 minutos	667 colones

Ruteo por bicicleta	5	72 minutos	5100 colones
---------------------	---	------------	--------------

Fuente: Elaboración propia.

Como se puede observar del análisis anterior, considerando la operación actual, hay una oportunidad importante de mejora en tiempos y costo por estación de 52 minutos y 4400 colones si se cambia al modelo de recolección mediante la instalación de centros de acopio o recibidores. Debido a que la instalación de centros de acopio constituye una inversión inicial importante, se recomienda realizarla de forma progresiva, colocando 6 centros de acopio cada 3 meses, hasta completar la colocación de los 25 centros de acopio.

La instalación de cada centro de acopio se estimó en 335.000 colones, sin embargo, representantes del proyecto indicaron que al hacer la compra de materiales para 5 o más centros de acopio, el proveedor de materiales les ofrecía un mayor descuento con un ahorro de 50.000 colones en materiales y el correspondiente ahorro de 50.000 en mano de obra, por lo que el costo de instalación puede realizarse con 235.000 colones.

Primera fase: setiembre – diciembre 2019

En esta primera fase se colocan los primeros centros de acopio con una inversión aproximada de 1.410.000 colones. La colocación de estos centros de acopio se realiza en las áreas donde actualmente existen vecinos a los que se les recogen los residuos en la casa, mediante el ruteo en bicicleta. A continuación, se muestra la ubicación propuesta de los centros de acopio en esta fase. Se estima con esta colocación reducir el espacio de ruteo de seis a tres horas y el costo semanal de 10.500 colones a 5250 colones por concepto de mano de obra.



Figura 17: Ubicación Centros de Acopio Fase 1

Fuente: Elaboración propia.

Segunda fase: enero – marzo 2020

Se continúa con la colocación de seis centros de acopio con una inversión aproximada de 1.410.000 colones. Se continúa con la estrategia de colocar centros de acopio donde actualmente se realiza recolección de residuos puerta a puerta. A continuación, se muestra la ubicación propuesta de los centros de acopio en esta fase. Se estima con esta colocación reducir el tiempo de ruteo de tres a una hora y el costo semanal de 5250 colones a 1750 colones por concepto de mano de obra.



Figura 18: Ubicación Centros de Acopio Fase 2

Fuente: Elaboración propia.

Tercera fase: abril – junio 2020

La tercera fase continúa con la colocación de seis centros de acopio con una inversión aproximada de 1.410.000 colones. Se continúa con la estrategia de colocar centros de acopio donde actualmente se realiza recolección de residuos puerta a puerta. A continuación, se muestra la ubicación propuesta de los centros de acopio en esta fase.



Figura 19: Ubicación Centros de Acopio Fase 3

Fuente: Elaboración propia.

Cuarta Fase: julio – setiembre 2020

En la cuarta fase, se finaliza la colocación de siete centros de acopio para así cumplir la meta de colocación de 25 recibidores. La inversión en esta fase es de aproximadamente 1.645.000 colones. Ya para este momento todas las casas parte del proyecto han sido cubiertas, por lo que no se incurre más en costos de mano de

obra por ruteo en bicicleta. A continuación, se muestra la ubicación propuesta de los centros de acopio en esta fase.



Figura 20: Ubicación Centros de Acopio Fase 4

Fuente: Elaboración propia.

6.2.1.2.2 Acopio y transporte

Con la colocación de los 25 centros de acopio a lo largo de la comunidad se logra la cobertura deseada de las 500 casas. Para realizar el transporte de los residuos hacia la(s) finca(s) receptora(s), se debe realizar la consolidación de los

estañones recolectados en la semana, en tres puntos identificados a continuación. Estos corresponden a espacios propiedad de la Asociación que no están siendo utilizados, junto a los parquecitos infantiles y salones comunales del área. A continuación se muestra el área de estos centros de consolidación.



Figura 21: Ubicación de los centros de consolidación de centros de acopio

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 11: Distribución de estañones por centro de consolidación

Lugar	Casas
Centro de Consolidación de Acopio Villa Hermosa	12
Centro de Consolidación de Acopio Paso Flores	10
Centro de Consolidación de Acopio Ciruelas	9

Fuente: Elaboración propia.

El traslado de los 31 estañones a los tres centros de consolidación requiere el trabajo de una persona por 10-11 horas a la semana vs las 10 horas que se requieren actualmente el manejo de 11 estañones. Respecto al transporte a las fincas receptoras de los residuos, el flete de los 31 estañones se realizaría el mismo día, haciendo tres paradas en los centros de consolidación manejados por la Asociación de Desarrollo. El costo del transporte aumentaría a 45.000 colones considerando el transporte de los 31 estañones y realizando las tres paradas.

Tabla 12: Resumen de mejora de tiempos con el nuevo proceso

Proceso	Tiempo actual 11 estañones	Tiempo por estañón promedio	Mejora propuesta 31 estañones	Tiempo por estañón promedio
Recolección y Acopio	10 horas	54 minutos	11 horas	21 minutos
Flete	4 horas	22 minutos	5.5 horas	10 minutos

Fuente: Elaboración propia.

El compostaje será asumido por los agricultores con los que se realicen alianzas estratégicas.

6.2.2 Estructura económica

La Asociación de Desarrollo realizaría la inversión en el proyecto sin la necesidad de retorno del dinero porque es parte de los rubros que recibe por motivo de proyectos especiales, siendo este uno de ellos. Sin embargo, es necesario, por un lado, definir cuáles son los costos reales en los que va a incurrir y además presentar una propuesta atractiva a los agricultores que participarían del proyecto recibiendo el residuo orgánico.

Al asumir parte de la operación realizada actualmente por Comunidades Pioneras, la Asociación requiere realizar una inversión inicial importante de 5.875.000 colones para la colocación de 25 centros de acopio y la cobertura total de la comunidad. Los costos de mantenimiento del proyecto disminuirían respecto al manejo que se realiza actualmente. Ya hay cierta capacidad instalada que la Asociación puede seguir utilizando, pero asume el manejo de todos los residuos de la comunidad.

Tabla 13: Costo unitario de instalación de centro de acopio

	Costo centro de acopio	Costo +5 centros de acopio
Mano de obra	150.000	100.000
Materiales	150.000	100.000
Estañón	20.000	20.000
Rotulación	15.000	15.000
Total	335.000	235.000

Fuente: Elaboración propia.

Al realizar la instalación de varios centros de acopio se puede aprovechar descuentos por cantidad e incluso la oportunidad de recibir mejores precios al realizar un contrato por los 25 totales. Considerando los descuentos por cantidad, el costo por instalar un centro de acopio es de 235.000 colones. A continuación, se presenta el desglose de inversión requerida para la instalación de los centros de acopio en fases.

Tabla 14: Inversión instalación centros de acopio

Fase	Centros de acopio a instalar	Costos
1	6	1.410.000 colones
2	6	1.410.000 colones
3	6	1.410.000 colones
4	7	1.645.000 colones
Total	25	5.875.000 colones

Fuente: Elaboración propia.

La mejora en los costos se va a experimentar de forma progresiva según las fases definidas para la colocación de centros de acopio. A continuación se presenta el resumen de costos y su variación por fases. A partir de la primera fase se puede prescindir del costo de almacenaje de los estañones recolectados por medio del ruteo puerta a puerta con el uso de los espacios comunales disponibles para el almacenaje de estos. Adicionalmente, se disminuye el costo de mano de obra en la recolección al disminuir la cantidad de casas servidas por el ruteo puerta a puerta. La mejora en costo por estañón es de 58% de 4954,54 colones a 2854,17 colones.

Tabla 15: Evolución de los costos semanales Fases 1 a 3

	Costo Real Actual	Fase 1	Fase 2	Fase 3
Estañones	11*	12	18	24
Kilos	1650	1800	2700	3600
Recolección	10.500	5250	1750	0
Transporte ruteo	0	0	0	0
Mano de obra	10.500	5250	1750	0
Acopio	19.000	4000	8000	12.000
Mano de obra	4000	4000	8000	12.000
Almacenaje	15.000	0	0	0
Flete	25.000	25.000	25.000	35.000
Transporte	25.000	25.000	35.000	35.000
Costo Total	54.500	34.250	34.750	47.000
Costo/estación	4.954.54	3.316.66	1.930.55	1.958.33

Fuente: Elaboración propia.

Los costos mensuales de manejo de los residuos requeridos una vez se instalen los centros de acopio serían de 228.000 colones para manejar 18.600 kilos de residuos. Un costo de 12 colones por kilo, 12.258 colones por tonelada, versus los 33 colones por kilo o 33.030 colones por tonelada que se maneja actualmente para manejar los 6600 kilos de residuos. Una reducción de costos de 169% a la vez que se puede manejar casi tres veces más la cantidad de residuos. A continuación, se puede observar el costo semanal de manejar los residuos, donde se evidencia la

disminución en el costo por estación mucho mayor de la mitad comparado con el costo actual.

Tabla 16: Costo semanal manejo de residuos orgánicos

	Costo real actual (11 estañones)*	Costo futuro (31 estañones)
Recolección	10.500	0
Transporte ruteo	0	0
Mano de obra	10.500	0
Acopio	19.000	22.000
Mano de obra	4000	22.000
Almacenaje de estañones	15.000	0
Flete	25.000	35.000
Transporte	25.000	35.000
Total	54.500	57.000
Costo por estación	4.954.54	1.838.71

*Excluye los estañones de Jugos Pura Vida

Fuente: Elaboración propia.

La Asociación no busca en esta actividad una ganancia económica, pero es la solución de un problema actual con el uso de fondos no asignados que pueden utilizarse mejor para el beneficio de la comunidad. Con la cantidad 4.6 toneladas de residuos producidas no hace falta trabajar con más de una finca agricultura orgánica, por lo que hay una oportunidad de eventualmente trasladar a esa finca el

costo variable de recolección del residuo a cambio de un mercado meta de 500 casas.

Para esto se recomienda la búsqueda de un acuerdo de cooperación con un modelo de compra contra pedidos. Según datos del 2019, el 49,7% de las familias prefieren comprar sus frutas y hortalizas en la feria del agricultor o en verdulerías municipales o independientes (PIMA, 2016, p. 33). Adicionalmente, en promedio cada habitante consumía 5 kilos de hortalizas y frutas por semana en el 2015 (PIMA, 2016, p. 28). El muestreo de casas realizado permite establecer un promedio de cuatro personas por casa.

Si solo el 49,7% de las 500 casas decidiera comprar de esta finca, o sea, 248 casas, el consumo por semana de la comunidad sería de 4970 kilos, lo cual continúa siendo atractivo para una finca con la posibilidad de vender su producto sin intermediario a cambio de asumir su parte de la responsabilidad en el manejo de los residuos objeto de su producción.

Considerando un consumo de 10.000 colones a la semana por familia, lo cual puede ser incluso 15.000 colones dados los datos recolectados por PIMA en el 2016 (p. 36), el agricultor tendría la posibilidad de vender de 2.480.000,00 a 3.720.000,00 colones a la semana a cambio de asumir un costo de 108.000 colones más (57.000 colones por manejo de los residuos y 51.000 colones por compostaje).

6.2.3 Definición de indicadores

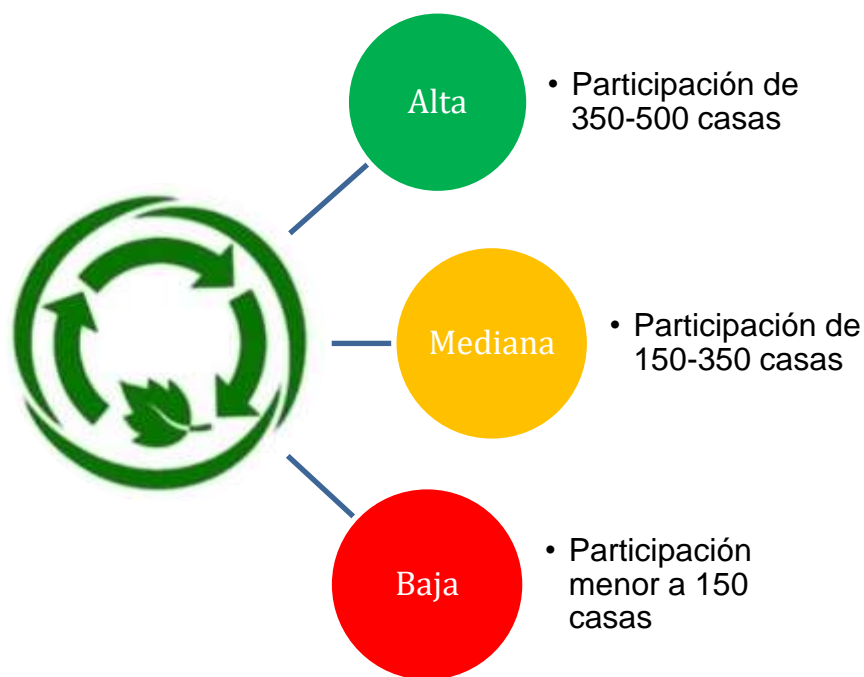
El tercer objetivo de la fase de propuesta es definir e implementar indicadores con el propósito de medir la eficacia y eficiencia del proyecto. Estos indicadores, además, van a permitir darle seguimiento al rendimiento del proyecto una vez implementadas las mejoras descritas anteriormente.

6.2.3.1 Indicadores de proceso de manejo de residuos

Los indicadores se clasifican de acuerdo con las fases del proceso, iniciando con la recolección y hasta la entrega de los residuos a los agricultores.

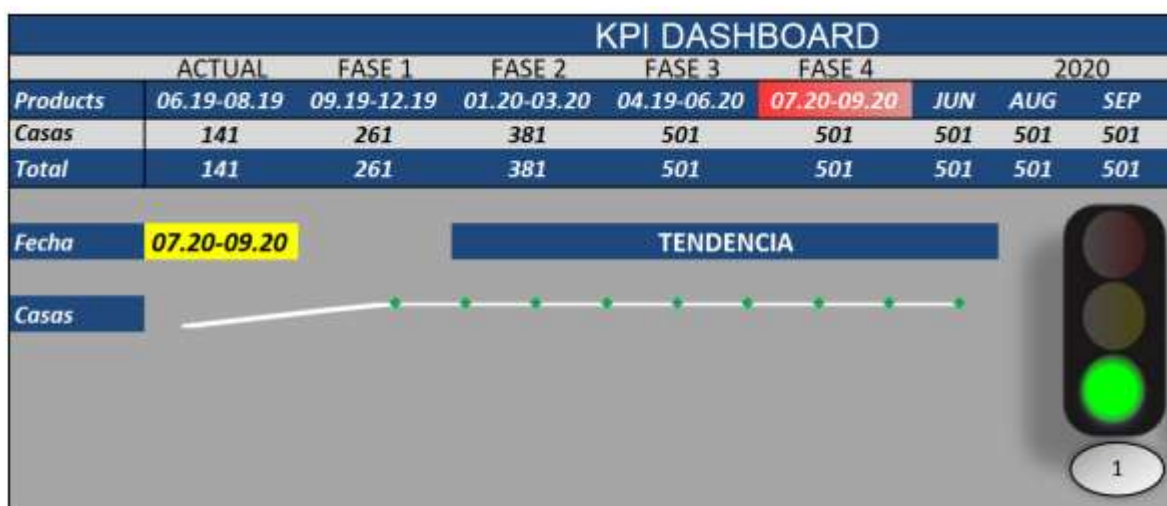
En el proceso de recolección, la métrica más importante es el total de kilos de residuos entregados en los centros de acopio semanalmente. De acuerdo con el muestreo de 30 casas elaborado en la fase de diagnóstico, se recolectan en promedio 13,95 kg de residuos orgánicos por casa. De tal manera que, concluida la cuarta y última fase, logrando la participación de 500 casas, se podría establecer como meta una recolección semanal de 6975 kg.

Como se mencionó anteriormente, se tiene como propósito lograr la participación de las 500 casas de esta comunidad. Sin embargo, se considera una participación alta si se encuentra en un rango de 350-500 casas. Esto requiere un esfuerzo de educación y conciencia para promover una cultura orientada al buen manejo de sus residuos, comprometida con tomar acciones que mejoren la problemática ambiental. Ya que el involucramiento de la comunidad es clave, se establece como indicador el total de casas participantes del proyecto, clasificándose en alta, mediana o baja tal como se presenta a continuación:



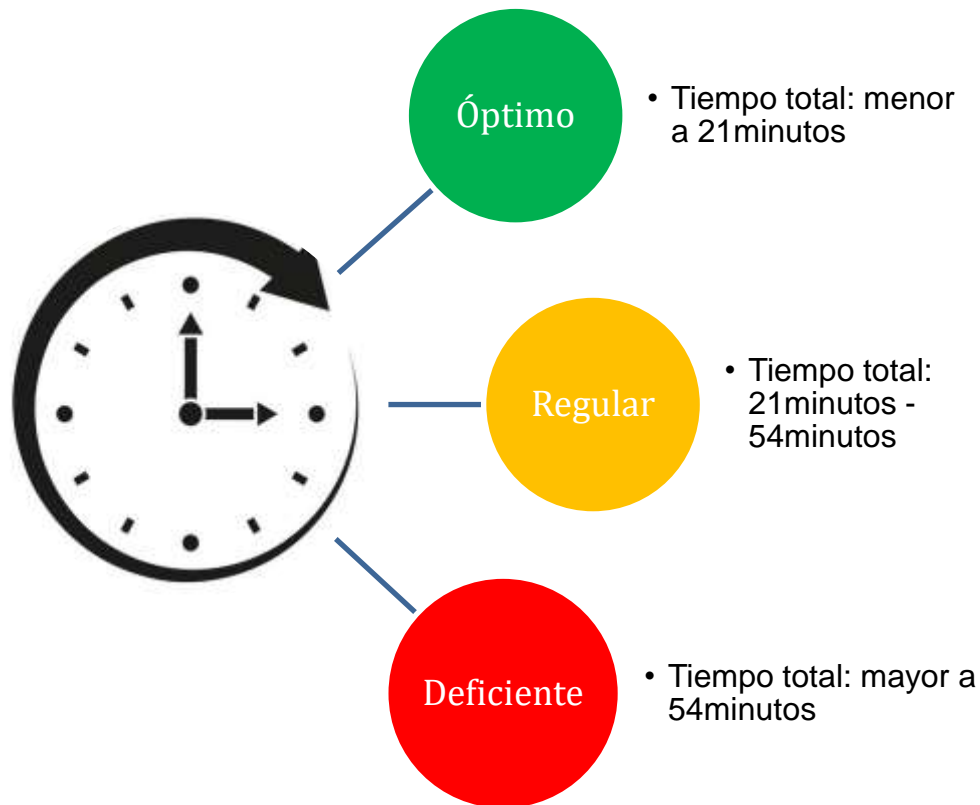
Como herramienta para el monitoreo y seguimiento de los resultados en cuanto al indicador de total de casas participantes, se ha creado un *KPI Dashboard* en Excel. Esta herramienta es de fácil uso y comprensión. Los colores del semáforo se basan en la cantidad de casas participantes, tal y como se representa en la figura anterior. A continuación, se muestra un ejemplo de la expectativa una vez finalizada la fase 4 y alcanzando una participación óptima de 501 casas.

Para el proceso de recolección y acopio se establece como indicador el tiempo

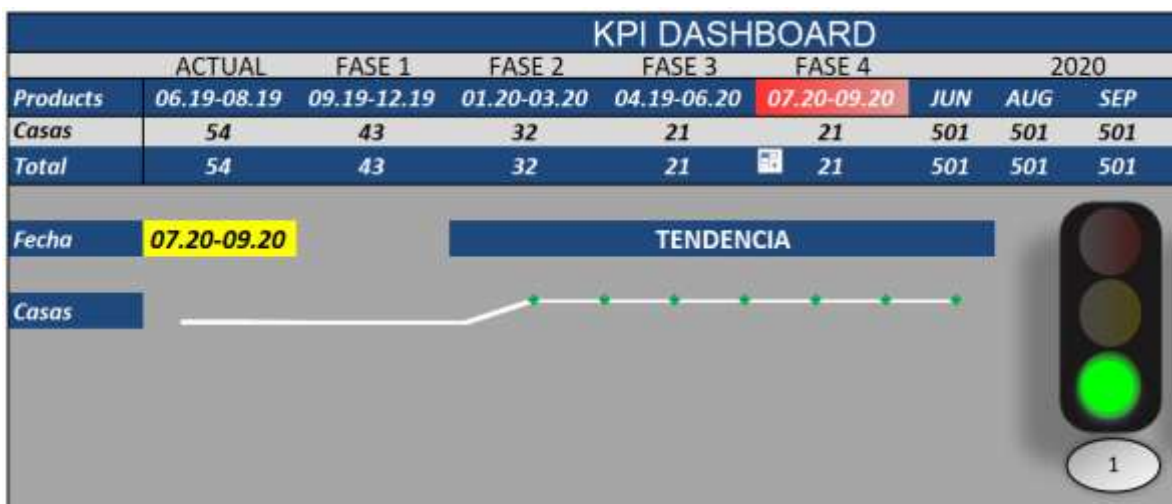


total del proceso. En la actualidad, el tiempo promedio de recolección y acopio por estación es de 54 minutos. Una vez implementadas todas las mejoras propuestas, se estima reducir tal tiempo a 21 minutos.

De esta manera, se utiliza el tiempo actual y el esperado para establecer una meta preliminar y así medir el impacto de los cambios realizados una vez concluida la última fase de la propuesta. Este indicador se representa de la siguiente manera:



Al igual que con el indicador de casas participantes, se utiliza el *KPI Dashboard* para dar seguimiento al tiempo total de recolección y acopio. Se aplica el mismo mecanismo en el cual el semáforo indica el color correspondiente de acuerdo con el resultado. A continuación, se muestra un ejemplo de la expectativa una vez finalizada la fase 4 y alcanzando un tiempo total óptimo de 21 minutos.



Bibliografía

7.1 Bibliografía Citada

Alvear Zamora. (2013). Fundamentos químico-biológicos del compostaje y su uso en la agricultura. *Seminario Sustentabilidad en la Agricultura y Cambio Climático*. Universidad de la Frontera. Pucón, Chile.

Armijo, Marianela. (ILPES/CEPAL 2010). *Lineamientos metodológicos para la construcción de indicadores de desempeño*. Santiago, Chile.

Krajewski, L.; Ritzman, L.; Malhotra, M. (2008) *Administración de Operaciones*. (Octava edición). México: Pearson Educación.

Ley N° 8839. Ley para la Gestión Integral de Residuos. *Diario Oficial La Gaceta No. 135*, San José, Costa Rica, 13 de julio del 2010.

Ministerio de Salud. (2016). *Plan Nacional para la Gestión Integral de Residuos. 2016-2021*. San José, Costa Rica.

Morawski, Clarissa. (2008) Composting – Best Bang for MSW Management buck. *Biocycle, October, 23-27*.

Morillo Moreno, Marisela. Diseño de Sistemas de Costeo: Fundamentos Teóricos. *Actualidad Contable FACES*. Año 5 No.5, Enero-Junio 2002. Mérida. Venezuela. 7-22.

Municipalidad de Alajuela. (2013). *Plan Municipal para la Gestión Integral de Residuos Sólidos del Cantón Alajuela. 2012-2017*. Alajuela, Costa Rica.

Programa Competitividad y Medio Ambiente. (CYMA, 2012). Ley para la Gestión Integral de Residuos No. 8839 del 13 de julio de 2010 (Anotada, concordada y comentada) / Rolando Castro Córdoba. —San José, Costa Rica.

Programa Integral de Mercado Agropecuario (PIMA). (2016) *Análisis de consumo de frutas, hortalizas, pescado y mariscos en los hogares costarricenses*. San Jose, Costa Rica.

Schroeder, R.G.; Goldstein, S.M. y Rungtusanatham, M.J. (2011). *Administración de Operaciones. Conceptos y Casos Contemporáneos*. (Quinta edición). México: McGraw-Hill.

7.2 Disponible en Internet

Aiteco Consultors (2019) ¿Qué es un diagrama de flujo? [online] Recuperado el 6 de mayo de 2019 de <https://www.aiteco.com/diagrama-de-flujo/>

Arenhart, Jeison y Martins Rosemary (2018) Diagrama de Ishikawa. Blog de la calidad [online] Recuperado el 6 de mayo de 2019 de <https://www.aiteco.com/diagrama-de-flujo/>

García González, S. (2019). Los 13 Tipos de Fuentes de Información y sus Características - Lifeder. [online] Lifeder. Recuperado el 22 de abril de <https://www.lifeder.com/tipos-fuentes-de-informacion/>

Lean Manufacturing 10. (2019). Análisis de la causa raíz. Los 5 por qué: Cómo funciona y ejemplo. [online] Recuperado el 22 de abril de <https://leanmanufacturing10.com/analisis-la-causa-raiz-los-5-ques-funciona-ejemplo>

Lean Manufacturing 10. (2019). La Ley o el principio de pareto. [online] Recuperado el 6 de mayo de 2019 de <https://leanmanufacturing10.com/diagrama-de-pareto>

Normasapa.net. (2019). *¿Cómo enfocar la tesis? Enfoque cuantitativo y cualitativo.* Recuperado el 17 de abril de 2019 de <http://normasapa.net/tesis-enfoque-cuantitativo-cualitativo>

Psyma (2019) *¿Cómo determinar el tamaño de una muestra?* [online] Recuperado el 6 de mayo de 2019 de <https://www.psyma.com/company/news/message/como-determinar-el-tamano-de-una-muestra>

Saá, F. (2019). QUE SON LOS PROCESOS? [online] Fernando-fernandotics.blogspot.com. Recuperado el 22 de abril de <https://fernando-fernandotics.blogspot.com/2009/05/que-son-los-procesos.html>

Yellow.Place. (2019). *Villa Hermosa - Alajuela - Costa Rica - Alajuela, Costa Rica.* Recuperado el 17 de abril de 2019 de <https://yellow.place/en/villa-hermosa-alajuela-costa-rica-alajuela-costarica>