

UNIVERSIDAD PARA LA COOPERACIÓN INTERNACIONAL
(UCI)

PROPUESTA DE UN PLAN ESTRATÉGICO PARA LA GESTIÓN RESPONSABLE DE
RESIDUOS ORGÁNICOS APROVECHABLES EN UNA CADENA DE SUPERMERCADOS

JOSÉ JOAQUÍN HERRERA SÁNCHEZ

PROYECTO FINAL DE GRADUACIÓN PRESENTADO COMO
REQUISITO PARCIAL PARA OPTAR POR EL TÍTULO DE
MAESTRÍA EN ADMINISTRACIÓN DE PROYECTOS

San José, Costa Rica

Marzo, 2024

UNIVERSIDAD PARA LA COOPERACIÓN INTERNACIONAL
(UCI)

Este Proyecto Final de Graduación fue aprobado por la Universidad como
requisito parcial para optar al grado de Maestría en Administración de Proyectos

RÓGER VALVERDE JIMÉNEZ

FABIO MUÑOZ JIMÉNEZ

MARCO VINICIO MURILLO ECHEVERRÍA

JOSÉ JOAQUÍN HERRERA SÁNCHEZ

DEDICATORIA

Dedico este proyecto de graduación a mi esposa y mi hija por su amor, apoyo, paciencia en todo este proceso y constante aliento.

AGRADECIMIENTOS

Mi más sincero agradecimiento a todas las personas que han contribuido a la realización de este proyecto y que me han ayudado durante el camino de esta maestría.

En primer lugar, quiero agradecer a mis compañeros y profesores, cuyas enseñanzas han dejado una marca en mi educación.

Quiero agradecer a don Róger, mi tutor, por su orientación y consejos a lo largo de este proyecto.

Finalmente, agradezco profundamente a mi familia, mi esposa y mi hija, por sus sacrificios y su apoyo para que yo pudiera concluir este sueño académico.

ABSTRACT

El presente documento tiene como objetivo formular un plan estratégico para la gestión responsable de los residuos orgánicos aprovechables generados en una cadena de supermercados, con el propósito de optimizar el aprovechamiento de estos residuos, que posibilite las metas de la empresa, la reducción de los impactos ambientales y la mejora de la imagen corporativa de la empresa. Actualmente, los residuos sólidos orgánicos que generan las unidades de negocio de la Cadena de Supermercados son recolectados mediante el servicio de una empresa especializada y dispuestos en los rellenos sanitarios o vertederos que operan en cada una de las comunidades donde están localizados. Los residuos sólidos mal gestionados generan problemas operativos y de logística a las unidades de negocio, así como problemas de contaminación del suelo, aire y agua de las comunidades.

El producto final de este proyecto consiste en determinar la logística de recuperación, tratamiento y disposición final de los residuos orgánicos aprovechables más adecuada para la empresa. Para esto, se utiliza principalmente una metodología analítica-sintética.

Palabras clave:

Residuos sólidos orgánicos, gestión integral de residuos sólidos, medio ambiente, valorización de residuos, compostaje, digestión anaerobia, lombricultura, alimentación animal, economía circular, estudio de viabilidad.

ABSTRACT

The objective of this document is to formulate a strategic plan for the responsible management of organic waste generated in a supermarket chain, with the purpose of optimizing the use of this waste, which enables the company's goals, reduce the environmental impacts and improvement the company's corporate image. Currently, the organic solid waste generated by the business units of the Supermarket Chain is collected through the service of a specialized company and disposed in landfills. Poor solid waste management generates operational and logistical problems for business units, as well as soil, air and water pollution problems for communities.

The final product of this project consists of determining the most appropriate logistics for the recovery, treatment, and final disposal for company's organic waste. For this, an analytical-synthetic methodology is mainly used.

Keywords:

Organic solid waste, solid waste management, environment, waste recovery, composting, anaerobic digestion, vermiculture, animal feed, circular economy, feasibility study.

CONTENIDO

LISTA DE FIGURAS.....	10
LISTA DE TABLAS.....	12
ÍNDICE DE ACRÓNIMOS Y ABREVIACIONES	13
RESUMEN EJECUTIVO.....	15
1 INTRODUCCIÓN	17
1.1 Antecedentes	17
1.2 Problemática	19
1.3 Justificación del proyecto	21
1.4 Objetivo general	23
1.5 Objetivos específicos	23
2 MARCO TEÓRICO.....	25
2.1 Marco institucional.....	25
2.1.1 Antecedentes de la institución.....	25
2.1.2 Misión y visión.....	27
2.1.3 Estructura organizativa.....	29
2.1.4 Productos y servicios que ofrece.....	31
2.2 Teoría de Administración de Proyectos.....	33
2.2.1 Principios de la dirección de proyectos.....	33
2.2.2 Dominios de desempeño del proyecto	37
2.2.3 Proyectos predictivos, proyectos adaptativos y proyectos híbridos	41
2.2.4 Administración, dirección o gerencia de proyectos.....	44

2.2.5	Áreas de conocimiento y procesos de la administración de proyectos	46
2.2.6	Ciclos de vida de los proyectos	50
2.2.7	Estrategia empresarial, portafolios, programas, proyectos	54
2.3	Otra teoría propia del tema de interés	57
2.3.1	Situación actual del problema u oportunidad en estudio.....	57
2.3.2	Investigaciones que se han hecho sobre el tema en estudio.....	61
2.3.2.1	Metodologías que se han usado.....	63
2.3.2.2	Conclusiones y recomendaciones obtenidas.....	65
2.3.3	Otra teoría relacionada con el tema en estudio	67
2.3.3.1	Gestión integral de residuos.....	67
2.3.3.2	Valorización de residuos sólidos orgánicos	70
2.3.3.3	Economía circular	74
2.3.3.4	Estudio de Viabilidad.....	76
3	MARCO METODOLÓGICO.....	79
3.1	FUENTES DE INFORMACIÓN	79
3.1.1	Fuentes primarias	79
3.1.2	Fuentes secundarias.....	80
3.2	MÉTODOS DE INVESTIGACIÓN.....	83
3.2.1	Método analítico-sintético.....	84
3.2.2	Método inductivo	84
3.2.3	Método deductivo.....	85
3.3	HERRAMIENTAS.....	87

3.4 SUPUESTOS Y RESTRICCIONES.....	92
3.5 ENTREGABLES.....	94
4 DESARROLLO.....	97
4.1 Cuantificación de los residuos sólidos generados	97
4.2 Diagnóstico de las causas de merma de los residuos orgánicos generados ..	111
4.3 Casos de uso para la gestión responsable de los residuos	118
4.3.1 Gasificación con plasma	118
4.3.2 Tecnologías de digestión anaerobia.....	126
4.3.3 Tecnologías de compostaje.....	133
4.4 Análisis de alternativas para el adecuado manejo de los residuos orgánicos .	140
4.4.1 Criterios de evaluación de la alternativa más adecuada.....	140
4.4.2 Descripción de alternativas	143
4.4.3 Evaluación de alternativas.....	152
4.5 Análisis de evaluación de factibilidad	158
4.5.1 Factibilidad legal	158
4.5.2 Factibilidad social.....	160
4.5.3 Factibilidad ambiental.....	161
4.5.4 Factibilidad técnica.....	163
4.5.5 Factibilidad económica.....	168
4.5.5.1 Escenario 1: vertido del digestato líquido a las plantas de tratamiento...	169
4.5.5.2 Escenario 2: venta del digestato líquido a un proveedor especializado ..	175
5 CONCLUSIONES.....	180

6	RECOMENDACIONES	182
7	VALIDACIÓN DEL TRABAJO EN EL CAMPO DEL DESARROLLO REGENERATIVO Y/O SOSTENIBLE	185
7.1	RELACIÓN DEL PROYECTO CON LOS OBJETIVOS DE DESARROLLO SOSTENIBLE	187
7.2	ANÁLISIS DEL PROYECTO DE ACUERDO CON EL ESTÁNDAR P5	193
7.3	RELACIÓN DEL PROYECTO CON LAS DIMENSIONES DEL DESARROLLO REGENERATIVO	203
	Lista de Referencias	212
	Anexos	226
	Anexo 1: ACTA (CHÁRTER) DEL PFG	227
	Anexo 2: EDT del PFG	237
	Anexo 3: CRONOGRAMA del PFG	238
	Anexo 4: Investigación bibliográfica preliminar	240
	Anexo 5: Cuantificación de la cantidad de residuos sólidos generada de forma anual	250

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 Estructura organizativa	30
Figura 2 Relación entre los Principios de la Dirección de Proyectos y los Dominios de Desempeño del Proyecto	38
Figura 3 Procesos principales de la administración de proyectos.....	48
Figura 4 Procesos según grupos de procesos y áreas del conocimiento	49
Figura 5 Ciclo de vida de un proyecto	51
Figura 6 Ejemplos de Ciclo de vida de un proyecto.....	53
Figura 7 Ciclo de vida del proyecto de graduación.....	54
Figura 8 Representación de portafolio, programa y proyecto	56
Figura 9 Jerarquía de la gestión de residuos	68
Figura 10 Sistema de compostaje	72
Figura 11 Sistema de digestión anaerobia	73
Figura 12 Economía Circular.....	75
Figura 13 Programa de gestión de residuos sólidos.....	101
Figura 14 Cantidad promedio anual de residuos sólidos mermados	107
Figura 15 Distribución porcentual de la merma generada por departamento	108
Figura 16 Distribución porcentual de las causas de merma	114
Figura 17 Distribución porcentual de las causas de merma para Cafetería y Rostizado	116
Figura 18 Distribución porcentual de las causas de merma para Frutas y Vegetales	117
Figura 19 Proceso de gasificación por plasma	121
Figura 20 Gasificador de plasma	125
Figura 21 Biodigestor	128
Figura 22 Biodigestor Home Biogas.....	132
Figura 23 Biodigestor ABM	133

Figura 24 Composteras Bio Futura	138
Figura 25 Composteras Oklin.....	139
Figura 26 Valoración de alternativas	155
Figura 27 Escenario 1 Beneficios económicos del proyecto.....	171
Figura 28 Escenario 1 Costos del proyecto.....	173
Figura 29 Escenario 1 Flujo de caja del proyecto.....	174
Figura 30 Escenario 2 Beneficios económicos del proyecto.....	177
Figura 31 Escenario 2 Flujo de caja del proyecto.....	178
Figura 32 Análisis de Impacto P5.....	195

LISTA DE TABLAS

Tabla 1 Principios de la dirección de proyectos.....	34
Tabla 2 Dominios de desempeño del proyecto.....	39
Tabla 3 Áreas de Conocimiento	47
Tabla 4 Fuentes de Información Utilizadas	81
Tabla 5 Métodos de Investigación Utilizados	85
Tabla 6 Herramientas Utilizadas	89
Tabla 7 Supuestos y restricciones.....	93
Tabla 8 Entregables.....	95
Tabla 9 Cantidad promedio de residuos sólidos generados	109
Tabla 10 Principales causas de merma para productos perecederos y no perecederos	115
Tabla 11 Proyectos de tratamiento térmico propuestos en Costa Rica	124
Tabla 12 Características del Gasificador de Plasma	144
Tabla 13 Características del Biodigestor Anaerobio Tradicional.....	146
Tabla 14 Características del Biodigestor Eléctrico	148
Tabla 15 Características del Composteador Eléctrico	151
Tabla 16 Peso porcentual asignado a los criterios de evaluación	153
Tabla 17 Cuantificación del efecto del digestato líquido en las plantas de tratamiento.....	166
Tabla 18 Escenario 1 Inversiones del proyecto	170
Tabla 19 Costos del servicio de recolección, transporte y disposición final de residuos.....	171
Tabla 20 Escenario 1 Indicadores financieros del proyecto.....	175
Tabla 21 Escenario 2 Inversiones del proyecto.....	176
Tabla 22 Escenario 2 Indicadores financieros del proyecto.....	179

ÍNDICE DE ACRÓNIMOS Y ABREVIACIONES

ARESEP: Autoridad Reguladora de los Servicios Públicos

ASOBIOGÁS: Asociación Costarricense de Biogás

BM: Banco Mundial

CIEC: Comité Intersectorial de Economía Circular

CEDI: Centro de Distribución

CNR: Consejo Nacional de Rectores

DA: Digestión Anaerobia

DCC: Dirección de Cambio Climático

EDT: Estructura de Desglose de Trabajo

EM: Microorganismos Efectivos

ENEC: Estrategia Nacional de Economía Circular

ENSRVR: Estrategia Nacional de Separación, Recuperación y Valorización de Residuos

EPA: Environmental Protection Agency (Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos)

FAO: Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura

GAM: Gran Área Metropolitana

GPM: Green Project Management

ICE: Instituto Costarricense de Electricidad

IMN: Instituto Meteorológico Nacional

INVU: Instituto Nacional de Vivienda y Urbanismo

ISO: International Organization for Standardization (Organización Internacional de Normalización)

kg: Kilogramos

MINAE: Ministerio de Ambiente y Energía

MINSA: Ministerio de Salud

MTSS: Ministerio de Trabajo y Seguridad Social

NAMA: Nationally Appropriated Mitigation Actions (Acciones de Mitigación Nacionalmente Apropriada)

ODS: Objetivos de Desarrollo Sostenible

ONU: Organización de las Naciones Unidas

PET: Polyethylene Terephthalate (Tereftalato de Polietileno)

PFG: Proyecto Final de Graduación

PMBOK: Project Management Body of Knowledge (Cuerpo de Conocimiento de Gestión de Proyectos)

PMI: Project Management Institute (Instituto de Gestión de Proyectos)

P5: personas, planeta, prosperidad, producto y proceso

P5IA: Análisis de Impacto P5

SETENA: Secretaría Técnica Nacional Ambiental

TIR: Tasa Interna de Retorno

Ton: Toneladas

VAN: Valor Actual Neto

RESUMEN EJECUTIVO

La Cadena de Supermercados es una empresa dedicada al sector comercio, cuya principal actividad consiste en la venta de productos al detalle. Su historia en Costa Rica arrancó hace más de 60 años con la apertura de su primer punto de venta y se ha caracterizado por buscar mercados nuevos, abriendo localidades según la necesidad de cada uno de ellos. Es una empresa que se ha caracterizado por implementar una serie de iniciativas en pro de la responsabilidad social y el medio ambiente y a partir del año 2020 estableció metas de regeneratividad dentro de las cuales se enmarcan acciones a llevar a cabo para el manejo responsable de todo tipo de residuos, entre ellos los residuos orgánicos.

En Costa Rica persiste el modelo de manejo de residuos que consiste en recolectar los materiales, transportarlos y disponerlos en rellenos sanitarios o botaderos y la Cadena de Supermercados no es la excepción en esta práctica, ya que actualmente los residuos sólidos orgánicos que generan las unidades de negocio son recolectados mediante el servicio de una empresa especializada y dispuestos en los vertederos que operan en cada una de las comunidades donde están localizados.

Dada la relevancia del equilibrio ambiental en las operaciones de la Cadena de Supermercados y en línea con sus metas, la empresa busca una solución alterna al manejo de sus residuos sólidos orgánicos que no sólo garantice la conformidad con la legislación nacional, sino que también posibilite la óptima ejecución de sus actividades en términos sociales y económicos, así como que garantice un entorno de trabajo seguro para su personal, proporcione a sus clientes un servicio de alta calidad y contribuya a mantener las comunidades vecinas libres de contaminación.

El objetivo general de este proyecto fue formular un plan estratégico integral para la gestión responsable de los residuos orgánicos aprovechables generados en dicha cadena de supermercados, con el propósito de optimizar el aprovechamiento de estos residuos, que posibilite las metas de la empresa, la reducción de los impactos ambientales y la mejora de la imagen corporativa de la empresa. Los objetivos específicos fueron: cuantificar y caracterizar los residuos sólidos generados por la cadena de supermercados de acuerdo con su tipo con el fin de definir el peso de los residuos orgánicos aprovechables dentro de la matriz de residuos de dicha organización, realizar un diagnóstico de las causas de merma de los residuos orgánicos generados por la empresa en sus diferentes áreas y procesos con el fin de identificar los puntos críticos de generación, analizar al menos tres casos de uso para la gestión responsable de los residuos orgánicos aprovechables para definir el plan de manejo más adecuado a las necesidades de la empresa, determinar la logística de recuperación, tratamiento y disposición final de los residuos orgánicos aprovechables más adecuada para la empresa con el propósito de garantizar el cumplimiento de sus metas y desarrollar un análisis de evaluación de factibilidad social, legal, técnica, económica y ambiental para la alternativa más adecuada para el manejo de los residuos orgánicos aprovechables generados por la cadena de supermercados con el fin de determinar si su implementación es viable y sostenible a largo plazo.

La metodología utilizada fue la investigación de tipo analítico-sintético, que proporcionó una guía para la elección de las herramientas adecuadas para recopilar y analizar los datos, así como para llevar a cabo la evaluación de factibilidad de la alternativa de manejo más adecuada para las necesidades y especificaciones particulares de las unidades de negocio. Como fuentes de información se utilizaron principalmente las bases de datos que registran la cantidad por departamento de los residuos sólidos generados por las tiendas y la documentación técnica proporcionada por los proveedores que ofrecen las diferentes alternativas de manejo de los

residuos. Las principales herramientas que se utilizaron fueron las reuniones, el juicio de expertos y el análisis de alternativas.

Para determinar la logística de recuperación, tratamiento y disposición final más adecuada para los residuos orgánicos aprovechables generados por las unidades de negocio, se llevó a cabo un análisis multicriterio, donde no sólo se seleccionó la alternativa óptima entre las alternativas disponibles actualmente, sino también se aportaron los argumentos que fundamentaron tal conclusión. Luego del análisis llevado a cabo, la alternativa seleccionada correspondió a la adquisición y uso de un equipo Biodigestor eléctrico.

Con el fin de determinar si la implementación del proyecto es viable y sostenible a largo plazo, se llevó a cabo un análisis de evaluación de factibilidad que incluyó el análisis de los aspectos social, legal, técnico, económico y ambiental.

Actualmente la empresa registra un desvío de los rellenos sanitarios de los residuos sólidos que genera equivalente al 62.6%. La implementación del proyecto para el procesamiento de los residuos orgánicos contribuiría a aumentar este porcentaje hasta un 85% aproximadamente, con lo que la Cadena de Supermercados estaría muy cerca de lograr su meta de un 90% de desvío, logrando reducir significativamente su impacto ambiental.

Los resultados obtenidos al analizar la factibilidad del proyecto concluyeron que éste es factible desde el punto de vista financiero, siempre y cuando el digestato líquido subproducto del tratamiento de los residuos orgánicos en el biodigestor se venda a un proveedor especializado como biofertilizante. En caso contrario, los ahorros que genera el proyecto en la logística de recolección y disposición final de los residuos no pagarían la inversión y los gastos adicionales que se requieren en la operación de las unidades de negocio. El beneficio económico del proyecto se suma a aquellos que desde el punto de vista social y ambiental se identificaron, lo que lo convierte en un proyecto muy atractivo para la Cadena de Supermercados.

En vista del aumento en la cantidad de residuos sólidos que generan sus unidades de negocio y conforme a la meta de aumentar el porcentaje de desvío de dichos residuos de los rellenos sanitarios o vertederos, la Cadena de Supermercados debe reforzar su proceso de manejo de la merma y enfocar sus esfuerzos por mitigar las principales causas de desperdicio, caso por ejemplo de los problemas de calidad de los productos, así como aumentar la cartera de productos que forman parte de su programa de donaciones, con lo que no sólo estaría aumentando el porcentaje de desvío de sus residuos, sino que también se aumentaría la cantidad de beneficiarios de sus programas de responsabilidad social y empresarial.

Finalmente, la empresa debe buscar alianzas estratégicas con otras organizaciones que permitan una reducción de los costos asociados al proyecto, permita escalarlo a mayor cantidad de tiendas de sus otros formatos y lograr beneficios a todas las partes desde el punto de vista económico, social y ambiental.

1 Introducción

En este apartado se hace la presentación formal del presente proyecto final de graduación, manifestando el propósito de la investigación, así como las razones que motivaron su realización y los fundamentos que la apoyan.

1.1 Antecedentes

La principal actividad comercial que se desarrolla en las unidades de negocio de la Cadena de Supermercados es la venta de productos al detalle. En términos generales, dichos productos corresponden a las categorías de abarrotes (arroz, frijoles, cereales, productos enlatados, entre otros), mercadería general, textiles, productos frescos (carnes, embutidos, huevos, frutas y vegetales), así como otra gran variedad de productos.

En el caso particular de Costa Rica, la empresa inició operaciones hace más de sesenta años con la apertura de su primer local de autoservicio de lo que luego se convertiría en una de las cadenas de supermercados más exitosas del país, como lo fue la Corporación Más x Menos (Walmart Centroamérica, ¿Quiénes somos? [Walmart], 2023). La empresa siempre se caracterizó por buscar mercados nuevos, abriendo localidades según la necesidad de cada uno de ellos a fin de crecer en el territorio costarricense y es a partir del año 2005 que fue adquirida por la transnacional Walmart como parte de su estrategia de expansión.

En Centroamérica, además de contar con operaciones en Costa Rica, también cuenta con supermercados en Nicaragua, El Salvador, Honduras y Guatemala.

A partir del año 2011, la empresa consolida su presencia bajo una identidad unificada al renovar y ajustar la operación de las tiendas de uno de sus formatos a supercenter e introducir un surtido novedoso en todas las categorías de productos, en especial en las áreas de tecnología, artículos para el hogar, entretenimiento, ropa, entre otros (Walmart, 2023).

La empresa cuenta con una amplia variedad de formatos que incluyen tiendas de descuento, bodegas, supermercados y supercenter. Para el caso de Costa Rica, los supermercados de estos formatos operan bajo las marcas comerciales de Palí, Maxi Palí, Más por Menos y Walmart Supercenter, respectivamente.

Actualmente la empresa cuenta con catorce unidades de negocio del formato Supercenter en el país. Estos supermercados se diferencian principalmente del resto, ya sea de la misma compañía como de las empresas competidoras, en el tamaño de su sala de ventas o superficie destinada a la compra de los consumidores y por la amplitud de su surtido y servicios.

La forma de trabajar de la empresa se fundamenta en cuatro creencias principales, que son el servicio al cliente, el respeto por el individuo, la búsqueda de la excelencia y el actuar con integridad (Walmart, 2023).

En el año 2020, la empresa se comprometió a convertirse en una Empresa Regenerativa hacia el año 2040, donde la naturaleza y la humanidad estén al centro de todas sus prácticas de negocio, lo que implica ir más allá del cumplimiento para tener una huella socioeconómica y ambiental positiva, en bienestar de las personas, las comunidades y el planeta (Walmart, 2023).

Para su estrategia de regeneratividad, la empresa ha establecido tres prioridades. La primera de ellas es el Cambio Climático, donde busca reducir las emisiones de la operación y de la cadena de suministro. Para ello, ha establecido como objetivos el electrificar su flotilla, abastecer sus unidades de negocio con energía 100% renovable y llevar a cabo una conversión de sus sistemas de refrigeración a refrigerantes de bajo impacto ambiental. En segundo lugar, se establece el pilar de Economía Circular, que busca la reducción en el uso de los recursos naturales y la generación de residuos. En este caso, la empresa busca el desvío de rellenos sanitarios de más del 90% de los residuos generados, reducir en un 50% el

desperdicio de alimentos y lograr que el 100% de los empaques de los productos de sus marcas sean reciclables, reutilizables o compostables. El tercer pilar está relacionado con el Capital Natural, que busca la protección de los recursos naturales a través del abastecimiento sustentable de productos básicos como el aceite de palma, papel, pulpa y madera (Walmart, 2023).

1.2 Problemática

Actualmente, los residuos sólidos orgánicos que generan las unidades de negocio de la Cadena de Supermercados son recolectados mediante el servicio de una empresa especializada y dispuestos en los rellenos sanitarios o vertederos que operan en cada una de las comunidades donde están localizados.

Este residuo lo constituyen básicamente todos aquellos productos no aptos para la venta y se caracterizan por la posibilidad de identificar de manera clara sus causas, como por ejemplo cuando se trata de un producto dañado o vencido, producto con un etiquetado incorrecto, productos cuyo contenido está incompleto, cuyos empaques están deteriorados o presentan daños por plagas.

Los residuos sólidos mal gestionados en los vertederos pueden conducir a la contaminación de las aguas superficiales y subterráneas, que son las fuentes comunes para la obtención de agua potable. De igual forma, una gestión incorrecta puede provocar efectos en la salud de las personas por el contacto con sustancias tóxicas y patógenos. Desde el punto de vista ambiental, el control inadecuado de estos residuos y sus lixiviados puede contaminar los suelos y el aire, lo que tiene un efecto en los ecosistemas locales. Desde el punto de vista económico, la gestión inadecuada puede ser costosa, tanto en términos de gastos directos como de la posibilidad de recuperar costos si se implementarán estrategias de valorización (EPA, 2020).

Para el caso de los residuos sólidos orgánicos, las causas por las cuales se generan las pérdidas o mermas son variadas. Ciertos grupos alimentarios son perecederos o muy sensibles a las condiciones ambientales. Además, la cadena de producción y abastecimiento posee muchos eslabones, lo que aumenta las probabilidades de que se generen desperdicios por defectos de calidad desde la fuente, contaminación a la largo de la cadena de procesado o elaboración, condiciones inadecuadas de almacenamiento, transporte y exhibición, administración ineficiente de las existencias y de los productos dañados y falta de planificación de las compras (FAO, 2018).

Al no contar la Cadena de Supermercados con una alternativa para el manejo de los residuos sólidos orgánicos que no sea su disposición final en un vertedero, actualmente las unidades de negocio enfrentan los siguientes problemas:

- Cada unidad de negocio debe pagar el costo por los servicios de recolección, transporte y disposición final en el relleno sanitario o vertedero.
- Este tipo de residuos genera lixiviados durante su almacenamiento. Si se presentan derrames en exceso dentro del cuarto de almacenamiento temporal, estos líquidos pueden afectar la operación de los sistemas de tratamiento de aguas residuales. Si los derrames se presentan fuera del cuarto de almacenamiento temporal se generan problemas principalmente de riesgo de caídas para el personal y los clientes o bien vertidos a los sistemas de aguas pluviales de las tiendas.
- Durante el almacenamiento temporal, la manipulación inadecuada puede afectar la salud del personal de las tiendas y durante la recolección y transporte de los personeros de la empresa contrata para tal fin.
- Durante el almacenamiento temporal y producto principalmente de la descomposición de los residuos, se pueden presentar problemas de malos olores, por lo que pueden presentarse

quejas de parte de clientes, vecinos y personal a cargo de los servicios de recolección y transporte.

- La descomposición de los residuos orgánicos atrae roedores, insectos y animales callejeros.
- En caso de presentarse incumplimientos en la gestión de estos residuos, las autoridades pueden generar ordenes sanitarias o multar a las unidades de negocio.
- Riesgo de lesiones al personal de las tiendas por la manipulación de los botes o bolsas de basura desde los diferentes departamentos hasta el área de almacenamiento temporal.
- Se continúa manejando el concepto de jerarquía del manejo de los residuos sólidos, aunque las tendencias mundiales están apuntando hacia la Economía Circular.

1.3 Justificación del proyecto

A pesar de que la sociedad es consciente del problema ocasionado por la mala gestión de los residuos sólidos, la generación de residuos está experimentando un incremento preocupante. Los países están experimentando un rápido crecimiento sin contar con infraestructuras apropiadas para manejar la diversidad de desechos generados por sus habitantes (Banco Mundial, 2018).

En Costa Rica persiste el modelo de manejo de residuos sólidos que consiste en recolectar en forma indiscriminada los materiales, transportarlos y disponerlos en rellenos sanitarios o vertederos, lo que constituye una práctica insostenible. A esto se le suma la carencia de una estructura adecuada para el manejo dentro de las municipalidades que permita una recolección, reciclaje, revalorización y disposición final eficiente (MINSA, 2016).

Para el año 2019, en Costa Rica se generaban aproximadamente 4.000 toneladas de residuos sólidos, de los cuales, se enviaban a rellenos sanitarios o a disposición final en vertederos semicontrolados el equivalente a casi el 80% (Rudin et al, 2019), lo que significa que del 20% restante se desconoce su paradero. Para agravar la situación y de acuerdo con

datos del Plan Nacional para la Gestión Integral de Residuos, del total de 38 vertederos existentes en el año 2010, diez de ellos estaban en proceso de cierre técnico al año 2014 (MINSa, 2016).

De acuerdo con los resultados de la Auditoría Operativa de Recolección de Residuos Sólidos, para el año 2016, el 18% de los distritos del país no contaban con recolección municipal, obligándolos a recurrir a prácticas inadecuadas (Contraloría de la República, 2016).

Para el caso de Costa Rica, las emisiones causadas por los rellenos sanitarios implican la generación de al menos el 15% de las emisiones nacionales de gases de efecto invernadero, sólo superado por el sector energía y el de transporte (MINAE, 2019). Este fenómeno se presenta debido a que, al descomponerse los residuos sólidos en condiciones anaerobias en los rellenos sanitarios, se generan procesos biológicos que resultan en la producción de metano.

De la cantidad total de residuos generados en el país, aproximadamente el 55% corresponde a residuos orgánicos (MINSa, 2016), lo que quiere decir que, si estos residuos se lograran disponer de forma adecuada y diferente a llevarlos a un vertedero, se lograría dar solución a una gran parte de la problemática de los residuos. Sin embargo, el país no ha logrado implementar una solución integral que habilite la utilización adecuada de estos residuos, con el fin de reducir el impacto ambiental que actualmente ocasionan.

El aumento constante en la generación de residuos sólidos y la creciente preocupación por el medio ambiente hacen que la gestión adecuada de los mismos sea una prioridad para las diferentes empresas y organizaciones. La gestión inadecuada de estos residuos puede llegar a tener impactos negativos en las diferentes comunidades y desafíos logísticos y económicos para la Cadena de Supermercados.

El aprovechamiento de los residuos sólidos orgánicos constituye una de las prioridades de la Cadena de Supermercados, que tiene entre sus metas el desvío de estos residuos de los

vertederos y rellenos sanitarios, con lo que se estima una reducción de aproximadamente el 30% de los residuos que son dispuestos en estos sitios. El presente proyecto final de graduación permitirá visualizar el panorama actual de la gestión de los residuos sólidos, y particularmente de los residuos orgánicos, en las unidades de negocio, con el de encontrar sus principales retos y oportunidades.

Es por ello que, considerando la importancia que tiene el equilibrio del medio ambiente en las unidades de negocio, la Cadena de Supermercados se ve en la necesidad de buscar la alternativa que no solo le permita cumplir con la legislación nacional, sino que además le permita desarrollar sus operaciones de la mejor manera desde los puntos de vista social y económico y que le asegure a su personal un lugar de trabajo seguro, a sus clientes un servicio de excelente calidad y a las comunidades vecinas un ambiente libre de contaminación.

1.4 Objetivo general

Formular un plan estratégico integral para la gestión responsable de los residuos orgánicos aprovechables generados en una cadena de supermercados, con el propósito de optimizar el aprovechamiento de estos residuos, que posibilite las metas de la empresa, la reducción de los impactos ambientales y la mejora de la imagen corporativa de la empresa.

1.5 Objetivos específicos

1. Cuantificar y caracterizar los residuos sólidos generados por la cadena de supermercados de acuerdo con su tipo con el fin de definir el peso de los residuos orgánicos aprovechables dentro de la matriz de residuos de dicha organización.
2. Realizar un diagnóstico de las causas de merma de los residuos orgánicos generados por la empresa en sus diferentes áreas y procesos, con el fin de identificar los puntos críticos de generación.

3. Analizar al menos tres casos de uso para la gestión responsable de los residuos orgánicos aprovechables para definir el plan de manejo más adecuado a las necesidades de la empresa.
4. Determinar la logística de recuperación, tratamiento y disposición final de los residuos orgánicos aprovechables más adecuada para la empresa con el propósito de garantizar el cumplimiento de sus metas.
5. Desarrollar un análisis de evaluación de factibilidad social, legal, técnica, económica y ambiental para la alternativa más adecuada para el manejo de los residuos orgánicos aprovechables generados por la cadena de supermercados con el fin de determinar si su implementación es viable y sostenible a largo plazo

2 Marco teórico

En este apartado se establece un marco referencial de la Cadena de Supermercados con el propósito de establecer un contexto adecuado para el análisis en torno al presente proyecto de graduación. De igual forma se establecen los principales elementos teóricos relacionados con la teoría de administración de proyectos y cómo se operativizan en el trabajo, caso de los principios de la dirección de proyectos, los dominios de desempeño, áreas de conocimiento y procesos y tipos de proyecto, entre otros. Finalmente se resumen las principales investigaciones llevadas a cabo en relación con el tema en estudio, así como sus aportes al mismo.

2.1 Marco institucional

El marco institucional es fundamental en el desarrollo del proyecto, ya que proporciona el contexto y las bases sobre las cuáles se llevó a cabo el trabajo de graduación, lo que ayuda a respaldar la relación del proyecto con los objetivos y metas estratégicas de la organización.

En este apartado se realiza, en primer lugar, una descripción de los antecedentes de la institución donde se desarrolló el proyecto final de graduación, se explica la relación de la visión y la misión de dicha institución con el proyecto y su impacto, así como la relación entre el departamento donde se desarrolló el proyecto y el organigrama de la organización, para finalmente describir cuáles son los principales productos de la empresa.

2.1.1 Antecedentes de la institución

La Empresa Walmart de México y Centroamérica es una empresa dedicada al sector comercio que opera en varios países de la región y cuenta con una amplia variedad de formatos que incluyen tiendas de descuento, bodegas, supermercados y supercenter.

El fundador de la empresa es Sam Walton, quien abrió su primera tienda en Arkansas, Estados Unidos en 1962 e introdujo una fórmula exitosa para el comercio minorista enfocada

en la innovación, ya que reemplazó las cajas en el mostrador por una línea de cajas a la salida de la tienda, ofreció promociones especiales y un trato justo a los asociados (Walmart Centroamérica, ¿Quiénes somos? [Walmart], 2023).

El año de 2005 marcó la entrada de la empresa en la región centroamericana al adquirir una cadena de supermercados en Costa Rica como parte de su estrategia de expansión. A partir de ahí continuó expandiendo sus operaciones en otros países, incluyendo El Salvador, Guatemala, Honduras y Nicaragua, consolidando su presencia bajo una identidad unificada.

A continuación, se presenta un resumen de la línea de tiempo de la empresa en la región:

- 2005: Walmart Stores obtiene el 33% de Central American Holding Company (Carhco).
- 2006: Carhco compra la cadena Super Ceibeños en Honduras y abre el primer Hiper Paiz en ese país.
- 2006: Walmart Stores obtiene el 51% de Carhco y asume su administración. Cambia su nombre a Wal-Mart Centroamérica.
- 2009: Comienza proceso de fusión de Walmart de México y Walmart Centroamérica.
- 2010: Surge Walmart de México y Centroamérica.
- 2011: Se cambia el nombre de Hiper más e Hiper Paiz a Walmart y se introduce el modelo de negocio Precios Bajos Todos los Días.
- 2012: Las tiendas Maxi Bodegas cambian su nombre a Maxi Palí y Maxi Despensa.
- 2020: Walmart Inc. establece la meta de convertirse en una empresa regenerativa.
- 2020: Se anuncia la eliminación de las bolsas plásticas de un solo uso en el área de cajas en la operación en Costa Rica a partir de enero del 2021.
- 2020: Se adquieren los primeros 4 vehículos eléctricos de la compañía en Centroamérica para los supermercados Maxi Palí y Palí en Costa Rica.

Dentro de los antecedentes de la empresa es importante resaltar que, en el año 2009, Walmart de México y Walmart Centroamérica se fusionan en un solo equipo y se convierten en una de las cadenas comerciales más importantes de la región.

La empresa se ha caracterizado por buscar nuevos mercados, abriendo tiendas según la necesidad de cada uno de ellos. También ha enfocado sus esfuerzos en iniciativas de responsabilidad social empresarial y sostenibilidad en la región.

En el año 2020 se comprometió a convertirse en una Empresa Regenerativa hacia el año 2040, con metas claras a nivel global, a través de cuatro pilares: oportunidad, sustentabilidad, comunidad y ética e integridad (Walmart, 2023).

Entre sus principales metas se encuentran el reducir las emisiones en sus operaciones, abastecer sus tiendas con energía 100% de fuentes renovables, reducir el envío de residuos orgánicos a los rellenos sanitarios, uso de empaques 100% reciclables en los productos de sus marcas privadas y lograr que los productos de sus marcas utilicen aceite de palma, papel, pulpa y madera de fuentes sustentables certificadas.

2.1.2 Misión y visión

La declaración de misión de la Cadena de Supermercados es la siguiente: “ofrecer precios bajos todos los días para ahorrar dinero a las familias centroamericanas” (Walmart, 2023).

A partir de este compromiso, la empresa busca ofrecer a sus clientes productos diversos, de buena calidad, con un precio accesible todos los días y proporcionar un excelente servicio al cliente, lo que se traduce en un mayor poder adquisitivo para las personas, con lo que genera un impacto positivo y fortalece los lazos con las comunidades donde opera. Al hacerlo, se centra en proporcionar valor a los clientes y satisfacer sus necesidades.

La declaración de la visión de la Cadena de Supermercados es la siguiente: “contribuir a mejorar la calidad de vida de las familias en Centroamérica” (Walmart, 2023).

En este caso, la empresa implementa una serie de acciones y políticas, entre las que podemos citar su compromiso con los precios bajos, la generación de empleo y desarrollo profesional en las comunidades a través de sus tiendas, centros de distribución y oficinas administrativas, lo que contribuye a la estabilidad económica y al crecimiento de la región. Por otro lado, para satisfacer las necesidades de los clientes, la empresa trabaja con una amplia red de proveedores y socios comerciales, que incluyen pequeñas y medianas empresas locales, para lo cual busca construir relaciones a largo plazo, fomentando la economía y desarrollando la comunidad. La empresa brinda un gran apoyo a la diversidad e inclusión, la educación y la salud. Finalmente, tiene un fuerte compromiso con la sostenibilidad y la responsabilidad social, para lo cual lleva a cabo esfuerzos importantes para asegurar el cumplimiento legal, minimizar su impacto ambiental y promover prácticas comerciales sostenibles, lo que contribuye a la protección del medio ambiente y a alentar a otras empresas a seguir su ejemplo.

En resumen, la misión y la visión de la empresa se traduce en una serie de acciones y compromisos que tienen un impacto en la comunidad, sus asociados y socios comerciales.

El proyecto final de graduación se enmarcó en la estrategia de la empresa de convertirse en una Empresa Regenerativa, donde la naturaleza se encuentra en el centro de las decisiones de negocio. Tal y como se indicó en el apartado anterior, las metas de la empresa se enfocan en los pilares de oportunidad, sustentabilidad, comunidad y ética e integridad (Walmart, 2023). Para ello, la empresa está dando sus primeros pasos para cambiar de forma significativa la forma en que opera y se relaciona con su entorno. Este proyecto constituyó un paso muy importante en la evaluación de su proceso de manejo de residuos sólidos orgánicos valorizables y en el análisis de factibilidad de las alternativas más adecuadas

para dejar de enviar estos residuos a los rellenos sanitarios o botaderos municipales. Para su implementación y puesta en marcha, en primer lugar, la empresa debe concientizar y capacitar a toda su estructura organizativa. En segundo lugar y en línea con su forma de trabajar, la empresa requerirá trabajar en colaboración y alianza con otras empresas e incentivarlas a desarrollarse para atender sus necesidades de un manejo y disposición final de los residuos que cumpla con sus metas, o bien buscar las alianzas con otras organizaciones empresariales, autoridades de gobierno y proveedores de servicio que estén interesados en innovar en el desarrollo de tecnologías y procesos que permitan aumentar el desvío de los residuos a través de los rellenos sanitarios.

2.1.3 Estructura organizativa

La estructura organizativa de la Cadena de Supermercados se caracteriza por ser un híbrido entre jerárquico y funcional, lo que la convierte en una estructura matricial. Está presidida por la alta dirección de la compañía reunida en diversos consejos y comités, quienes se encargan de vigilar y monitorear las acciones de la organización. Por un lado, las directivas se envían desde la gerencia de nivel superior a los gerentes regionales, gerentes de distrito, gerentes de tienda y miembros del equipo de tienda según sea necesario. También se utiliza una estructura basada en funciones de modelo de negocio (Beucher, 2023).

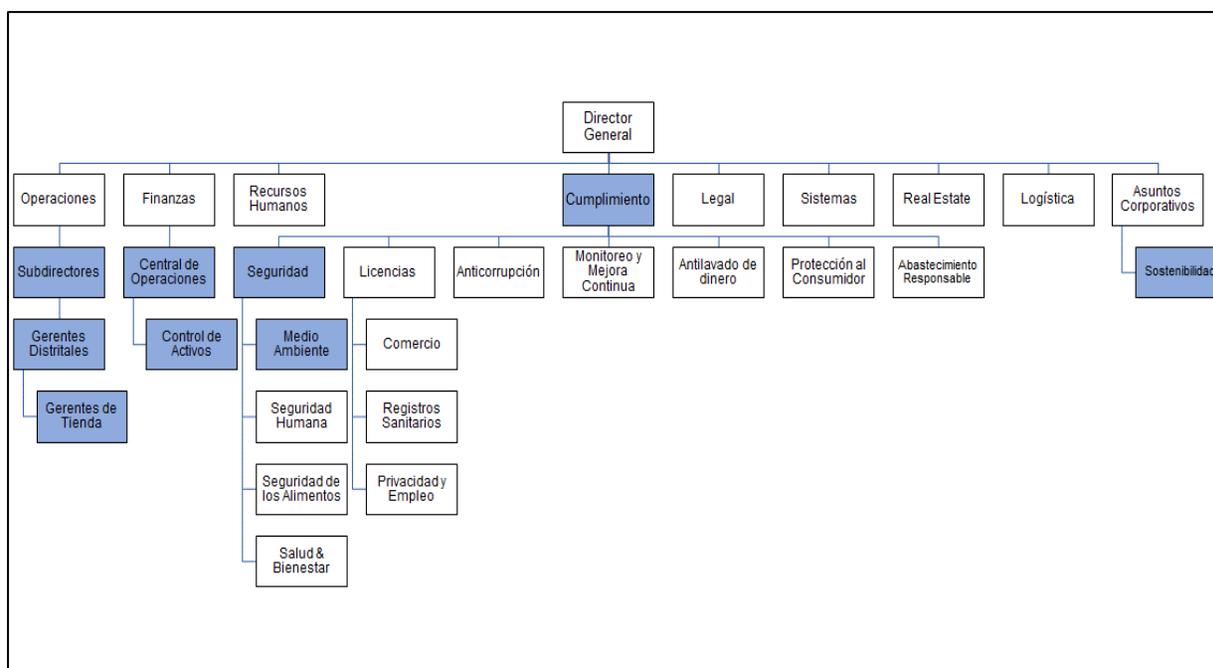
La estructura organizativa de la empresa es muy amplia, principalmente porque es una multinacional y abarca varios nichos de mercado.

Para el caso particular de Centroamérica, el Comité Ejecutivo está conformado por el director general de la empresa y los vicepresidentes de cada uno de los departamentos o áreas de la organización. Entre sus principales funciones se encuentran el establecer las prioridades estratégicas en beneficio de los clientes y la empresa, apoyar los cambios estructurales y dirigir la organización.

En la Figura 1 se muestra la estructura organizativa de la Cadena de Supermercados, desde la alta dirección hasta los principales departamentos funcionales involucrados en el desarrollo de este proyecto.

Figura 1

Estructura organizativa



Nota: Se muestra la estructura organizativa de la Cadena de Supermercados. Autoría propia.

El proyecto final de graduación se desarrolló como una iniciativa del área de Medio Ambiente que pertenece al departamento de Cumplimiento de la organización. Este departamento desempeña un papel fundamental dentro de la organización al garantizar que se cumpla con todas las leyes, regulaciones y normativas aplicables para la empresa, por lo que opera de forma independiente y objetiva con relación al resto de departamentos, lo que garantiza una evaluación imparcial del cumplimiento normativo. A pesar de esta independencia, el departamento trabaja en estrecha colaboración con los otros departamentos

de la empresa en la identificación y evaluación de los riesgos de cumplimiento que enfrentan, lo que implica entender cómo las actividades de la empresa pueden afectar el cumplimiento y tomar medidas para mitigar esos riesgos.

Para el desarrollo del proyecto final de graduación fue necesario trabajar en estrecha colaboración con varios de los departamentos de la empresa, caso por ejemplo del departamento de Sostenibilidad, quien tiene a cargo, entre otras tareas, la gestión de las prácticas empresariales para convertir a la organización en una Empresa Regenerativa, en donde la naturaleza esté en el centro de las prácticas del negocio, con el fin de tener una huella socioeconómica y ambiental positiva en las comunidades donde operan las unidades de negocio. En segundo lugar, se coordinó con el departamento de Protección de Activos, el cual tiene a cargo, entre otros, el proceso de registro, destrucción y desecho de los productos no aptos para la venta en las unidades de negocio y que finalmente serán dispuestos en los rellenos sanitarios. Por último, el desarrollo del proyecto se realizó en coordinación con el equipo de Operaciones, encargados de la administración de las unidades de negocio.

2.1.4 Productos y servicios que ofrece

La Cadena de Supermercados es un establecimiento minorista que ofrece una amplia variedad de productos alimenticios y no alimenticios para satisfacer las necesidades de los consumidores. Entre los productos y servicios que ofrece se pueden citar los siguientes:

- Alimentos y productos de consumo: las tiendas ofrecen a la venta una amplia variedad de alimentos y productos de consumo, incluyendo comestibles, productos frescos, productos no perecederos, bebidas y más.
- Productos frescos y congelados: productos de panadería y repostería, carnicería (res, aves), pescadería, frutas y vegetales

- Ropa: ropa, calzado y accesorios para toda la familia, incluyendo ropa deportiva, ropa interior, ropa casual y ropa formal.
- Electrónica y tecnología: productos electrónicos como teléfonos móviles, computadoras, tabletas, televisores y dispositivos electrónicos, así como accesorios relacionados.
- Bienes para el hogar: muebles, artículos de decoración, utensilios de cocina y demás artículos para el hogar.
- Electrodomésticos: refrigeradores, lavadoras, secadoras y aparatos electrónicos para el hogar, como televisores y sistemas de entretenimiento.
- Productos de cuidado personal: productos para el cabello, cuidado de la piel, maquillaje, perfumes y productos de higiene personal.
- Juguetes y artículos para niños: juegos de mesa, juguetes educativos, entre otros.
- Productos de limpieza y cuidado del hogar: suministros de lavandería, productos para el cuidado de los baños, pisos y demás artículos relacionados con el hogar.
- Automotriz y mantenimiento del hogar: aceites de motor, baterías, llantas y accesorios relacionados, así como productos para el mantenimiento del hogar como herramientas y suministros para la reparación y jardinería.
- Productos de oficina: papel, bolígrafos y carpetas.
- Farmacias: medicamentos recetados y de venta libre, así como productos de cuidado de la salud.
- Servicios financieros: pago de servicios públicos, tarjetas de crédito y servicios de remesas.
- Centros de atención al cliente: para ayudar a los clientes con consultas y problemas relacionados con sus compras.
- Cafeterías y comida preparada: cafeterías y áreas de comida preparada donde los clientes pueden comprar comidas listas para llevar o consumir en el sitio.

- Compras en línea y servicios de entrega a domicilio: compras en línea a través de sus portales electrónicos y entrega a domicilio o recogida en la tienda.

2.2 Teoría de Administración de Proyectos

En este apartado se realiza una descripción de los principales conceptos de la administración de proyectos. Se definen términos como: proyecto, administración de proyectos, dominios de desempeño, áreas de conocimiento y procesos de la administración de proyectos, ciclo de vida, estrategia empresarial, portafolios y programas.

La teoría de la administración de proyectos proporcionó las herramientas que ayudaron a planificar, ejecutar y finalizar con éxito el presente proyecto final de graduación, ya que el aplicar estos principios proporciona un marco sólido de trabajo que permitió formular un plan estratégico para la gestión responsable de los residuos orgánicos aprovechables en una cadena de supermercados.

La administración de proyectos permite crear un plan detallado que incluye objetivos claros, plazos, presupuesto, recursos necesarios y un cronograma de actividades. Por otro lado, brinda herramientas para el seguimiento y control del progreso del proyecto, identificar y mitigar el impacto de los riesgos potenciales, promoviendo una comunicación clara y constante entre todos los involucrados, lo que asegura que todos estén alineados en cuanto a los objetivos y las expectativas del proyecto, permitiendo completar finalmente el proyecto en tiempo y forma.

2.2.1 Principios de la dirección de proyectos

Los 12 Principios de la Dirección de Proyectos proporcionan orientación para una dirección de proyectos eficaz y proporcionan una guía para planificar, ejecutar y controlar proyectos de manera efectiva (PMI, 2021). Es importante agregar que estos principios pueden

aplicarse de muchas maneras, de ahí que tanto las organizaciones como los equipos de proyecto pueden mantener la alineación con los mismos en el desarrollo y gestión de sus proyectos.

En la Tabla 1 se describen cada uno de ellos y la forma en que se operativizaron en el presente proyecto de graduación.

Tabla 1

Principios de la dirección de proyectos

Principio	Descripción	Operativización en el Proyecto
Administración: ser un administrador diligente, respetuoso y cuidadoso	Abarca responsabilidades tanto internas como externas a la organización. Incluye la integridad, cuidado, confiabilidad y cumplimiento. Toma en cuenta la conciencia financiera, social, técnica y la sostenibilidad ambiental.	Al inicio del proyecto se establecieron los objetivos para la realización del mismo, lo que ayudó a mantener un enfoque claro y diligente. Además, se estableció una planificación, así como el uso y la gestión de los recursos. Finalmente, el proyecto se llevó a cabo bajo estándares y valores como la integridad y la confiabilidad.
Equipo: crear un entorno colaborativo del equipo de proyecto	Los equipos de proyecto entregan los proyectos. Trabajan dentro de las culturas y pautas organizacionales y profesionales. Facilita el alineamiento con otras culturas y pautas organizacionales, el aprendizaje y desarrollo individual y de equipo y las contribuciones óptimas para lograr los resultados deseados.	El proyecto final de graduación se llevó a cabo con la participación y colaboración del tutor asignado y los personeros de la Cadena de Supermercados encargados del proceso de merma en las unidades de negocio, quienes dentro de un ambiente colaborativo y respetuoso llegaron a acuerdos sobre el análisis de los datos y la definición de la alternativa más adecuada para la gestión de los residuos orgánicos aprovechables generados.

Principio	Descripción	Operativización en el Proyecto
Interesados: involucrarse eficazmente con los interesados	Influyen en los proyectos, el desempeño y los resultados. Los equipos de proyecto sirven a otros interesados al interactuar con ellos. Promueve proactivamente la entrega de valor.	El proyecto se implementó con la autorización y colaboración de los principales interesados identificados en la Cadena de Supermercados. La planificación del proyecto contempló sus necesidades y opiniones. Durante la elaboración del proyecto se solicitó su retroalimentación y ayuda para responder ante las circunstancias cambiantes.
Valor: enfocarse en el valor	Es el indicador definitivo del éxito del proyecto. Puede obtenerse a lo largo del proyecto, al final del mismo o después de que el proyecto se haya completado. Puede definirse en términos cuantitativos y/o cualitativos. Los equipos de proyecto se enfocan en los resultados y apoyan los beneficios previstos, evalúan el progreso y se adaptan para maximizar el valor esperado.	El entregable final del proyecto consistió en la determinación y análisis de evaluación de factibilidad de la alternativa de disposición final más adecuada para los residuos orgánicos aprovechables, que permita a la empresa el cumplimiento de sus metas.
Pensamiento sistémico: reconocer, evaluar y responder a las interacciones del sistema	Implica tener una visión holística de cómo las partes del proyecto interactúan entre sí y con los sistemas externos. Requiere una atención constante a las condiciones internas y externas. Permite a los equipos de proyecto aprovechar los resultados positivos.	El proyecto analizó los casos de uso para la gestión responsable de los residuos desde las perspectivas legal, técnica, económica y ambiental.
Liderazgo: demostrar comportamientos de liderazgo	Promueve el éxito del proyecto y contribuye a los resultados positivos del mismo. Es diferente a la autoridad. Los líderes efectivos adaptan su estilo a la situación, reconocen las diferencias en motivación y demuestran el comportamiento deseado en áreas de honestidad, integridad y conducta ética.	El trabajo requerido para finalizar el proyecto y la relación con el tutor asignado y el resto de los interesados se basó en una comunicación respetuosa, empleando conversaciones efectivas y escucha activa que ayudó a generar consenso sobre la mejor manera de avanzar.

Principio	Descripción	Operativización en el Proyecto
Adaptación: adaptar en función del contexto	El éxito del proyecto se basa en adaptarse al contexto único del mismo para determinar métodos más apropiados para producir los resultados deseados. Es un proceso iterativo y por tanto continuo a lo largo del proyecto.	La determinación de la logística de recuperación, tratamiento y disposición final de los residuos orgánicos aprovechables se llevó a cabo con base en las necesidades y condiciones propias de las unidades de negocio y a las alternativas técnicas disponibles.
Calidad: incorporar la calidad en los procesos y entregables	Implica satisfacer las expectativas de los interesados y cumplir con los requisitos del proyecto y del producto. Se centra en cumplir con los criterios de aceptación para los entregables. Procesos apropiados y lo más eficaces posible.	El proyecto cumplió con los estándares académicos requeridos. De igual forma se siguió la metodología definida en coordinación con el tutor asignado, que permitió determinar la alternativa más adecuada para el manejo de los residuos orgánicos aprovechables y que mejor se adapta a los requerimientos y necesidades de la Cadena de Supermercados.
Complejidad: navegar en la complejidad	Es el resultado del comportamiento humano, las interacciones de los sistemas, las incertidumbres y la ambigüedad. Puede producirse en cualquier momento durante el proyecto y ser introducida por eventos o condiciones que afectan el valor, el alcance, las comunicaciones, los interesados, el riesgo y la innovación tecnológica.	Durante el desarrollo del proyecto y con la ayuda del tutor asignado y el resto de los interesados, se definieron las acciones para atender las modificaciones en el cronograma y forma de analizar los datos.
Riesgos: optimizar las respuestas a los riesgos	Pueden ser positivos (oportunidades) o negativos (amenazas). Son abordados continuamente a lo largo del proyecto. Las respuestas a los riesgos deben ser adecuadas, eficientes, realistas, acordadas y contar con un responsable.	Durante la planificación del proyecto se identificaron los riesgos principales que podrían haber afectado la ejecución del mismo. Estos riesgos fueron abordados continuamente en las sesiones con el tutor asignado. Se generaron los planes de acción para los riesgos emergentes.

Principio	Descripción	Operativización en el Proyecto
Adaptabilidad y resiliencia: adoptar la adaptabilidad y la resiliencia	Ayuda al equipo del proyecto a acomodar el cambio, recuperarse de los reveses y avanzar en el trabajo del proyecto.	A lo largo del proyecto se enfrentaron los obstáculos que se fueron presentando y se tomaron las decisiones efectivas en respuesta a los mismos. Con el aporte del tutor designado y el resto de los interesados, se mantuvo el enfoque en el resultado deseado, mediante conversaciones abiertas, planificación y aprendizaje continuo.
Cambio	Puede originarse a partir de influencias internas o fuentes externas. Ayuda a pasar del estado actual a un estado futuro deseado. Puede provocar fatiga y/o resistencia al cambio. Se requiere el involucramiento de los interesados.	Cualquier cambio en el alcance, cronograma, entre otros, que se requirió durante la realización del proyecto se registró en un control de cambios y se tomaron las acciones para adaptar el plan de trabajo.

Nota: La Tabla 1 muestra los 12 principios de la dirección de proyectos y la forma en que se operativizaron en el presente proyecto. Autoría propia a partir de (PMI, 2021).

En términos generales, la operativización de los principios de la dirección de proyectos implicó su aplicación práctica en el desarrollo y gestión del proyecto, lo que garantizó que se gestionara de manera efectiva y eficiente.

2.2.2 Dominios de desempeño del proyecto

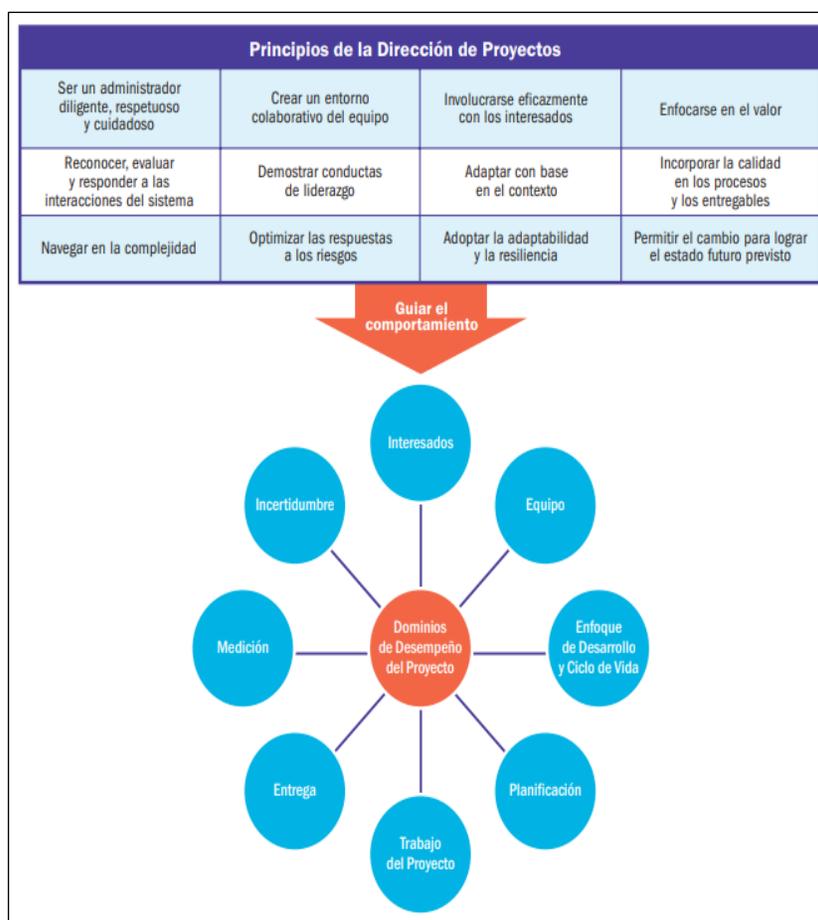
La Guía de los Fundamentos para la Dirección de Proyectos define un dominio de desempeño del proyecto como “un grupo de actividades relacionadas que son fundamentales para la entrega efectiva de los resultados de los proyectos” (PMI, 2021, p.7).

Tal y como se indicó en el apartado anterior, los principios para la dirección de proyectos proporcionan una guía para el comportamiento de las personas involucradas en los proyectos, mientras que los dominios de desempeño se guían por los principios y presentan áreas de enfoque en las que demostrar ese comportamiento (PMI, 2021). La Figura 2 muestra

la relación entre los Principios de la Dirección de Proyectos y los Dominios de Desempeño del Proyecto.

Figura 2

Relación entre los Principios de la Dirección de Proyectos y los Dominios de Desempeño del Proyecto



Nota: Se muestra la relación entre ambos conceptos. (PMI, 2021).

En la Tabla 2 se presenta una descripción de los ocho dominios de desempeño del proyecto, así como una breve explicación de cómo se relacionan con el presente proyecto final de graduación.

Tabla 2

Dominios de desempeño del proyecto

Dominio	Descripción	Relación con el Proyecto
Dominio de desempeño de los interesados	Se ocupa de las actividades funcionales asociadas con los interesados. Tiene los siguientes resultados deseados: una relación de trabajo productiva a lo largo del proyecto, acuerdo con los objetivos del proyecto, los interesados que son beneficiarios del proyecto brindan apoyo y están satisfechos, los interesados que pueden oponerse al proyecto no afectan negativamente.	Tanto con el tutor asignado al proyecto, como con los encargados de los procesos de merma de las unidades de negocio se acordaron los objetivos del proyecto. Durante las sesiones de seguimiento y retroalimentación se fomentó las buenas relaciones, la colaboración y la alineación.
Dominio de desempeño del equipo	Se ocupa de las actividades y funciones asociadas con las personas responsables de producir los entregables del proyecto. Tiene los siguientes resultados deseados: propiedad compartida, un equipo de alto rendimiento, todos los miembros del equipo demuestran liderazgo aplicable.	El trabajo del proyecto fue realizado por el investigador con la colaboración y aporte del tutor asignado. Se coordinó con los encargados del proceso de merma de las unidades de negocio la recopilación de los datos de generación de los residuos sólidos generados de acuerdo con su tipo. De igual forma se compartieron los avances del proyecto para la retroalimentación y aportes de cada uno de ellos, fomentando una comunicación abierta y apoyo.
Dominio de desempeño del enfoque de desarrollo y del ciclo de vida	Aborda las actividades y funciones asociadas con el enfoque de desarrollo, la cadencia y las fases del ciclo de vida del proyecto. Tiene los siguientes resultados deseados: enfoques de desarrollo que son consistentes con los entregables, un ciclo de vida del proyecto que consiste en fases que conecta la entrega del valor del negocio y los interesados, así como la cadencia de entrega para elaborar los entregables.	Se estableció una secuencia lógica de las actividades requeridas para culminar con el entregable final del proyecto, que consistió en la determinación de la alternativa de disposición final más adecuada para los residuos orgánicos aprovechables.

Dominio	Descripción	Relación con el Proyecto
Dominio de desempeño de la planificación	Aborda las actividades y funciones asociadas con la organización y coordinación iniciales, continuas y en evolución, necesarias para la entrega de los elementos entregables y resultados del proyecto. Tiene los siguientes resultados deseados: el proyecto avanza de manera organizada, existe un enfoque holístico, se elabora información evolutiva, el tiempo dedicado a la planificación es adecuado, gestionar las expectativas de los interesados.	Se estableció la planificación y metodología para lograr los entregables del proyecto en tiempo y forma.
Dominio de desempeño del trabajo del proyecto	Aborda las actividades y funciones asociadas con el establecimiento de los procesos del proyecto, la gestión de los recursos físicos y el fomento de un entorno de aprendizaje. Tiene los siguientes resultados deseados: desempeño eficiente y efectivo, procesos apropiados, comunicación adecuada, gestión eficiente de los recursos físicos, capacidad mejorada del equipo.	Durante la ejecución del proyecto se gestionó el flujo de trabajo con la ayuda del tutor asignado, manteniendo el enfoque en los entregables, monitoreando los cambios que podrían afectar el proyecto y se mantuvo una comunicación efectiva con los interesados.
Dominio de desempeño de la entrega	Aborda las actividades y funciones asociadas con la entrega del alcance y la calidad para cuyo logro se emprendió el proyecto. Tiene los siguientes resultados deseados: los proyectos contribuyen a los objetivos del negocio y materializan los resultados para los que fueron iniciados, los beneficios se obtienen en el plazo en que se planificaron, hay una clara comprensión de los requisitos y los interesados aceptan los entregables.	El proyecto presentó una alternativa viable para que la Cadena de Supermercados pueda cumplir con sus metas. El entregable final consistió en formular un plan estratégico integral para la gestión responsable de los residuos orgánicos aprovechables generados.

Dominio	Descripción	Relación con el Proyecto
Dominio de desempeño de la medición	Aborda las actividades y funciones asociadas con la evaluación del desempeño de los proyectos. Tiene los siguientes resultados deseados: comprensión del estado del proyecto, datos procesables para la toma de decisiones, acciones apropiadas para mantener el desempeño, lograr objetivos y generar calor de negocio.	Durante las sesiones con el tutor asignado se evaluó el progreso y el rendimiento del proyecto en relación con sus objetivos y su plan de trabajo.
Dominio de desempeño de la incertidumbre	Se ocupa de las actividades y funciones asociadas con el riesgo y la incertidumbre. Tiene los siguientes resultados deseados: concientización del entorno, respuesta a la incertidumbre, capacidad de anticipar amenazas y oportunidades, aprovechar las oportunidades, uso efectivo de las reservas de costos y cronograma.	A lo largo del proyecto se presentaron riesgos desde diversas fuentes, como lo son la disponibilidad de los datos, las limitaciones de tiempo o recursos, y la respuesta de las partes interesadas. Con ayuda del tutor asignado y el resto de los interesados se prepararon y ejecutaron los planes de contingencia adecuados.

Nota: La Tabla 2 muestra los 8 dominios del desempeño de proyectos. Autoría propia a partir de (PMI, 2021).

Los dominios de desempeño se ejecutan simultáneamente a lo largo del proyecto, funcionan como un sistema integrado y la manera en que se relacionan queda determinada por el contexto organizacional, el proyecto, el equipo, los entregables, los interesados, entre otros (PMI, 2021).

Los dominios de desempeño del proyecto fueron muy relevantes en el contexto del proyecto final de graduación, ya que éste implicó una planificación, ejecución y evaluación cuidadosas para lograr sus objetivos.

2.2.3 Proyectos predictivos, proyectos adaptativos y proyectos híbridos

El Estándar para la Dirección de Proyectos define proyecto como “un esfuerzo temporal que se lleva a cabo para crear un producto, servicio o resultado único” (PMI, 2021, p.4). Entre

sus principales atributos se encuentra el hecho de que puede ser independiente o formar parte de un programa o portafolio. Los proyectos pueden variar en tamaño y complejidad, desde proyectos pequeños y simples hasta proyectos grandes y complejos que involucran múltiples interesados. Deben tener objetivos claros, específicos y medibles. Se ejecutan con recursos limitados, que incluyen tiempo, presupuesto, personal, materiales y equipos. Finalmente, los proyectos tienen un inicio y un final claramente definidos y una vez que se alcanza el objetivo del proyecto, se considera completado y se cierra.

Es importante señalar que todos los proyectos tienen como fin último obtener un beneficio, tangible o intangible, para la organización o sociedad (Lledó, 2017).

López y Lankenau (2017) afirman que los proyectos tienen dos características que los distinguen de otro tipo de operaciones. La primera es su carácter temporal, es decir, tienen un tiempo finito y predeterminado que se puede estimar de una manera muy general desde el inicio. La segunda es la naturaleza única, novedosa o diferenciada del objetivo y del resultado a alcanzar.

Una de las variables que más facilitan la diferenciación de unos tipos de proyectos de otros es el enfoque de su ciclo de vida, que son las fases por las que atraviesa un proyecto desde su inicio hasta su conclusión y que conectan la entrega del valor del negocio y el valor para los interesados (PMI, 2021).

La Guía de los Fundamentos para la Dirección de Proyectos define un enfoque de desarrollo como “el medio utilizado para crear y desarrollar el producto, servicio o resultado durante el ciclo de vida del proyecto” (PMI, 2021, p.35). Tres de los enfoques comúnmente utilizados son predictivo, adaptativo e híbrido.

- **Proyectos predictivos**

Se utiliza cuando los requisitos del proyecto y del producto pueden definirse, recopilarse y analizarse al comienzo del proyecto (PMI,2021), en otras palabras, se comienza por definir el

alcance del proyecto y a partir de ahí se trabaja en obtener las tareas para conseguirlo, como lo son el cronograma, costo, necesidades de recursos y riesgos, que quedan bien definidos en las fases tempranas del proyecto.

Consiste en seguir un plan desde el inicio hasta el cierre del proyecto y se suele utilizar cuando la frecuencia en las entregas del bien o servicio y los cambios del mercado son bajos (Lledó, 2017). También puede ser mencionado como un enfoque en cascada.

- **Proyectos adaptativos**

Se utilizan cuando los requisitos están sujetos a un alto nivel de incertidumbre y volatilidad y es probable que cambien a lo largo del proyecto (PMI, 2021), en otras palabras, se utilizan cuando se gestionan objetivos y alcances cambiantes. Al comienzo del proyecto se establece una visión clara y los requisitos iniciales conocidos son refinados o reemplazados de acuerdo con los comentarios del usuario o eventos inesperados.

El proyecto se divide en entregables y cada uno de ellos es gestionado como un mini-proyecto, mediante iteraciones donde se define el alcance, para ir entregando valor al cliente en pocas semanas (Lledó, 2017). Existen tres variaciones del ciclo adaptativo:

- **Iterativo:** el alcance preliminar se establece de manera temprana, dejando el tiempo y costo de cada fase en función del avance de las iteraciones. Al comenzar no hay certeza absoluta sobre el alcance detallado del producto final, se desarrolla mediante ciclos repetidos que van añadiendo funcionalidad al producto. El producto no tendrá funcionalidad hasta su iteración final.
- **Incremental:** al inicio hay una idea completa sobre el alcance del producto o servicio final. Es similar al iterativo, en las primeras iteraciones se entrega una funcionalidad básica y se va agregando mayor funcionalidad al producto a medida que avanzan las fases. Los entregables de cada fase pueden ser utilizados por el cliente.

- **Ágil:** combina ciclos iterativos e incrementales, realizando iteraciones sobre un producto para obtener entregables finales listos para usar. Consiste en que según se desarrolla el proyecto y con la implicación tanto del cliente como del proveedor, se va desarrollando el alcance. Es muy utilizado cuando la frecuencia de las entregas y la incertidumbre del mercado son altas.

- **Proyectos híbridos**

Es una combinación de enfoques adaptativos y predictivos. Se basa en tratar aquellos elementos con requisitos fijos como predictivos, pero los que son requisitos inciertos son tratados como adaptativos, dentro del mismo proyecto. Es útil cuando hay incertidumbre o riesgo en torno a los requisitos y cuando los entregables pueden ser modularizados o poder ser desarrollados por diferentes equipos de proyecto. A menudo utilizan un enfoque de desarrollo iterativo o incremental.

El proyecto final de graduación tuvo un enfoque predictivo, lo que llevó a utilizar técnicas y herramientas tradicionales y realizar una gran planificación previa al inicio de los trabajos de ejecución. Esto implicó que cada etapa del proyecto se llevaría a cabo de manera ordenada. Las razones por las que se optó por un enfoque predictivo son varias, entre ellas hay que destacar que existen proyectos con características similares que podrían aportar valiosa información para su planificación. Si bien los proyectos predictivos son menos flexibles, nos permite predecir con cierta precisión plazos de entrega y posibles riesgos asociados con el proyecto que nos permiten tomar decisiones informadas y evitar retrasos.

2.2.4 Administración, dirección o gerencia de proyectos

El término administración de proyectos también suele denominarse dirección o gerencia de proyectos.

El Estándar para la Dirección de Proyectos define dirección de proyectos como “la aplicación de conocimiento, habilidades, herramientas y técnicas a actividades del proyecto para cumplir con los requisitos del mismo” (PMI, 2021, p.4). De ahí que orienta el trabajo del proyecto para entregar los resultados previstos de emprendimientos de carácter finito y con objetivos específicos, los que una vez cumplidos determinan su finalización. Se basa en metodologías y enfoques ampliamente aceptados y es esencial para el éxito de los proyectos, ya que orienta el trabajo del proyecto para entregar los resultados previstos.

López y Lanckenau (2017) señalan que la administración de proyectos consiste en la planeación, organización, ejecución, control y cierre de las actividades y los recursos involucrados en el proyecto. Para ello, los equipos de proyecto pueden utilizar una amplia gama de enfoques, como por ejemplo los enfoques predictivos, adaptativos e híbridos que se explicaron en el apartado anterior. Esto la convierte en una herramienta fundamental en la gestión empresarial que permite abordar los proyectos de manera estructurada.

La dirección de proyectos incluye identificar los requisitos del proyecto, abordar las diversas necesidades y expectativas de los interesados, establecer y mantener una comunicación activa con los interesados, gestionar los recursos, equilibrar las restricciones contrapuestas del proyecto, que incluyen entre otras el alcance, cronograma, costo, calidad, recursos y riesgos. En resumen, la dirección de proyectos permite ejecutar proyectos de una manera eficaz y eficiente. Por otro lado, la ausencia de una dirección de proyectos adecuada puede conducir a incumplimientos de plazos por atrasos, costos inesperados, calidad deficiente, retrabajo, generar la pérdida de la confianza del cliente final y el resto de los interesados, lo que en resumen se traduce al incumplimiento de los objetivos propuestos.

Todos estos conocimientos, habilidades, herramientas y técnicas se relacionan unas con otras a través de las diez áreas de conocimiento y los cinco grupos de procesos que se explican más adelante.

Coordinar todos estos esfuerzos de trabajo colectivo es muy importante para el éxito de cualquier proyecto. Para algunos casos, los equipos de proyecto se autogestionan y para otros se requiere una coordinación centralizada en un director del proyecto. Un buen director del proyecto combina habilidades de liderazgo, comunicación, gestión del tiempo y toma de decisiones con conocimientos técnicos y un enfoque ético para lograr los resultados y gestionar los procesos para entregar los resultados previstos (PMI, 2021).

La dirección de proyectos permite a las organizaciones ligar los resultados del proyecto a los objetivos del negocio, competir de manera más eficaz en sus mercados y responder al impacto de los cambios en el entorno del negocio (PMI, 2017).

Finalmente, es importante indicar que el Estándar para la Dirección de Proyectos define 12 principios de la dirección de proyectos, que proporcionan orientación para una dirección de proyectos eficaz. Su grado de aplicación depende del contexto de la organización, el proyecto, los entregables, el equipo del proyecto, los interesados y otros factores. Estos principios se explican con detalle en el apartado 2.2.1.

2.2.5 Áreas de conocimiento y procesos de la administración de proyectos

El Estándar para la Dirección de Proyectos define las áreas de conocimiento como “las áreas de especialización que se emplean comúnmente al dirigir proyectos. Un Área de Conocimiento es un conjunto de procesos asociados a un tema particular de la dirección de proyectos” (PMI, 2017, p.553). En la Tabla 3 se describen las 10 Áreas de Conocimiento de la administración de proyectos.

Tabla 3*Áreas de Conocimiento*

Área de Conocimiento	Descripción
Gestión de la Integración del Proyecto	Incluye los procesos y actividades para identificar, definir, combinar, unificar y coordinar los diversos procesos y actividades de dirección del proyecto.
Gestión del Alcance del Proyecto	Incluye los procesos para garantizar que el proyecto incluya todo únicamente el trabajo requerido para completar el proyecto con éxito.
Gestión del Cronograma del Proyecto	Incluye los procesos requeridos para administrar la finalización del proyecto a tiempo.
Gestión de los Costos del Proyecto	Incluye los procesos involucrados en planificar, estimar, presupuestar, financiar, obtener financiamiento, gestionar y controlar los costos de modo que se complete el proyecto dentro del presupuesto aprobado.
Gestión de la Calidad del Proyecto	Incluye los procesos para incorporar la política de calidad de la organización en cuanto a la planificación, gestión y control de los requisitos de calidad del proyecto y el producto, a fin de satisfacer las expectativas de los interesados.
Gestión de los Recursos del Proyecto	Incluye los procesos para identificar, adquirir y gestionar los recursos necesarios para la conclusión exitosa del proyecto.
Gestión de las Comunicaciones del Proyecto	Incluye los procesos requeridos para garantizar que la planificación, recopilación, creación, distribución, almacenamiento, recuperación, gestión, control, monitoreo y disposición final de la información del proyecto sean oportunos y adecuados.
Gestión de los Riesgos del Proyecto	Incluye los procesos para llevar a cabo la planificación de la gestión, identificación, análisis, planificación de respuesta, implementación de respuesta y monitoreo de los riesgos de un proyecto.
Gestión de las Adquisiciones del Proyecto	Incluye los procesos necesarios para comprar o adquirir productos, servicios o resultados que es preciso obtener fuera del equipo del proyecto.

Área de Conocimiento	Descripción
Gestión de los Interesados del Proyecto	Incluye los procesos requeridos para identificar, analizar y desarrollar estrategias de gestión adecuadas de las personas, grupos u organizaciones que pueden afectar o ser afectados por el proyecto.

Nota: La Tabla 3 muestra las 10 áreas del conocimiento. Autoría propia a partir de (PMI, 2017).

El Estándar para la Dirección de Proyectos establece que “los procesos de dirección de proyectos pueden organizarse en agrupaciones lógicas de entradas, herramientas y técnicas de dirección de proyectos, y salidas que se adapten a las necesidades de la organización, los interesados y el proyecto” (PMI, 2021, p.170). En la Figura 3 se presentan los procesos principales de la administración de proyectos, así como sus resultados típicos.

Figura 3

Procesos principales de la administración de proyectos

Proceso	Descripción	Resultado típico
Inicio	Consiste básicamente en la identificación, definición y autorización de un proyecto o, al menos, de su primera fase. Por lo regular, se presentan ideas u oportunidades que darán solución a un problema o a una necesidad.	Documento que describe el proyecto y autorización (o rechazo) del mismo
Planeación	Se definen las actividades, se estructuran, se les asignan tiempos y una secuencia. Se identifican los recursos y se asignan. Se estiman los costos del proyecto y se preparan planes complementarios, como el de calidad, comunicación y riesgos.	Plan del proyecto
Ejecución	Es el desarrollo o la ejecución de las actividades definidas en los planes establecidos en el proceso de planeación.	Productos del proyecto (entregables)
Monitoreo y control	Consiste en medir y comparar el avance real contra el avance planeado, tomando acciones preventivas o correctivas para lograr los objetivos del proyecto. Incluye realizar reuniones de seguimiento, identificar y documentar los cambios, y dar seguimiento a los riesgos.	Informes de avance y requisiciones de cambios
Cierre	Se trata de la formalización con el cliente de que el proyecto ya se terminó. Incluye las lecciones aprendidas, el cierre de contratos y los balances de costos.	Informe de cierre y de lecciones aprendidas

Nota: Se muestran los procesos de la administración de proyectos y sus resultados típicos. (López y Lanckenau, 2017).

Según la Guía del PMBOK, se han identificado 49 procesos para la dirección de proyectos (Lledó, 2017). Los procesos por implementar dependerán del contexto, el tipo de proyecto, los recursos de la organización, entre otros, por lo que no es necesario aplicar todos los procesos en cada proyecto.

En cada uno de estos cinco grupos de procesos existen varios procesos particulares distribuidos entre las distintas áreas del conocimiento, tal y como se muestra en la Figura 4.

Figura 4

Procesos según grupos de procesos y áreas del conocimiento

Áreas de Conocimiento	Grupos de Procesos de la Dirección de Proyectos				
	Grupo de Procesos de Inicio	Grupo de Procesos de Planificación	Grupo de Procesos de Ejecución	Grupo de Procesos de Monitoreo y Control	Grupo de Procesos de Cierre
4. Gestión de la Integración del Proyecto	4.1 Desarrollar el Acta de Constitución del Proyecto	4.2 Desarrollar el Plan para la Dirección del Proyecto	4.3 Dirigir y Gestionar el Trabajo del Proyecto 4.4 Gestionar el Conocimiento del Proyecto	4.5 Monitorear y Controlar el Trabajo del Proyecto 4.6 Realizar el Control Integrado de Cambios	4.7 Cerrar el Proyecto o Fase
5. Gestión del Alcance del Proyecto		5.1 Planificar la Gestión del Alcance 5.2 Recopilar Requisitos 5.3 Definir el Alcance 5.4 Crear la EDT/WBS		5.5 Validar el Alcance 5.6 Controlar el Alcance	
6. Gestión del Cronograma del Proyecto		6.1 Planificar la Gestión del Cronograma 6.2 Definir las Actividades 6.3 Secuenciar las Actividades 6.4 Estimar la Duración de las Actividades 6.5 Desarrollar el Cronograma		6.6 Controlar el Cronograma	
7. Gestión de los Costos del Proyecto		7.1 Planificar la Gestión de los Costos 7.2 Estimar los Costos 7.3 Determinar el Presupuesto		7.4 Controlar los Costos	
8. Gestión de la Calidad del Proyecto		8.1 Planificar la Gestión de la Calidad	8.2 Gestionar la Calidad	8.3 Controlar la Calidad	
9. Gestión de los Recursos del Proyecto		9.1 Planificar la Gestión de Recursos 9.2 Estimar los Recursos de las Actividades	9.3 Adquirir Recursos 9.4 Desarrollar el Equipo 9.5 Dirigir al Equipo	9.6 Controlar los Recursos	
10. Gestión de las Comunicaciones del Proyecto		10.1 Planificar la Gestión de las Comunicaciones	10.2 Gestionar las Comunicaciones	10.3 Monitorear las Comunicaciones	
11. Gestión de los Riesgos del Proyecto		11.1 Planificar la Gestión de los Riesgos 11.2 Identificar los Riesgos 11.3 Realizar el Análisis Cualitativo de Riesgos 11.4 Realizar el Análisis Cuantitativo de Riesgos 11.5 Planificar la Respuesta a los Riesgos	11.6 Implementar la Respuesta a los Riesgos	11.7 Monitorear los Riesgos	
12. Gestión de las Adquisiciones del Proyecto		12.1 Planificar la Gestión de las Adquisiciones	12.2 Efectuar las Adquisiciones	12.3 Controlar las Adquisiciones	
13. Gestión de los Interesados del Proyecto	13.1 Identificar a los Interesados	13.2 Planificar el Involucramiento de los Interesados	13.3 Gestionar la Participación de los Interesados	13.4 Monitorear el Involucramiento de los Interesados	

Nota: Se muestran los procesos distribuidos entre las distintas áreas del conocimiento. (PMI, 2017).

Los grupos de procesos son independientes del enfoque de entrega, de las áreas de aplicación y de la industria y no es necesario aplicar todos los procesos en cada proyecto. Los grupos de procesos no son fases de un proyecto, interactúan dentro de cada fase del ciclo de vida de un proyecto (PMI,2021).

2.2.6 Ciclos de vida de los proyectos

El ciclo de vida de un proyecto se define como “la serie de fases que atraviesa un proyecto desde su inicio hasta su conclusión” (PMI, 2017, p.553).

La comprensión del ciclo de vida del proyecto es esencial para planificar, ejecutar y controlar proyectos de manera efectiva. Es importante señalar que cada fase tiene sus propios objetivos, actividades y entregables específicos. Las fases pueden ser secuenciales, iterativas o superpuestas.

De acuerdo con López y Lankenau (2017) las fases típicas de un ciclo de vida de los proyectos son las siguientes:

- **Inicio:** es aquella en la que se estudia la oportunidad de realizar el proyecto. Se identifican las necesidades y oportunidades que justifican la creación del proyecto. Se definen los objetivos del proyecto y se identifican las partes interesadas. Al final de esta etapa se genera un informe o documento que describe el proyecto, el cual se autoriza o se rechaza.
- **Planeación:** en términos generales, se elabora un plan detallado para el proyecto. Se define el alcance, la planificación del cronograma, la asignación de recursos, la identificación y gestión de riesgos y la elaboración del presupuesto. Los documentos característicos que representan el fin de la etapa son el plan del proyecto y el diseño del producto.
- **Desarrollo (ejecución):** es donde se realizan las actividades con los recursos programados y se lleva a cabo un control de ellas. Es en esta etapa donde se integra la mayor cantidad de

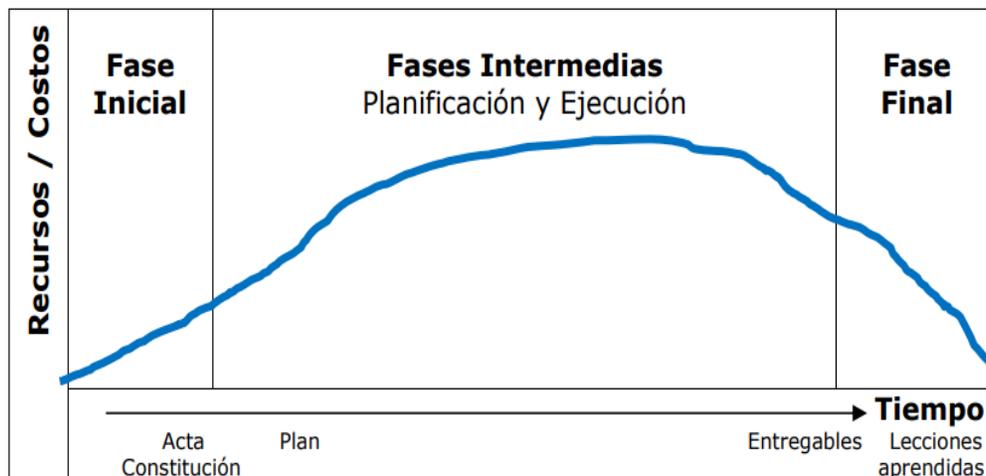
recursos en comparación con las anteriores. Al finalizar, se tiene el producto terminado o el servicio listo para la transferencia.

- **Cierre:** proporciona los entregables finales, se liberan los recursos del proyecto y se determina el éxito del proyecto. También se documentan las lecciones aprendidas para aprovechar la experiencia adquirida.

En la Figura 5 se presenta un ciclo de vida de un proyecto típico indicando el uso de recursos y costos en cada una de sus fases,

Figura 5

Ciclo de vida de un proyecto



Nota: Se muestra el ciclo de vida típico de un proyecto. (Lledó, 2017).

En resumen y tal y como se muestra en la Figura 5, las fases del ciclo de vida de un proyecto conforman el recorrido del proyecto de principio a fin.

Los ciclos de vida típicos de un proyecto son el predictivo, iterativo, incremental, ágil y los híbridos. Para los equipos de proyecto es muy importante el estar conscientes de estas

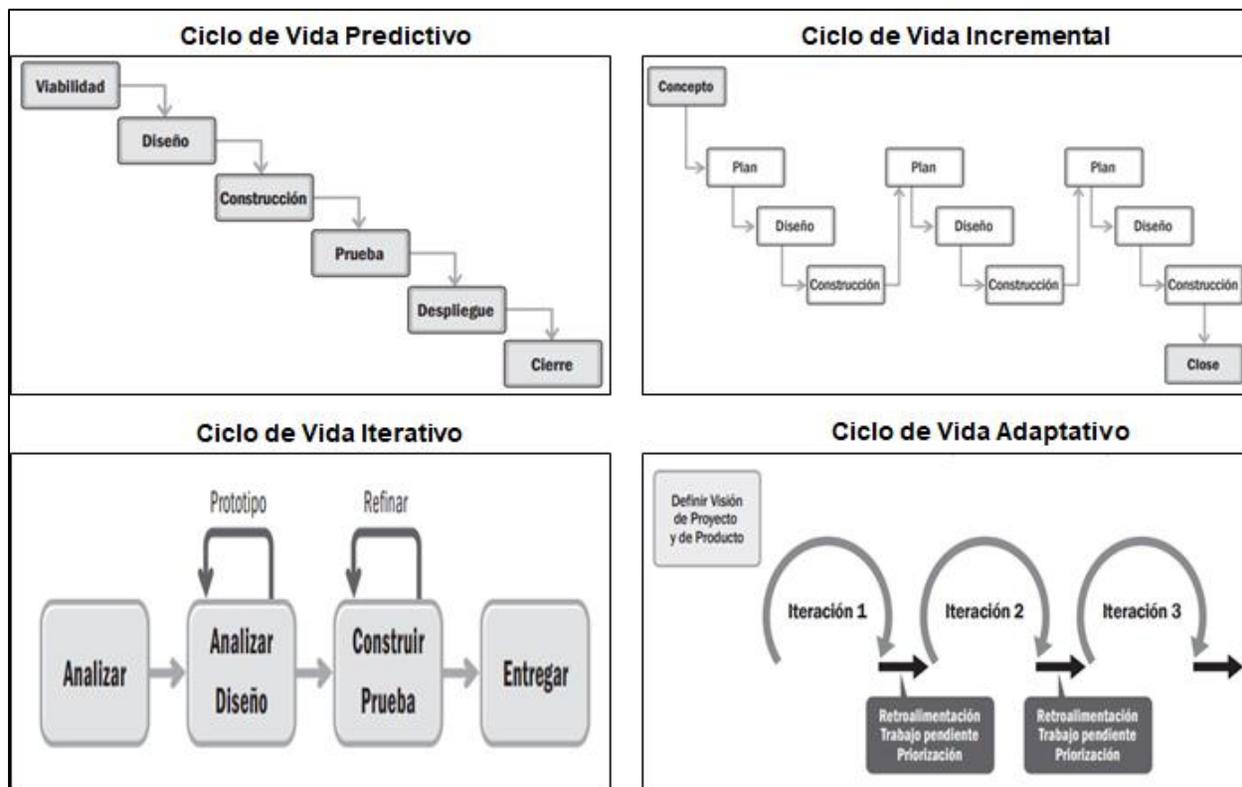
opciones a fin de seleccionar el enfoque con mayor probabilidad de tener éxito al emprender sus proyectos. A continuación, se detallan las principales características de cada uno de ellos:

- **Ciclo de vida predictivo:** la mayor parte de la planificación ocurre por adelantado, es un proceso secuencial. Cualquier cambio en el alcance se gestiona cuidadosamente. Busca completar el proyecto dentro del plan establecido.
- **Ciclo de vida iterativo:** permite obtener retroalimentación para el trabajo sin terminar, a fin de mejorar y modificar ese trabajo, aproximándose al alcance de la solución a desarrollar con cada iteración. Los incrementos van añadiendo funcionalidad al producto. El alcance generalmente se determina tempranamente.
- **Ciclo de vida incremental:** proporciona entregables terminados que el cliente puede utilizar de inmediato. Su propósito principal es entregar valor de forma temprana.
- **Ciclo de vida ágil:** es tanto iterativo como incremental, refina los elementos de trabajo y entrega con frecuencia.
- **Ciclo de vida híbrido:** es una combinación de un ciclo de vida predictivo y uno adaptativo.

La Figura 6 ilustra algunos ejemplos de los ciclos de vida con un enfoque predictivo, incremental, iterativo y adaptativo.

Figura 6

Ejemplos de Ciclo de vida de un proyecto



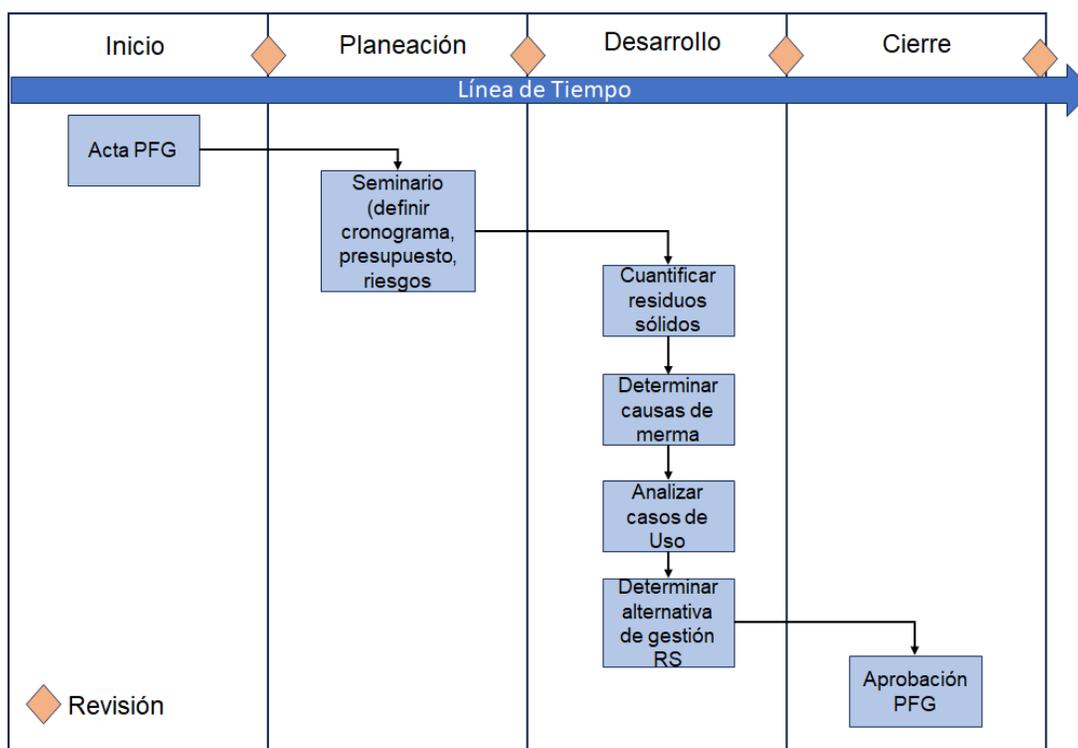
Nota: Se muestra ejemplos de ciclo de vida de un proyecto. Autoría propia a partir de (PMI, 2021).

El presente proyecto de graduación se desarrolló siguiendo un proceso secuencial de actividades que corresponde con un ciclo de vida predictivo. El desarrollo del proyecto inició con la cuantificación y caracterización de los residuos sólidos generados por la Cadena de Supermercados, pasando luego a determinar las causas de merma y analizar los casos de uso para la gestión responsable de los residuos orgánicos aprovechables para finalmente desarrollar la evaluación de factibilidad de la alternativa más adecuada para la empresa. Esto implicó que cada etapa se llevará a cabo de manera ordenada luego de una etapa de gran planificación previa.

En la Figura 7 se muestra la configuración del ciclo de vida del presente proyecto de graduación.

Figura 7

Ciclo de vida del proyecto de graduación



Nota: Se muestra el ciclo de vida del proyecto de graduación. Autoría propia.

2.2.7 Estrategia empresarial, portafolios, programas, proyectos

Como base importante para la realización de este proyecto final de graduación, se debe enmarcar la definición apropiada de proyecto. Tal y como se indicó en uno de los apartados anteriores, el Estándar para la Dirección de Proyectos define proyecto como “un esfuerzo temporal que se lleva a cabo para crear un producto, servicio o resultado único” (PMI, 2021, p.4).

Los proyectos pueden tomar muchas formas, desde muy pequeños a muy grandes, desde simples a complejos, pueden ser individuales o formar parte de una estructura de proyecto más grande. Un diferenciador importante de los proyectos respecto a las actividades operativas de un negocio es que cuentan con una fecha definida de inicio y finalización (ISO, 2017). Finalmente, es importante señalar que la complejidad de las interacciones entre las actividades del proyecto no está necesariamente relacionada con el tamaño del proyecto.

Los proyectos están incluidos dentro de un contexto más amplio y pueden dirigirse en tres escenarios separados, ya sea como un proyecto independiente, dentro de un programa o dentro de un portafolio y todos ellos deben estar alineados con el plan estratégico de la organización o compañía.

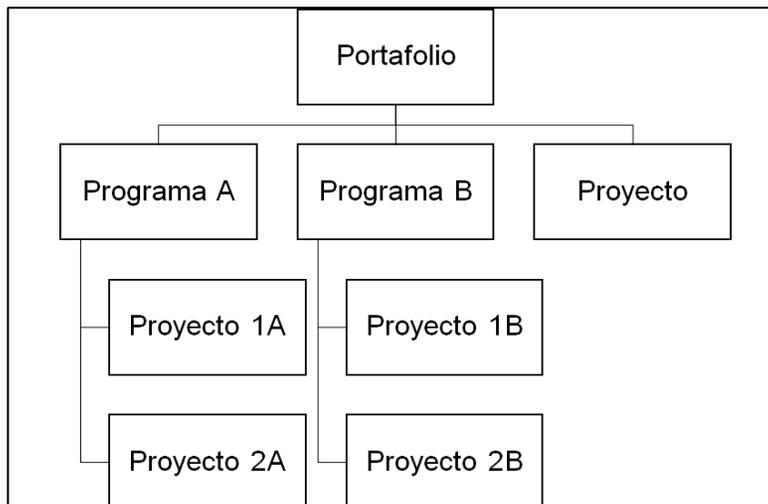
A menudo, los conceptos de proyecto y programa se confunden en la práctica. Un programa es un conjunto de varios proyectos coordinados y relacionados hacia una meta en común (López y Lankenau, 2017), en otras palabras, los proyectos se gestionan en conjunto para alcanzar beneficios que no se podrían obtener si se gestionan por separado.

Un portafolio es una colección de proyectos, programas, portafolios secundarios y operaciones, alineados sobre un mismo objetivo estratégico, es decir, se desarrollan para cumplir con los objetivos de una organización.

En la Figura 8 se muestra de forma esquemática la relación y las diferencias entre proyecto, programa y portafolio.

Figura 8

Representación de portafolio, programa y proyecto



Nota: Se muestra relación esquemática entre los conceptos. Autoría propia a partir de (López y Lankenau, 2017).

Finalmente, la estrategia empresarial se define como “la búsqueda deliberada de un plan de acción que desarrolle la ventaja competitiva de una empresa y la acentúe, de forma que ésta logre crecer y expandir su mercado reduciendo la competencia” (Maldonado, 2018, p. 42). Esto quiere decir que no se restringe solamente a las metas sino también a la forma de alcanzarlas y el tiempo que se logrará en hacerlo, de ahí que las organizaciones concentran cada una de sus fortalezas para que las acciones estén debidamente coordinadas para obtener los resultados esperados.

El proyecto final de graduación se enmarca en la estrategia de la Cadena de Supermercados de convertirse en una Empresa Regenerativa, donde la naturaleza se encuentra en el centro de las decisiones de negocio. Uno de los pilares de esta estrategia consiste en reducir el envío de residuos orgánicos a los rellenos sanitarios, por lo que establecer un plan estratégico para la gestión responsable de los mismos constituye un paso importante en la consecución de sus metas.

2.3 Otra teoría propia del tema de interés

En este apartado se realiza en primer lugar una descripción de los antecedentes y situación actual del manejo de los residuos sólidos a nivel mundial y específicamente para el caso de Costa Rica, con especial énfasis en el manejo y forma de disposición final de los residuos orgánicos. En segundo lugar, se resumen las principales investigaciones realizadas, así como las conclusiones obtenidas y principales aportes al presente proyecto final de graduación. Por último, se presenta un resumen de las teorías de gestión integral de residuos, el aprovechamiento de los residuos sólidos orgánicos y la Economía Circular, que sirven de sustento y complemento al presente trabajo.

2.3.1 Situación actual del problema u oportunidad en estudio

La Ley para la Gestión Integral de Residuos define los residuos como aquel “material sólido, semisólido, líquido o gas, cuyo generador o poseedor debe o requiere deshacerse de él, y que puede o debe ser valorizado o tratado responsablemente o, en su defecto, ser manejado por sistemas de disposición final adecuados” (Asamblea Legislativa de la República de Costa Rica, 2010).

Esta Ley hace una diferenciación entre los residuos ordinarios, de manejo especial y los residuos peligrosos. Los primeros se definen como “los residuos de carácter doméstico generados en viviendas y en cualquier otra fuente, que presentan composiciones similares a los de las viviendas” (Asamblea Legislativa de la República de Costa Rica, 2010).

Los residuos de manejo especial son “aquellos que, por su composición, necesidades de transporte, condiciones de almacenaje, formas de uso o valor de recuperación, o por una combinación de esos, 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” (Asamblea Legislativa de la República de Costa Rica, 2010).

Finalmente, los residuos peligrosos atañen a “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” (Asamblea Legislativa de la República de Costa Rica, 2010).

La definición de los residuos orgánicos se obtiene de la ENSRVR, que incluye en esta categoría a “los residuos compostables, de origen vegetal: restos de alimentos, frutas, verduras, cáscaras y residuos de jardín” (Ministerio de Salud, 2016). Es importante señalar, que los residuos de origen animal se excluyen de esta definición.

Los residuos orgánicos, en el flujo de los residuos sólidos, generalmente se dividen en dos categorías. En primer lugar, están los residuos categorizados como pérdida de alimentos, que incluye aquellos sin usar de fuentes previas del consumo (caso por ejemplo de mercados o restaurantes) y los alimentos sobrantes después del consumo, así como los productos no utilizados del sector agrícola (por ejemplo, los cultivos no cosechados). En segundo lugar, están los residuos verdes, que incluyen los residuos de jardines, paisajismo y poda de árboles (EPA, 2020).

Manejo de residuos sólidos en el mundo

De acuerdo con el informe del Banco Mundial titulado “What a Waste 2.0: A Global Snapshot of Solid Waste Management to 2050”, se estima que en el año 2016 se generaron 2.01 millones de toneladas de residuos sólidos municipales y se espera que esta cifra aumente a 3.40 millones de toneladas para el año 2050, lo que representa un aumento de casi 1.5 veces para ese año. Además, se estima que para el año 2016, el volumen de residuos sólidos generó el 5% de los gases de efecto invernadero a nivel mundial (Kaza et al, 2018).

Este mismo informe señala que los volúmenes de generación de residuos generalmente están correlacionados con los niveles de ingreso y tasas de urbanización. Se espera que para el año 2050, los países de bajos ingresos aumenten su generación de residuos en más de tres

veces. Para este grupo de países, los residuos orgánicos (residuos de alimentos y de jardinería) representan más del 50% de los residuos generados en total (Kaza et al, 2018), de ahí que la fracción restante este compuesta por los llamados residuos secos como papeles, cartón, plástico, textiles, entre otros.

En cuanto a la composición de los residuos generados, los residuos que se reciclan o se someten a compostaje representan el 19%, el 11% se incineran, el 37% se disponen en algún vertedero y el 33% restante se vierte abiertamente en el medio ambiente (Kaza et al, 2018).

En el caso de América Latina y el Caribe y de acuerdo con el informe de la Organización de Naciones Unidas titulado “Perspectiva de la gestión de residuos en América Latina y el Caribe”, cada latinoamericano genera un kilogramo de basura al día y la región en su conjunto, unas 541.000 toneladas, lo que representa alrededor de un 10% de la basura mundial. La perspectiva es que la cantidad de residuos continúe en aumento y que para el año 2050 alcance las 671.000 toneladas diarias. Se estima que un tercio de todos los residuos urbanos generados en América Latina y el Caribe aún terminan en botaderos a cielo abierto o en el medio ambiente (ONU, 2018).

Manejo de residuos sólidos en Costa Rica

En Costa Rica persiste el modelo de manejo de residuos sólidos que consiste en recolectar en forma indiscriminada los materiales, transportarlos y disponerlos en rellenos sanitarios o botaderos, lo que constituye una práctica insostenible, perdiendo así la posibilidad de valorizar la fracción que por su naturaleza lo permite.

De acuerdo con el Plan Nacional para la Gestión Integral de Residuos, se estima que en el país se producen alrededor de 4.000 toneladas de residuos diariamente, lo que equivale a una tasa de 0,8 kilogramos de residuos por habitante por día (MINSA, 2016).

De estos residuos, el 53% son orgánicos, el 33% son valorizables (papel, cartón, plástico, madera, vidrio, tetrapak) y el 14% restante son no valorizables (CNR, 2019). Estos

últimos representan la porción de los residuos que en principio deberían gestionarse mediante rellenos sanitarios.

En el contexto del cambio climático, los residuos constituyen una fuente importante de emisiones de gases de efecto invernadero, sólo superado por el sector energía y transportes (MINAE, 2019).

Importancia de la gestión de residuos sólidos

La gestión inadecuada de los residuos sólidos se presenta cuando no se manejan de manera adecuada desde su generación hasta su disposición final y representan un problema ambiental y de salud pública para las ciudades y sus residentes.

De acuerdo con EPA (2020), los impactos que pueden generar un manejo inadecuado de los residuos sólidos se pueden categorizar en tres categorías. El primero de ellos es la Salud Humana, ya que puede provocar la proliferación de plagas que pueden transmitir enfermedades o bien puede presentarse la exposición a sustancias tóxicas liberadas por los residuos al contaminar las fuentes de agua o el aire. La segunda categoría es la Medioambiental, donde el control inadecuado de los lixiviados puede contaminar los suelos y cuerpos de agua o representar una amenaza para la vida silvestre. Por otro lado, la descomposición de los residuos también genera gases, como el metano y el dióxido de carbono, dos de los principales gases de efecto invernadero responsables del cambio climático. La tercera y última categoría es la Socioeconómica, donde la mala gestión de los residuos puede ser costosa en todas sus etapas o por los impactos que causa en las actividades comerciales e industriales que giran alrededor de los centros de manejo.

La práctica de disponer los residuos orgánicos en basureros o vertederos eleva los costos de recolección, transporte y eliminación, ya que estos generalmente son muy densos y tienen un alto contenido de humedad, por lo que aumenta las tasas de consumo de combustible y las tarifas en los vertederos. Además, reducen la vida útil de estas instalaciones.

Los residuos orgánicos pueden utilizarse como una fuente de nutrientes tanto para la silvicultura, la alimentación del ganado, así como la tierra agrícola.

Cuando los residuos orgánicos se separan correctamente, pueden ser compostados o procesados para crear productos valiosos, como por ejemplo abono, biogás o digestato, que las organizaciones públicas y privadas pueden usar para vender (EPA, 2020).

2.3.2 Investigaciones que se han hecho sobre el tema en estudio

La investigación preliminar desempeña un papel fundamental en la planificación y el éxito de un proyecto final de graduación, ya que establece una base sólida para elegir la metodología adecuada y contribuye a definir la relevancia del proyecto.

Como insumos importantes del presente proyecto se han escogido tres investigaciones relacionadas con la gestión responsable de los residuos sólidos, así como con el estudio del aprovechamiento de dichos residuos a través de alguna de las alternativas disponibles.

Primera Investigación

La investigación titulada Estabilización anaerobia de residuos sólidos biodegradables para proponer un producto alimenticio para cerdos en el Tecnológico de Costa Rica, tuvo como objetivo “la evaluación de tratamientos de estabilización de residuos sólidos biodegradables, provenientes del restaurante institucional del Tecnológico de Costa Rica, como alternativa para gestionar y valorizar dichos residuos a través de la alimentación de cerdos de engorde” (González et al, 2018, p.2). El grupo investigador utilizó los residuos biodegradables generados en el restaurante institucional, caso por ejemplo del arroz, frijoles, ensaladas y frutas, para preparar un suplemento alimenticio que mediante una estabilización previa pudiera garantizar la ausencia de sustancias tóxicas y presentar una mínima pérdida de nutrientes, así como contar con un olor y color adecuados para ser utilizados como alimento para los animales. La importancia de la investigación radica en llegar a determinar el tratamiento que

tuviera el mejor comportamiento técnico, económico y ambiental para la gestión de este tipo de residuos. Se evaluaron parámetros físicos y nutricionales como el porcentaje de proteína, fibra total y humedad, además de parámetros microbiológicos como la presencia de Salmonella y Coliformes Fecales.

En el contexto del presente proyecto final de graduación, esta investigación permitió evaluar como una alternativa para valorizar los residuos su uso en la alimentación animal, consolidando buenas prácticas de gestión sostenible y reduciendo su impacto ambiental, sin descuidar la parte económica.

Segunda Investigación

La segunda investigación seleccionada como insumo para el presente proyecto final de graduación planteó un proyecto para el tratamiento de los residuos sólidos municipales en cuatro de los cantones de la provincia de Heredia. Álvarez (2017) presenta una propuesta para el tratamiento de los residuos sólidos urbanos por procesamiento mecánico-biológico mediante la digestión anaerobia.

Para la Cadena de Supermercados, el proyecto proporcionó una alternativa viable desde el punto de vista ambiental, pero que en caso de implementarse en sus unidades de negocio debe ser evaluada desde la parte técnica y económica. Por otro lado, la alternativa de manejar sus residuos sólidos orgánicos mediante la digestión anaerobia representa una oportunidad para establecer acuerdos con socios comerciales que proporcionen sus recursos y conocimiento del mercado para proporcionar este servicio.

Tercera Investigación

La investigación titulada Implementación de un Proyecto de Gestión Ambiental para el aprovechamiento y reducción de los residuos orgánicos generados por tres empresas de la GAM, tuvo como objetivo “implementar un Proyecto de Gestión Ambiental para el tratamiento y reducción del 20% de los residuos orgánicos generados por tres empresas de la gran área

metropolitana” (Rodríguez et al, 2021, p.8). El equipo investigador planteó como una opción viable el tratar los residuos orgánicos generados por las empresas participantes mediante el método de compostaje Takakura, que utiliza bacterias de fermentación que pueden obtenerse a nivel local y que se mezclan con la materia orgánica para lograr su descomposición en corto tiempo, produciendo un abono orgánico. Los investigadores plantean una observación directa de la aplicación del método en las empresas mediante la ejecución de un plan piloto y conforme se desarrolla, valorar el desempeño del sistema de tratamiento.

Para efectos del presente proyecto final de graduación, esta investigación representó una opción a valorar por parte de la Cadena de Supermercados para escalar esta alternativa en sus unidades de negocio o bien un punto de partida en la búsqueda de alternativas tecnológicas que permitan gestionar mayores cantidades de residuos y que tengan en cuenta las necesidades y limitaciones particulares de las tiendas.

2.3.2.1 Metodologías que se han usado

Primera Investigación

La investigación utilizó un diseño experimental de tres tratamientos con cuatro repeticiones cada uno. La selección de la composición de cada tratamiento se basó en criterio experto, a partir de distintas proporciones de adición de microorganismos efectivos (EM), semolina y mezcla de caña en polvo (González et al, 2018). Para la ejecución del experimento, se debió pasar por un proceso de preparación tanto de los residuos como de los insumos adicionados. Para garantizar la estabilización de los diferentes suplementos alimenticios por medio de una fermentación anaeróbica, las mezclas fueron conservadas en microsilos, los cuales consistieron en tubos de PVC. Posteriormente y mediante análisis de laboratorio, se procedió a evaluar la calidad de los diferentes productos en función de su composición química y nutricional, así como su calidad microbiológica. Finalmente, el equipo investigador procedió a

realizar un análisis económico-ambiental de cada una de las estrategias. El análisis económico se llevó a cabo mediante la técnica de costos evitados y desde el punto de vista ambiental, se calcularon las emisiones de dióxido de carbono equivalentes.

Segunda investigación

La primera etapa del proyecto consistió en la cuantificación de los residuos sólidos municipales generados en los cantones seleccionados con base en los datos de generación de residuos sólidos. Posteriormente y con base en otros estudios, el investigador hace una estimación de la composición por tipo de residuo. Esta información fue utilizada para definir la base de cálculo para determinar la capacidad de la planta propuesta y proceder con el dimensionamiento de los distintos equipos que componen la planta (Álvarez, 2017).

Con ayuda de las proyecciones de población realizadas por el Instituto Nacional de Estadística y Censos y el factor de generación de residuos sólidos, el investigador procedió a realizar proyecciones de generación de residuos para un período de evaluación de 10 años y estimar el incremento en la oferta de los residuos valorizables y se investigó posibles receptores de este material.

Con base en la metodología utilizada por la Secretaría Técnica Nacional Ambiental (SETENA), la investigación identifica los impactos ambientales que ofrecen mayor vulnerabilidad al entorno del proyecto propuesto.

Finalmente, el investigador hace una estimación preliminar de la inversión de capital inicial y de los costos de operación de forma anual para el proyecto.

Tercera Investigación

Al igual que en la investigación anterior, la primera etapa del proyecto consistió en la cuantificación y caracterización de los residuos orgánicos generados por las empresas participantes a partir de una adecuada separación en la fuente. Para ello se habilitó un registro en cada una de las empresas y se asignó a un responsable de separar y pesar los residuos.

Posteriormente se implementó el programa de tratamiento mediante el método de compostaje seleccionado. En este caso, se construyó una caja de compostaje con las dimensiones requeridas conforme a la cantidad de residuos generados. El responsable del proceso se encargó de depositar los residuos de forma diaria en la caja y controlar la temperatura, grado de acidez y humedad de la mezcla, mediante los equipos adecuados. Para este proceso es importante garantizar las condiciones aerobias del proceso, para lo cual el responsable debió mezclar el material de forma diaria. Por último, se procede a pesar la cantidad de abono que se genera. Mediante el registro de la cantidad de residuos orgánicos procesados se calculó el porcentaje de desvío de estos a los rellenos sanitarios con base en la cantidad total de residuos de la matriz de cada una de las empresas.

2.3.2.2 Conclusiones y recomendaciones obtenidas

Primera Investigación

De acuerdo con González et al (2018) y luego de los análisis realizados, se concluye que es posible desarrollar un suplemento alimenticio para cerdos a partir de residuos sólidos biodegradables con una adecuada fermentación anaeróbica, ya que el producto obtenido se clasifica como energético y podría sustituir el maíz que se usa comúnmente en las dietas de estos animales. Por otro lado, la investigación puede tomarse como una alternativa para minimizar el impacto negativo de los residuos sólidos biodegradables al medio.

Este estudio recomienda llevar a cabo pruebas con tratamientos donde no se incluyan microorganismos eficientes y que eventualmente podrían arrojar diferentes resultados con menores costos. Se sugiere también realizar pruebas formales de aceptación aparente y respuesta animal de los productos obtenidos, para finalmente realizar un escalamiento del proceso y la estimación de la vida útil del producto.

Segunda Investigación

De acuerdo con Álvarez (2017), y de acuerdo con los datos y resultados obtenidos, el tratamiento de los residuos sólidos orgánicos generados por los cantones urbanos de la provincia de Heredia debe hacerse mediante un digestor de una sola etapa que puede operar bajo condiciones secas y húmedas dependiendo del acondicionamiento de la materia prima. Sin embargo, el investigador concluye que la propuesta para el tratamiento no es factible debido a las dimensiones de los equipos requeridos para implementarla. El estudio recomienda llevar a cabo estudios financieros más sólidos, que evalúen la tasa interna de retorno, verifiquen los costos de inversión y analicen los costos operativos en función de las ganancias proyectadas por la venta del material valorizable. Para ello se debe realizar de previo un estudio de la composición de los residuos municipales e implementar programas de recolección separada para disminuir los costos de inversión y operación en la planta.

Tercera Investigación

De acuerdo con Rodríguez et al (2021), el método de compostaje Takakura demostró ser una técnica efectiva y de bajo costo para el tratamiento de los residuos sólidos orgánicos generados por cada una de las empresas participantes. Por otro lado, fue una opción viable para reducir la cantidad de residuos que las empresas disponen en los rellenos sanitarios y por consiguiente, reduce el impacto ambiental de sus operaciones. El abono orgánico obtenido durante el proceso fue aprovechado por cada una de ellas dentro de sus instalaciones. El proceso requiere el compromiso de las empresas para realizar la separación de los residuos desde la fuente, recolectarlos, cumplir con el procedimiento de preparación de la mezcla de materiales y garantizar las condiciones de operación del método.

2.3.3 Otra teoría relacionada con el tema en estudio

2.3.3.1 Gestión integral de residuos

La Ley para la Gestión Integral de Residuos define la gestión integral de residuos como el “conjunto articulado e interrelacionado de acciones regulatorias, operativas, financieras, administrativas, educativas, de planificación, monitoreo y evaluación para el manejo de los residuos, desde su generación hasta la disposición final” (Asamblea Legislativa de la República de Costa Rica, 2010).

Con la publicación de la Ley para la Gestión Integral de Residuos, Costa Rica busca cambiar el concepto de “basura” o “desecho” por el de “residuo”, reconociendo el valor que estos tienen y que no debe ser desaprovechado. De igual forma, el país obtiene un marco jurídico que busca un impacto significativo en el medio ambiente, la salud pública y la sostenibilidad.

De acuerdo con el Plan Nacional para la Gestión Integral de Residuos, por medio de la gestión integral de residuos se buscan los siguientes objetivos:

- Promover la separación en la fuente (en el mismo sitio en que se producen) y la clasificación de los residuos.
- Generar nuevas fuentes de empleo a través de las acciones de separación y valoración de los residuos.
- Fomentar el desarrollo de mercados de productos y materiales valorizados, de forma tal que se creen flujos de materiales y encadenamientos entre empresas, porque lo que para una empresa es un residuo para otra puede ser una materia prima.
- Generar mercados para los productos reciclados, reciclables y biodegradables de forma tal que éstos sean más accesibles para la población (Ministerio de Salud, 2016).

Para lograr una gestión de los residuos sostenible e integral, se debe establecer una jerarquía de enfoques de gestión de residuos sólidos. Esta jerarquía proporciona los pasos

más ecológicos a seguir antes de desechar los residuos en un vertedero o basurero, gracias a la implementación de un sistema de clasificación general para las diversas estrategias de gestión de residuos sólidos, desde la más a la menos preferible desde el punto de vista ambiental (EPA, 2020). De esta forma, se fomentan prácticas más sostenibles para reducir la cantidad de residuos que se generan y se minimiza el impacto ambiental.

La Figura 9 ilustra la jerarquía de la gestión de residuos.

Figura 9

Jerarquía de la gestión de residuos



Nota: Se muestran los pasos más ecológicos a seguir antes de desechar los residuos en un vertedero. (Ministerio de Salud, 2016).

El nivel más alto en la jerarquía es la prevención, que busca evitar la generación de residuos en primer lugar. Esto implica reducir la producción de productos y envases innecesarios, fomentar la reutilización de objetos y promover prácticas que minimicen la generación de residuos.

La reducción se refiere a la reducción de la cantidad de residuos generados, es la estrategia preferida desde el punto de vista ambiental, ya que conserva los recursos, protege el medio ambiente y evita la liberación de gases de efecto invernadero (EPA, 2020).

La reutilización consiste en volver a utilizar un producto o envase sin necesidad de procesos de reciclaje o tratamiento, por ejemplo, el uso de envases retornables o la reparación

Valorizar los residuos se refiere a utilizar el reciclaje, el coprocesamiento, compostaje, entre otros métodos, de manera que permita la recuperación del material o el aprovechamiento energético.

Los residuos pueden contener restos de productos químicos, bioinfecciosos u otros agentes que perjudiquen la salud humana o el medio ambiente, de ahí que es muy importante tratarlos de forma correcta de previo a su disposición final. El tratamiento puede ayudar a reducir el volumen y toxicidad de los residuos.

Los vertederos son un componente importante en la gestión integral de residuos sólidos. Todos aquellos que no pudieron prevenirse o reciclarse deben desecharse en vertederos debidamente diseñados, construidos y gestionados, para limitar su impacto ambiental y sanitario.

La propuesta de un plan estratégico para la gestión responsable de residuos orgánicos que buscó el presente proyecto de graduación para la Cadena de Supermercados se enmarca en las alternativas que promueve la jerarquización de los residuos y constituye un sistema alternativo para la gestión responsable e integral de los residuos sólidos que cumple con las necesidades y condiciones específicas de las unidades de negocio con que cuenta dicha empresa.

2.3.3.2 Valorización de residuos sólidos orgánicos

La Ley para la Gestión Integral de Residuos define la valorización como el “conjunto de acciones asociadas cuyo objetivo es recuperar el valor de los residuos para los procesos productivos, la protección de la salud y el ambiente” (Asamblea Legislativa de la República de Costa Rica, 2010). Cuando la materia inicial es un residuo, el procesamiento tiene el objetivo de valorizarlo u obtener un producto o subproducto utilizable.

El aprovechamiento de los residuos generados contribuye a minimizar su cantidad para su disposición final, así como a disminuir la presión sobre los recursos naturales en búsqueda de materias primas (Tello et al, 2018), además de preservar los sitios de disposición final, reducir los costos, así como reducir la contaminación ambiental.

El aprovechamiento debe realizarse siempre y cuando sea económicamente viable, técnicamente factible y ambientalmente conveniente.

A continuación, se describen las principales metodologías que se utilizan para el aprovechamiento de los residuos sólidos orgánicos.

Alimentación animal

Consiste en la separación de la fracción orgánica generada por el ente generador para ser utilizado en la alimentación de animales, en su mayoría ganado y cerdos.

Los residuos sólidos biodegradables tienen un alto contenido en humedad, lo que implica dificultades para el almacenamiento y su uso o consumo debe ser rápido con el fin de evitar descomposición. Por otro lado, los residuos deben estabilizarse para permitir un proceso seguro de ingesta y un balance en la dieta de los animales (Gonzalez et al, 2018).

Este proceso, debe seguirse con precaución y siguiendo las pautas y regulaciones para garantizar la seguridad de los animales y la salud pública. Entre las principales consideraciones que deben tenerse en cuenta al utilizar los residuos orgánicos para la alimentación animal podemos citar la necesidad de cumplir con las regulaciones, selección y

procesamiento adecuado de los residuos con el fin de eliminar patógenos u otras sustancias peligrosas, garantizar una dieta balanceada y monitoreo de la salud de los animales, así como tener una supervisión y control adecuados durante todo el proceso.

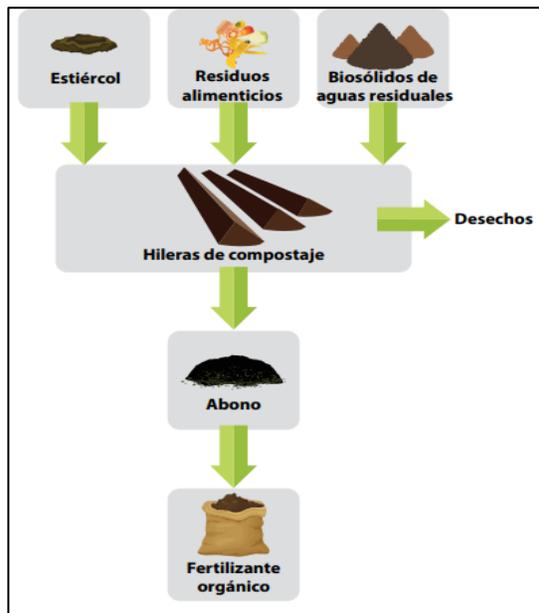
En resumen, la incorporación de estos residuos como complemento en la alimentación animal requiere una correcta planificación en la que se tenga en cuenta las características del tipo de residuos de que se dispone, las cantidades y el acondicionamiento de los mismos.

Compostaje

De acuerdo con EPA, el compostaje es la “descomposición controlada de materias orgánicas en presencia de oxígeno. El compostaje requiere tres pasos generales: (1) combinar diferentes tipos de residuos orgánicos, como desperdicios alimenticios, residuos de jardinería y estiércol; (2) agregar virutas de madera, papel triturado u otros agentes de relleno para acelerar la descomposición de los residuos orgánicos; y (3) permitir que el abono se estabilice y madure a través de un proceso de curado” (2020, p.84).

En el proceso de compostaje, son los microorganismos los responsables de la transformación del sustrato, por lo tanto, todos aquellos factores que puedan inhibir su crecimiento y desarrollo afectarán también sobre el proceso. Los factores más importantes que intervienen son la temperatura, la humedad, el grado de acidez, la concentración de oxígeno, la relación Carbono/Nitrógeno y la población microbiana.

La Figura 10 muestra los componentes básicos de un sistema de compostaje.

Figura 10*Sistema de compostaje*

Nota: Se muestran los componentes básicos de un sistema de compostaje. (EPA, 2020).

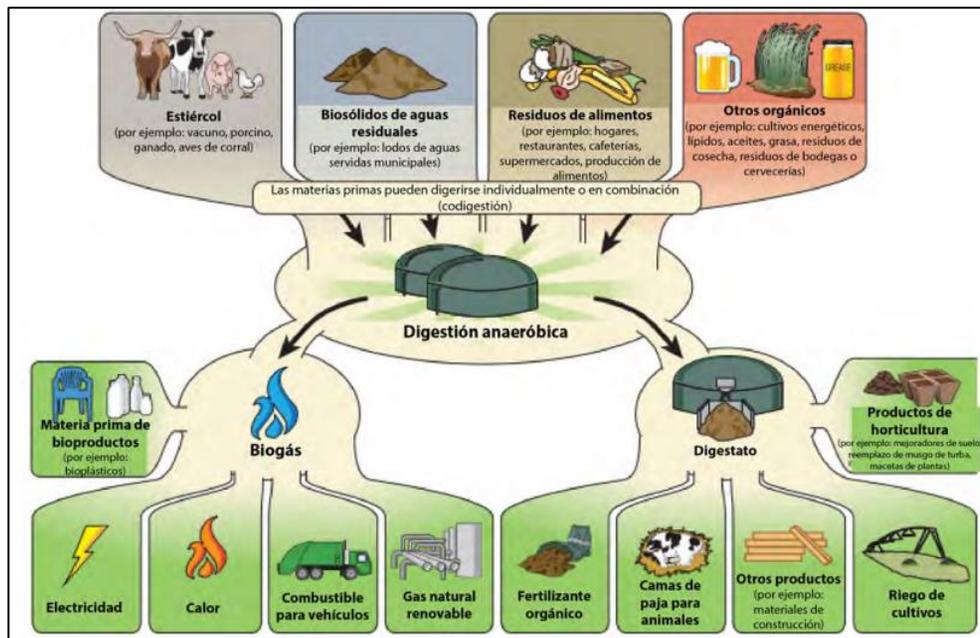
Digestión Anaerobia

La digestión anaerobia (DA) se define como “la descomposición de materiales orgánicos por parte de microorganismos en ausencia de aire” (EPA, 2020, p.84). Los productos de este proceso incluyen el biogás, metano y dióxido de carbono como fuentes de energía y el digestato. Este proceso es una forma efectiva para el tratamiento de los residuos agrícolas, industriales y urbanos orgánicos y a su vez resulta como una fuente alternativa de energía (Álvarez, 2017).

La Figura 11 ilustra un sistema de digestión anaerobia.

Figura 11

Sistema de digestión anaerobia



Nota: Se muestran los componentes básicos de un sistema de digestión anaerobia. (EPA, 2020).

El digestato es el material que queda resultante de la digestión de los materiales orgánicos y por tanto es rico en nutrientes, de ahí que se puede utilizar como fertilizante para los cultivos (EPA, 2020).

Lombricultura

La lombricultura busca desarrollar fertilizantes orgánicos, con la consecuente mejora en la calidad de los suelos y disminuir la cantidad de residuos sólidos orgánicos mediante la biotecnología. La transformación de los residuos en abonos naturales se da mediante la acción del metabolismo de la lombriz en condiciones controladas (MINAE, 2021).

Entre los aspectos claves de la lombricultura podemos citar los siguientes: seleccionar la especie adecuada de lombriz, la alimentación de las lombrices, la generación del

vermicompostaje, contar con el mantenimiento adecuado y la recolección del vermicompostaje para ser utilizado como fertilizante.

Para efectos del presente proyecto final de graduación, la valorización de residuos fue incorporada como un componente estratégico para la determinación de la logística de recuperación, tratamiento y disposición final de los residuos orgánicos aprovechables más adecuada para la Cadena de Supermercados.

2.3.3.3 Economía circular

Por Economía Circular se entiende “aquella que en principio es restaurativa y regenerativa, y que trata de que los productos, componentes y materias primas mantengan su utilidad y valor máximo en todo momento, asimilando los ciclos técnicos a los biológicos” (Espaliat, 2017, p.13).

Mediante su enfoque económico y ambiental, busca cambiar el paradigma tradicional de la economía lineal basada en “tomar, hacer, desechar”, manteniendo los recursos en uso durante el mayor período posible y aprovechar los residuos que genere al final de su vida útil.

De acuerdo con Hidalgo (2017), la Economía Circular se basa en tres principios fundamentales:

- Preservar y aumentar el capital natural, controlando las reservas finitas y equilibrando los flujos de recursos renovables.
- Optimizar el rendimiento de los recursos, circulando siempre productos, componentes y materiales en su nivel más alto de utilidad.
- Fomentar la eficacia del sistema detectando y eliminando del diseño los factores negativos externos.

La Economía Circular promueve la sostenibilidad al enfocarse en la conservación de los recursos y la reducción del desperdicio a través de un ciclo continuo de reutilización,

remanufactura, reciclaje y renovación, sustituyendo el concepto de residuos por subproductos, a los cuales debe asignarse un uso y funcionalidad. Estas etapas se muestran en la Figura 12.

Figura 12

Economía Circular



Nota: Se muestran los pasos que dan forma a una economía circular. (Hidalgo, 2017).

Desde un punto de vista práctico, este modelo busca desvincular el desarrollo económico del consumo de recursos finitos e implica un cambio en la cadena productiva. Para ello se define a partir de las siguientes características (Espaliat, 2017):

- Eliminación de los residuos desde el diseño.
- Generación de solidez a través de la diversidad.
- Impulsión de la economía con fuentes de energía renovables.
- Pensar en "sistemas".
- Reflejar los costes reales en precios y mecanismos de retroalimentación.

En el caso particular de Costa Rica, se promueve la aplicación de la Economía Circular a partir de la Estrategia Nacional de Economía Circular (ENEC), como un mecanismo para desarrollar un sistema de gestión integral de residuos, integrar la descarbonización y la acción ante el cambio climático (CIEC, 2023). Por otro lado, el Plan Nacional de Descarbonización 2018-2050 aborda el modelo de economía circular en varios de sus ejes, caso por ejemplo del eje 7 relacionado con el sistema de gestión de residuos, donde se incentiva el tratamiento de los residuos orgánicos, se impulsa el uso de la biodigestión como método de tratamiento para residuos orgánicos y brindar un servicio de recolección selectiva de residuos no valorizables y valorizables, orgánicos e inorgánicos, a nivel municipal, entre otras actividades (DCC, 2018).

El plan estratégico integral para la gestión responsable de los residuos orgánicos aprovechables generados por la Cadena de Supermercados que propuso el presente proyecto final de graduación incorporó el concepto de Economía Circular, mediante su valorización y en sus esfuerzos por reducir la cantidad de residuos dispuestos en los vertederos.

2.3.3.4 Estudio de Viabilidad

El estudio de viabilidad es un análisis de investigación en el que se tienen en cuenta todos los factores relevantes que afectan al proyecto para determinar la probabilidad de completar el proyecto con éxito (Infinitia Industrial Consulting, Estudio de viabilidad de un proyecto [Infinitia], 2023), en otras palabras, este estudio ayuda a clarificar si el proyecto es posible de hacer, ya que podría fracasar si alguno de los aspectos considerados no es viable.

De acuerdo con Martins (2019), los elementos principales de un estudio de viabilidad son los siguientes:

- Viabilidad técnica: consiste en determinar si la empresa o industria cuenta con los recursos técnicos, conocimientos y experiencia necesarios para cumplir con los requisitos del proyecto, dicho de otra forma, se debe comprobar si es posible, física y materialmente, hacer el proyecto.

- Viabilidad legal: se debe asegurar el cumplimiento de todos los requisitos legales, tanto para la habilitación como para la operación normal del proyecto.
- Viabilidad financiera: se centra en evaluar los factores económicos del proyecto para determinar su rentabilidad financiera. Busca entender los beneficios económicos a los que conducirá el proyecto.
- Viabilidad del mercado: incluye un análisis de mercado, el desglose de la competencia y las proyecciones de ventas con base en la necesidad que pueda existir por un determinado producto.
- Viabilidad operativa: se evalúa si la organización es capaz o no de finalizar el proyecto, determinar si se cuenta con los recursos, las habilidades y las competencias necesarias para realizar el trabajo.

En resumen, la importancia del estudio de viabilidad de un proyecto radica en garantizar que éste sea técnicamente factible, se justifique desde el punto de vista económico y que sea legal.

Según Martins (2019), para llevar a cabo un estudio de viabilidad, se requieren los siguientes pasos:

- Hacer un análisis preliminar: evaluar el proyecto antes de profundizar en el estudio de viabilidad, con el fin de descartar cualquier impedimento obvio o insalvable.
- Evaluar la viabilidad financiera: se aclaran los ingresos esperados a partir del proyecto, así como la inversión en tiempo y dinero que debe hacer la organización para cumplir con los objetivos del proyecto.
- Hacer una evaluación de mercado: se procede a identificar la demanda en el mercado, así como cualquier riesgo potencial que se pueda presentar. Este estudio ofrece una idea de cómo se comportará el proyecto, de los ingresos esperados, así como si hay una oportunidad o no en el mercado.

- Considerar las viabilidades técnica y operativa: se debe considerar el personal o el equipamiento que se necesita para el proyecto en conjunto con el impacto legal de la iniciativa.
- Revisar los puntos vulnerables del proyecto: se deben detectar posibles inconsistencias que sean motivo de alerta.
- Proponer una decisión: se procede a redactar un resumen ejecutivo con los puntos principales y se propone una solución.

3 Marco metodológico

En este marco metodológico se definen las fuentes de información, métodos de investigación y las herramientas que se utilizaron en este proyecto, así como los supuestos y restricciones que tuvieron relación con los diferentes objetivos, para finalizar con una breve descripción de los principales entregables del proyecto.

Este apartado desempeña un papel fundamental en el proyecto final de graduación al proporcionar una base para la investigación, garantizar la validez de los resultados y cumplir con los estándares académicos.

3.1 Fuentes de información

Las fuentes de información son aquellos “tipos de documentos que contienen datos para satisfacer una demanda de información o conocimiento” (ECURED, Fuentes de Información [ECURED], s.f.).

De acuerdo con Jaén (2019), las fuentes de información en su aceptación más amplia son “todo objeto que contenga, produzca, proporcione o transfiera información” (p.6), por lo que, en este sentido, sirven para satisfacer las necesidades y demandas de información y puede ser cualquier material, producto, instrumento o recurso.

En el marco del presente proyecto final de graduación, las diferentes fuentes de información (primarias y secundarias) consultadas ayudaron a respaldar la investigación al proporcionar la base teórica necesaria y ampliar la comprensión de los temas analizados.

3.1.1 Fuentes primarias

De acuerdo con ECURED (s.f.), las fuentes primarias son aquellas que “contienen información nueva y original, resultado de un trabajo intelectual”.

Para un trabajo de investigación, las fuentes primarias son fundamentales, ya que son materiales originales, fueron creados a partir del período de tiempo involucrado, no han sido filtrados a través de la interpretación o evaluación de otros y representan pensamientos o experiencias originales (Técnicas de Investigación, Fuentes de información, primaria, secundaria y terciaria [Técnicas de Investigación], 2020).

Algunos ejemplos de fuentes primarias los constituyen los libros, revistas científicas, periódicos, informes técnicos y de investigación, normas técnicas, entre otros.

Las fuentes primarias usadas en este proyecto final de graduación consistieron en primer lugar en las bases de datos que registran la cantidad por departamento de los residuos sólidos generados por las unidades de negocio de la cadena de supermercados, así como las causas principales por las cuales estos productos dejaron de ser aptos para la venta o su donación, para ser dispuestos finalmente en los vertederos. En segundo lugar, se contó con la documentación técnica proporcionada por los proveedores que ofrecen las diferentes alternativas de manejo de los residuos orgánicos aprovechables analizadas. En tercer lugar, se realizaron reuniones con los encargados de la organización del proceso de merma de los productos no aptos para la venta. Finalmente se contó con los manuales y procedimientos de la organización relacionados con el manejo de residuos.

3.1.2 Fuentes secundarias

Las fuentes secundarias proporcionan una interpretación, análisis o comentario derivado del contenido de materiales de fuentes primarias (Técnicas de Investigación, 2020), en otras palabras, este tipo de fuente de información procesa la información de una fuente primaria.

Una fuente secundaria puede ser un libro académico, un artículo de revista o un documento digital o impreso creado por alguien que no experimentó o participó directamente en la investigación (ECURED, s.f.).

Las fuentes secundarias usadas en este proyecto final de graduación consistieron en los libros de texto, proyectos de graduación e información proveniente de internet relacionadas con el manejo, tratamiento y disposición final de los residuos sólidos y en particular de los residuos orgánicos aprovechables. Dichas fuentes proporcionaron en primer lugar un contexto más amplio y una visión general del tema en investigación, ayudando a comprender su estado actual y en la obtención de información básica y de las metodologías utilizadas en proyectos similares.

El resumen de las fuentes de información que se utilizaron en este proyecto se presenta en la Tabla 4:

Tabla 4

Fuentes de Información Utilizadas

Objetivos	Fuentes de Información	
	Primarias	Secundarias
1. Cuantificar y caracterizar los residuos sólidos generados por la cadena de supermercados de acuerdo con su tipo con el fin de definir el peso de los residuos orgánicos aprovechables dentro de la matriz de residuos de dicha organización.	<ul style="list-style-type: none"> - Base de datos donde se registra la cantidad de residuos sólidos generados para cada uno de los departamentos de las unidades de negocio. - Entrevista con el encargado (a) del proceso de merma. - Protocolos de manejo de residuos de la organización. 	<ul style="list-style-type: none"> - Ley para la Gestión Integral de Residuos (Asamblea Legislativa de la República de Costa Rica, 2010). - Estrategia Nacional de Separación, Recuperación y Valorización de Residuos (Ministerio de Salud, 2016).
2. Realizar un diagnóstico de las causas de merma de los residuos orgánicos generados por la empresa en sus diferentes áreas y procesos, con el fin de identificar los puntos críticos de generación.	<ul style="list-style-type: none"> - Base de datos donde se registran las causas de merma para cada de los departamentos de las unidades de negocio. - Entrevista con el encargado (a) del proceso de operaciones. 	<ul style="list-style-type: none"> - Guía de los Fundamentos para la Dirección de Proyectos (PMI, 2017). - Revistas e informes de diferentes fuentes digitales.

Objetivos	Fuentes de Información	
	Primarias	Secundarias
3. Analizar al menos tres casos de uso para la gestión responsable de los residuos orgánicos aprovechables para definir el plan de manejo más adecuado a las necesidades de la empresa.	<ul style="list-style-type: none"> - Lista de gestores de residuos autorizados por el Ministerio de Salud. - Información técnica proporcionada por los proveedores de servicio. - Asesoría de expertos. 	<ul style="list-style-type: none"> - Guía de los Fundamentos para la Dirección de Proyectos (PMI, 2017). - Elaboración de una propuesta para el tratamiento de residuos sólidos urbanos por procesamiento mecánico-biológico para los cantones urbanos de Heredia (Álvarez, 2017). - Estabilización anaeróbica de residuos sólidos biodegradables para proponer un producto alimenticio para cerdos, en el Tecnológico de Costa Rica (González et al, 2018). - Implementación de un Proyecto de Gestión Ambiental para el aprovechamiento de los residuos orgánicos generados en tres empresas del GAM (Rodríguez et al, 2021). - Guía técnica para el aprovechamiento de residuos orgánicos a través de metodologías de compostaje y lombricultura (Alcaldía Mayor de Bogotá, 2018). - Artículos de Internet. - Tesis o trabajos de grado.
4. Determinar la logística de recuperación, tratamiento y disposición final de los residuos orgánicos aprovechables más adecuada para la empresa con el propósito de garantizar el cumplimiento de sus metas.	<ul style="list-style-type: none"> - Entrevista con el encargado (a) del proceso de operaciones. - Asesoría de expertos. 	<ul style="list-style-type: none"> - Administración de proyectos: El ABC para un director de proyectos exitoso (Lledó, 2017). - Guía de los Fundamentos para la Dirección de Proyectos (PMI, 2017). - Artículos de Internet.

Objetivos	Fuentes de Información	
	Primarias	Secundarias
5. Desarrollar un análisis de evaluación de factibilidad social, legal, técnica, económica y ambiental para la alternativa más adecuada para el manejo de los residuos orgánicos aprovechables generados por la cadena de supermercados con el fin de determinar si su implementación es viable y sostenible a largo plazo.	<ul style="list-style-type: none"> - Entrevista con el encargado (a) del área legal. - Asesoría de expertos. - Información técnica proporcionada por los proveedores de servicio. 	<ul style="list-style-type: none"> - Manual para la elaboración del estudio de factibilidad del proyecto (Rodríguez et al, 2021). - Artículos de Internet.

Nota: La Tabla 4 muestra las fuentes de información utilizadas, en correspondencia con cada objetivo, y según sean primarias o secundarias. Autoría propia.

3.2 Métodos de Investigación

Una investigación se define como el “conjunto de procesos sistemáticos, críticos y empíricos que se aplican al estudio de un fenómeno o problema con el resultado (o el objetivo) de ampliar su conocimiento” (Hernández et al, 2018, p.4).

Para Santos et al (2022), la investigación es “un proceso intelectual y experimental que comprende un conjunto de procedimientos realizados y técnicas aplicadas para obtener nuevos conocimientos” (p.11).

Los métodos de investigación se definen como el “conjunto de técnicas que, coherentes con la orientación de una investigación y el uso de determinadas herramientas, permitirán la obtención de un producto o resultado particular” (QuestionPro, Métodos de investigación: Qué son y cómo elegirlos [QuestionPro], s.f.).

Para Significados (s.f.) los métodos de investigación son “procedimientos a seguir de manera sistemática, racional y objetiva para hallar el conocimiento dentro de un campo de estudio concreto” (Significados, Métodos de investigación [Significados], s.f.).

Para el caso del presente proyecto, los métodos de investigación utilizados para el desarrollo de los objetivos proporcionaron una guía para la elección de las herramientas adecuadas para recopilar y analizar datos, así como a respaldar la validez de los resultados obtenidos.

A continuación, se describen los métodos de investigación utilizados en este proyecto final de graduación.

3.2.1 Método analítico-sintético

El método analítico-sintético “estudia los hechos, partiendo de la descomposición del objeto de estudio en cada una de sus partes para estudiarlas en forma individual (análisis) y luego se integran dichas partes para estudiarlas de manera holística e integral (síntesis)” (Marco Teórico, Fundamentos de investigación [MarcoTeórico], s.f.). En otras palabras, este método se refiere a dos procesos inversos que operan en unidad: el análisis y la síntesis.

Esté método facilitó la identificación y análisis de las partes o componentes de los diferentes entregables del proyecto final de graduación, así como en la síntesis de la información.

3.2.2 Método inductivo

El método inductivo “es un método racional y sistemático que permite la obtención de conclusiones válidas a partir de hechos o fenómenos particulares y conocidos” (Santos et al, 2022, p.83). En otras palabras, a partir del análisis de datos particulares llega a conclusiones generales, va de lo específico a lo general, busca patrones o tendencias.

Para el proyecto final de graduación, este método facilitó el encontrar rasgos en común a la hora de recopilar y analizar los datos de generación de residuos, así como en el análisis de las alternativas de manejo de residuos sujetas a estudio.

3.2.3 Método deductivo

El método deductivo “es un método racional y sistemático que permite la obtención de conclusiones validas a partir de hechos o fenómenos generales” (Santos et al, 2022, p.84). Es opuesto al método inductivo, ya que parte de conocimientos generales para llegar a conocimientos singulares, va del todo a la parte.

Para el proyecto final de graduación, este método complementó el análisis llevado a cabo mediante el método inductivo, permitiendo un enfoque más completo y riguroso para abordar algunos de los objetivos.

En la Tabla 5, se pueden apreciar los métodos de investigación utilizados para el desarrollo de los objetivos definidos para este proyecto.

Tabla 5

Métodos de Investigación Utilizados

Objetivos	Métodos de Investigación		
	Método analítico-sintético	Método inductivo	Método deductivo
1. Cuantificar y caracterizar los residuos sólidos generados por la cadena de supermercados de acuerdo con su tipo con el fin de definir el peso de los residuos orgánicos aprovechables dentro de la matriz de residuos de dicha organización.	Permitió analizar los datos de generación de residuos para cada departamento y comprender su impacto en la operación de las unidades de negocio.	Se utilizó para clasificar los residuos generados por los diferentes departamentos en función de sus características.	No aplica, dado que este objetivo busca cuantificar la cantidad de residuos generados a partir de datos específicos.

Objetivos	Métodos de Investigación		
	Método analítico-sintético	Método inductivo	Método deductivo
2. Realizar un diagnóstico de las causas de merma de los residuos orgánicos generados por la empresa en sus diferentes áreas y procesos, con el fin de identificar los puntos críticos de generación.	Permitió identificar y analizar las causas de merma para cada departamento de las unidades de negocio y tener una comprensión integral del tema.	Permitió determinar las causas de merma en común entre los diferentes departamentos de las unidades de negocio.	No aplica, dado que este objetivo busca analizar las causas de merma de los residuos generados a partir de datos específicos.
3. Analizar al menos tres casos de uso para la gestión responsable de los residuos orgánicos aprovechables para definir el plan de manejo más adecuado a las necesidades de la empresa.	Se realizó una investigación de las diferentes alternativas existentes en el mercado para determinar cuáles son aplicables a las necesidades de las unidades de negocio.	Permitió identificar las alternativas de manejo de los residuos orgánicos aprovechables adecuadas para las condiciones particulares de las unidades de negocio.	Se utilizó en complemento al método inductivo para establecer un marco de referencia y generar ideas iniciales sobre los métodos de manejo de residuos.
4. Determinar la logística de recuperación, tratamiento y disposición final de los residuos orgánicos aprovechables más adecuada para la empresa con el propósito de garantizar el cumplimiento de sus metas.	Permitió reunir las diferentes alternativas de manejo de residuos en una solución integral.	Se realizó la identificación de las mejores prácticas para el manejo de los residuos orgánicos aprovechables.	No aplica. Para determinar la alternativa más adecuada para el manejo de los residuos sólidos orgánicos se deben seguir pasos más orientados a la investigación y la evaluación con base en datos concretos.

Objetivos	Métodos de Investigación		
	Método analítico-sintético	Método inductivo	Método deductivo
5. Desarrollar un análisis de evaluación de factibilidad social, legal, técnica, económica y ambiental para la alternativa más adecuada para el manejo de los residuos orgánicos aprovechables generados por la cadena de supermercados con el fin de determinar si su implementación es viable y sostenible a largo plazo.	Se realizó una evaluación de cada uno de los componentes de la alternativa de manejo de residuos más adecuada para finalmente determinar su viabilidad.	Se identificaron los principales riesgos en la implementación de los métodos de manejo de los residuos orgánicos aprovechables.	Se utilizó en complemento con el método inductivo. Fue útil al establecer suposiciones iniciales. Al combinar ambos métodos se obtuvieron conclusiones aplicables a la organización.

Nota: La Tabla 5 muestra los métodos de investigación utilizados, en correspondencia con cada objetivo. Autoría propia.

3.3 Herramientas

Las herramientas “son un conjunto de métodos y tecnologías que sirven de apoyo para orientar la planificación del trabajo, tanto administrativo como operativo, y la toma de decisiones dentro de cada empresa u organización” (Lemontech, Técnicas y herramientas de la planeación administrativa y operativa [Lemontech], 2022).

La Guía de los Fundamentos para la Dirección de Proyectos define herramienta como “algo tangible utilizado al realizar una actividad para producir un producto o resultado” (PMI, 2017, p.714), por tanto, son esenciales para mejorar la eficiencia, la comunicación, la toma de decisiones y la gestión en general de los proyectos, de ahí que contribuyan a alcanzar los objetivos trazados y el éxito de los mismos.

De acuerdo con PMCollege (2021) una herramienta “es cualquier elemento creado para realizar de manera más sencilla, completa y correcta, una actividad determinada” (PMCollege, Método, metodología, técnica, herramienta ¡Conoce la diferencia? [PMCollege], 2021).

El Estándar para la Dirección de Proyectos agrupa las herramientas según su finalidad en los siguientes grupos (PMI, 2017):

- Recopilación de datos: utilizadas para recopilar datos e información de diversas fuentes.
- Análisis de datos: utilizadas para organizar, examinar y evaluar datos e información.
- Representación de datos: utilizadas para mostrar representaciones gráficas u otros métodos utilizados para transmitir datos e información.
- Toma de decisiones: utilizadas para seleccionar un curso de acción entre diferentes alternativas.
- Habilidades de comunicación: se utilizan para transmitir información entre los interesados.
- Habilidades interpersonales y de equipo: se utilizan para liderar e interactuar de manera efectiva con miembros del equipo y otros interesados.

Es importante indicar que estos grupos describen la intención de lo que se debe hacer, y las herramientas y técnicas en el grupo representan diferentes métodos para lograr el objetivo que se busca (PMI, 2017).

Para la ejecución del presente proyecto final de graduación fue fundamental identificar y poner en práctica las herramientas adecuadas para cumplir con cada uno de los entregables. Esto permitió planificar de manera más eficiente las diferentes actividades, analizar los datos y en última instancia, tomar las decisiones para seleccionar y evaluar la alternativa más adecuada para el manejo de los residuos orgánicos aprovechables.

En la Tabla 6, se definen las herramientas utilizadas para cada objetivo propuesto.

Tabla 6*Herramientas Utilizadas*

Objetivos	Herramientas
1. Cuantificar y caracterizar los residuos sólidos generados por la cadena de supermercados de acuerdo con su tipo con el fin de definir el peso de los residuos orgánicos aprovechables dentro de la matriz de residuos de dicha organización.	Entrevistas Reuniones Histogramas
2. Realizar un diagnóstico de las causas de merma de los residuos orgánicos generados por la empresa en sus diferentes áreas y procesos, con el fin de identificar los puntos críticos de generación.	Entrevistas Reuniones Histogramas Diagrama de Pareto
3. Analizar al menos tres casos de uso para la gestión responsable de los residuos orgánicos aprovechables para definir el plan de manejo más adecuado a las necesidades de la empresa.	Entrevistas Reuniones Análisis de documentos Investigación de Mercado
4. Determinar la logística de recuperación, tratamiento y disposición final de los residuos orgánicos aprovechables más adecuada para la empresa con el propósito de garantizar el cumplimiento de sus metas.	Reuniones Juicio de expertos Análisis de alternativas Habilidades interpersonales
5. Desarrollar un análisis de evaluación de factibilidad social, legal, técnica, económica y ambiental para la alternativa más adecuada para el manejo de los residuos orgánicos aprovechables generados por la cadena de supermercados con el fin de determinar si su implementación es viable y sostenible a largo plazo.	Reuniones Juicio de expertos Análisis Costo-Beneficio

Nota: La Tabla 6 muestra las herramientas utilizadas, en correspondencia con cada objetivo. Autoría propia.

A continuación, se presenta una breve descripción de cada una de las herramientas utilizadas para la realización de este proyecto:

- Reuniones: pueden ser cara a cara, virtuales, formales o informales. Se pueden llevar a cabo con miembros del equipo o expertos en la materia (PMI, 2017). De acuerdo con la Guía de los Fundamentos para la Dirección de Proyectos, para la planificación de reuniones deben emplearse los siguientes pasos:
 - Preparar y distribuir la agenda, estableciendo los objetivos de la reunión.
 - Asegurar que las reuniones comiencen y finalicen a la hora publicada.
 - Cerciorarse de que los participantes adecuados estén invitados y asistan a la reunión.
 - Permanecer centrados en el tema.
 - Gestionar las expectativas, los incidentes y los conflictos durante la reunión.
 - Registrar todas las acciones, así como las personas a quienes se ha asignado la responsabilidad de completar la acción (PMI, 2017, p.386).
- Juicio de expertos: se define como “el juicio que se brinda sobre la base de la experiencia en un área de aplicación, área de conocimiento, disciplina, industria, etc., según resulte apropiado para la actividad que se está ejecutando” (PMI, 2017, p.79). Estos expertos pueden ser consultores externos o miembros del equipo interno, siempre que tengan la base de conocimientos necesaria (Raeburn, 2023).

Los pasos que según Raeburn (2023) se recomiendan para establecer un proceso estructurado de juicio de expertos son los siguientes:

- Investiga el problema.
- Anota las preguntas.
- Elige a los expertos.
- Envía tus preguntas.
- Revisa y analiza los juicios que emitan.
- Registra los juicios en un informe.
- Comunica los resultados.

- Entrevistas: es una manera formal o informal de obtener información de los interesados, a través de un diálogo directo con ellos. Entrevistar a los participantes con experiencia en el proyecto, así como a expertos en la materia, ayuda a identificar y definir las características y funciones esperadas de los entregables del producto (PMI, 2017).
- Habilidades interpersonales: incluyen la gestión de conflictos, toma de decisiones, inteligencia emocional, influencia y liderazgo (PMI, 2017).
- Histogramas: muestra una representación gráfica de datos numéricos (PMI, 2017), en otras palabras, muestra cómo se distribuye un conjunto de datos.
- Diagrama de Pareto: es una técnica gráfica simple para ordenar elementos, desde el más frecuente hasta el menos frecuente, en otras palabras, ordena en orden de importancia la contribución de cada elemento al efecto total (Santiago, 2018), lo que permite identificar y priorizar los elementos que más peso o importancia tienen dentro de un grupo y dirigir el esfuerzo del equipo de trabajo hacia un objetivo prioritario común. También se conoce como Diagrama ABC o Diagrama 20-80.
- Investigación de Mercado: es una de las técnicas de recopilación de datos que pueden utilizarse para un proyecto o proceso. Incluye el estudio de las capacidades de la industria y de los vendedores específicos (PMI, 2017).
- Análisis de documentos: es una de las técnicas de análisis de datos que pueden utilizarse para un proyecto o proceso. Consiste en “la revisión y evaluación de cualquier información documentada pertinente” (PMI, 2017, p.143). Se puede analizar una amplia variedad de documentos, entre los que se pueden citar los planes de negocio, literatura de mercadeo, documentación reguladora, solicitudes de propuesta, casos de uso, entre otros.
- Análisis de alternativas: es una de las técnicas de análisis de datos que pueden utilizarse para un proyecto o proceso. Esta técnica es utilizada “para evaluar las opciones identificadas a fin de seleccionar las opciones o enfoques a utilizar para ejecutar y llevar a cabo el trabajo del

proyecto” (PMI, 2017, p.325). El análisis de alternativas ayuda a proporcionar la mejor solución para llevar a cabo las actividades del proyecto, dentro de las restricciones definidas.

- **Análisis Costo-Beneficio:** es “una herramienta de análisis financiero utilizada para estimar las fortalezas y debilidades de las alternativas, a fin de determinar la mejor alternativa en términos de los beneficios que ofrecen” (PMI, 2017, p.282). Permite comparar el costo de la alternativa en estudio con el beneficio esperado. De acuerdo con MacNeil (2022), esta herramienta ofrece una perspectiva cuantitativa de la alternativa para tomar decisiones basadas en evidencia.

3.4 Supuestos y restricciones

Los supuestos son “aquellos aspectos esperados del ciclo de vida del proyecto” (LHH, Supuestos del proyecto: qué son y cómo gestionarlos [LHH], 2023). Se basan en experiencias previas y en la información disponible, por lo que agregan un elemento de riesgo, ya que de ser falsos pueden causar reveses o limitaciones importantes en un objetivo.

La Guía de los Fundamentos para la Dirección de Proyectos define un supuesto como “un factor que se considera verdadero, real o cierto, sin prueba ni demostración” (PMI, 2021, p.174).

Para Lledó, los supuestos son “factores que son aceptados como verdaderos y deberían ocurrir para el éxito del proyecto” (2017, p.96).

Finalmente, Usmani (2022) define supuestos como aquellos “eventos o circunstancias esperados durante el ciclo de vida del proyecto”, en otras palabras, es aquello que se cree cierto o verdadero.

Por otra parte, una restricción se define como “un factor limitante que afecta la ejecución de un proyecto, programa, portafolio o proceso” (PMI, 2021, p.174).

De acuerdo con Siles et al (2018), las restricciones son “los factores que limitan las opciones del equipo del proyecto” (p.54).

Para Usmani (2022), las restricciones son simplemente limitaciones que se definen al inicio de un proyecto y en cuyos límites deben ejecutarse las actividades.

En el contexto del presente proyecto final de graduación, los supuestos y restricciones proporcionaron un marco sólido para la planificación y gestión de las actividades, así como en la toma de decisiones y la gestión de los riesgos.

Los supuestos y restricciones, y su relación con los objetivos del proyecto final de graduación, se ilustran en la Tabla 7, a continuación.

Tabla 7

Supuestos y restricciones

Objetivos	Supuestos	Restricciones
1. Cuantificar y caracterizar los residuos sólidos generados por la cadena de supermercados de acuerdo con su tipo con el fin de definir el peso de los residuos orgánicos aprovechables dentro de la matriz de residuos de dicha organización.	La información de la cantidad generada de residuos sólidos por cada unidad de negocio estuvo organizada y disponible.	La información de la cantidad de residuos sólidos generados por la empresa se limitó a los supermercados del formato Supercenter con que cuenta la empresa y que operan en Costa Rica.
2. Realizar un diagnóstico de las causas de merma de los residuos orgánicos generados por la empresa en sus diferentes áreas y procesos, con el fin de identificar los puntos críticos de generación.	La información de las causas de merma de los residuos orgánicos generados para cada uno de los departamentos de las unidades de negocio estuvo organizada y disponible.	La información requerida para llevar a cabo el diagnóstico de las causas de merma de los residuos orgánicos generados por la empresa correspondió al último año calendario.
3. Analizar al menos tres casos de uso para la gestión responsable de los residuos orgánicos aprovechables para definir el plan de manejo más adecuado a las necesidades de la empresa.	Los gestores y proveedores de servicios compartieron toda la información técnica y económica de la alternativa que proponen para el	No se contó con un estudio que hiciera un levantamiento de las empresas disponibles en el país y la alternativa técnica que proponen para el

Objetivos	Supuestos	Restricciones
4. Determinar la logística de recuperación, tratamiento y disposición final de los residuos orgánicos aprovechables más adecuada para la empresa con el propósito de garantizar el cumplimiento de sus metas.	correcto manejo de los residuos orgánicos aprovechables. Se contó con la cooperación de todas las partes relacionadas con la gestión de residuos sólidos en la empresa.	correcto manejo de los residuos orgánicos aprovechables. Las reuniones y visitas a las unidades de negocio con las partes interesadas se llevaron a cabo de acuerdo con su disponibilidad de agenda.
5. Desarrollar un análisis de evaluación de factibilidad social, legal, técnica, económica y ambiental para la alternativa más adecuada para el manejo de los residuos orgánicos aprovechables generados por la cadena de supermercados con el fin de determinar si su implementación es viable y sostenible a largo plazo.	La disponibilidad de datos sobre los gastos actuales relacionados con el almacenamiento, la recolección y la eliminación de residuos sólidos estaba bien estructurada y se contó con la colaboración de las áreas a cargo de este proceso.	El análisis de evaluación de factibilidad se limitó a los elementos social, legal, técnico, económico y ambiental.

Nota: La Tabla 7 muestra los supuestos y restricciones utilizados en correspondencia con cada objetivo. Autoría propia.

3.5 Entregables

Para Martins (2022), los entregables se definen como “el resultado que esperas tener al finalizar tu proyecto”, sin embargo, es importante señalar que un proyecto puede tener uno o varios entregables según la complejidad y los objetivos del proyecto.

La Guía de los Fundamentos para la Dirección de Proyectos se refiere a los entregables como “al producto, servicio o resultado, provisional o final, de un proyecto” (PMI, 2021, p.82). Estos reflejan los requisitos de los interesados, el alcance y la calidad.

Por último, Siles et al (2018) define los entregables como “los servicios, bienes y trabajos que produce el proyecto mediante la ejecución de los paquetes de trabajo” (p.49).

En el contexto del presente proyecto final de graduación, los entregables permitieron establecer metas claras y medibles para el trabajo llevado a cabo en cumplimiento de cada uno de los objetivos.

En la Tabla 8, se definen los entregables para cada objetivo propuesto.

Tabla 8

Entregables

Objetivos	Entregables
1. Cuantificar y caracterizar los residuos sólidos generados por la cadena de supermercados de acuerdo con su tipo con el fin de definir el peso de los residuos orgánicos aprovechables dentro de la matriz de residuos de dicha organización.	Cuantificación residuos generados: cantidad y tipo de residuos generados por cada unidad de negocio durante el período en análisis. Ayuda a definir la base de cálculo para dimensionar y evaluar las alternativas de manejo sujetas a estudio.
2. Realizar un diagnóstico de las causas de merma de los residuos orgánicos generados por la empresa en sus diferentes áreas y procesos, con el fin de identificar los puntos críticos de generación.	Diagnóstico causas de merma: identificar las causas y las áreas críticas de generación de residuos en las unidades de negocio. Ayuda a desarrollar estrategias de reducción de residuos.
3. Analizar al menos tres casos de uso para la gestión responsable de los residuos orgánicos aprovechables para definir el plan de manejo más adecuado a las necesidades de la empresa.	Análisis de casos de uso: describir y evaluar las alternativas de manejo de residuos orgánicos aprovechables disponibles.
4. Determinar la logística de recuperación, tratamiento y disposición final de los residuos orgánicos aprovechables más adecuada para la empresa con el propósito de garantizar el cumplimiento de sus metas.	Alternativa más adecuada: alternativa o combinación de varias alternativas que cumplan con las necesidades y limitaciones de las unidades de negocio para el adecuado manejo de los residuos orgánicos aprovechables.

Objetivos	Entregables
<p>5. Desarrollar un análisis de evaluación de factibilidad social, legal, técnica, económica y ambiental para la alternativa más adecuada para el manejo de los residuos orgánicos aprovechables generados por la cadena de supermercados con el fin de determinar si su implementación es viable y sostenible a largo plazo.</p>	<p>Análisis de evaluación de factibilidad: evaluación de los elementos social, legal, técnico, económico y ambiental de la alternativa o combinación de varias alternativas para el adecuado manejo de los residuos orgánicos aprovechables. Ayuda a la empresa a tomar decisiones informadas y seleccionar la alternativa más adecuada a sus necesidades y objetivos.</p>

Nota: La Tabla 8 muestra los entregables del proyecto, en correspondencia con cada objetivo. Autoría propia.

4 Desarrollo

En este apartado se hace uso de las herramientas, técnicas y recursos pertinentes con el fin de alcanzar los objetivos establecidos para el presente proyecto de graduación. Para determinar la logística de recuperación, tratamiento y disposición final más adecuada para los residuos orgánicos aprovechables generados por las unidades de negocio de la Cadena de Supermercados se llevó a cabo un análisis multicriterio, donde no sólo se seleccionó la alternativa óptima entre las alternativas disponibles actualmente, sino también se aportaron los argumentos que fundamentaron tal conclusión. Con el fin de determinar si la implementación del proyecto es viable y sostenible a largo plazo, se llevó a cabo un análisis de evaluación de factibilidad que incluyó el análisis de los aspectos social, legal, técnico, económico y ambiental.

4.1 Cuantificación de los residuos sólidos generados

La principal actividad comercial que se desarrolla en las unidades de negocio de la Cadena de Supermercados es la venta de productos al detalle, correspondientes principalmente a las categorías de abarrotes (arroz, frijoles, cereales, productos enlatados, entre otros), mercadería general, textiles, productos frescos (carnes, embutidos, huevos, frutas y vegetales), así como otra gran variedad de productos.

Tal y como se mencionó en un apartado previo, actualmente la empresa cuenta con catorce unidades de negocio del formato Supercenter en el país. Estos supermercados se diferencian principalmente del resto, ya sea de la misma compañía como de las empresas competidoras, en el tamaño de su sala de ventas o superficie destinada a la compra de los consumidores y por la amplitud de su surtido y servicios.

La generación de residuos sólidos en estas unidades de negocio va de la mano con los procesos que se llevan a cabo en cada uno de los departamentos. A excepción de unos pocos departamentos, la operación de los supermercados carece de un proceso de transformación de

materias primas en productos finales para la venta, ya que los productos que se comercializan se reciben ya procesados por los diversos proveedores y las tiendas se limitan a exhibirlos para la venta, lo que incluye departamentos como el de carnes, panadería y frutas y vegetales.

En términos generales, los residuos generados son todos aquellos productos no aptos para la venta y se caracterizan por la posibilidad de identificar de manera clara sus causas, como por ejemplo cuando se trata de un producto dañado o vencido, producto con un etiquetado incorrecto, productos cuyo contenido está incompleto, cuyos empaques están deteriorados o presentan daños por plagas, en otras palabras, son bajas del inventario de productos destinados para la venta a los clientes.

Los tipos de residuos sólidos que se generan en los distintos departamentos son los siguientes:

- Residuos ordinarios: la Ley para la Gestión Integral de Residuos los define como “los residuos de carácter doméstico generados en viviendas y en cualquier otra fuente, que presentan composiciones similares a los de las viviendas” (Asamblea Legislativa de la República de Costa Rica, 2010). Se generan en la operación normal de los supermercados en los diferentes departamentos producto de la merma de frutas, vegetales, diferentes tipos de carne (res, pollo, pescado), restos de comida (de las cafeterías y preparada), residuos de carácter reciclable o reutilizable como el cartón o el plástico. La empresa cuenta con un programa de reciclable que incluye además del cartón y plástico resultante principalmente del material de embalaje de los diferentes artículos y productos, los envases PET, latas de aluminio y latón, ganchos de ropa, cajas de manzana, entre otros. Para su recolección en las unidades de negocio, se utiliza la logística inversa, mediante la cual los vehículos que llevan los productos desde el centro de distribución a las tiendas se encargan de transportar estos materiales de regreso al centro de distribución, donde son embalados y gestionados de forma adecuada por un gestor autorizado. Para el caso del resto de los residuos ordinarios, estos son

recolectados mediante el servicio de una empresa especializada y dispuestos en los rellenos sanitarios o vertederos que operan en cada una de las comunidades donde están localizados.

- Residuos de manejo especial: son “aquellos que, por su composición, necesidades de transporte, condiciones de almacenaje, formas de uso o valor de recuperación, o por una combinación de esos, 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” (Asamblea Legislativa de la República de Costa Rica, 2010). Dentro de la operación de los supermercados, estos residuos corresponden con aquellos artículos no aptos para la venta, caso de los residuos electrónicos y eléctricos como televisores, cocinas (eléctricas y de gas), lavadoras y secadoras, refrigeradoras, microondas y demás aparatos de menor tamaño como ollas, freidoras, ventiladores, hornos, teléfonos celulares, laptops, entre otros. También se incluyen en esta categoría los activos en desuso, caso de las computadoras, impresoras, servidores, handhelds, cámaras de refrigeración, equipos electromecánicos, entre otros. Conforme al Reglamento para la declaratoria de residuos de manejo especial, estos residuos se gestionan mediante el servicio de un gestor autorizado y a través de la unidad de cumplimiento de la empresa (Presidencia de la República, 2014).

- 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” (Asamblea Legislativa de la República de Costa Rica, 2010). Entre estos residuos podemos citar los tubos fluorescentes resultantes principalmente de los retrofit de los sistemas de iluminación por luces led, aerosoles, envases de gas propano, material resultante de la atención de derrames de combustible, baterías de carro, productos químicos vencidos que se utilizan en las labores de limpieza, entre otros. Estos residuos se gestionan mediante el servicio de un gestor autorizado.

En la siguiente figura se resume el programa de gestión de residuos sólidos de las unidades de negocio, resaltando la fuente de los distintos residuos, sus condiciones de almacenamiento y transporte, así como su disposición final.

Figura 13

Programa de gestión de residuos sólidos

Tipos de residuos	Fuente de los residuos	Condiciones de almacenamiento	Condiciones de Transporte	Destino de los residuos
Residuos Ordinarios				
Orgánicos	Residuos de verdulería, proceso de pelados de frutas y merma.	Los residuos son depositados en recipientes plásticos que cuentan con una bolsa plástica interna localizados en los diferentes departamentos de la tienda. Los residuos se recolectan al menos una vez al día y se almacenan en el basurero general de la tienda dentro de bolsas plásticas.	La recolección y transporte está a cargo de un proveedor especializado.	Relleno Sanitario.
Cárnicos	Merma de carne de res, pollo, pescado.	Los residuos son depositados en recipientes plásticos que cuentan con una bolsa plástica interna localizados en los diferentes departamentos de la tienda. Los residuos se recolectan al menos una vez al día y se almacenan en el basurero general de la tienda dentro de bolsas plásticas.	La recolección y transporte está a cargo de un proveedor especializado.	Relleno Sanitario.
Restos de comida	Residuos de la preparación de alimentos en las cafeterías y merma.	Los residuos son depositados en recipientes plásticos que cuentan con una bolsa plástica interna localizados en los diferentes departamentos de la tienda. Los residuos se recolectan al menos una vez al día y se almacenan en el basurero general de la tienda dentro de bolsas plásticas.	La recolección y transporte está a cargo de un proveedor especializado.	Relleno Sanitario.

Tipos de residuos	Fuente de los residuos	Condiciones de almacenamiento	Condiciones de Transporte	Destino de los residuos
Artículos dañados	Son los productos dañados o golpeados ya sea durante el transporte o la manipulación, dañados por un cliente, etc., generados en la bodega o el área de ventas (abarrotes, mercancía general).	Estos productos se remiten a un recinto para clasificarlos y colocarlos y asegurarlos en tarimas. Se almacenan temporalmente en un área destinada para “merma”, debidamente entarimados, sellados e identificados.	La recolección y transporte está a cargo de un proveedor especializado.	Relleno Sanitario.
Cartón	Cajas que se utilizan para el embalaje de los productos que ingresan a las tiendas.	Conforme el material se genera, se clasifica y almacena en la compactadora. Una vez llena la canasta se forma la paca y se amarra con una cuerda. Las pacas se estiban en tarimas y se almacenan en el área de trastienda.	Las pacas de cartón son enviadas en furgones al Centro de Distribución mediante la logística inversa.	Las pacas son recolectadas por un gestor autorizado.
Plástico	Bolsas que se utilizan para el embalaje de los productos que ingresan a las tiendas.	Conforme el material se genera, se clasifica y almacena en los bultos o sacos. Una vez lleno el bulto se cierra y almacena en el área de trastienda.	Los bultos son enviados en furgones al Centro de Distribución mediante la logística inversa.	Los bultos son recolectados por un gestor autorizado.
Papel, aluminio, envases pet	Papel resultante de las labores administrativas, así como latas y recipientes que se generan en la cafetería y comedor de empleados.	Conforme el material se genera, se clasifica y almacena en los bultos o sacos. Una vez lleno el bulto se cierra y almacena en el área de trastienda.	Los bultos son enviados en furgones al Centro de Distribución mediante la logística inversa.	Los bultos son recolectados por un gestor autorizado.
Ganchos de ropa, cajas de manzana	Producto del del deterioro resultante de las labores de acomodo y almacenamiento de los productos en los racks y góndolas, tanto en trastienda como en el piso de ventas.	Conforme el material se genera, se clasifica y almacena en los bultos o sacos. Una vez lleno el bulto se cierra y almacena en el área de trastienda.	Los bultos son enviados en furgones al Centro de Distribución mediante la logística inversa.	Los bultos son recolectados por un gestor autorizado.

Tipos de residuos	Fuente de los residuos	Condiciones de almacenamiento	Condiciones de Transporte	Destino de los residuos
Centro de Clasificación de Residuos	Residuos de plástico, tetrapak, envases de aluminio, papel y cartón que generan los clientes dentro de las tiendas.	El cliente puede clasificar los residuos resultantes del consumo de productos, por su parte, dentro de las tiendas y depositarlos en los contenedores distintivos de cada categoría que se encuentran en el Centro de Clasificación de Residuos ubicado cerca de la entrada principal a la tienda.	Los bultos son enviados en furgones al Centro de Distribución mediante la logística inversa.	Los bultos son recolectados por un gestor autorizado.
Residuos de Manejo Especial				
Electrónicos y Eléctricos	Cambio de unidades en mal estado u obsoletas: laptops, CPU, monitores, teclados, UPS, entre otros.	El personal de la tienda, previa evaluación técnica, cuantifica e identifica el residuo. Los equipos defectuosos se almacenan temporalmente en la trastienda en tarimas, debidamente identificados y en cajas.	Los equipos son recolectados por el gestor autorizado que envía el departamento de ISD directamente a la tienda.	La disposición final está a cargo del gestor autorizado.
	Productos no aptos para la venta: televisores, lavadoras, cocinas, microondas, ollas, hornos, equipos de sonido, celulares, entre otros.	El personal de la tienda, previa evaluación técnica, cuantifica e identifica el residuo. Los equipos defectuosos se almacenan temporalmente en la trastienda en tarimas, debidamente identificados y en cajas.	Los equipos son enviados en furgones al Centro de Distribución mediante la logística inversa.	Los equipos son almacenados en el Centro de Distribución. Posteriormente son entregados al gestor autorizado a través de la Unidad de Cumplimiento.
Llantas	Cambio de llantas a la venta en mal estado de diferente tamaño.	Las llantas son almacenadas en la trastienda en tarimas y debidamente identificadas.	El transporte del residuo está a cargo del proveedor respectivo.	Las llantas para la venta que presenten un defecto, se devuelven al proveedor respectivo.
	Llantas usadas entregadas por los clientes, luego de la compra de una cantidad equivalente.	Las llantas se almacenan temporalmente en la trastienda en tarimas y debidamente identificadas.	Las llantas son enviadas en furgones al Centro de Distribución mediante la logística inversa.	Las llantas son almacenadas en el Centro de Distribución. Posteriormente son entregadas al gestor autorizado a través de la Unidad de Cumplimiento.

Tipos de residuos	Fuente de los residuos	Condiciones de almacenamiento	Condiciones de Transporte	Destino de los residuos
Grasas/Aceite	Grasas y aceite cortado producto de las labores de fritura en la cafetería y proceso de rostizado de pollo.	El residuo se almacena en recipientes con tapa localizados en cada uno de los diferentes departamentos.	La recolección y transporte está a cargo del gestor autorizado directamente en la tienda.	Producción de biodiesel.
Equipo en desuso	Cambio de unidades en mal estado u obsoletas: aires acondicionados, equipo de refrigeración, góndolas, entre otros, producto de las labores de mantenimiento y remodelación.	El personal de la tienda, previa evaluación técnica, cuantifica e identifica el residuo. Los residuos se almacenan temporalmente en tarimas debidamente identificadas, ya sea dentro de la trastienda o en una bodega externa bajo techo.	El personal de la tienda coordina con el departamento de Compras, quien se encarga de programar el retiro del producto a través de un gestor autorizado.	La disposición final está a cargo del gestor autorizado.
Residuos Peligrosos				
Fluorescentes y bombillos compactos	Cambio de unidades en mal estado u obsoletas: lámparas y bombillos de diferente tamaño y potencia.	Proveedor de mantenimiento cambia las unidades en mal estado u obsoletas, y los contabiliza. Personal de la tienda los almacena en tarimas e identifica.	El transporte del residuo está a cargo del gestor autorizado designado por la Unidad de Cumplimiento.	La disposición final está a cargo del gestor autorizado.
Labores de Mantenimiento	Materiales resultantes de las labores de mantenimiento: aceite lubricante usado, filtros, cilindros de refrigerante, etc.	Luego de finalizadas sus labores, el proveedor de mantenimiento contabiliza el material y llena informe de trabajo.	El transporte del residuo está a cargo del proveedor asignado por el Departamento de Mantenimiento.	La disposición final está a cargo del proveedor asignado por el Departamento de Mantenimiento.
Residuos farmacéuticos	Son residuos generados en las labores diarias de la Farmacia: recipientes, empaques varios, jeringas, productos vencidos, entre otros.	Los residuos son depositados en bolsas y cajas debidamente identificadas, las cuales se encuentran ubicadas dentro de la Farmacia.	La recolección y transporte está a cargo de una empresa especializada.	El tratamiento y disposición final está a cargo de una empresa especializada.

Nota: Se muestra la gestión de los principales residuos sólidos generados por los supermercados. Autoría propia.

Para llevar a cabo el registro de la cantidad de residuos sólidos generados en las diferentes unidades de negocio, la Cadena de Supermercados utiliza tres sistemas o plataformas de datos.

El primero de ellos es el procedimiento de manejo de merma. En términos sencillos, el concepto de merma se refiere a la diferencia entre el inventario teórico (registros contables o administrativos) y el inventario real (conteo físico o inventarios) (FAO, 2018). La merma surge de la operación propiamente dicha y abarca la problemática de los desperdicios, los vencimientos, los hurtos y robos. El propósito de este proyecto excluye los hurtos y robos. En esta plataforma, la empresa registra la merma que es destinada a residuos. Para ello, cada tienda cuenta con un grupo de personas que se encargan de identificar la mercadería no apta para la venta, registrarla de forma diaria en el sistema y asegurarse de cumplir con el procedimiento de destrucción o mutilación para aquella mercadería que lo requiera (perecederos). En el sistema se registra la fecha de ingreso, la descripción del artículo, su código de barras, la cantidad de unidades, entre otros datos. Para el caso de los productos que no se venden por unidad, debe ingresarse en el handheld su respectivo peso. Para estimar la cantidad de residuo generada, la plataforma utiliza los datos de peso registrados de los artículos que no se venden por unidad, así como el peso promedio de los artículos que sí se venden por unidad. Estos resultados se consolidan por departamento para cada uno de los supermercados.

La segunda plataforma de datos corresponde a los materiales que forman parte del programa de reciclaje. Los encargados de este proceso en cada una de las tiendas separan el material por su tipo y forman las pacas o bultos respectivos. Al momento de entregar el material al vehículo que se encarga de transportarlo al centro de distribución (logística inversa), el encargado debe llenar la boleta de control de retornables y verificar que las pacas y bultos vayan debidamente rotuladas con el nombre y número de determinante del supermercado.

Una vez en el centro de distribución, el material es pesado por el gestor autorizado a cargo y se registra la cantidad respectiva a cada tienda en la plataforma.

El procedimiento de donaciones constituye la tercera plataforma para el registro de datos. El departamento de Asuntos Corporativos es el encargado de asignar las beneficiarias en cada uno de los países, que en términos generales son los bancos de alimentos de los que la empresa forma parte. El equipo en cada una de las tiendas que se encarga de este proceso es el mismo que tiene a cargo el procedimiento de manejo de merma. Una vez que dicho equipo identifica un producto o artículo no apto para la venta y de previo a proceder con su desecho, debe verificar si clasifican para donación. En general, está autorizado a donarse aquellos productos no perecederos o artículos que no presenten golpes pronunciados, que cuenten con etiqueta y fecha de vencimiento y que no presenten signos de pudrición o moho. Entre los artículos que se donan se encuentran la ropa, los artículos de salud y belleza, papelería, mascotas, pan de estante, abarrotos básicos y alimentos procesados. No se donan las carnes, alimentos congelados, bebidas alcohólicas y aparatos electrónicos, entre otros. El procedimiento para registrar las donaciones en cada una de las tiendas es el mismo que para registrar la merma y los resultados se consolidan para cada uno de los supermercados.

Por último, el registro de la cantidad de residuos correspondientes a los activos en desuso, producto de las labores de mantenimiento y remodelaciones, se lleva a cabo por unidad, no por peso, por lo que la cantidad generada en este proceso no se registra y no forma parte de este proyecto.

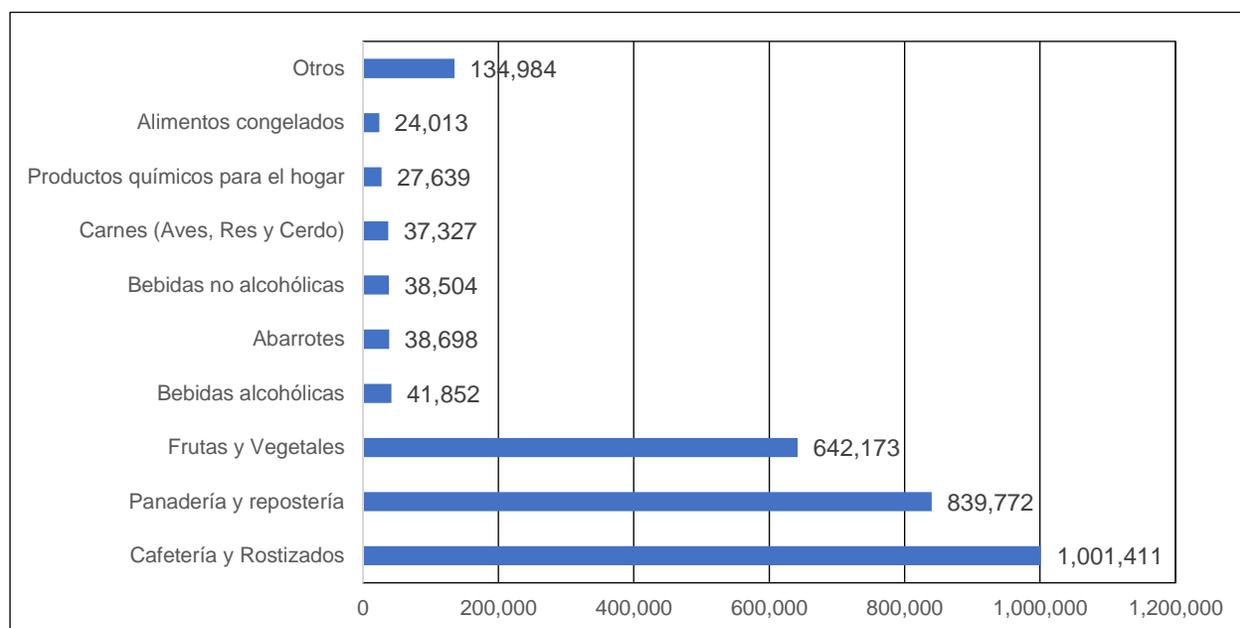
De acuerdo con los resultados del proceso de manejo de merma correspondientes al último período fiscal (meses comprendidos entre oct-22 y sep-23), las 14 tiendas del formato Supercenter que operan en Costa Rica, generan una cantidad total mensual promedio de residuos sólidos de 235.5 Ton, lo que equivale a un dato promedio mensual por tienda de 16.8 Ton.

Los departamentos que registran la mayor cantidad de merma son el de cafetería y rostizado, panadería y repostería y frutas y vegetales, que constituyen el 35.4%, 29.7% y 22.7% respectivamente de la merma generada por los supermercados, para un total en conjunto de casi el 88% del producto desechado.

En la Figura 14, se resume la cantidad de residuos sólidos mermados de forma anual para los principales departamentos de las unidades de negocio.

Figura 14

Cantidad promedio anual de residuos sólidos mermados



Nota: Se muestra la cantidad promedio de residuos mermados por departamento en kg/año. Autoría propia.

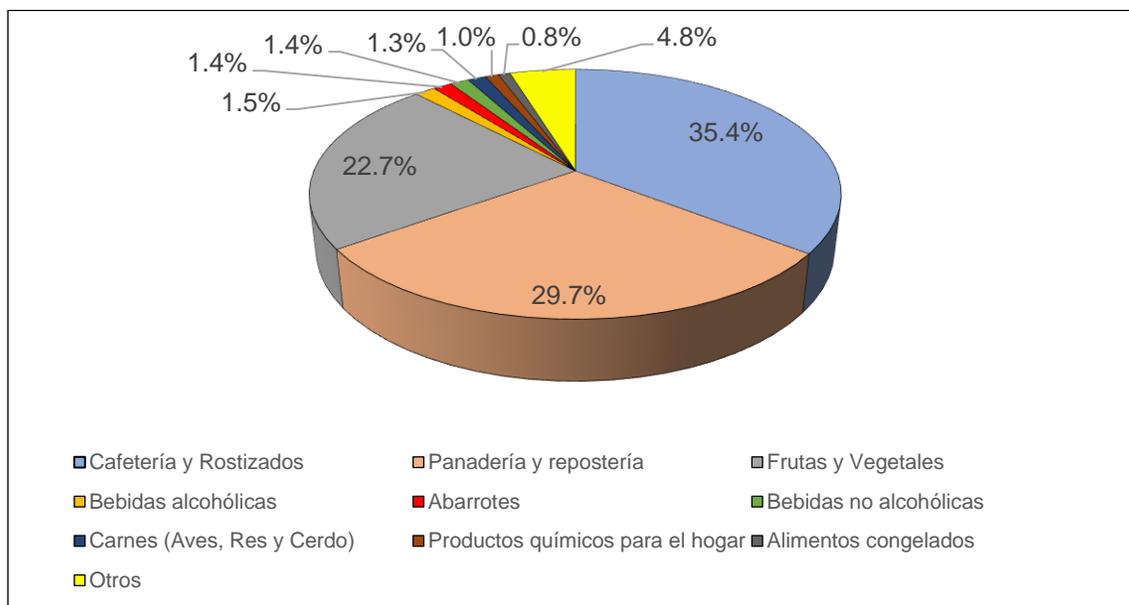
De la cantidad global de la merma generada, los residuos provenientes de productos alimenticios representan el 95.7%, lo que equivale a un promedio mensual por tienda de 16.1 Ton. Esta cantidad incluye tanto alimentos perecederos como no perecederos. El producto mermado en el departamento de Cafetería y Rostizado está constituido por el pollo que se

rostiza directamente en la tienda y que por diversas razones no se vendió, así como la comida preparada en las cafeterías que resultó sobrante. En el caso del departamento de Panadería y Repostería, la merma la constituye el pan, los queques, galletas, pasteles, entre otros productos. La merma que corresponde al departamento de Frutas y Vegetales es tan diversa como la variedad de productos que se ofrecen para la venta, donde se destacan los aguacates, bananos, sandía, piña, melón, fresas, papas, ayote, tomates, lechuga, entre otros.

La distribución porcentual de la merma generada por los principales departamentos de los supermercados se presenta en la Figura 15.

Figura 15

Distribución porcentual de la merma generada por departamento



Nota: Se muestra la distribución porcentual de la merma generada. Autoría propia.

Otro de los rubros importantes dentro de la matriz de generación de residuos de la Cadena de Supermercados lo constituye el material que se recicla. De acuerdo con los resultados de dicho programa, las tiendas del formato Supercenter recuperan una cantidad total

mensual promedio de 306.1 Ton, lo que equivale a un dato promedio mensual por tienda de 21.9 Ton, donde el cartón representa el 95.6% y el plástico el 4.4% restante del material.

El Programa de Donaciones registra que las 14 tiendas del formato Supercenter donan una cantidad total mensual promedio de 74.0 Ton, lo que equivale a su vez a 5.3 Ton de productos donados de forma mensual por tienda.

En resumen, la matriz de generación de residuos de la Cadena de Supermercados está constituida por los materiales que recicla, los alimentos y bienes que forman parte de su programa de donaciones, los residuos de manejo especial que gestiona mediante el servicio de gestores autorizados, así como los residuos que dispone en los rellenos sanitarios o vertederos. De acuerdo con los datos analizados, las tiendas del formato Supercenter generan una cantidad total mensual promedio de 615.7 Ton de residuos, lo que equivale a una generación promedio por tienda de 44.0 Ton aproximadamente. En el Anexo 5 se presenta la cantidad de residuos sólidos generados por departamento de forma anual.

En la Tabla 9 se resume la cantidad promedio de residuos sólidos generados por las unidades de negocio de la Cadena de Supermercados

Tabla 9

Cantidad promedio de residuos sólidos generados

Categoría	Promedio Mensual (kg/mes)	Promedio Mensual por Tienda (kg/mes/tienda)	Porcentaje Relativo (%)
Material reciclado	306,123	21,866	49.7%
Donación	74,046	5,289	12.0%
Manejo Especial	5,153	368	0.8%

Categoría	Promedio Mensual (kg/mes)	Promedio Mensual por Tienda (kg/mes/tienda)	Porcentaje Relativo (%)
Relleno Sanitario	230,379	16,456	37.4%
Total	615,700	43,979	

Nota: La Tabla 9 muestra la cantidad promedio de residuos generados. Autoría propia.

Lo anterior significa que actualmente la Cadena de Supermercados registra un desvío de los rellenos sanitarios de los residuos sólidos que genera equivalente al 62.6%.

De acuerdo con los resultados del proceso de manejo de merma, los residuos orgánicos constituyen principalmente los residuos generados en los departamentos de Cafetería y Rostizado, así como el de Frutas y Vegetales. Recordemos que los residuos orgánicos se definen como aquellos “residuos compostables, de origen vegetal: restos de alimentos, frutas, verduras, cáscaras y residuos de jardín” (Ministerio de Salud, 2016), por lo que los residuos de origen animal se excluyen de esta definición.

Entre estos dos departamentos, las unidades de negocio generan el 58.2% de la merma total generada, lo que constituye una cantidad mensual promedio de 137.0 Ton, lo que equivale a un promedio mensual por tienda de 9.8 Ton.

Dentro de la matriz de generación de residuos sólidos de la Cadena de Supermercados, el contar con una alternativa para los residuos generados en estos dos departamentos que sea diferente a su disposición final en un relleno sanitario, significaría un impacto potencial del 22.3% en su porcentaje de desvío, con lo que el porcentaje de desvío potencial de los residuos que genera alcanzaría un total del 85% aproximadamente.

Es por ello por lo que el aprovechamiento de los residuos sólidos orgánicos constituye una de las prioridades de la Cadena de Supermercados.

4.2 Diagnóstico de las causas de merma de los residuos orgánicos generados

En términos operativos, la merma que genera la Cadena de Supermercados está constituida básicamente por aquellos productos que se destinan a donaciones, así como aquellos que son destinados a residuos. En el caso de los bienes y alimentos que se donan a bancos de alimentos y otras organizaciones sociales, no pueden considerarse desperdicios, ya que son consumidos y utilizados una vez clasificados como no aptos para la venta.

El interés de este proyecto está enfocado en la merma operativa que es destinada a residuos. Claramente la disminución de la merma y con ella la disminución de los desperdicios es parte de los objetivos de la empresa, que desea aumentar lógicamente su margen de rentabilidad, no sólo por los productos que deja de vender, sino por los costos asociados a la recolección y disposición final de los residuos, así como disminuir el impacto ambiental que generan sus operaciones.

Para llevar a cabo el registro de las causas para mermar un producto o artículo en las diferentes unidades de negocio, la Cadena de Supermercados utiliza una aplicación especialmente diseñada para recolectar esta información sistemáticamente y cuya información está ligada al proceso de merma que se analizó en el apartado anterior. El equipo a cargo de este proceso en cada tienda, luego de registrar la cantidad y demás especificaciones de la mercadería no apta para la venta, registra en el sistema la causa por la cual se merma. Estos resultados se consolidan por departamento para cada uno de los supermercados.

De acuerdo con los procedimientos de la empresa, las causas por las cuales se procede a mermar un producto o artículo son las siguientes:

- Pérdida (rendimiento): pérdida de peso y/o deshidratación en productos de venta a granel, caso por ejemplo del pollo, carnes, frutas y vegetales.

- Vencimiento: productos que por caducidad ya no son aptos para su consumo de acuerdo con la tabla de vida útil. Vinculado al mal manejo de los inventarios en las góndolas y en las bodegas.
- Plagas: cuando ocurre una contaminación de los productos originada por animales o insectos.
- Manipulación: cuando a nivel operativo se causa un daño a los productos o artículos al colocarlos de forma inadecuada en el piso de ventas y bodegas, caso de abolladuras en las latas, etiquetas rotas o ilegibles o empaque alterado. También se incluye al cliente cuando inoportunamente hace mal uso de los productos.
- Calidad: cuando los productos no están aptos para su venta por pérdida de calidad en la tienda, por ejemplo, cuando presentan un olor, color o textura diferente a su ficha de especificaciones o cuando el empaque está deteriorado o ha perdido vacío, cuando el producto presenta exceso de maduración o moho.
- Temperatura: cuando ocurra un problema en las cámaras refrigeradas, en los cuartos fríos y los productos pierdan la cadena de frío.
- Reconocimiento: productos negociados con el proveedor autorizado por parte del departamento Comercial.
- Alerta de retiro: productos que de acuerdo con la alerta de retiro deben ser mermados en tienda.
- Garantía (mercadería general): todo artículo para el que aplica la garantía definida por la política de 24 horas, así como lo señalado por el taller de servicio.
- Centro de Distribución (CEDI) y plantas: mercadería no apta para la venta identificada en la recepción, por ejemplo, mercadería por malas estiba, mercadería contaminada, mercadería vencida y para el caso de los productos perecederos, de acuerdo con la ficha técnica.

La identificación y registro de las causas o razones de merma brinda información fundamental a las empresas a fin de diseñar acciones de prevención. También brinda información muy útil para el trabajo conjunto y coordinado con otros actores de la cadena alimenticia, caso de trabajar con los fabricantes y transportistas en acciones concretas para reducir los desperdicios o bien para la generación de campañas de sensibilización y educación del personal a cargo de los diferentes procesos en las unidades de negocio (FAO, 2018).

Entre las principales áreas que intervienen en la gestión de la merma generada por la Cadena de Supermercados están los operadores, los comités de merma de cada tienda, los encargados de protección de activos y control de inventarios, así como las áreas de soporte como es el caso de seguridad de los alimentos y los encargados comerciales de cada una de las categorías de productos.

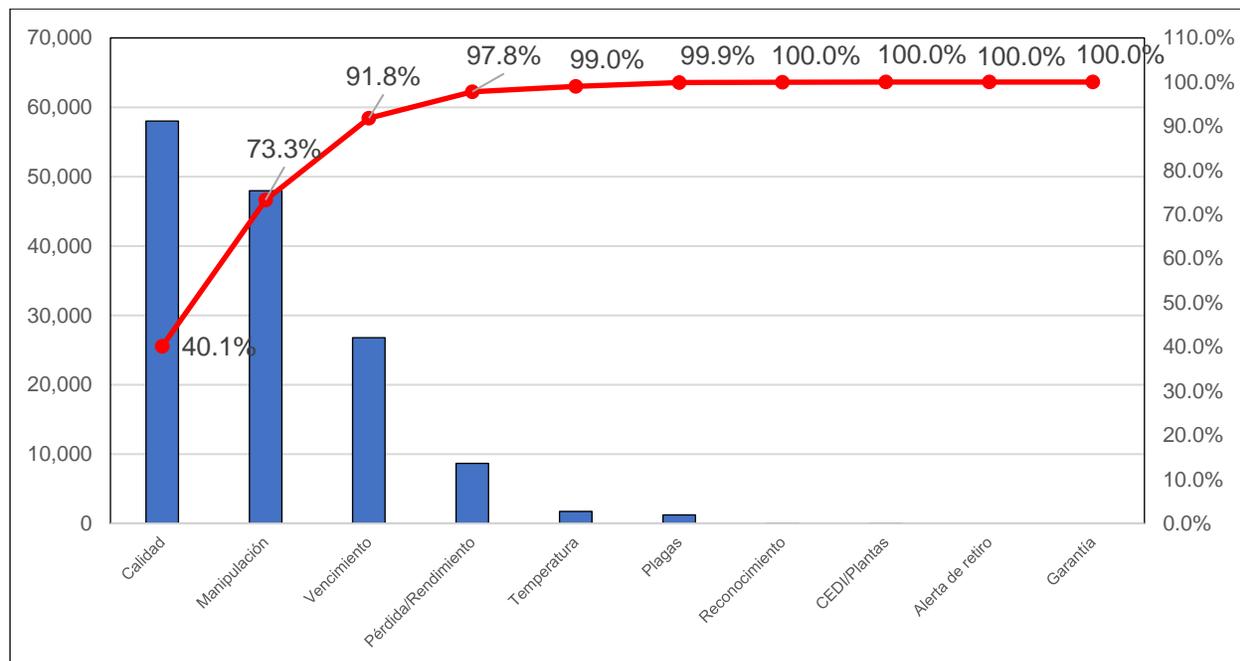
El proceso de identificación de las causas para mermar un producto o artículo fue iniciado por los departamentos a cargo de este proceso a partir del mes de mayo del presente período, por lo que los datos que se presentan en este proyecto se limitan a los meses comprendidos entre may-23 y sep-23. Antes del mes de mayo, la empresa registraba la merma por departamento, número de unidades, entre otros datos que se especificaron en el apartado anterior, pero no se incluía la identificación de las causas para retirar un producto de la venta.

De acuerdo con los resultados obtenidos, las principales causas de merma de las 14 unidades de negocio del formato Supercenter que operan en Costa Rica son el no cumplir con las especificaciones de calidad, daños causados durante la manipulación y el vencimiento de los productos (fechas de caducidad), que constituyen el 40.1%, 33.2% y 18.5% respectivamente de la merma total de las tiendas.

En la Figura 16 se presenta la distribución porcentual de las causas de merma en total de todos los departamentos que operan en las unidades de negocio.

Figura 16

Distribución porcentual de las causas de merma



Nota: Se muestra la distribución porcentual de las causas de merma generada. Autoría propia.

La cuarta causa de merma la constituye la pérdida de peso por desjuge en los productos cárnicos o la deshidratación de las frutas y vegetales, que representa el 6% del total de producto mermado. El resto de las causas representan en conjunto el 2.2%.

Las principales causas de merma para aquellos productos perecederos, caso de las carnes, huevos, frutas y vegetales, entre otros, son en primer lugar el no cumplir con las especificaciones de calidad con el 61.2% de los casos, seguido de la merma debida a las fechas de caducidad con el 26.8% y la pérdida de peso por desjuge o deshidratación con el 11.2%.

Para el caso de los productos no perecederos, como lo son los abarrotes, productos lácteos, embutidos, los artículos para el hogar, aparatos eléctricos y electrónicos, entre otros, la

principal causa de merma la constituye los daños causados por la manipulación, seguido de los problemas de calidad, que representan el 68.7% y el 17.2% de los casos respectivamente.

En la Tabla 10 se presentan las principales causas de merma tanto para los productos perecederos como no perecederos de las 14 unidades de negocio del formato Supercenter de la Cadena de Supermercados.

Tabla 10

Principales causas de merma para productos perecederos y no perecederos

Causa de merma	Productos Perecederos	Productos no Perecederos
	(%)	(%)
Calidad	61.2%	17.2%
Vencimiento	26.8%	9.5%
Pérdida/Rendimiento	11.2%	0.3%
Manipulación	0.6%	68.7%
Temperatura	0.1%	2.5%
Plagas	0.1%	1.7%
Reconocimiento	0.0%	0.1%
CEDI/Plantas	0.0%	0.1%

Nota: La Tabla 10 muestra las principales causas de merma. Autoría propia.

Es importante señalar que las causas de merma relacionadas con alertas de retiro y garantías no registran datos durante el período de análisis del presente proyecto. Otros casos como el de la merma de productos ocasionada por la presencia de plagas o productos almacenados fuera de sus rangos de temperatura presentan datos poco significativos en términos porcentuales al compararlos con las causas principales.

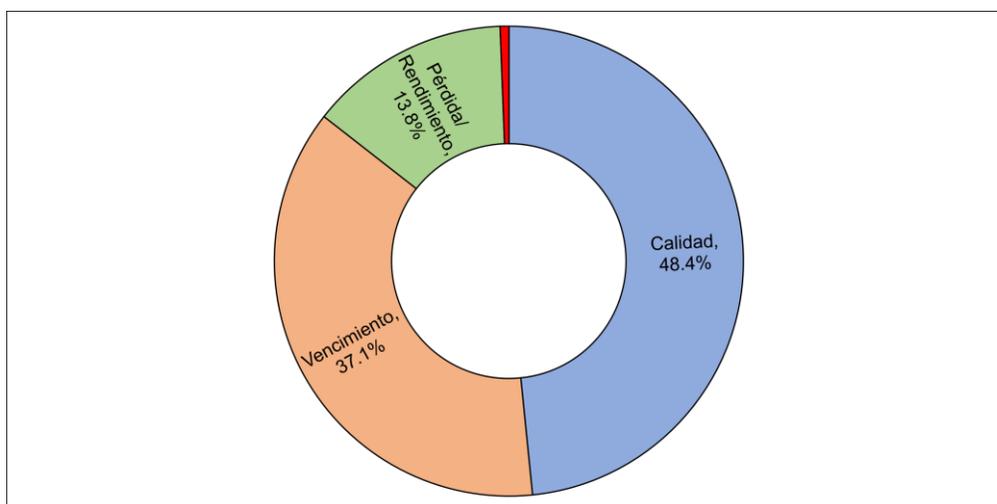
Tal y como se analizó en el apartado anterior, los departamentos que aportan la mayor cantidad de merma a las unidades de negocio son el de Cafetería y Rostizado, la Panadería y Frutas y Vegetales. Las principales causas por las cuales se merman los productos en estos departamentos son el no cumplimiento de las especificaciones de calidad con el 66.5% y las fechas de caducidad o vencimiento con el 22.1% de los casos.

Los residuos sólidos orgánicos son aquellos provenientes de la merma generada principalmente en los departamentos de Cafetería y Rostizado y Frutas y Vegetales. Al analizar las causas de merma de ambos departamentos en conjunto, los problemas de calidad representan el 74.9% de los casos, seguido de las pérdidas de rendimiento por desjugo o deshidratación con el 12.5% y el vencimiento de los productos con el 12.1%.

En cuanto al primero de estos departamentos, el 48.4% de la merma se debe a los problemas de calidad, seguido del vencimiento de los productos con el 37.1%. La distribución porcentual de las causas de merma para este departamento se presenta en la Figura 17.

Figura 17

Distribución porcentual de las causas de merma para Cafetería y Rostizado

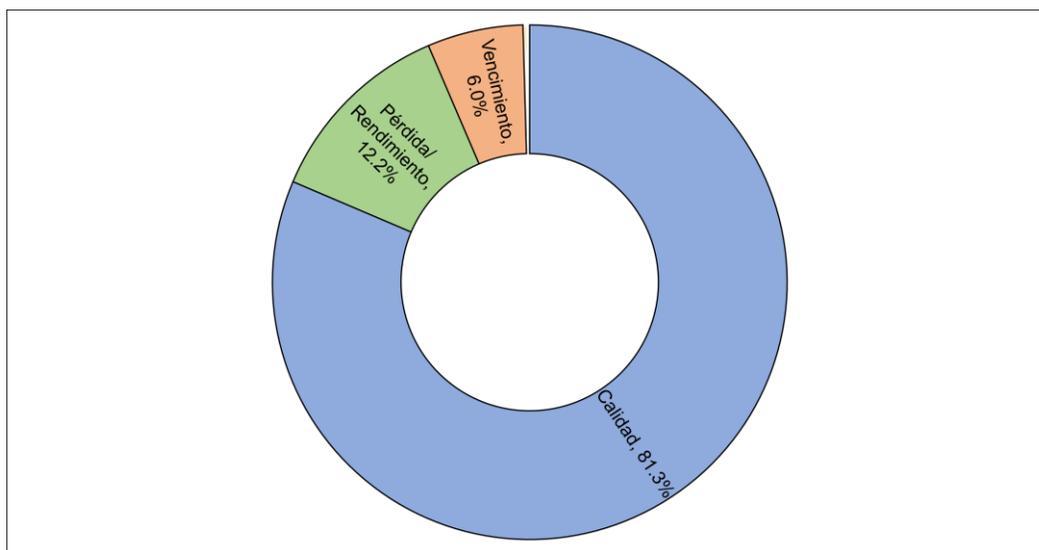


Nota: Se muestra la distribución porcentual de las causas de merma generada. Autoría propia.

Para el caso del departamento de Frutas y Vegetales, las mermas generadas por el no cumplimiento de las especificaciones de calidad representan significativamente la principal causa con el 81.3% de los casos. En la Figura 18 se presenta la distribución porcentual de las causas de merma para este departamento.

Figura 18

Distribución porcentual de las causas de merma para Frutas y Vegetales



Nota: Se muestra la distribución porcentual de las causas de merma generada. Autoría propia.

Las razones por las cuales se presentan las mermas en los diferentes departamentos pueden deberse a defectos de calidad desde la fuente, contaminación a la largo de la cadena de procesado o elaboración, condiciones inadecuadas de almacenamiento, transporte y exhibición, administración ineficiente de las existencias y de los productos dañados y falta de planificación de las compras (FAO, 2018).

4.3 Casos de uso para la gestión responsable de los residuos

El aprovechamiento de los residuos sólidos orgánicos generados por las diferentes unidades de negocio y su desvío de los rellenos sanitarios y vertederos constituye una de las prioridades de la Cadena de Supermercados. La gestión inadecuada de estos residuos puede llegar a tener impactos negativos en las diferentes comunidades donde opera y desafíos logísticos y económicos para las tiendas.

Esto genera la búsqueda de soluciones y tecnologías para el tratamiento de los residuos y una demanda de empresas que innoven y desarrollen alternativas para el manejo responsable de los mismos.

En este apartado se analizaron los principales casos de uso adecuados para las condiciones particulares y necesidades de las unidades de negocio, que garanticen una gestión responsable de los residuos orgánicos aprovechables, que le permita a la empresa no sólo cumplir con la legislación nacional, sino que además le permita desarrollar sus operaciones de la mejor manera desde los puntos de vista social y económico y que le asegure a su personal un lugar de trabajo seguro, a sus clientes un servicio de excelente calidad y a las comunidades vecinas un ambiente libre de contaminación.

4.3.1 Gasificación con plasma

Las tecnologías de tratamiento térmico permiten obtener energía eléctrica o en forma de calor mediante procesos térmicos empleando residuos como principal insumo. Los procesos de incineración, combustión, pirólisis, gasificación y gasificación con plasma forman parte de este tipo de tecnologías (CNR, 2016).

La principal ventaja de este tipo de tratamiento la constituye el hecho de que produce una reducción del volumen y del peso de la materia orgánica, sin embargo, no elimina

totalmente los residuos. Los factores que afectan la eficiencia del proceso son el contenido de humedad, el tamaño y la densidad de la materia orgánica (CNR, 2016).

La gasificación con plasma es un proceso distinto a la incineración y a otros métodos térmicos convencionales para el tratamiento de residuos. Se trata de un proceso térmico mediante el cual se produce la disociación completa de la materia orgánica en sus componentes. Esta total disociación se produce gracias a la acción del plasma, considerado el cuarto estado de la materia y generado mediante una descarga de arco eléctrico a presión atmosférica. Este es un gas ionizado a muy alta temperatura, pudiendo alcanzar entre los 5.000°C y los 10.000°C. Por un lado, los componentes orgánicos se convierten en un gas rico en hidrógeno, llamado gas de síntesis o “syngas”. A su vez, los componentes inorgánicos se funden y producen un material vítreo inerte (Montijano, 2022).

Es un proceso ecológicamente limpio en el que no se genera ningún subproducto tóxico. En primer lugar, la materia no es quemada. Esta es descompuesta en varios elementos, siendo estos principalmente el hidrógeno, el monóxido de carbono y el agua. En segundo lugar, no quedan elementos tóxicos tras el proceso, ya que todo el alquitrán, partículas carbonizadas y dioxinas quedan destruidas, con lo que se reducen las emisiones gaseosas. Esto se debe a la alta temperatura a la que se trabaja en el proceso y al largo tiempo que se dejan los residuos en el gasificador. Importante resaltar que el gas de síntesis obtenido debe someterse a un proceso de limpieza, ya que contiene ciertas partículas no deseadas, caso por ejemplo de mercurio, azufre y metales pesados (Montijano, 2022).

De acuerdo con Montijano (2022), las etapas del proceso de gasificación por plasma son las siguientes:

- Alimentación: mediante un sistema de alimentación se introducen los residuos a tratar en el reactor y el gas que permitirá generar el plasma. Con el fin de mejorar la eficiencia del proceso, se recomienda la reducción del tamaño y la humedad de los residuos. La introducción

de los residuos al reactor debe hacerse de forma continua mediante un sistema de control. Además, con el objetivo de generar el plasma se alimenta un gas plasmógeno, caso del helio o el aire, entre otros.

- **Disociación:** se lleva a cabo en la cabina o reactor de plasma y produce la ruptura de los enlaces moleculares de los residuos. Esto ocurre gracias a las altas temperaturas que se alcanzan en esta etapa. Para generar el plasma se requiere un arco eléctrico, que se forma por la diferencia de potencial entre los electrodos de la antorcha de plasma, conectada a un generador de corriente continua.
- **Enfriamiento:** con el objetivo principal de evitar daños al equipo utilizado, se procede a reducir la temperatura del gas de síntesis a la salida de la cabina, para lo cual se cuenta con varias opciones, siendo los intercambiadores de agua o aire los más comunes. El enfriamiento del gas permitirá aprovechar el calor obtenido tanto para reducir la humedad de los residuos en la etapa de alimentación como para producir valor, que generará electricidad al hacerlo pasar por una turbina.
- **Filtrado de gases:** durante este proceso se evita la emisión de posibles contaminantes. Al tratarse de un proceso de gasificación y no de combustión, la gran parte de partículas tóxicas y cenizas se quedan en el residuo inerte en la cabina de plasma, además, el gas de síntesis que se obtiene está compuesto mayoritariamente de hidrógeno y monóxido de carbono. Para llevar a cabo este proceso existen varios métodos, como son el uso de un ciclón, filtro de mangas y torres de absorción.
- **Neutralización:** se somete el gas de síntesis a una serie de procesos (reacción de Shift y captura y secuestro de CO_2) con el fin de eliminar el monóxido de carbono y el dióxido de carbono.

En la Figura 19 se presentan las principales etapas del proceso de gasificación por plasma.

Figura 19

Proceso de gasificación por plasma



Nota: Se muestra las etapas del proceso de gasificación por plasma. (Montijano, 2022).

El marco legal aplicable en nuestro país para este tipo de tratamiento térmico corresponde en primer lugar a la Ley para la Gestión Integral de Residuos No. 8839, el Reglamento General a la Ley para la Gestión Integral de Residuos Decreto No. 37567-S-MINAE, así como el Reglamento sobre condiciones de operación y control de emisiones de instalaciones para coincineración de residuos sólidos ordinarios Decreto No. 39136-S-MINAE.

De acuerdo con este último reglamento, la gasificación con plasma se incluye dentro del concepto de coincineración, que se define como el “tratamiento térmico de residuos con recuperación del calor producido por la combustión, incluida la incineración por oxidación de residuos, así como la pirólisis, la gasificación u otros procesos de tratamiento térmico, por ejemplo el proceso de plasma, en la medida en que las sustancias resultantes del tratamiento se incineren posteriormente” (Presidencia de la República de Costa Rica, 2015). Este reglamento limita el uso de estas tecnologías al tratamiento de los residuos sólidos ordinarios y establece los requisitos de operación y límites máximos de emisión para las instalaciones de coincineración. Se excluye de la aplicación de este reglamento el coprocesamiento de residuos

en hornos cementeros, que se regula por una normativa específica (Reglamento para el co-procesamiento y gestión de residuos en hornos cementeros No. 40557-S). También establece que la coincineración debe ser la última opción, una vez cumplida la jerarquización en la gestión de residuos que se establece en la Ley para la Gestión Integral de Residuos. De acuerdo con esta ley, se debe dar prioridad a la recuperación de materiales sobre el aprovechamiento energético (Asamblea Legislativa de la República de Costa Rica, 2010).

Una de las principales limitantes para el uso de la gasificación con plasma para el tratamiento de los residuos sólidos ordinarios en el país se relaciona con la prohibición de su utilización para otros fines que no sean la generación eléctrica, la recuperación energética o de materiales. También se prohíbe la coincineración de algunos tipos de residuos, entre ellos los residuos radiactivos o nucleares, residuos eléctricos y electrónicos, baterías, residuos corrosivos y explosivos.

Es importante hacer la salvedad de que el concepto de coincineración que establece esta ley limita su alcance al uso de estas tecnologías siempre y cuando las sustancias resultantes del tratamiento se incineren posteriormente. Dicho de otra forma, si la empresa que trata los residuos no realiza la incineración de las sustancias resultantes, únicamente debe cumplir con lo establecido en dicho reglamento en relación con los límites de emisiones atmosféricas, de conformidad con lo dispuesto en los artículos 13, 14, 21, 22 y 23.

En el caso de que la empresa sí realice la incineración de las sustancias resultantes, el Decreto No. 39136-S-MINAE establece que entre los principales requisitos para el establecimiento de una instalación para coincineración en el país se encuentran los siguientes:

- Estudio de Impacto Ambiental completado y aprobado por la Secretaría Técnica Nacional Ambiental (SETENA).
- Aprobación del Permiso de Ubicación por el Ministerio de Salud.

- Control de emisiones atmosféricas que garantice el cumplimiento de los límites máximos de emisiones.
- Contar con un Programa de Manejo Integral de Residuos Sólidos Peligrosos.
- Registros de operación del equipo.
- Presentar reporte operacional de emisiones atmosféricas ante el Ministerio de Salud.

La utilización de estos equipos para el tratamiento de los residuos generados en las unidades de negocio debe ser incluido en el Programa de Gestión Integral de Residuos de cada tienda. Este programa debe cumplir con los artículos 6, 14, 15 y 43 de la Ley para la Gestión Integral de Residuos No. 8839 y los artículos 24 y 25 del Reglamento General a la Ley para la Gestión Integral de Residuos Decreto No. 37567-S-MINAE.

La problemática con el manejo de los residuos sólidos, tanto a nivel de los gobiernos municipales como de las empresas y demás organizaciones, no se resuelve con un único procedimiento o método de tratamiento de los residuos, sino que se debe promover y diversificar las alternativas y procesos técnicos sostenibles.

En el país, algunos entes municipales han evaluado utilizar tecnologías de tratamiento térmico para el tratamiento de los residuos sólidos en sustitución de los tradicionales rellenos sanitarios o vertederos. En la Tabla 11 se presenta un resumen de las municipalidades y empresas privadas que han demostrado interés en la utilización de estas tecnologías y que han presentado documentación ante SETENA.

Tabla 11*Proyectos de tratamiento térmico propuestos en Costa Rica*

Año	Ubicación	Tecnología	Desarrollador	Expediente SETENA
2011	Barranca, Puntarenas	Incineración	EnPower	6356
2012	El Coyol, Alajuela	Gasificación	Grupo-RAD	9279
2012	León Cortés, San José	Gasificación	Agropecuaria Setenta Cuarenta y Ocho S.A.	8972
2013	La Uruca, San José	-	Jhonny Alberto Becker	10830
2014	Belén, Guanacaste	Gasificación	Coopeguanacaste con The Hoskingson Group	12116

Nota: La Tabla 11 resume los proyectos propuestos y que han presentado documentación ante SETENA. (Jiménez, 2018) y (Abarca, 2021).

En cuanto a la incineración, la compañía Geocycle, asociada a los servicios de Holcim, es la única empresa en el país que brinda el servicio de coprocesamiento de residuos sólidos (CNR, 2016). En el coprocesamiento se utilizan los residuos como sustituto de los combustibles fósiles para la fabricación del cemento (EPA, 2020).

Por otra parte, la empresa Plasma Innova ofrece entre sus servicios, el suministro de un equipo para el tratamiento de residuos utilizando tecnología de plasma y con un diseño a la medida conforme a las necesidades (Plasma Innova, Nuestros Productos [Plasma Innova], 2023). Entre las principales características de estos equipos se encuentran las siguientes:

- Configuración vertical y estructura compacta.
- Los equipos pueden operar de forma continua o por lotes (batch).
- Bajos requisitos para las instalaciones de apoyo.
- Se adopta el método de gasificación por plasma para elevar la temperatura de conversión de los residuos.
- Reduce el contenido de dioxinas del humo y el polvo de escape por debajo de los estándares nacionales de emisión.
- El modelo es adecuado para el tratamiento de residuos, incluidos diversos desechos médicos.

En la Figura 20 se presenta el diagrama de uno de los modelos de equipo de gasificación por plasma que ofrece dicha empresa.

Figura 20

Gasificador de plasma



Nota: Se muestra un equipo de gasificación por plasma. (Plasma Innova, 2023).

4.3.2 Tecnologías de digestión anaerobia

La digestión anaerobia es un proceso biológico de degradación de materia orgánica en ausencia de oxígeno. Produce materia prima degradada (digestato) y biogás formado principalmente por metano y dióxido de carbono (Ministerio del Ambiente y Agua del Ecuador, 2020).

Este proceso puede tener diversas variantes y combinaciones. En primera instancia, dependiendo de la temperatura del proceso, éste puede ser termofílico (50-60°C), o bien mesofílico (30-40°C). Desde el punto de vista del proceso mecánico, puede ser continuo o por lotes (batch) y finalmente puede ser un proceso húmedo o seco dependiendo del contenido de sólidos y agua en el digestor, existiendo también el proceso extra seco (Tello et al, 2018).

El biogás es uno de los productos de mayor interés en la tecnología de los biodigestores, por lo que conocer la cantidad que se genera y sus características es crítico para determinar su posible utilización. Entre sus principales usos se encuentra su aprovechamiento energético en procesos como la cocción y la calefacción, para accionar motores y mover variedad de equipos, así como su uso para la generación eléctrica (Viquez, s.f.).

El digestato puede ser de consistencia líquida a sólida y se caracteriza por contar con un importante contenido de nutrientes. Este material puede representar una fuente de ingresos cuando es comercializado localmente, para lo cual debe cumplir con una serie de requisitos mínimos de calidad, como es la ausencia de metales pesados, microorganismos patógenos, plástico, entre otros (Tello et al, 2018).

Las principales condiciones que deben cumplirse para asegurar un proceso adecuado de digestión anaerobia son las siguientes:

- Sustratos con un mínimo de 30% de humedad.
- Ambiente anaerobio: las bacterias del metano son estrictamente anaeróbicas.

- Ambiente oscuro: la luz inhibe el proceso de formación del biogás, por lo que las reacciones controladas ocurren en reactores cerrados.
- Temperatura estable: es un factor importante para la actividad de las bacterias. Como regla general, se considera que cuanto mayor es la temperatura, la degradación es más rápida, mayor producción de biogás, más corto el tiempo de retención y menor contenido de biogás.
- Nivel de pH: debe ser neutro o ligeramente alcalino, máximo 7.5.
- Tiempo de retención: es el número de días en el que la biodigestión de cada tipo de sustrato alcanza su tasa óptima de producción de biogás por unidad de masa seca. Está relacionado directamente con la temperatura de la reacción.
- Contenido de sólidos: es un elemento clave para el diseño del biodigestor en cuanto a si se trata de biodigestión húmeda, seca o extra seca, lo que determina el tamaño, tiempo de retención y accesorios.
- Relación C/N: la relación óptima de carbono (C), nitrógeno (N), fósforo (P) y azufre (S) es de 60C:15N:5P:1S.

Este proceso consta de cuatro etapas. La primera de ellas es la Hidrólisis, que es la fase de degradación anaeróbica de las proteínas, carbohidratos y lípidos. La fase Acidogénica consiste en la eliminación de toda traza de oxígeno y en la fermentación de las moléculas orgánicas solubles, resultando en compuestos más sencillos (aminoácidos, azúcares y ácidos grasos). En la fase Acetogénica los ácidos grasos se transforman en ácido acético, hidrógeno y dióxido de carbono. Finalmente, en la fase Metanogénica se produce metano a partir de los productos de la fase anterior (Ministerio del Ambiente y Agua del Ecuador, 2020).

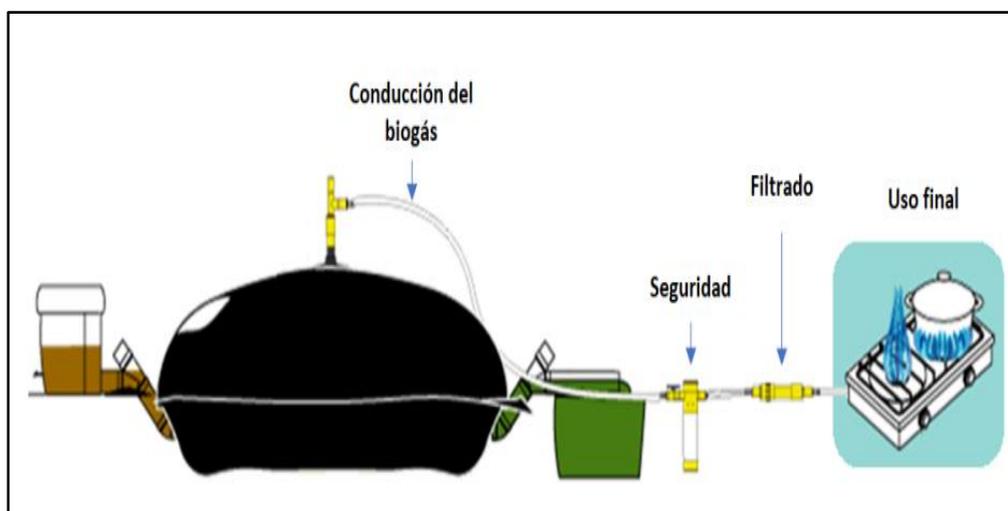
Un biodigestor, también conocido como reactor biológico o digestor, es un recipiente cerrado (anaerobio) donde se introduce materia orgánica, idealmente residuos, se produce un biofertilizante y el metano (mejor conocido como biogás) es capturado. Existen de todas formas y tamaños (Viquez, s.f.).

El proceso inicia con el pretratamiento de los residuos, que consiste en la eliminación o reducción de impurezas inorgánicas. En esta etapa debe considerarse la necesidad de triturar, precalentar y mezclar los residuos conforme al tipo de biodigestión aplicada. El proceso continúa con la biodigestión, que es donde se produce el biogás y el digestato para su acondicionamiento y aprovechamiento en los siguientes procesos, para cual se debe seleccionar el tipo de equipo y dimensionarlo conforme a las necesidades. Finalmente se debe seleccionar el uso que se le dará al biogás, caso de la producción de energía eléctrica o térmica y el uso de aprovechamiento del digestato, ya sea la producción de abonos orgánicos o la producción de combustible sólido residual (Ministerio del Ambiente y Agua del Ecuador, 2020).

En la Figura 21 se presenta el diagrama de un biodigestor con su sistema de conducción del biogás, algunas medidas de seguridad, así como el filtrado de acuerdo con su uso final.

Figura 21

Biodigestor



Nota: Se presenta un biodigestor con sus etapas básicas. (Viquez, s.f.).

Entre las principales ventajas de este proceso se encuentran las siguientes:

- Reducir el efecto de cambio climático, al reducir las emisiones de efecto invernadero, capturando el metano.
- Reducir, tratar y convertir los residuos orgánicos en un recurso.
- Promover el reciclaje de nutrientes al convertir un residuo orgánico en un biofertilizante para la agricultura.
- Producir energía limpia.

El Manual práctico en biodigestores elaborado por la Asociación Costarricense de Biogás establece que al seleccionar y diseñar un biodigestor se deben tener en cuenta las siguientes consideraciones (Viquez, s.f.):

- El biodigestor debe ser seleccionado correctamente de acuerdo con el sustrato, ya que cada sustrato es diferente, tanto en su consistencia (fibroso a líquido) como en su composición química (sólidos totales, sólidos volátiles, etc.).
- Se debe tener claro cuanto sustrato se tiene disponible.
- El biodigestor al ser un “organismo vivo” requiere de alimentación diaria de sustrato.
- Separación y acondicionamiento de los residuos en la fuente.
- Considerar la activación previa del biodigestor mediante un inóculo de microorganismos apropiados.
- Se debe tener muy claro cuál es el propósito por el cual se utiliza el biodigestor, ya sea la producción de energía o el saneamiento.

El marco legal aplicable en nuestro país para este tipo de tratamiento corresponde en primer lugar a la Ley para la Gestión Integral de Residuos No. 8839 y el Reglamento General a la Ley para la Gestión Integral de Residuos Decreto No. 37567-S-MINAE, que fomentan el desarrollo de mercados de subproductos y materiales valorizables, entre otros objetivos.

La implementación de este tipo de alternativas para el tratamiento de los residuos está en concordancia con lo que establece la Estrategia Nacional de Bioenergía, donde se indica que “la situación actual y la tendencia de la demanda energética, la disponibilidad de recursos naturales existentes y los retos de orden ambiental que se presentan en Costa Rica, tornan la bioenergía en más que una posibilidad o una alternativa, sino en una opción efectiva y singular que debe ser mejor conocida y necesariamente implementada, que podrá ser una palanca importante para alcanzar objetivos energéticos y ambientales, generando beneficios socio-económicos potenciales para diversos sectores” (MINAE, 2017, p.3).

Al igual que para el caso de la gasificación con plasma, la utilización de esta alternativa para el tratamiento de los residuos generados en las unidades de negocio debe ser incluida en el Programa de Gestión Integral de Residuos de cada tienda, que tal y como se indicó en el apartado anterior, debe cumplir con los artículos 6, 14, 15 y 43 de la Ley para la Gestión Integral de Residuos No. 8839 y los artículos 24 y 25 del Reglamento General a la Ley para la Gestión Integral de Residuos Decreto No. 37567-S-MINAE.

Entre los proyectos que se han desarrollado en el país y que utilizan este tipo de tecnología se encuentra el proyecto desarrollado por la Universidad Earth, donde se encuentran instalados seis biodigestores en el campus para reducir la emisión de gases de efecto invernadero. Estos biodigestores recolectan desechos humanos y animales y los transforman en gas metano que se utiliza para cocinar y generar electricidad (Universidad Earth, Acerca de Earth [Earth], 2023).

Otra de las empresas que aprovecha la materia orgánica que genera para incentivar la reducción de residuos sólidos es el caso de la empresa Porcina Americana S.A. localizada en Coris de Cartago. En este caso se aprovecha el excremento de los cerdos para dos grandes fines, como lo son la generación del 100% de la energía eléctrica que consume y la obtención de cerdaza para alimento de ganado bovino (Segura, 2017).

Entre las empresas que brindan servicios en este campo, destaca el caso del Instituto Costarricense de Electricidad, que como parte de su programa de responsabilidad social empresarial, estableció el Programa de Biogás en el año 2002, con el fin de asesorar en el aprovechamiento de los residuos agropecuarios y agroindustriales con los que cuenta el sector privado para la generación de energía, trabajando en diferentes líneas de acción tales como la identificación de iniciativas, diseño, acompañamiento en la construcción, acompañamiento en la puesta en marcha, investigación y la venta de servicios (Instituto Costarricense de Electricidad, Programa de Biogás [ICE], 2023).

En el año 2015 se funda la Asociación Costarricense de Biogás que busca impulsar el uso de la tecnología de biodigestión anaerobia en el país, aplicada a aguas residuales, residuos orgánicos y rellenos sanitarios. Esta asociación promueve, entre otras cosas, el aprovechamiento de los residuos orgánicos para convertirlos en productos aprovechables, mejorando la eficiencia de los sistemas agrícolas y agroindustriales de manera sostenible (Asociación Costarricense de Biogás, BIOGÁS para todos, [ASOBIOGÁS], 2023).

La empresa VIOGAZ diseña, fabrica y distribuye biodigestores, equipos y servicios relacionados con la valorización de los residuos orgánicos, en apoyo a los pequeños, medianos y grandes proyectos agropecuarios y agroindustriales (Viogaz, Una empresa social, [VIOGAZ], 2023).

A nivel nacional e internacional existe gran cantidad de fabricantes, distribuidores y vendedores de biodigestores para aprovechar los residuos y efluentes orgánicos, tanto para generar electricidad como para aprovechar el abono resultante. Algunos ejemplos de los biodigestores disponibles son los biodigestores de geomembrana, biodigestores de PVC, biodigestores modulares, biodigestores de concreto, entre otros.

Por ejemplo, la empresa HOME BIOGAS ofrece biodigestores diseñados para un ensamble sencillo, larga durabilidad y eficiencia en el manejo de desechos orgánicos

(HOMEBIOGAS, Home Biogás de Costa Rica, [HOMEBIOGAS], 2023). Entre las principales características de dichos equipos se encuentran las siguientes:

- Producción de gas limpio para para cocinar.
- Generación de abono 100% orgánico.
- Elaborado con materiales de alta calidad y durabilidad.
- Fácil de ensamblar.
- Reduce la huella ambiental.

En la Figura 22 se presenta uno de los biodigestores que ofrece dicha empresa.

Figura 22

Biodigestor Home Biogas



Nota: Se presenta un biodigestor de la marca Home Biogás. (HOMEBIOGAS, 2023).

Finalmente, la empresa A.B.M. de Costa Rica ofrece un biodigestor eléctrico de desechos alimenticios. El equipo es totalmente cerrado y automático. Las enzimas en su interior disuelven los desechos orgánicos en sitio de forma simple y segura. El resultado final

es una descarga del equipo para verterse en el sistema de alcantarillado sanitario. El equipo se instala en áreas de trabajo como cocinas y zonas de tratamiento. El proceso es continuo y no se necesita vaciar ni lavar el equipo (ABM de Costa Rica, Biodigestor de Alimentos, [ABM], 2023).

En la Figura 23 se presenta uno de los biodigestores que ofrece dicha empresa.

Figura 23

Biodigestor ABM



Nota: Se presenta un biodigestor de la marca Powerknot. (ABM, 2023).

4.3.3 Tecnologías de compostaje

El compostaje es “el proceso aerobio de transformación biológica que permite la descomposición de la fracción orgánica de los residuos sólidos, logrando su estabilidad,

madurez y sanitización” (Ministerio del Ambiente y Agua del Ecuador, 2020, p.14). Los residuos orgánicos pueden ser de origen domiciliario, de restaurantes, de procesos agroindustriales, entre otros. El proceso finaliza con la producción de compost, que es un material que de acuerdo con sus características se puede aprovechar como abono orgánico.

Entre las principales ventajas de este sistema de tratamiento tenemos las siguientes:

- Permite dar valor agregado a los residuos orgánicos, transformándolos en abono.
- Disminuye la cantidad de materia orgánica que termina en los sitios de disposición final (reduce un 60% de la materia orgánica que ingresa al proceso).
- Disminución de los impactos ambientales generados por la fracción orgánica de los residuos en los rellenos sanitarios, ya que reduce la emisión de metano, cantidad de lixiviados y malos olores.
- El compost es un mejorador de suelo, ya que aporta nutrientes y minerales a mediano y largo plazo (Ministerio del Ambiente y Agua del Ecuador, 2020)

De acuerdo con (Tello et al, 2018), entre sus principales desventajas se encuentran las siguientes:

- No siempre lo que se produce de compost se logra comercializar debido a la baja demanda local.
- Se debe priorizar la separación selectiva de materiales en la fuente para no exponer la materia orgánica a los contaminantes.
- Costos altos de implementación, operación y mantenimiento, en el caso de incorporar tecnologías de punta en el proceso.
- Se requiere de gasto de energía para los procesos de aireación, ya sean manuales, mecanizados o por inyección de oxígeno en reactores aerobios.

Entre los principales tipos de residuos que son susceptibles a compostar se encuentran los restos de comida y de la preparación de alimentos, restos vegetales, lodos procedentes del

tratamiento de aguas residuales, estiércoles (exceptuando las excretas de perro y gato), pasto cortado y ramas producto de la poda de árboles y arbustos. Los residuos cárnicos o procedentes de mariscos normalmente no son tratados por las dificultades que generan en el proceso, caso de los malos olores o descomposición.

De acuerdo con el Manual de aprovechamiento de residuos orgánicos municipales elaborado por el Ministerio del Ambiente y Agua del Ecuador, los parámetros que deben controlarse durante el proceso de compostaje son los siguientes:

- Temperatura: responsable del crecimiento de los microorganismos que descomponen los residuos y no de los microorganismos patógenos. Las etapas que se presentan en el proceso son la etapa de temperatura media (mesófila), donde la temperatura debe llegar hasta los 45°C. La etapa de temperatura alta (termófila) registra hasta los 75°C y la etapa de enfriamiento (mesófila), donde de nuevo la temperatura debe bajar hasta los 45°C.
- Humedad: la presencia de agua permite que los microorganismos puedan actuar y descomponer los residuos de forma adecuada, de ahí que debe estar entre 50% y 70%.
- Potencial Hidrógeno (pH): para asegurar el desarrollo microbiano, el pH debe estar entre 7 y 8.
- Relaciones carbono/nitrógeno (C/N): el intervalo de C/N teóricamente óptimo para el compostaje de un producto es de 25:1 a 35:1.
- Tamaño de partícula: el tamaño de partícula adecuado va de 3 a 5 cm, además se deben separar las impurezas como el cartón, papel, plástico y metales (Ministerio del Ambiente y Agua del Ecuador, 2020).

El compostaje se puede llevar a cabo por medio de las siguientes técnicas:

- Compostaje en hileras: consiste en disponer el material orgánico acondicionado en hileras o pilas con sección constante y longitud variable, de acuerdo con el espacio disponible para realizar las actividades de volteo y aireación.

- Pilas aireadas: constituye una modificación del compostaje en hileras. En la base de las hileras se instala un sistema de tuberías y difusores que distribuyen el oxígeno inyectado por sistemas de bombeo.
- Compostaje en reactores: son sistemas cerrados con inclusión de aireación. Este método puede acelerar el proceso (Tello et al, 2018).

Al igual que los casos de la gasificación con plasma y la digestión anaerobia, el marco legal aplicable en nuestro país para este tipo de tratamiento corresponde en primer lugar a la Ley para la Gestión Integral de Residuos No. 8839 y el Reglamento General a la Ley para la Gestión Integral de Residuos Decreto No. 37567-S-MINAE, que fomentan el desarrollo de mercados de subproductos y materiales valorizables, entre otros objetivos.

En el caso de que la Cadena de Supermercados implemente esta alternativa para el tratamiento de los residuos generados en las unidades de negocio, debe ser incluido en el Programa de Gestión Integral de Residuos de cada tienda, que a su vez debe cumplir con los artículos 6, 14, 15 y 43 de la Ley para la Gestión Integral de Residuos No. 8839 y los artículos 24 y 25 del Reglamento General a la Ley para la Gestión Integral de Residuos Decreto No. 37567-S-MINAE.

Nuestro país ha implementado el Plan Nacional de Compostaje 2020-2050 que busca “contribuir con la descarbonización, facilitando condiciones en la sociedad para incorporar en la cotidianeidad aquellas prácticas que evitarán el envío de materia orgánica a los rellenos sanitarios, lo cual disminuirá las emisiones de metano en estos sitios” (Secretaría Consejo Nacional Ambiental, 2020). Este plan, se enmarca como una de las actividades planteadas en el Plan de Acción para la Gestión Integral de Residuos 2019-2022 y ambos instrumentos encallan dentro del Plan Nacional de Descarbonización.

Entre los proyectos que se han desarrollado en el país y que utilizan este tipo de tecnología se encuentra el proyecto desarrollado por la empresa Abonos Vivos, que se dedica

a la transformación de los residuos orgánicos en fuentes de aprovechamiento y que entre sus servicios se encuentran el abono orgánico y las asesorías en proyectos de compostaje (Abonos Vivos, Nuestros Servicios, [Abonos Vivos], 2023).

Otro caso lo constituye la empresa Agrocentro Tropical que busca aumentar la reutilización y transformación de los residuos valorizables brindando los servicios de recolección y clasificación de los residuos hasta su tratamiento y disposición final, mediante los procesos de compostaje y lombricompostaje (Agrocentro Tropical, Somos una solución ecológica para el manejo de residuos, [Agrocentro Tropical], 2023).

Uno de los casos más destacables lo constituye la empresa 360 Soluciones Verdes, que en convenio con al menos una veintena de municipalidades de todo el país ha implementado proyectos de compostaje a fin de mejorar el tratamiento de los residuos orgánicos de los vecinos de estas comunidades. Esta empresa suministra las composteras y brinda la capacitación para que la persona aprenda cómo compostear y cómo aprovechar el abono. Además, verifica el uso adecuado de los equipos para el control municipal correspondiente (360 Soluciones Verdes, Hacé compost, no residuos, [360 Soluciones Verdes], 2023).

La amplia variedad de técnicas de compostaje permite generar soluciones de disposición a diferentes niveles de generación de acuerdo con el volumen y las necesidades. Al igual que en el caso de los biodigestores, a nivel nacional e internacional existe gran variedad de fabricantes y distribuidores de estos equipos.

Por ejemplo, la empresa Bio Futura ofrece el suministro de composteras que operan mediante aireación forzada, lo que reduce los malos olores y la atracción de plagas. Estos equipos pueden manejar todo tipo de residuos de comida y no requieren muchas labores de mantenimiento. De forma mensual pueden llegar a procesar de 300 a 500 kilogramos de residuos. Las emisiones de gases de efecto invernadero (caso del gas metano y el dióxido de carbono) se reducen en un 90% si se comparan con las emisiones de esos mismos residuos en

un relleno sanitario (Bio Futura, Compostaje, [Biofutura], 2023). En la Figura 24 se presenta una de las composteras que ofrece dicha empresa.

Figura 24

Composteras Bio Futura



Nota: Se presenta un equipo de compostaje que ofrece la empresa Biofutura. (Biofutura, 2023).

Otro ejemplo de las empresas que ofrecen equipos de compostaje es la empresa Oklin International. Estos equipos son eléctricos y con capacidades que varían desde las 10 Ton/año hasta las 500 Ton/año (Oklin, Food Waste Composters, [Oklin], 2023). Otras de las características de estos equipos son las siguientes:

- Convierte los residuos de alimentos en abono en 24 horas.
- Reduce el volumen de desechos entre un 80% y un 90%.
- Puertas selladas y con control de olores para control de plagas.
- Ahorra espacio.
- Reduce los costos de transporte de residuos.

- Reduce los residuos del vertedero.
- Produce un subproducto reutilizable. Este es un abono inmaduro que se puede utilizar en aplicaciones de horticultura en una proporción de 1:10 (compost:suelo). Como alternativa se puede madurar y utilizar directamente en aplicaciones de paisajismo o como fertilizante.

En la Figura 25 se presenta uno de los equipos de compostaje que ofrece dicha empresa.

Figura 25

Composteras Oklin



Nota: Se presenta un equipo de compostaje que ofrece la empresa Oklin. (Oklin, 2023).

4.4 Análisis de alternativas para el adecuado manejo de los residuos orgánicos

En este apartado se analizaron las diferentes alternativas con las que cuenta actualmente la Cadena de Supermercados para manejar los residuos orgánicos que generan sus 14 unidades de negocio del formato Supercenter, de forma que le permita dejar de enviar dichos residuos a los rellenos sanitarios o vertederos de las comunidades donde opera.

Para determinar la logística de recuperación, tratamiento y disposición final más adecuada para la empresa, se llevó a cabo un análisis multicriterio, donde no sólo se seleccionó la alternativa óptima entre las alternativas disponibles, sino también se aportaron los argumentos que fundamentaron tal conclusión. Para ello, en primer lugar, se seleccionaron los criterios para evaluar las diferentes alternativas, a los que posteriormente se les asignó un peso para diferenciar su importancia en el puntaje. En tercer lugar, se le otorgó un puntaje parcial o nota a cada criterio para cada una de las alternativas, y finalmente se realizó una sumatoria de los puntajes obtenidos para cada alternativa, siendo la alternativa seleccionada aquella con mayor puntaje.

4.4.1 Criterios de evaluación de la alternativa más adecuada

La selección de los criterios para evaluar las alternativas disponibles para el adecuado manejo de los residuos orgánicos generados por las unidades de negocio constituye uno de los puntos más importantes del proceso llevado a cabo, ya que caracteriza a las distintas alternativas, para finalmente destacar las diferencias entre ellas en orden al cumplimiento de los objetivos establecidos por la Cadena de Supermercados y a los requerimientos particulares de las diferentes unidades de negocio.

La selección de los criterios de evaluación se llevó a cabo con el fin de evaluar las diversas dimensiones que enfrenta el proyecto, a saber, el cumplimiento legal, la técnica funcional, ambiental y económica.

A continuación, se describen los criterios de evaluación que se seleccionaron para llevar a cabo el análisis de cada una de las alternativas disponibles:

- Cumplimiento legal

Determinar la viabilidad legal de cada una de las alternativas disponibles, los permisos o licencias que se requieren para su implementación y operación, sus restricciones de uso, así como los requisitos necesarios para obtener y renovar los permisos. Las empresas que no cumplen con las regulaciones legales aplicables a la naturaleza de sus operaciones pueden enfrentar problemas como procesos administrativos y judiciales, sanciones económicas, caso de las multas, por ejemplo, y pérdida de confianza de clientes y proveedores, que pueden afectar negativamente sus relaciones comerciales.

- Tipo de residuo

Los equipos de tratamiento de residuos seleccionados deben estar en la capacidad de manejar los residuos orgánicos que se generan principalmente en los departamentos de Cafetería y Rostizado, así como el de Frutas y Vegetales de las unidades de negocio. Los residuos generados en los departamentos de Panadería y Carnes (aves, res y cerdo) no se incluyen dentro del presente proyecto.

- Capacidad de los equipos

Los equipos de tratamiento deben estar en la capacidad de manejar una cantidad mensual de residuos orgánicos equivalente a 9.8 Ton, lo que se traduce en una generación promedio de residuos diaria de 327 kilogramos. Con ello la empresa busca acercarse a la meta de lograr el desvío de los rellenos sanitarios de más del 90% de los residuos generados.

- Costos del equipo

Los costos del equipo incluyen los costos relacionados con la adquisición y compra de los equipos de tratamiento de los residuos que tengan la capacidad requerida por las unidades de negocio. Este dato corresponde únicamente al equipo en sí, no incluye los costos de operación y mantenimiento, ni la construcción de estructuras auxiliares para ubicar el equipo.

- Rutina de mantenimiento preventivo

Corresponde al mantenimiento que se realiza de manera rutinaria para reducir la posibilidad de fallas del equipo y reducir la necesidad de realizar mantenimiento correctivo. Consiste en limpiar los equipos, reemplazar los componentes desgastados, lubricar las piezas, entre otras actividades, de forma que se garantice el mayor rendimiento. Para efectos de las unidades de negocio de la Cadena de Supermercados, es importante determinar si se requiere el servicio de un proveedor especializado o se puede llevar a cabo con recurso interno, así como la frecuencia necesaria de mantenimiento y el costo relacionado.

- Requerimiento de servicios auxiliares

Se refiere a los requerimientos de aprovisionamiento de energía eléctrica y agua que requieren los equipos de tratamiento de los residuos para su operación, así como sus consumos respectivos.

- Ubicación del equipo

Se refiere a los requerimientos técnicos que deben cumplirse para ubicar el equipo de tratamiento de los residuos para su operación, ya sea que estos puedan operar dentro de las instalaciones de las unidades de negocio o que requiera habilitarse un espacio externo a dichas instalaciones.

- Contribución a la reducción o mitigación del impacto ambiental

Se refiere a los efectos y beneficios que la implementación y operación del equipo de tratamiento de los residuos traería a la operación de las unidades de negocio y que ayudan a la reducción de su impacto ambiental, caso del porcentaje de reducción en la generación de residuos sólidos, reducción de los gases de efecto invernadero, entre otros.

- Manejo de subproductos

Se refiere a la cantidad y características de los subproductos que se generan por la operación del equipo de tratamiento de los residuos, así como sus posibles impactos ambientales, si estos pueden llegar a reutilizarse de forma segura y si existe un mercado para utilizarlo o venderlo.

- Plazo de implementación

Se refiere al período de tiempo que se requiere para la puesta en marcha del equipo de tratamiento de los residuos, caso del plazo para obtener los permisos requeridos para su ubicación y operación y al período de compra e instalación.

4.4.2 Descripción de alternativas

Las alternativas con las que cuenta actualmente la Cadena de Supermercados para manejar los residuos orgánicos que generan sus 14 unidades de negocio del formato Supercenter son las siguientes:

- Gasificador de plasma
- Biodigestor anaerobio tradicional
- Biodigestor eléctrico
- Composteador eléctrico

En la Tabla 12 se presenta un resumen de las principales características del Gasificador de plasma con base en los criterios de evaluación seleccionados.

Tabla 12

Características del Gasificador de Plasma

Criterio de Evaluación	Descripción
Cumplimiento Legal	El marco legal aplicable se encuentra principalmente en el Reglamento sobre condiciones de operación y control de emisiones de instalaciones para coincineración de residuos sólidos ordinarios Decreto No. 39136-S-MINAE. Para la utilización de esta tecnología es importante establecer si las sustancias resultantes del tratamiento se incineran posteriormente. En caso negativo, la empresa deberá cumplir únicamente con los límites de emisiones atmosféricas y entregar los reportes correspondientes. En caso afirmativo, el uso de la tecnología se vería limitada a los casos donde se genere energía eléctrica, se recupere energía o materiales y se deberá cumplir con una gran cantidad de requisitos, entre los que se encuentran el estudio de impacto ambiental y el permiso de ubicación.
Tipo de residuo	Procesamiento de residuos ordinarios (entre ellos los residuos orgánicos).
Capacidad de los equipos	De conformidad con las necesidades de cada empresa. Para efectos del presente proyecto se consideraron las características

Criterio de Evaluación	Descripción
	del equipo que opera por lotes (batch) con una capacidad de 50 kilogramos por hora.
Costos del equipo	\$110,000 aproximadamente (no incluye IVA ni transporte)
Rutina de mantenimiento preventivo	Cada 6 meses por parte de personal especializado. Se debe considerar el cambio del ladrillo térmico con cierta regularidad. Se requiere capacitar un operador en cada unidad de negocio para su operación diaria.
Requerimiento de servicios auxiliares	Requerimiento Eléctrico: 220V 50/60Hz
Ubicación del equipo	Parte externa de las unidades de negocio, por lo que debe habilitarse un área para su operación que cuente con las condiciones adecuadas, a saber: bajo techo, instalación eléctrica, fuente de agua potable, pisos y paredes lavables, conexión al sistema sanitario de la tienda, con acceso limitado, entre otras. Las dimensiones del equipo son de 1,8 m x 1,2 m x 3 m. Debe considerarse la construcción de una barrera acústica, ya que el equipo genera ruido en el orden de los 95 dBA a 1 metro de distancia.
Contribución a la reducción o mitigación del impacto ambiental	Reducción de la cantidad de residuos sólidos orgánicos dispuestos en los rellenos sanitarios o vertederos en un porcentaje que varía

Criterio de Evaluación	Descripción
	del 85% al 95%. Es un proceso ecológicamente limpio en el que no se genera ningún subproducto tóxico.
Manejo de subproductos	Los componentes orgánicos se convierten en un gas rico en hidrógeno llamado gas de síntesis o “syngas”. Los componentes inorgánicos se funden y producen un material vítreo inerte.
Plazo de implementación	3 meses (sin contar con la obtención de los permisos en caso de requerirse).

Nota: La Tabla 12 resume las principales características del Gasificador de Plasma con base en los criterios de evaluación. Elaboración propia con base en (Plasma Innova, 2023).

En la Tabla 13 se presenta un resumen de las principales características del Biodigestor Anaerobio Tradicional con base en los criterios de evaluación seleccionados.

Tabla 13

Características del Biodigestor Anaerobio Tradicional

Criterio de Evaluación	Descripción
Cumplimiento Legal	El marco legal aplicable se encuentra principalmente en la Ley para la Gestión Integral de Residuos No. 8839 y el Reglamento General a la Ley para la Gestión Integral de Residuos Decreto No. 37567-S-MINAE, que fomentan el desarrollo de mercados de subproductos y materiales valorizables, entre otros objetivos.

Criterio de Evaluación	Descripción
Tipo de residuo	Restos de alimentos como arroz, queso, cáscaras o pulpa de vegetales o frutas, carne, huesos, cáscaras de huevos, aceite de cocina y cualquier otro residuo de alimentos “húmedo”.
Capacidad de los equipos	Es un equipo básicamente de uso doméstico con una capacidad máxima que varía entre los 16 y 43 kilogramos al día. Para suplir las necesidades de una unidad de negocio se requiere la adquisición de al menos 8 equipos.
Costos del equipo	\$2,500 aproximadamente por cada equipo.
Rutina de mantenimiento preventivo	Se requiere capacitar un operador en cada unidad de negocio para su operación diaria conforme al manual de mantenimiento. La temperatura ambiente de operación debe ser superior a los 20°C.
Requerimiento de servicios auxiliares	Agua (4300 litros). Capacidad máxima de energía 4,4 kWh (15,4 MJ). Para activar el sistema se necesitan de 300 litros de estiércol de animales herbívoros (no usar excremento de aves).
Ubicación del equipo	El sistema se debe instalar al aire libre para que el exceso de gas pueda ser liberado de manera segura. Se requiere un espacio mínimo de 2,7 x 5,2 metros para la instalación de cada equipo. No debe haber llamas expuestas o chispas a menos de 5 metros del sistema. El sistema puede emitir un leve olor orgánico de ahí que se instale alejado de ventanas y puertas. Debe estar instalado cerca de la cocina y debe contar con suministro de agua.

Criterio de Evaluación	Descripción
Contribución a la reducción o mitigación del impacto ambiental	Reducción de la cantidad de residuos sólidos orgánicos dispuestos en los rellenos sanitarios o vertederos.
Manejo de subproductos	Se produce biogás (metano) que sirve para su uso en la cocina (hasta 5 horas al día). También se produce un biofertilizante líquido rico en micro y macronutrientes en una proporción igual a la entrada de residuos. Este biofertilizante ayuda al crecimiento de las plantas y su resistencia a las enfermedades.
Plazo de implementación	Tiempo de entrega del equipo por parte del proveedor. Para que el sistema empiece a llenar la bolsa de gas se requieren de 1-3 semanas.

Nota: La Tabla 13 resume las principales características del Biodigestor Anaerobio Tradicional con base en los criterios de evaluación. Elaboración propia con base en (HOME BIOGAS, 2023).

En la Tabla 14 se presenta un resumen de las principales características del Biodigestor Eléctrico con base en los criterios de evaluación seleccionados.

Tabla 14

Características del Biodigestor Eléctrico

Criterio de Evaluación	Descripción
Cumplimiento Legal	El marco legal aplicable se encuentra principalmente en la Ley para la Gestión Integral de Residuos No. 8839 y el Reglamento

Criterio de Evaluación	Descripción
	General a la Ley para la Gestión Integral de Residuos Decreto No. 37567-S-MINAE, que fomentan el desarrollo de mercados de subproductos y materiales valorizables, entre otros objetivos.
Tipo de residuo	Frutas y vegetales, pan y productos horneados, pollo (huesos y piel), huevos, queso, pescado (espinas y piel), carne y recortes, pasta y arroz, comida preparada, entre otros. No se pueden tratar los huesos (res, cerdo), granos de café, grandes cantidades de aceite y residuos inorgánicos.
Capacidad de los equipos	360 kilogramos al día.
Costos del equipo	\$32.500 aproximadamente (no incluye IVA).
Rutina de mantenimiento preventivo	Cada 6 meses por parte de personal especializado. Se requiere capacitar un operador en cada unidad de negocio para su operación diaria. Se requiere la dosificación de enzimas digestivas.
Requerimiento de servicios auxiliares	Capacidad máxima de energía 75-150 kWh.
Ubicación del equipo	Se puede habilitar un espacio tanto en la parte interna como externa de las unidades de negocio que cuente con las condiciones adecuadas, a saber: bajo techo, instalación eléctrica, fuente de agua potable, pisos y paredes lavables, conexión al

Criterio de Evaluación	Descripción
	sistema sanitario de la tienda, con acceso limitado, entre otras. Las dimensiones del equipo son de 102 cm x 76 cm x 123 cm (largo, ancho, alto). Debe considerarse la instalación de un calentador de agua para dosificarla en la temperatura de operación requerida.
Contribución a la reducción o mitigación del impacto ambiental	Reducción de la cantidad de residuos sólidos orgánicos dispuestos en los rellenos sanitarios o vertederos y reducción de gases de efecto invernadero.
Manejo de subproductos	Se produce un digestato líquido rico en minerales, carbohidratos, proteínas y vitaminas. Este efluente debe ser tratado en las plantas de tratamiento de aguas residuales de las unidades de negocio.
Plazo de implementación	Tiempo de entrega del equipo por parte del proveedor.

Nota: La Tabla 14 resume las principales características del Biodigestor Eléctrico con base en los criterios de evaluación. Elaboración propia con base en (Innovative Group, 2023).

En la Tabla 15 se presenta un resumen de las principales características del Composteador Eléctrico con base en los criterios de evaluación seleccionados.

Tabla 15*Características del Composteador Eléctrico*

Criterio de Evaluación	Descripción
Cumplimiento Legal	El marco legal aplicable se encuentra principalmente en la Ley para la Gestión Integral de Residuos No. 8839 y el Reglamento General a la Ley para la Gestión Integral de Residuos Decreto No. 37567-S-MINAE, que fomentan el desarrollo de mercados de subproductos y materiales valorizables, entre otros objetivos.
Tipo de residuo	Restos de alimentos como frutas y vegetales, restos de comida cocinada o cruda, entre otros.
Capacidad de los equipos	La capacidad de los equipos varía desde las 10 Ton/año hasta las 500 Ton/año. Para efectos del presente proyecto se consideraron las características del equipo que opera con una capacidad de 525 kilogramos por día.
Costos del equipo	\$140.000 aproximadamente (los costos son de fábrica, falta sumar los costos de envío e instalación).
Rutina de mantenimiento preventivo	Cada 6 meses por parte de personal especializado. Se requiere capacitar un operador en cada unidad de negocio para su operación diaria. Se requiere la dosificación de una mezcla de microorganismos.
Requerimiento de servicios auxiliares	Consumo energético entre 4,700-8,480 kWh/mes.

Criterio de Evaluación	Descripción
Ubicación del equipo	Se puede habilitar un espacio tanto en la parte interna como externa de las unidades de negocio que cuente con las condiciones adecuadas, a saber: bajo techo, instalación eléctrica, fuente de agua potable, pisos y paredes lavables, conexión al sistema sanitario de la tienda, con acceso limitado, entre otras. Las dimensiones del equipo son de 2,6 m x 4,5 m x 1,9 m (ancho, largo, alto).
Contribución a la reducción o mitigación del impacto ambiental	Reducción de la cantidad de residuos sólidos orgánicos dispuestos en los rellenos sanitarios o vertederos entre el 80% y 90% y reducción de gases de efecto invernadero.
Manejo de subproductos	Se produce un abono inmaduro que se puede utilizar en aplicaciones de horticultura en una proporción de 1:10 (compost:suelo). Como alternativa se puede madurar y utilizar directamente en aplicaciones de paisajismo o como fertilizante.
Plazo de implementación	Tiempo de entrega del equipo por parte del proveedor (90 días luego de confirmación).

Nota: La Tabla 15 resume las principales características del Composteador Eléctrico con base en los criterios de evaluación. Elaboración propia con base en (Oklin, 2023).

4.4.3 Evaluación de alternativas

Con el fin de llevar a cabo el análisis comparativo de las alternativas con las que cuenta actualmente la Cadena de Supermercados para el tratamiento de los residuos orgánicos

generados por las unidades de negocio, se utilizó una doble ponderación para calificar cada uno de los criterios de evaluación.

En primer lugar, se ponderó el grado de cumplimiento de cada criterio de evaluación para cada alternativa en la consecución del objetivo definido. Para ello se utilizó una escala homogénea de 0 a 10.

En segundo lugar, se asignó un peso porcentual a cada criterio de evaluación con base en el mayor o menor impacto de cada uno de ellos en la posible implementación del proyecto, asegurándose de que la suma de todos los pesos fuera de 100%. Por ejemplo, el cumplimiento legal y la capacidad de los equipos son factores determinantes para la viabilidad del proyecto, por lo que se les asignó un mayor peso porcentual que a los otros criterios. Para los casos correspondientes a la rutina de mantenimiento preventivo y los plazos de implementación se les asignó un menor peso porcentual, dato que, aunque son importantes en la ejecución de cualquier proyecto, para la selección de la alternativa más adecuada no representan un factor que sea limitante para la viabilidad particular del presente proyecto. Para el resto de los criterios de evaluación se les asignó el mismo peso porcentual.

En la Tabla 16 se presenta el peso porcentual que se asignó a cada uno de los criterios de evaluación.

Tabla 16

Peso porcentual asignado a los criterios de evaluación

Criterio de Evaluación	Rango (mín - máx)	Peso Porcentual (%)
Cumplimiento Legal	0-10	15%
Tipo de residuo	0-10	10%

Criterio de Evaluación	Rango (mín - máx)	Peso Porcentual (%)
Capacidad de los equipos	0-10	15%
Costos del equipo	0-10	10%
Rutina de mantenimiento preventivo	0-10	5%
Requerimiento de servicios auxiliares	0-10	10%
Ubicación del equipo	0-10	10%
Contribución a la reducción o mitigación del impacto ambiental	0-10	10%
Manejo de subproductos	0-10	10%
Plazo de implementación	0-10	5%

Nota: La Tabla 16 resume los pesos porcentuales asignados a cada uno de los criterios de evaluación. Autoría propia.

Para determinar la alternativa más adecuada entre las planteadas en el apartado anterior, a saber, el Gasificador de plasma, el Biodigestor anaerobio tradicional, el Biodigestor eléctrico y el Composteador eléctrico, se asignó un puntaje parcial a cada criterio de evaluación y se multiplicó por el peso porcentual determinado. Finalmente se realizó una sumatoria de los puntajes obtenidos para cada una de las alternativas. Este proceso se resume en la Figura 26.

Figura 26*Valoración de alternativas*

Criterio de Evaluación	Peso Porcentual (%)	Gasificador de plasma		Biodigestor anaerobio tradicional		Biodigestor eléctrico		Composteador eléctrico	
		Nota	Puntaje	Nota	Puntaje	Nota	Puntaje	Nota	Puntaje
Cumplimiento Legal	15%	7	1.1	10	1.5	10	1.5	10	1.5
Tipo de residuo	10%	10	1.0	10	1.0	10	1.0	10	1.0
Capacidad de los equipos	15%	10	1.5	2	0.3	10	1.5	9	1.4
Costos del equipo	10%	6	0.6	10	1.0	9	0.9	5	0.5
Rutina de mantenimiento preventivo	5%	7	0.4	7	0.4	10	0.5	10	0.5
Requerimiento de servicios auxiliares	10%	8	0.8	9	0.9	9	0.9	9	0.9
Ubicación del equipo	10%	5	0.5	2	0.2	10	1.0	10	1.0
Contribución a la reducción o mitigación del impacto ambiental	10%	8.5	0.9	8.0	0.8	9	0.9	9	0.9
Manejo de subproductos	10%	8	0.8	5	0.5	9	0.9	9	0.9

Criterio de Evaluación	Peso Porcentual (%)	Gasificador de plasma		Biodigestor anaerobio tradicional		Biodigestor eléctrico		Composteador eléctrico	
		Nota	Puntaje	Nota	Puntaje	Nota	Puntaje	Nota	Puntaje
Plazo de implementación	5%	10	0.5	10	0.5	10	0.5	10	0.5
Sumatoria Total	100%		8.0		7.1		9.6		9.1

Nota: La Figura 26 resume la valoración de cada uno de los criterios de evaluación. Autoría propia.

Con base en los resultados obtenidos en la figura anterior, la alternativa de tratamiento de los residuos sólidos orgánicos aprovechables generados por las unidades de negocio del formato Supercenter de la Cadena de Supermercados con la mayor sumatoria de puntajes y por tanto la más adecuada entre las alternativas disponibles actualmente es el Biodigestor eléctrico.

4.5 Análisis de evaluación de factibilidad

En este apartado se llevó a cabo un análisis de evaluación de factibilidad para la alternativa más adecuada entre las alternativas disponibles actualmente para el manejo y tratamiento de los residuos orgánicos aprovechables generados por las unidades de negocio de la Cadena de Supermercados. Esta alternativa corresponde al uso del Biodigestor eléctrico para el tratamiento de dichos residuos. La evaluación de factibilidad incluyó el análisis de los aspectos social, legal, técnico, económico y ambiental para dicha alternativa, con el fin de determinar si su implementación es viable y sostenible a largo plazo.

4.5.1 Factibilidad legal

El marco legal aplicable en nuestro país para el tratamiento de los residuos sólidos orgánicos aprovechables, generados por las unidades de negocio del formato Supercenter de la Cadena de Supermercados, mediante un Biodigestor eléctrico corresponde en primer lugar a la Ley para la Gestión Integral de Residuos No. 8839. Entre los principales objetivos de esta ley se encuentra el regular la gestión integral de residuos, definir las responsabilidades de los diversos actores involucrados, establecer el régimen jurídico para promover la ejecución jerarquizada en la gestión integral de residuos y fomentar el desarrollo de mercados de subproductos, materiales valorizables, entre otros, de forma que se generen nuevas fuentes de empleo y emprendimientos. Esta ley busca que los generadores dispongan la menor cantidad de residuos, tratar los residuos generados antes de enviarlos a disposición final y dar prioridad a la recuperación de materiales (Asamblea Legislativa de la República de Costa Rica, 2010).

La propuesta de un plan estratégico para la gestión responsable de residuos orgánicos que buscó el presente proyecto de graduación para la Cadena de Supermercados se enmarca en las alternativas que promueve la jerarquización de los residuos y constituye un sistema alternativo para la gestión responsable e integral de los residuos sólidos que cumple con las

necesidades y condiciones específicas de las unidades de negocio con que cuenta dicha empresa.

La utilización del Biodigestor eléctrico para el tratamiento de los residuos generados en las unidades de negocio debe ser incluida en el Programa de Gestión Integral de Residuos de cada tienda, el cual debe cumplir con los artículos 6, 14, 15 y 43 de la Ley para la Gestión Integral de Residuos No. 8839 y los artículos 24, 25 y Anexo II del Reglamento General a la Ley para la Gestión Integral de Residuos Decreto No. 37567-S-MINAE.

Uno de los aspectos más importantes que debe considerar la Cadena de Supermercados durante la eventual implementación de este proyecto lo constituye la ubicación del equipo. Para el caso del Biodigestor eléctrico, el equipo puede operar tanto dentro como en la parte externa de las instalaciones de las unidades de negocio. Para este último caso, la empresa debe acondicionar un espacio con los requerimientos técnicos adecuados, caso de contar con la instalación eléctrica requerida, suministro de agua potable, conexión al sistema sanitario de la tienda, con acceso limitado, entre otros, y para ello cada unidad de negocio debe tramitar el respectivo permiso de construcción. De acuerdo con el Reglamento de Construcciones en su artículo 415 “para toda obra de reparación, remodelación o ampliación, se debe contar con la licencia expedida por la unidad municipal correspondiente, la cual tiene la obligación de vigilar las obras para las que haya autorizado la licencia o permiso, según lo dispone la Ley de Construcciones No. 833 y sus reformas o la normativa que la sustituya” (INVU, 2022). La documentación técnica para la obtención de los permisos debe ser la establecida por cada una de las municipalidades donde operan las tiendas.

Finalmente, el principal subproducto que resulta de la utilización del Biodigestor eléctrico lo constituye un digestato líquido con una alta concentración orgánica. Este líquido debe verterse en el sistema sanitario de las tiendas para finalmente tratarse en las plantas de tratamiento de aguas residuales con que cuentan cada una de las unidades de negocio. Para

el caso de nuestro país, los lineamientos para una gestión ambientalmente adecuada de las aguas residuales se establecen en el Reglamento de Vertido y Reuso de Aguas Residuales No. 33601, donde se establece la frecuencia de presentación de los reportes operacionales ante el Ministerio de Salud, la lista de parámetros obligatorios de medición y los límites máximos permisibles respectivos.

En resumen, la utilización del Biodigestor eléctrico para el manejo de los residuos sólidos orgánicos aprovechables generados por las unidades de negocio no cuenta con impedimentos o restricciones legales que impacten negativamente el proyecto.

4.5.2 Factibilidad social

La Cadena de Supermercados busca una solución alterna al manejo de los residuos sólidos orgánicos aprovechables que generan sus 14 unidades de negocio del formato Supercenter. En lugar de disponer dichos residuos en los rellenos sanitarios o vertederos de las comunidades donde opera, la utilización del Biodigestor eléctrico para el tratamiento de estos residuos no sólo garantiza la conformidad con la legislación nacional, sino que también posibilita la óptima ejecución de sus actividades en términos sociales, garantiza un entorno de trabajo seguro para su personal y contribuye a mantener las comunidades vecinas libres de contaminación.

El desvío de los residuos sólidos orgánicos aprovechables generados por sus tiendas de los rellenos sanitarios, acerca a la empresa a cumplir con sus metas de regeneratividad. La Cadena de Supermercados ha establecido tres pilares para implementar esta estrategia, a saber, cambio climático, capital natural y economía circular. Dentro de este último, se enmarcan las acciones a llevar a cabo para el manejo responsable de todo tipo de residuos (Walmart, 2023).

El proyecto de adquirir los biodigestores eléctricos ofrece una oportunidad a los proveedores de servicio especializados en el tratamiento de estos residuos de ampliar sus operaciones y relaciones comerciales con la Cadena de Supermercados, así como estimular su innovación para ofrecer diferentes paquetes para la compra, operación y mantenimiento de dichos equipos.

La implementación del proyecto requerirá la contratación de nuevos puestos de trabajo en las unidades de negocio en cada una de las comunidades donde operan, lo que le permitirá a este nuevo personal contar con un salario digno y satisfacer sus necesidades económicas. Por otro lado, la Cadena de Supermercados busca utilizar el proyecto como una plataforma que le permita capacitar y concientizar a su personal en las buenas prácticas operativas requeridas para el adecuado manejo de los residuos sólidos y en particular de los residuos orgánicos, lo que le permitirá al personal adquirir habilidades transferibles que mejoren sus perspectivas de empleo. El proyecto busca concientizar a los clientes y comunidades vecinas en la importancia de la adecuada gestión de los residuos sólidos, lo que permitirá a las personas en cada una de las comunidades informarse sobre las oportunidades que brindan este tipo de proyectos. Finalmente, la gestión adecuada de los residuos orgánicos reduce los riesgos a la salud de las personas, debido a la exposición a sustancias tóxicas y patógenos asociados con la descomposición de los residuos, lo que ayuda a mejorar la salud y bienestar de las comunidades.

4.5.3 Factibilidad ambiental

El contar con una alternativa para el manejo de los residuos sólidos orgánicos que no sea su disposición final en un vertedero, representa una oportunidad para la Cadena de Supermercados de reducir o mitigar los problemas que el manejo en general de los residuos genera a las unidades de negocio. Entre estos problemas se encuentra la generación de los

lixiviados en las zonas de almacenamiento, los cuales pueden ocasionar caídas del personal y los clientes en caso de algún derrame y afectación a la operación de los sistemas de tratamiento de aguas residuales al aumentar las cargas orgánicas en su afluente. Por otro lado, la manipulación inadecuada de los residuos sólidos puede afectar la salud del personal de las tiendas y de los personeros de la empresa que brinda el servicio de recolección y transporte. La descomposición de los residuos sólidos orgánicos genera problemas de malos olores a los clientes y vecinos de las tiendas y atrae todo tipo de plagas como roedores, insectos y animales callejeros. Finalmente, en caso de presentarse incumplimientos en la gestión de estos residuos, las autoridades pueden generar ordenes sanitarias o multar a las unidades de negocio.

La implementación del proyecto representa un componente clave en la gestión integral y sostenible de los residuos sólidos para la Cadena de Supermercados, ya que ayuda a reducir la cantidad de residuos que se envían a los vertederos y permite reducir la sobrecarga de los servicios de recolección y tratamiento de los residuos sólidos en las diferentes comunidades donde operan las unidades de negocio. El manejo adecuado de los residuos sólidos orgánicos reduce la contaminación en las áreas urbanas, lo que contribuye a la creación de entornos urbanos más limpios y saludables.

Actualmente la empresa registra un desvío de los rellenos sanitarios de los residuos sólidos que genera equivalente al 62.6%. El tratamiento de los residuos sólidos orgánicos mediante el Biodigestor eléctrico equivale a sumar una cantidad promedio mensual de 137.0 Ton entre las 14 unidades de negocio del formato Supercenter a la meta de desvío de la empresa. De acuerdo con los resultados del proceso de manejo de merma, los residuos orgánicos constituyen principalmente los residuos generados en los departamentos de Cafetería y Rostizado, así como el de Frutas y Vegetales, por lo que su tratamiento significaría

un impacto potencial del 22.3% en el porcentaje de desvío, con lo que el porcentaje de desvío potencial de la empresa alcanzaría un total del 85% aproximadamente.

El adecuado manejo de los residuos sólidos orgánicos contribuye a reducir la contaminación del suelo, agua y aire que se produce por la liberación de lixiviados en los vertederos, lo que es fundamental en la protección de los ecosistemas terrestres y acuáticos. Partiendo del hecho de que el peso volumétrico promedio de los residuos es de 155 kg/m^3 (Herrera et al, 2016), el tratamiento de estos residuos representa para la Cadena de Supermercados el liberar un espacio equivalente a los $10,606 \text{ m}^3$ de los rellenos sanitarios o vertederos al año.

Uno de los beneficios más importantes del proyecto lo constituye la reducción de los gases de efecto invernadero. La gestión inadecuada de los residuos en los vertederos genera emisiones significativas de metano. De acuerdo con los factores de emisión de los gases de efecto invernadero en el país, el factor de emisión de los rellenos sanitarios es de $0.0519 \text{ kgCH}_4/\text{kg residuo}$ (IMN, 2023), de ahí que la implementación de una alternativa más adecuada para el manejo de los residuos orgánicos por parte de la Cadena de Supermercados contribuye a la mitigación del cambio climático en $85,324 \text{ kgCH}_4$ al año.

4.5.4 Factibilidad técnica

Uno de los aspectos más importantes para la realización del proyecto y que define finalmente su alcance, consiste en determinar la cantidad de residuos que es necesario tratar y disponer de forma adecuada. Tal y como se presentó en uno de los apartados anteriores, las unidades de negocio del formato Supercenter de la Cadena de Supermercados generan una cantidad diaria de residuos sólidos orgánicos aprovechables equivalente a 327 kilogramos por tienda.

El Biodigestor eléctrico seleccionado como alternativa más adecuada entre las alternativas disponibles actualmente, tiene la capacidad de procesar una cantidad diaria de residuos sólidos orgánicos equivalente a 360 kilogramos, lo que se ajusta a las necesidades particulares de las unidades de negocio. Entre los residuos que pueden tratarse en este equipo se encuentran las frutas y vegetales, pan y productos horneados, pollo (huesos y piel), huevos, queso, pescado (espina y piel), carne y recortes, pasta y arroz, comida preparada, entre otros, lo cual concuerda muy bien con el tipo de residuos que se generan en los departamentos de Cafetería y Rostizado, así como el de Frutas y Vegetales de las unidades de negocio. El equipo presenta la limitante que no puede tratar los huesos (res y cerdo), granos de café, semillas muy grandes o grandes cantidades de aceite y residuos inorgánicos, por lo que se requiere que el personal a cargo del proceso separe y clasifique los residuos generados en los diferentes departamentos de la tienda previo a la utilización del biodigestor.

Otro de los requerimientos técnicos que debe cumplirse para implementar el tratamiento alternativo de los residuos sólidos orgánicos en las unidades de negocio, corresponde a la ubicación del equipo, para lo cual se deben asegurar las adecuadas condiciones operativas y las condiciones de seguridad para el personal a cargo de las labores y para los clientes de las tiendas. En principio, el Biodigestor eléctrico puede operar dentro de las instalaciones de las unidades de negocio o bien, se puede habilitar un espacio externo a dichas instalaciones. Para efectos del presente proyecto y considerando las limitaciones de espacio de las unidades de negocio en operación, así como los riesgos de contaminación cruzada al manipular residuos cerca de las áreas de proceso de las tiendas, se recomienda instalar el equipo en un área debidamente acondicionada en la parte externa de las instalaciones. En primer lugar, el área seleccionada para ubicar el equipo debe tener libre accesibilidad desde el interior de la unidad de negocio, sin gradas o cambios de nivel que la impidan. De ser requerido, se debe de considerar construir rampas y los desniveles necesarios para garantizar la libre circulación.

También es muy importante que el área cuente con acceso desde la parte externa de la tienda, con el fin de poder brindar el mantenimiento preventivo y correctivo adecuados, así como poder atender una eventual emergencia, como por ejemplo cuando sea requerido recolectar los residuos almacenados en dicha área en caso de un daño del equipo, cambiar el equipo por obsolescencia, entre otros. Debe contar con una fuente de agua potable y desagüe interno conectado al sistema sanitario de la tienda. Debe contar con la instalación eléctrica acorde a los requerimientos del equipo. Los pisos y paredes del área deben enchaparse en su totalidad. El control de acceso debe hacerse mediante un portón que cuente con aldaba, pasador y cierre con candado. Las dimensiones del equipo biodigestor son de 102 cm x 76 cm x 123 cm (largo, ancho y alto), de ahí que las dimensiones de esta área deben contemplar dichas medidas más el espacio requerido para almacenar y manipular los residuos.

Con el fin de garantizar la correcta operación del equipo, es necesario programar el mantenimiento preventivo de manera rutinaria para reducir la posibilidad de fallas y reducir la necesidad de incurrir en el mantenimiento correctivo. Para ello, la Cadena de Supermercados debe contratar los servicios de un proveedor especializado. De acuerdo con los datos suministrados por el proveedor que ofrece la venta del equipo, la frecuencia mínima requerida de mantenimiento es anual. Es muy importante contemplar también la capacitación de un operador en cada una de las unidades de negocio para que se encargue de alimentar el equipo con los residuos, verificar las condiciones de operación y se encargue de las labores de limpieza del área.

Por último, otro de los aspectos técnicos que debe considerarse para la realización del proyecto, corresponde al manejo que se le debe dar al digestato líquido subproducto del proceso, para lo cual se cuenta con dos opciones.

El primer escenario consiste en verter el digestato líquido en las plantas de tratamiento de aguas residuales con que cuentan cada una de las unidades de negocio, de ahí que es muy

importante cuantificar el efecto que tendría en la operación de las mismas. Este subproducto es rico en nutrientes, carbohidratos, proteínas y vitaminas. De acuerdo con los datos suministrados por el proveedor que ofrece la venta de este equipo, el digestato se genera en una razón de 1.2 litros por kilogramo de residuo procesado, lo que equivaldría eventualmente a un caudal promedio diario de 392 litros. La carga orgánica de este vertido se estima en 40,800 mg/litro de Demanda Bioquímica de Oxígeno. De acuerdo con los datos suministrados por el Departamento de Mantenimiento, el caudal promedio diario del afluente actual a las plantas de tratamiento de las tiendas del formato Supercenter es de 25,000 litros, con una Demanda Bioquímica de Oxígeno promedio de 390 mg/litro.

En la Tabla 17 se presenta el efecto que tendría el digestato líquido sobre la caracterización del afluente actual de las plantas de tratamiento.

Tabla 17

Cuantificación del efecto del digestato líquido en las plantas de tratamiento

	Caudal (litros/día)	Demanda Bioquímica de Oxígeno (mg/litro)	Carga Orgánica (kg/día)
Afluente Actual	25,000	390	9,750
Digestato líquido	392	40,800	15,994
Afluente estimado	25,393	1,014	25,774

Nota: La Tabla 17 muestra el efecto del digestato líquido en las características actuales del afluente de las plantas de tratamiento de aguas residuales. Autoría propia.

Para estimar las características del afluente a las plantas de tratamiento al sumar el vertido del digestato, se procede en primer lugar a calcular la carga orgánica del afluente actual y del digestato líquido como el producto entre el caudal diario y la Demanda Bioquímica de

Oxígeno de cada rubro. En segundo lugar, se realiza la sumatoria de los caudales y las cargas orgánicas de ambos rubros. Finalmente, la estimación de la Demanda Bioquímica de Oxígeno del nuevo afluente resultante se calcula como la razón entre la sumatoria de las cargas orgánicas y el caudal total.

De acuerdo con los resultados obtenidos, el digestato líquido causaría un incremento del 160% en la Demanda Bioquímica de Oxígeno del afluente de las plantas de tratamiento de aguas residuales con que cuentan las tiendas. De acuerdo con los datos de diseño de los sistemas de tratamiento, las plantas de tratamiento de aguas residuales están en capacidad de tratar un caudal promedio diario de 40,000 litros con una Demanda Bioquímica de Oxígeno de 750 mg/litro, de ahí que la carga orgánica que generaría la implementación del proyecto sobrepasaría su capacidad de diseño, no así su caudal promedio. Con el fin de evitar la desestabilización de los sistemas de tratamiento y la caída en eventuales incumplimientos de los límites máximos permisibles vigentes, la Cadena de Supermercados debe evaluar las dimensiones y las etapas del tren de tratamiento de los sistemas y valorar posibles cambios mediante la contratación de un proveedor especializado.

El segundo escenario consiste en vender el digestato líquido a un proveedor especializado para ser utilizado como biofertilizante. Para ello debe acondicionarse un área para instalar un tanque para recolectar el digestato que cuente con la infraestructura civil y electromecánica adecuadas. Dado que las unidades de negocio se encuentran actualmente en operación, se recomienda valorar la situación particular de cada una de ellas y determinar si se debe construir un tanque subterráneo o bien adquirir un tanque plástico de uso industrial, construir una loza de concreto para instalarlo y construir un cárcamo de bombeo a la salida del digestor eléctrico para trasegar el digestato hacia el tanque. El proveedor especializado recolectará el digestato líquido mediante un camión cisterna o pipa. Esta segunda opción

garantiza que no se tendrá una afectación a las plantas de tratamiento de aguas residuales por el vertido del digestato y se podrá recibir un ingreso por la venta del subproducto.

4.5.5 Factibilidad económica

El servicio de recolección, transporte y disposición final de los residuos ordinarios generados actualmente por las unidades de negocio del formato Supercenter de la Cadena de Supermercados está a cargo de una empresa privada registrada como gestor autorizado en el Ministerio de Salud.

El servicio consta de las siguientes actividades:

- Alquiler de un equipo contenedor y compactador de los residuos.
- Recolección semanal y transporte de los residuos, para lo cual se utilizan vehículos que cuenten con las autorizaciones respectivas y sean de uso exclusivo para tal fin.
- Disposición final de los residuos en un vertedero o relleno sanitario que cumpla con las regulaciones vigentes aplicables en el país.

Como consecuencia de tratar los residuos sólidos orgánicos aprovechables generados por las tiendas mediante el Biodigestor eléctrico, es posible lograr una reducción de los costos asociados al servicio actual relacionados con la logística del transporte y evitando disponer de ellos en los vertederos.

Para el análisis costo beneficio del presente proyecto se utiliza los indicadores de la Tasa Interna de Retorno (TIR) y el Valor Actual Neto (VAN), para lo cual se obtiene el flujo de caja correspondiente. Mediante este análisis se busca evaluar la propuesta de utilizar el Biodigestor eléctrico y determinar si se justifica o no desde el punto de vista financiero la realización del mismo.

De acuerdo con la Guía PMBOK la tasa interna de retorno “es el rendimiento anual proyectado de una inversión en un proyecto, incorporando los costos iniciales y continuos en

una tasa de crecimiento porcentual estimada que se espera que tenga un proyecto determinado” (PMI, 2021, p.175).

Por otra parte, el Valor Actual Neto se define como “el valor a futuro de los beneficios previstos, expresado en el valor que esos beneficios tienen en el momento de la inversión (PMI, 2021, p.175).

Para efectos del presente proyecto, se analiza la factibilidad de utilizar el equipo en una unidad de negocio y se define un plazo de evaluación o vida útil del proyecto de 10 años, basado principalmente en la vida útil de los equipos de tratamiento de residuos.

Para llevar a cabo el análisis se manejaron dos escenarios. En el primer caso, el digestato líquido subproducto del proceso es vertido en las plantas de tratamiento de aguas residuales con que cuentan las unidades de negocio. Para el segundo caso, se analiza la factibilidad del proyecto contemplando la venta del subproducto a un proveedor especializado.

4.5.5.1 Escenario 1: vertido del digestato líquido a las plantas de tratamiento

El primer componente consiste en definir el monto de las inversiones que son necesarias llevar a cabo, las cuales se refieren a la compra del equipo Biodigestor eléctrico y a la construcción del área requerida para ubicar y operar dicho equipo, las cuales se llevaran a cabo en el año 0.

En la Tabla 18 se presenta el monto estimado de las inversiones requeridas, así como la vida útil de las mismas con base en las referencias proporcionadas por el Departamento Financiero de la Cadena de Supermercados.

Tabla 18*Escenario 1 Inversiones del proyecto*

Inversiones	Monto (colones)	Vida Útil (años)
Equipo Biodigestor eléctrico	17,537,500	10
Obras Civiles	5,000,000	20
Total	22,537,500	

Nota: La Tabla 18 muestra las inversiones requeridas para la realización del proyecto. Autoría propia.

El costo del equipo se calcula con base en el monto proporcionado por el proveedor que ofrece la venta del equipo y para las obras civiles requeridas para ubicar el equipo se utiliza como referencia el dato proporcionado por el Departamento de Mantenimiento. La depreciación de los activos se estimó por el método lineal, es decir, un monto fijo para cada uno de los períodos.

Tal y como se mencionó anteriormente, los beneficios económicos del presente proyecto se encuentran en la reducción de la cantidad de recolecciones mensuales programadas por las tiendas y ejecutadas por el gestor autorizado contratado para tal fin, así como en el gasto que se evita al dejar de disponer los residuos en los vertederos.

De acuerdo con los resultados del proceso de manejo de merma que se analizaron en un apartado previo, las unidades de negocio del formato Supercenter que operan en Costa Rica, generan una cantidad total mensual de residuos por tienda de 16.8 Ton, de las cuales 9.8 Ton corresponden a los residuos sólidos orgánicos aprovechables.

Los montos actuales por el servicio de recolección, transporte y disposición final de residuos se presentan en la Tabla 19.

Tabla 19

Costos del servicio de recolección, transporte y disposición final de residuos

Rubro	Monto (colones)
Costo del transporte	₡52,000/visita
Disposición del residuo	₡12,100/Ton

Nota: La Tabla 19 muestra los costos del servicio de manejo de residuos. Autoría propia con base en los datos suministrados por el Departamento de Compras.

Se estima que la cantidad de recolecciones al mes se reduciría en dos del total de cuatro programadas. La cantidad de residuos que se estarían desviando de los rellenos sanitarios se estima en 118 Ton/año para el primer año y aumentarían a razón de 5% por año por efecto del aumento de las ventas de las unidades de negocio. Al cabo del período de evaluación de 10 años, los beneficios económicos por el ahorro en los gastos ascenderían a un total de ₡30,377.838.

El detalle de los beneficios económicos del proyecto se presenta en la Figura 27.

Figura 27

Escenario 1 Beneficios económicos del proyecto

Rubro	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5	Año 6	Año 7	Año 8	Año 9	Año 10
Costo del transporte	1,248.0	1,248.0	1,248.0	1,248.0	1,248.0	1,248.0	1,248.0	1,248.0	1,248.0	1,248.0
Disposición del residuo	1,423.0	1,494.1	1,568.8	1,647.2	1,729.6	1,816.1	1,906.9	2,002.3	2,102.4	2,207.5
Total	2,671.0	2,742.1	2,816.8	2,895.2	2,977.6	3,064.1	3,154.9	3,250.3	3,350.4	3,455.5

Nota: La Figura 27 muestra los beneficios económicos del proyecto en miles de colones durante el plazo de evaluación. Autoría propia.

En cuanto a los gastos necesarios para la operación del proyecto, se requiere tomar en cuenta en primer lugar el suministro anual de las baterías que deben dosificarse al equipo, así como el mantenimiento preventivo por parte de un proveedor especializado, que de acuerdo con los datos suministrados por el proveedor que ofrece la venta del equipo, los montos por ambos rubros son de \$2,000/año y \$1,000/año respectivamente.

En segundo lugar, se deben tomar en cuenta los gastos por el concepto de consumo eléctrico y de agua potable requeridos para la operación del equipo. De acuerdo con los datos de la Autoridad Reguladora de los Servicios Públicos, el costo por consumo eléctrico correspondiente a las unidades de negocio es de ¢118.75/kwh (Autoridad Reguladora de los Servicios Públicos, Tarifas Vigentes, [ARESEP], 2023). Se estima que el equipo operará por un período de 4 horas/día y registrará un consumo de 4.8 kwh/día, de ahí que el costo anual por este rubro equivale a ¢205,200/año.

Conforme a los datos suministrados por el proveedor que ofrece la venta del equipo, el consumo de agua potable se presenta en una razón de 1.2 litros por kilogramo de residuo procesado. De acuerdo con los datos de la ARESEP, la tarifa que corresponde a las unidades de negocio es de ¢1,864/m³ (ARESEP, 2023). El costo anual por este rubro variará en función de la cantidad de residuos procesados.

En tercer lugar, se deben considerar los costos por el concepto del tiempo utilizado por el personero que debe velar por la correcta operación del equipo en cada una de las unidades de negocio. Para ello se propone hacer una redistribución de labores de uno de los empleados de la tienda y asignarle este proceso. El salario base reportado por el Ministerio de Trabajo y Seguridad Social de un personero con el perfil requerido es de ¢324,560/mes (Ministerio de Trabajo y Seguridad Social, Lista de Salarios, [MTSS], 2023) y se estima que debe dedicar un total de 2 horas/día, de ahí que el costo anual respectivo equivale a ¢1,124,342/año.

En la Figura 28 se presentan los costos del proyecto.

Figura 28*Escenario 1 Costos del proyecto*

Rubro	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5	Año 6	Año 7	Año 8	Año 9	Año 10
Electricidad	205.2	205.2	205.2	205.2	205.2	205.2	205.2	205.2	205.2	205.2
Agua	263.0	276.2	290.0	304.5	319.7	335.7	352.5	370.1	388.6	408.1
Salario Empleado	1,124.3	1,124.3	1,124.3	1,124.3	1,124.3	1,124.3	1,124.3	1,124.3	1,124.3	1,124.3
Insumos	1,150.0	1,150.0	1,150.0	1,150.0	1,150.0	1,150.0	1,150.0	1,150.0	1,150.0	1,150.0
Mantenimiento	575.0	575.0	575.0	575.0	575.0	575.0	575.0	575.0	575.0	575.0
Gasto Total	3,317.6	3,330.7	3,344.6	3,359.0	3,374.3	3,390.3	3,407.0	3,424.7	3,443.2	3,462.6

Nota: La Figura 28 muestra los costos del proyecto en miles de colones. Autoría propia.

Tal y como se muestra en la Figura 29, el flujo neto a partir del primer año indica que los ahorros proyectados por la implementación del proyecto no cubren los gastos en que se estaría incurriendo, lo que sugiere que el proyecto no es viable financieramente. La relación Costo-Beneficio, con una Tasa de Rendimiento de Capital Propio del 8.89% (Morera et al, 2019) determinó que el proyecto en principio debería ser rechazado.

Figura 29*Escenario 1 Flujo de caja del proyecto*

	Períodos											
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
Inversión inicial	- 22,537,500											
Activos Fijos	- 22,537,500											
Activos Intangibles	-											
Capital de Trabajo	-											
Ingresos		2,670,960	2,742,108	2,816,813	2,895,254	2,977,617	3,064,098	3,154,902	3,250,248	3,350,360	3,455,478	
Costos Totales		- 3,317,589	- 3,330,742	- 3,344,552	- 3,359,052	- 3,374,278	- 3,390,265	- 3,407,051	- 3,424,676	- 3,443,183	- 3,462,615	
Comisión		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
Costos variables		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
Costos Fijos		- 3,317,589	- 3,330,742	- 3,344,552	- 3,359,052	- 3,374,278	- 3,390,265	- 3,407,051	- 3,424,676	- 3,443,183	- 3,462,615	
Depreciación		- 2,003,750	- 2,003,750	- 2,003,750	- 2,003,750	- 2,003,750	- 2,003,750	- 2,003,750	- 2,003,750	- 2,003,750	- 2,003,750	
Utilidad antes de Impuestos		- 2,650,379	- 2,592,384	- 2,531,488	- 2,467,548	- 2,400,411	- 2,329,917	- 2,255,898	- 2,178,179	- 2,096,573	- 2,010,887	
Impuestos		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
Utilidad		- 2,650,379	- 2,592,384	- 2,531,488	- 2,467,548	- 2,400,411	- 2,329,917	- 2,255,898	- 2,178,179	- 2,096,573	- 2,010,887	
Depreciación		2,003,750	2,003,750	2,003,750	2,003,750	2,003,750	2,003,750	2,003,750	2,003,750	2,003,750	2,003,750	
Valor Residual											2,500,000	
Flujo Efectivo Neto	- 22,537,500	- 646,629	- 588,634	- 527,738	- 463,798	- 396,661	- 326,167	- 252,148	- 174,429	- 92,823	2,492,863	

Nota: La Figura 29 resume el flujo de caja del proyecto en colones. Autoría propia.

Los principales indicadores financieros del proyecto se presentan en la Tabla 20.

Tabla 20

Escenario 1 Indicadores financieros del proyecto

Rubro	Resultado
Descuento flujo	₡ -1,490,288
Inversión Inicial	₡ -22,537,500
Valor Actual Neto (VAN)	₡ -24,027,788
Tasa Interna de Retorno (TIR)	-23%

Nota: La Tabla 20 muestra los indicadores financieros del proyecto. Autoría propia.

Aunque estos indicadores propongan que el proyecto no es rentable y que los ahorros que se reportan no pagan la inversión que se requiere, no necesariamente implica que el proyecto no puede realizarse, ya que este aspecto puede ser compensado por el resto de los beneficios que presenta el proyecto desde el punto de vista social y ambiental para la Cadena de Supermercados.

4.5.5.2 Escenario 2: venta del digestato líquido a un proveedor especializado

Para el segundo escenario en análisis, debe sumarse a las inversiones que son necesarias llevar a cabo la construcción o instalación del tanque para recolectar el digestato. Para efectos del presente análisis se selecciona la opción de construir un tanque subterráneo, que incluya la instalación mecánica y eléctrica requerida. De acuerdo con la referencia proporcionada por el Departamento de Mantenimiento, estos trabajos ascienden a un monto de ₡9,800,000. Utilizando la misma referencia que en el primer escenario, la vida útil de esta

inversión es de 10 años y al igual que las anteriores, la depreciación se llevó a cabo mediante el método lineal.

En la Tabla 21 se presenta el monto estimado de las inversiones requeridas.

Tabla 21

Escenario 2 Inversiones del proyecto

Inversiones	Monto (colones)	Vida Útil (años)
Equipo Biodigestor eléctrico	17,537,500	10
Obras Civiles	5,000,000	20
Tanque almacenamiento	9,800,000	10
Total	32,337,500	

Nota: La Tabla 21 muestra las inversiones requeridas para la realización del proyecto. Autoría propia.

El factor determinante de este segundo escenario lo constituye la posibilidad que tiene la empresa de vender el digestato líquido resultante del proceso a un proveedor especializado para ser utilizado como biofertilizante, de ahí que este rubro se suma a los beneficios económicos del proyecto. De acuerdo con la referencia proporcionada por el Departamento de Desarrollo de Productos, el costo de este subproducto en el país es de ₡100/litro.

El detalle de los beneficios económicos del proyecto se presenta en la Figura 30.

Figura 30*Escenario 2 Beneficios económicos del proyecto*

Rubro	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5	Año 6	Año 7	Año 8	Año 9	Año 10
Costo del transporte	1,248.0	1,248.0	1,248.0	1,248.0	1,248.0	1,248.0	1,248.0	1,248.0	1,248.0	1,248.0
Disposición del residuo	1,423.0	1,494.1	1,568.8	1,647.2	1,729.6	1,816.1	1,906.9	2,002.3	2,102.4	2,207.5
Venta digestato	14,112.0	14,817.6	15,558.5	16,336.4	17,153.2	18,010.9	18,911.4	19,857.0	20,849.9	21,892.3
Total	16,783.0	17,559.7	18,375.3	19,231.7	20,130.8	21,075.0	22,066.3	23,107.2	24,200.2	25,347.8

Nota: La Figura 30 muestra los beneficios económicos del proyecto en miles de colones durante el plazo de evaluación. Autoría propia.

En cuanto a los gastos necesarios para la operación del proyecto, se mantienen los mismos rubros y montos que se contemplaron en el Escenario 1.

Tal y como se muestra en la Figura 31, el flujo neto a partir del primer año indica que los beneficios económicos por la implementación del proyecto son muy positivos y se cubren los gastos en que se estaría incurriendo. La relación Costo-Beneficio, con una Tasa de Rendimiento de Capital Propio del 8.89% (Morera et al, 2019) determinó que el proyecto es viable y no debería ser rechazado.

Figura 31*Escenario 2 Flujo de caja del proyecto*

	Períodos											
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
Inversión inicial	-32,337,500											
Activos Fijos	-32,337,500											
Activos Intangibles	-											
Capital de Trabajo	-											
Ingresos		16,782,960	17,559,708	18,375,293	19,231,658	20,130,841	21,074,983	22,066,332	23,107,249	24,200,211	25,347,822	
Costos Totales		- 3,317,589	- 3,330,742	- 3,344,552	- 3,359,052	- 3,374,278	- 3,390,265	- 3,407,051	- 3,424,676	- 3,443,183	- 3,462,615	
Comisión		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
Costos variables		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
Costos Fijos		- 3,317,589	- 3,330,742	- 3,344,552	- 3,359,052	- 3,374,278	- 3,390,265	- 3,407,051	- 3,424,676	- 3,443,183	- 3,462,615	
Depreciación		-2,983,750	-2,983,750	-2,983,750	-2,983,750	-2,983,750	-2,983,750	-2,983,750	-2,983,750	-2,983,750	-2,983,750	
Utilidad antes de Impuestos		10,481,621	11,245,216	12,046,992	12,888,856	13,772,813	14,700,968	15,675,531	16,698,822	17,773,278	18,901,457	
Impuestos		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
Utilidad		10,481,621	11,245,216	12,046,992	12,888,856	13,772,813	14,700,968	15,675,531	16,698,822	17,773,278	18,901,457	
Depreciación		2,983,750	2,983,750	2,983,750	2,983,750	2,983,750	2,983,750	2,983,750	2,983,750	2,983,750	2,983,750	
Valor Residual											2,500,000	
Flujo Efectivo Neto	- 32,337,500	13,465,371	14,228,966	15,030,742	15,872,606	16,756,563	17,684,718	18,659,281	19,682,572	20,757,028	24,385,207	

Nota: La Figura 31 resume el flujo de caja del proyecto en colones. Autoría propia.

Los principales indicadores financieros del segundo escenario se presentan en la Tabla 22.

Tabla 22

Escenario 2 Indicadores financieros del proyecto

Rubro	Resultado
Descuento flujo	₡ 109,140,122
Inversión Inicial	₡ -32,337,500
Valor Actual Neto (VAN)	₡ 76,802,622
Tasa Interna de Retorno (TIR)	46%

Nota: La Tabla 22 muestra los indicadores financieros del proyecto. Autoría propia.

5 Conclusiones

1. La investigación revela que las 14 tiendas del formato Supercenter de la Cadena de Supermercados en Costa Rica generan una considerable cantidad mensual promedio de 615.7 toneladas de residuos sólidos, con un significativo 37.4% de estos residuos destinado a los rellenos sanitarios o vertederos de las comunidades donde operan, lo que lo convierte en un componente muy importante de su programa de gestión ambiental y del impacto en el suelo, agua y aire que genera la operación de las unidades de negocio en las diferentes comunidades, lo que subraya a su vez la necesidad de implementar estrategias alternativas, proactivas y más amigables con el medio ambiente en su gestión de residuos que permitan su reducción y desvío de los vertederos.
2. Actualmente la empresa registra un desvío de los rellenos sanitarios de los residuos sólidos que genera equivalente al 62.6%, de los cuales el programa de reciclaje implementado por las unidades de negocio desempeña un papel crucial, con una contribución significativa del 49.7%, superando considerablemente los aportes del programa de donaciones de alimentos y bienes (12.0%) y la generación de residuos de manejo especial (0.8%). La magnitud de su impacto resalta la importancia de fortalecer y expandir estas iniciativas de reciclaje y los beneficios que ofrece a la empresa, como parte integral de una estrategia más amplia de gestión sostenible de residuos.
3. Los principales departamentos generadores de residuos sólidos orgánicos y que representan conjuntamente el 58.2% de la merma total producida por las unidades de negocio y que se dispone finalmente en los rellenos sanitarios o vertederos, son los de Cafetería y Rostizado, junto con el de Frutas y Vegetales. A este aspecto se suma el hecho de que el 74.9% de las causas de la merma generada está asociada a problemas de calidad. Es por ello que estos departamentos representan los puntos clave para

implementar estrategias específicas de reducción y gestión de los residuos sólidos aprovechables por métodos alternativos. Enfocar los esfuerzos en estas áreas de las tiendas no solo contribuirá a alcanzar las metas de la empresa, sino que también desempeñará un papel crucial en la mitigación del impacto ambiental asociado con la generación de residuos.

4. Con base en los resultados obtenidos en el análisis multicriterio llevado a cabo, la alternativa de tratamiento de los residuos sólidos orgánicos aprovechables, generados por las unidades de negocio del formato Supercenter de la Cadena de Supermercados, más adecuada entre las alternativas disponibles actualmente es el Biodigestor eléctrico. Con su implementación se contribuye a aumentar el porcentaje de desvío de los residuos generados por las tiendas de los rellenos sanitarios a un porcentaje de 85% aproximadamente, con lo que la Cadena de Supermercados estaría muy cerca de lograr su meta de un 90% de desvío.
5. El manejo y tratamiento de los residuos sólidos orgánicos aprovechables por medio del Biodigestor eléctrico constituye un proyecto muy atractivo para la Cadena de Supermercados, ya que, entre otros beneficios, el proyecto es rentable, siempre y cuando el digestato líquido subproducto del tratamiento de los residuos orgánicos en el biodigestor se venda a un proveedor especializado como biofertilizante, no cuenta con impedimentos o restricciones legales que lo impacten negativamente y ayuda a reducir el volumen de los residuos que se envían a los vertederos, permitiendo reducir la cantidad de gases de efecto invernadero asociados a su gestión en los rellenos sanitarios.

6 Recomendaciones

1. Se recomienda al Departamento de Protección de Activos reforzar el programa de reducción de la merma generada en las unidades de negocio, mediante el análisis de la causa raíz de la merma en cada uno de los departamentos, con lo que se disminuiría la cantidad de residuos sólidos que generan las tiendas, logrando una reducción del impacto ambiental y las pérdidas económicas para la empresa.
2. Es importante que la Cadena de Supermercados valore aumentar la cartera de los productos que forman parte de su programa de donaciones, caso por ejemplo de los productos lácteos, quesos y embutidos, frutas y vegetales y aparatos electrónicos, con lo que no sólo se estaría aumentando el porcentaje de desvío de sus residuos a los rellenos sanitarios, sino que también se aumentarían la cantidad de beneficiarios de sus programas de responsabilidad social y empresarial.
3. Se recomienda a los encargados del programa de manejo de residuos implementar los procedimientos y controles para cuantificar la cantidad de residuos generada en los programas faltantes, caso del programa de recolección y disposición final de los activos en desuso de los procesos de remodelaciones y mantenimiento preventivo, lo que mejoraría el monitoreo y control de cada uno de los programas, permitiría sumar los indicadores de estos programas al porcentaje de desvío a los rellenos sanitarios e implementar estrategias para reducir la generación de los mismos.
4. A pesar de que la Cadena de Supermercados dispone de registros de inventarios, software y personal capacitado y dedicado al monitoreo de la merma y de sus principales causas, es importante que el Departamento de Productividad amplie el análisis de los datos a un nivel de más detalle, que incluya información por proveedor, marca, región, entre otros, con el fin de poder mejorar la calidad de la información para

determinar la causa raíz de la merma, enfocar los esfuerzos de los equipos de trabajo y definir de forma adecuada los planes de acciones correctivas.

5. La Cadena de Supermercados debe reforzar sus programas de capacitación y comunicación con el fin de lograr la integración y participación de sus empleados en el desarrollo de los programas de reducción de merma, donaciones, reciclaje, separación y aprovechamiento de los residuos orgánicos, con lo cual se lograría aumentar la motivación de los empleados, promover una cultura de compromiso y contribuir al éxito a largo plazo.
6. Se recomienda a los encargados del programa de manejo de residuos hacer un taller participativo con los principales encargados de la gestión de residuos sólidos de las unidades de negocio, con el fin de que cada participante, de forma individual, asigne una calificación a cada uno de los criterios de evaluación que se utilizaron en el análisis multicriterio llevado a cabo para determinar la alternativa de tratamiento más adecuada de los residuos sólidos orgánicos y se comparen los resultados de cada uno con el resultado obtenido en el presente proyecto, de forma que se pueda generar un consenso de las calificaciones finales de manera grupal y se enriquezca el análisis llevado a cabo.
7. Con el fin de ampliar el alcance de la evaluación del efecto del digestato líquido subproducto del proceso de tratamiento de los residuos sólidos orgánicos mediante el Biodigestor eléctrico en la operación de las plantas de tratamiento de aguas residuales con que cuentan actualmente las unidades de negocio, se recomienda al equipo a cargo del programa de manejo de residuos incluir el análisis de los resultados correspondientes a otros parámetros de vertido, caso de los eventuales efectos en las concentraciones de nitrógeno, fósforo y grasas y aceites, de forma que se determinen las eventuales mejoras que requerirán los sistemas en su flujo de tratamiento.

8. Se recomienda a los encargados del programa de manejo de residuos incluir en la evaluación de la factibilidad económica el costo de las eventuales mejoras que requerirán los sistemas de tratamiento de aguas residuales de las unidades de negocio, de forma que se analice el efecto del total de la inversión requerida y se proporcione a los tomadores de decisión de la empresa la información más completa posible antes de decidir o no llevar a cabo el proyecto.
9. El Departamento de Compras debe negociar con el proveedor el costo por volumen del equipo Biodigestor eléctrico o bien solicitarle otras formas de pago como la implementación de un modelo de renta, de forma que se mejoren los costos de inversión y operación del proyecto y se logre una mejor rentabilidad.
10. En vista del aumento en la cantidad de residuos sólidos que generan sus unidades de negocio y conforme a la meta de aumentar el porcentaje de desvío de dichos residuos de los rellenos sanitarios o vertederos, la Cadena de Supermercados debe buscar alianzas estratégicas con otras organizaciones que permitan una reducción de los costos asociados al proyecto, le permita escalarlo a otros formatos de la empresa y que beneficien a todas las partes desde el punto de vista económico, social y ambiental.

7 Validación del trabajo en el campo del desarrollo regenerativo y/o sostenible

El Desarrollo Sostenible se define “como el desarrollo capaz de satisfacer las necesidades del presente sin comprometer la capacidad de las futuras generaciones para satisfacer sus propias necesidades” (Naciones Unidas, Qué es el desarrollo sostenible [Naciones Unidas], s.f.). Para alcanzar el desarrollo sostenible, es fundamental armonizar tres elementos básicos: el crecimiento económico, la inclusión social y la protección del medio ambiente. Estos elementos están interrelacionados y son todos esenciales para el bienestar de las personas y las sociedades.

La aspiración global para alcanzar el desarrollo sostenible se plasma en la Agenda 2030, donde se establecen los 17 Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS), los cuales se operativizan en 169 metas y 244 indicadores (Naciones Unidas, 2022).

Los Objetivos de Desarrollo Sostenible son un conjunto de medidas globales que fueron adoptadas por los líderes mundiales con el fin de erradicar la pobreza, proteger el planeta y asegurar la prosperidad para todos y las futuras generaciones (Naciones Unidas, s.f.). El cumplimiento de la agenda se basa en las políticas, planes y programas que establezcan cada uno de los países miembros de la ONU y deben ser impulsados y dirigidos por estos, ya sea que requieran de financiación y la movilización de recursos. Los objetivos y sus metas se supervisan mediante un conjunto de indicadores mundiales que consolidan los indicadores nacionales elaborados por los distintos gobiernos y que estos a su vez plasman en el respectivo informe anual sobre el progreso en el cumplimiento.

El Desarrollo Sostenible es esencial en la gestión de proyectos, no sólo por el hecho de que contribuye a la protección del medio ambiente, sino porque también puede tener beneficios económicos, sociales y reputacionales. Dicho de otra forma, para que un proyecto sea exitoso, debe evaluarse en función del logro positivo de sus objetivos, relacionados con los pilares económico, social y ambiental.

El Desarrollo Regenerativo se enfoca en que las actividades que realizamos, además de no tener impactos negativos, logren regenerar los sistemas naturales y sociales que el desarrollo insostenible ha realizado (Müller, 2016), en otras palabras, va más allá de la mera preservación o conservación del medio ambiente.

De acuerdo Müller (2016), el desarrollo regenerativo se basa en los siguientes seis pilares:

- Ecológico: la regeneración de los ecosistemas, naturales y productivos, debe ser la mayor prioridad.
- Social: regenerar sociedades funcionales, equitativas, participativas y activas, no enfocadas al consumo suntuoso, despilfarro y la elevada dependencia energética y de recursos no renovables.
- Económico: se debe buscar una economía justa e incluyente que brinde un beneficio equitativo, cuyos indicadores sean el bienestar y felicidad de la civilización.
- Político: fomentar democracias participativas plenas, promoviendo la transparencia y la ética.
- Cultural: se debe potenciar el conocimiento para la construcción de mejor futuro adaptado a lo local mediante el rescate de la diversidad cultural.
- Espiritual: se requiere impulsar una sociedad del cuidado que genere un proceso transformacional para la civilización actual.

Estos pilares deben tratarse de manera holística, no de forma aislada, y deben coevolucionar de forma permanente, lo que requiere a su vez de un monitoreo continuo de los avances para realizar ajustes permanentes (Müller, 2016).

Al igual que el desarrollo sostenible, el desarrollo regenerativo es muy importante en la gestión de los proyectos porque va más allá que la sostenibilidad convencional y busca la

revitalización y el bienestar a largo plazo de la comunidad y el medio ambiente, promueve la generación de valor compartido y aborda los desafíos ambientales y sociales actuales.

En los siguientes apartados se explica la relación e impacto de la ejecución del proyecto y sus entregables con los objetivos de desarrollo sostenible y con el desarrollo regenerativo.

7.1 Relación del proyecto con los objetivos de Desarrollo Sostenible

A continuación, se describe la relación del presente proyecto final de graduación con cada uno de los diecisiete Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS).

- Fin de la Pobreza (ODS 1): poner fin a la pobreza en todas sus formas en todo el mundo

La implementación de una alternativa más adecuada para el manejo de los residuos orgánicos generados por las unidades de negocio de la Cadena de Supermercados abrirá la oportunidad de nuevos puestos de trabajo en cada una de las comunidades donde operan, lo que permitirá a este nuevo personal satisfacer sus necesidades económicas básicas y las de sus familias.

- Hambre Cero (ODS 2): poner fin al hambre, lograr la seguridad alimentaria y la mejora de la nutrición y promover la agricultura sostenible

El proyecto contribuye a poner fin al hambre no sólo porque permite generar ingresos económicos a los nuevos colaboradores requeridos para los nuevos procesos en cada una de las comunidades donde operan las tiendas, sino porque también contribuye a reducir el impacto de las causas relacionadas con el cambio climático, que a su vez son causantes de la mala calidad de las cosechas y los ciclos de producción. Por otro lado, el abono orgánico resultante de la nueva gestión de los residuos orgánicos puede ser utilizado para mejorar la calidad de los suelos y promover la agricultura sostenible.

- Salud y Bienestar (ODS 3): garantizar una vida sana y promover el bienestar para todos en todas las edades

El presente proyecto contribuye a reducir la cantidad de residuos enviados por las unidades de negocio a los vertederos, de ahí que en consecuencia ayuda a reducir la contaminación por una mala gestión de los residuos de las aguas superficiales y subterráneas, que son fuentes comunes para la obtención de agua potable. Por otro lado, el proyecto garantiza una gestión adecuada de los residuos, con lo que se reduce la afectación a la salud humana producto de la atracción de plagas y la propagación de enfermedades.

- Educación de Calidad (ODS 4): garantizar una educación inclusiva, equitativa y de calidad y promover oportunidades de aprendizaje durante toda la vida para todos

La gestión adecuada de los residuos generados por las unidades de negocio implica la implementación de buenas prácticas operativas como la separación de los residuos en la fuente y el tratamiento, por lo que el proyecto requiere capacitar al personal de las tiendas en estas prácticas. De igual forma, el proyecto representa una oportunidad para concientizar sobre la adecuada gestión de los residuos en las diferentes comunidades donde se opera y como pueden contribuir las personas a través de sus acciones diarias, fortaleciendo una cultura de sostenibilidad y responsabilidad ambiental.

- Igualdad de Género (ODS 5): lograr la igualdad entre los géneros y empoderar a todas las mujeres y las niñas

La implementación y gestión del proyecto promueve la participación equitativa mediante la contratación de personal femenino para los nuevos puestos de trabajo en cada una de las comunidades donde operan las unidades de negocio, gracias a lo cual se garantiza un acceso igualitario a las oportunidades económicas. También brinda una oportunidad para que en las mismas comunidades se desarrollen proyectos similares y se promueva el liderazgo femenino.

- Agua limpia y saneamiento (ODS 6): garantizar la disponibilidad de agua y su gestión sostenible y el saneamiento para todos

Una adecuada gestión de los residuos orgánicos generados por las unidades de negocio que permita eliminar o reducir su envío a los vertederos, garantiza la reducción de la contaminación de los cuerpos de agua de las diferentes comunidades al reducir la cantidad de lixiviados que se producen durante la recolección, transporte y disposición final de los mismos, lo que tiene un efecto positivo en los ecosistemas. También se reduce la contaminación por la mala gestión de los residuos y que afecta las fuentes de agua potable, caso por ejemplo de las aguas subterráneas, lo que constituye un riesgo importante a la salud humana.

- Energía asequible y no contaminante (ODS 7): garantizar el acceso a una energía asequible, segura, sostenible y moderna para todos

Al reducir la cantidad de residuos orgánicos que se envían a los vertederos en cada una de las comunidades donde operan las unidades de negocio, se reduce la demanda de energía asociada con la gestión de los vertederos. Por otro lado, la Cadena de Supermercados puede utilizar el proyecto como una plataforma educativa que le permita además concientizar a sus clientes y comunidades vecinas en la importancia de la reducción del consumo energético, el uso de fuentes renovables y en general de la sostenibilidad ambiental que impulsa las metas de la empresa.

- Trabajo decente y crecimiento económico (ODS 8): promover el crecimiento económico sostenido, inclusivo y sostenible, el empleo pleno y productivo y el trabajo decente para todos

El proyecto promueve la contratación de mano de obra local para llevar a cabo las labores de clasificación y tratamiento de los residuos orgánicos en las unidades de negocio. De igual forma, ofrece una oportunidad a los proveedores de servicio especializados en el tratamiento de estos residuos de ampliar sus operaciones, así como estimular su

emprendimiento e innovación. De esta forma se contribuye a reducir las tasas de desempleo, mejorar las condiciones laborales y promover el desarrollo económico local.

- Industria, innovación e infraestructura (ODS 9): construir infraestructuras resilientes, promover la industrialización inclusiva y sostenible y fomentar la innovación

El proyecto busca la innovación y el uso de la tecnología para el adecuado manejo de los residuos orgánicos generados por las unidades de negocio de la Cadena de Supermercados. Por otra parte, se busca la participación de proveedores locales, lo que fomenta la industrialización inclusiva. Finalmente, el abono orgánico resultante puede utilizarse como mejorador de suelos, con lo que se fomenta la creación de cadenas de valor y la sostenibilidad de la alternativa más adecuada en el marco del proyecto.

- Reducción de las desigualdades (ODS 10): reducir la desigualdad en y entre los países

La implementación de una alternativa de manejo de los residuos orgánicos generados en las unidades de negocio puede generar empleo en las comunidades donde operan, proporcionando oportunidades laborales para las personas en situaciones vulnerables o con bajos ingresos. Esto contribuye a la reducción de las desigualdades económicas al mejorar el acceso al empleo. Uno de los principales beneficios del proyecto consiste en reducir la contaminación ambiental, lo que beneficia a todas las comunidades al mejorar la calidad del aire, del suelo y el agua, lo que a su vez contribuye a reducir la desigualdad en salud.

- Ciudades y comunidades sostenibles (ODS 11): lograr que las ciudades y los asentamientos humanos sean inclusivos, seguros, resilientes y sostenibles

La implementación del proyecto representa un componente clave en la gestión integral y sostenible de la Cadena de Supermercados, ya que ayuda a reducir la cantidad de residuos que se envían a los vertederos y permite reducir la sobrecarga de los servicios de recolección y tratamiento de los residuos sólidos en las diferentes comunidades donde operan las unidades de negocio. El manejo adecuado de los residuos sólidos orgánicos reduce la contaminación en

las áreas urbanas, lo que contribuye a la creación de entornos urbanos más limpios y saludables.

- Producción y consumo responsables (ODS 12): garantizar modalidades de consumo y producción sostenibles

El abono orgánico producto del tratamiento de los residuos orgánicos valorizables constituye un recurso valioso que permite enriquecer el suelo y reducir la necesidad de fertilizantes químicos, lo que promueve a su vez un uso más eficiente de los recursos naturales. El proyecto contribuye a reducir la cantidad de residuos generados por las unidades de negocio y por tanto busca una producción responsable. En última instancia, el proyecto contribuye a concientizar al personal en el adecuado manejo de los residuos generados y en sus causas, lo que contribuye a reducir el desperdicio y merma dentro de las operaciones de cada uno de los departamentos de las tiendas al tener personal capacitado y enfocado en las buenas prácticas operativas.

- Acción por el clima (ODS 13): Adoptar medidas urgentes para combatir el cambio climático y sus efectos

Uno de los beneficios más importantes del proyecto lo constituye la reducción de los gases de efecto invernadero por la reducción de la cantidad de residuos dispuestos por las unidades de negocio en los vertederos, debido a que la gestión inadecuada de los residuos genera emisiones significativas de metano, de ahí que la implementación de una alternativa más adecuada para el manejo de estos residuos contribuye a la mitigación del cambio climático. El proyecto se ajusta al principio de economía circular, que busca reducir el desperdicio, lo que es esencial en la lucha contra el cambio climático y en la reducción de la huella de carbono en las comunidades donde operan las tiendas.

- Vida submarina (ODS 14): conservar y utilizar en forma sostenible los océanos, los mares y los recursos marinos para el desarrollo sostenible

La gestión adecuada de los residuos sólidos orgánicos que busca el presente proyecto final de graduación contribuye a reducir la contaminación de los océanos y mares, ya que evita que estos residuos lleguen al agua y se descompongan, liberando sustancias nocivas. El proyecto contribuye a preservar las áreas costeras, ya que la acumulación de los residuos sólidos puede degradar hábitats marinos como los manglares y arrecifes.

- Vida de ecosistemas terrestres (ODS 15): proteger, restablecer y promover el uso sostenible de los ecosistemas terrestres, gestionar los bosques de forma sostenible, luchar contra la desertificación, detener e invertir la degradación de las tierras y poner freno a la pérdida de la diversidad biológica

El adecuado manejo de los residuos sólidos orgánicos contribuye a reducir la contaminación del suelo, agua y aire que se produce por la liberación de lixiviados en los vertederos, lo que es fundamental en la protección de los ecosistemas terrestres y acuáticos. El proyecto también contribuye a reducir la amenaza a la vida silvestre, ya que los animales pueden tratar de consumir residuos que contienen restos o residuos de alimentos.

- Paz, justicia e instituciones sólidas (ODS 16): promover sociedades pacíficas e inclusivas para el desarrollo sostenible, facilitar el acceso a la justicia para todos y crear instituciones eficaces, responsables e inclusivas a todos los niveles

La Cadena de Supermercados busca utilizar el proyecto como una plataforma que le permita concientizar a sus clientes y comunidades vecinas en la importancia del adecuado manejo de los residuos sólidos orgánicos, así como promover la participación comunitaria y el fortalecimiento de las instituciones a cargo del manejo de los residuos. El proyecto busca contribuir a solucionar la problemática de la gestión inadecuada de los residuos y por tanto,

contribuye a reducir los posibles conflictos relacionados con la contaminación en cada una de las comunidades.

- Alianzas para lograr los objetivos (ODS 17): fortalecer los medios de ejecución y revitalizar la Alianza Mundial para el Desarrollo Sostenible

Para la Cadena de Supermercados, la implementación del presente proyecto constituye una oportunidad para lograr sus metas y lograr el compromiso de convertirse en una empresa regenerativa, con lo que busca la participación de sus proveedores de servicio y personal a cargo de las unidades de negocio, así como de las comunidades donde opera. El proyecto constituye una oportunidad para que la empresa transfiera el conocimiento y tecnología a sus socios comerciales y a las instituciones a cargo del manejo de los residuos, que al final se puede traducir en alianzas con estos actores para escalar este proyecto a otras organizaciones y unidades de negocio.

7.2 Análisis del proyecto de acuerdo con el Estándar P5

De acuerdo con el Estándar P5™ de GPM para la Sostenibilidad en la Dirección de Proyectos, el Análisis de Impacto P5 (P5IA) se “utiliza para definir y priorizar los impactos de sostenibilidad” (GPM, 2019, p.39). Con ello se busca mejorar los beneficios esperados del proyecto, aumentar los impactos positivos y reducir los impactos negativos para la sociedad, el medio ambiente y el valor del proyecto, así como contribuir a los objetivos de sostenibilidad de la organización patrocinadora (GPM, 2019).

Este análisis evalúa y considera cinco aspectos clave al analizar el impacto de un proyecto. Estos aspectos son: personas, planeta, prosperidad, producto y procesos. Busca brindar información útil a los tomadores de decisiones, con el fin de poder justificar los cambios en los proyectos de manera social, ambiental y económicamente responsable (GPM, 2019), ya que ofrece un enfoque integral para evaluar las consecuencias de una acción o decisión. Al

considerar estos aspectos, se garantiza que las decisiones sean sostenibles, éticas y responsables.

El Estándar P5 define los siguientes pasos para llevar a cabo este análisis de impacto (GPM, 2019):

- Revisar las descripciones de las categorías, subcategorías y elementos.
- Identificar eventos internos y externos que pueden ocurrir durante el proyecto o durante la vida útil del producto del proyecto para cada uno de los elementos.
- Describir la (s) causa (s) del evento y los posibles impactos de sostenibilidad de cada uno.
- Calificar los impactos en función de la magnitud de su efecto sobre la sostenibilidad.
- Identificar posibles respuestas a cada evento para minimizar el impacto de eventos negativos y maximizar el impacto de eventos positivos.
- Volver a calificar los impactos en base al supuesto de que la respuesta se implementa.

Los criterios para asignar las puntuaciones del antes y después de los diferentes impactos en función de la magnitud de su efecto sobre la sostenibilidad son los siguientes:

- Totalmente de acuerdo: 5
- De acuerdo: 4
- Neutral: 3
- En desacuerdo: 2
- Totalmente en desacuerdo: 1

Por ejemplo, el calificar un impacto con una calificación de 1 significa que este impacto empeorará los resultados del proyecto desde la perspectiva de sostenibilidad, mientras que una calificación de 3 o Neutral significa que no se espera que este impacto tenga algún efecto sobre los resultados del proyecto desde la perspectiva de sostenibilidad.

La Figura 32 muestra los resultados del Análisis de Impacto P5 para el presente proyecto de graduación.

Figura 32

Análisis de Impacto P5

Categoría		Descripción (Causa)	Impacto Potencial	Puntuación de impacto Antes	Respuesta propuesta	Puntuación de Impacto Después	Cambio
Subcategoría	Elemento						
2.1 Impactos del Producto							
2.1.1	Vida útil del producto	Tecnología en constante evolución.	Obsolescencia en términos de eficiencia y capacidad de la alternativa de manejo de residuos en comparación con nuevas tecnologías que surjan en el futuro.	2	Analizar la capacidad de la alternativa de manejo de residuos y su retorno de la inversión en el tiempo establecido.	5	3
2.1.2	Mantenimiento del producto	Falta de proveedores capacitados.	Dificultades en la operación de los equipos y en la calidad de los servicios de mantenimiento.	2	Contrataciones de proveedores que garanticen el conocimiento y el servicio.	5	3
2.2 Impactos de los Procesos (de Gestión de Proyectos)							
2.2.1	Eficacia de los Procesos del Proyecto	Falta de definición de roles y responsabilidades.	Si los roles y responsabilidades no están bien definidos podría haber retrabajos y recursos desperdiciados.	2	Matriz de roles y responsabilidades bien definida.	5	3
2.2.2	Eficiencia de los Procesos del Proyecto	Falta de definición de los tipos de residuos para los que aplican los procesos.	Incumplimiento de los procesos durante la puesta en marcha y ejecución del proyecto.	1	Procedimientos claros y entrenamiento continuo del personal.	5	4
2.2.3	Equidad de los Procesos del Proyecto	Falta de inclusión de interesados clave.	Resistencia o falta de apoyo a lo largo del proyecto.	1	Identificar a los interesados del proyecto y asegurar su participación durante todo el proyecto.	5	4
Promedio de Producto y Proceso				1.6		5.0	3.4

Categoría	Descripción (Causa)	Impacto Potencial	Puntuación de impacto Antes	Respuesta propuesta	Puntuación de Impacto Después	Cambio
Subcategoría						
Elemento						
3 Impactos a las Personas (Sociales)						
3 Prácticas Laborales y Trabajo Decente						
Empleo y 3.1.1 Dotación de Personal	Condiciones de trabajo inadecuadas.	Falta de contratación del personal requerido para el proceso y recarga de funciones en el personal existente.	1	Contratación del personal requerido utilizando las clasificaciones apropiadas. Estudio de cargas de trabajo en el personal existente.	5	4
Relaciones 3.1.2 Laborales/de Gestión	Personal sin compromiso y desmotivado.	Falta de definición del perfil del puesto de trabajo requerido.	1	Contratación del personal con base en las funciones y los derechos legales.	5	4
Salud y 3.1.3 Seguridad del Proyecto	Falta del uso apropiado del equipo de protección personal.	Riesgo a la salud y seguridad del personal.	1	Dotar al personal del equipo de protección personal requerido. Contar con un programa continuo de capacitación y control.	5	4
3.1.4 Educación y Capacitación	Falta de personal capacitado.	Brechas de habilidades y competencias adecuadas para realizar las funciones.	1	Programa de capacitación y entrenamiento a los puestos de trabajo.	5	4
3.1.5 Aprendizaje Organizacional	Falta de participación de los interesados.	Falta de participación de los interesados no permite compartir las lecciones aprendidas de otros proyectos.	1	Incorporar lecciones aprendidas de proyectos pasados.	4	3
3.1.6 Diversidad e Igualdad de Oportunidades	Falta de políticas para asegurar la diversidad e igualdad de oportunidades.	Personal del proyecto puede sufrir discriminación.	1	Políticas y procedimientos claros para asegurar la no discriminación.	5	4
3.1.7 Desarrollo de la Competencia Local	No contratación de proveedores locales.	Falta de apoyo a la economía local al no contratar proveedores locales cuando sea posible.	1	Contratar o desarrollar proveedores locales cuando sea posible.	4	3

Categoría	Descripción (Causa)	Impacto Potencial	Puntuación de impacto Antes	Respuesta propuesta	Puntuación de Impacto Después	Cambio
Subcategoría						
Elemento						
3 Sociedad y Consumidores						
3.2.1 Apoyo de la Comunidad	Falta de apoyo de las comunidades.	Falta de apoyo de las comunidades donde operan las unidades de negocio.	2	Plan de comunicación para asegurar el apoyo a las actividades y resultados del proyecto.	4	2
3.2.2 Cumplimiento de Políticas Públicas	Incumplimiento de las leyes y reglamentaciones pertinentes.	Incumplimientos legales pueden ocasionar pérdida de reputación, multas y cierre de la operación.	1	Contar con guías de cumplimiento actualizadas relacionadas con permisos, licencias y operación.	5	4
3.2.3 Protección para Pueblos Indígenas y Tribales	No respetar las comunidades indígenas y sus opiniones.	No se respetan las opiniones de la comunidad.	1	Políticas y procedimientos claros para proteger los derechos de los pueblos indígenas.	5	4
3.2.4 Salud y Seguridad del Consumidor	Incumplimiento de la reglamentación.	Incumplimiento de la reglamentación relacionada con el manejo, almacenamiento y disposición final de los subproductos generados.	1	Contar con guías de cumplimiento actualizadas y los controles relacionados con los requerimientos de manejo y disposición final de residuos.	5	4
3.2.5 Etiquetado de productos y servicios	Etiquetado incorrecto del producto.	El proyecto no requerirá de un etiquetado para el producto.	3	Contar con el etiquetado preciso y correcto en caso de requerirse.	3	0
3.2.6 Comunicaciones de Mercadeo y Publicidad	Falta de comunicación con los interesados afectados.	No contar con el apoyo de los clientes, comunidades y otras organizaciones a los resultados del proyecto.	3	Plan de comunicación para asegurar el apoyo a las actividades y resultados del proyecto.	5	2
3.2.7 Privacidad del Consumidor	Mal manejo de la información de los proveedores de servicio.	Interrupciones comerciales por violaciones de privacidad.	1	Políticas y procedimientos claros y entrenamiento continuo del personal.	5	4

Categoría	Descripción (Causa)	Impacto Potencial	Puntuación de impacto Antes	Respuesta propuesta	Puntuación de Impacto Después	Cambio
Subcategoría						
Elemento						
3 Derechos Humanos						
3.3.1 No Discriminación	Discriminación por cualquier motivo.	Personal del proyecto puede sufrir discriminación.	1	Políticas y procedimientos claros para asegurar la no discriminación.	5	4
3.3.2 Trabajo de acuerdo a la edad	Falta de controles para asegurar que el personal tenga la edad mínima requerida por la ley.	Incumplimiento de la reglamentación relacionada con el trabajo de acuerdo a la edad.	1	Políticas, procedimientos y controles para asegurar que el personal, proveedores y socios comerciales cumplan con los requerimientos.	5	4
3.3.3 Trabajo Voluntario	Falta de controles para asegurar que el personal brinda sus servicios de forma voluntaria.	Incumplimiento de la reglamentación relacionada con el trabajo voluntario.	1	Políticas, procedimientos y controles para asegurar que el personal, proveedores y socios comerciales cumplan con los requerimientos.	5	4
3 Comportamiento Ético						
3.4.1 Prácticas de Adquisiciones	Contrataciones no contemplan el alcance requerido.	Falta de un alcance adecuado para los servicios requeridos genera problemas con la calidad del servicio y costos incorrectos.	1	Procedimientos de contratación, redacción y firma de contratos adecuados.	5	4
3.4.2 Anti-corrupción	Falta de controles para evitar todas las formas de corrupción.	Incumplimiento de la reglamentación para evitar la extorsión y el soborno.	1	Políticas, procedimientos y controles para evitar la corrupción.	5	4
3.4.3 Competencia Leal	Falta de controles para evitar comportamientos anticompetitivos.	Acciones legales por manipulación de ofertas, fijación de precios, entre otros.	1	Políticas, procedimientos y controles para garantizar la competencia leal.	5	4
Promedio de las Personas			1.3		4.8	3.5

Categoría	Descripción (Causa)	Impacto Potencial	Puntuación de impacto Antes	Respuesta propuesta	Puntuación de Impacto Después	Cambio
Subcategoría						
Elemento						
4 Impactos al Planeta (Ambientales)						
4 Transporte						
4.1.1 Adquisiciones Locales	Muchas empresas brindan los servicios de recolección de residuos necesarios.	Los proveedores remotos consumirán más combustible y generarán más contaminación.	1	Contratación del servicio de recolección y transporte de residuos a proveedores locales.	3	2
4.1.2 Comunicación Digital	Las reuniones del equipo del proyecto en el sitio consumen recursos como combustible, papel, entre otros.	Aumento del consumo de recursos no renovables.	2	Llevar a cabo las reuniones por videoconferencia y hacer las comunicaciones del proyecto por medios electrónicos.	3	1
4.1.3 Viajes y Desplazamientos	El traslado del equipo a las unidades de negocio genera emisiones al aire.	Aumento de las emisiones de CO2 del transporte.	2	Implementar visitas virtuales a las unidades de negocio.	3	1
4.1.4 Logística	La recolección y transporte de los residuos no se lleva a cabo mediante cargas completas.	Aumento de la cantidad de residuos generados.	1	Coordinar la frecuencia de recolección y transporte de los residuos de acuerdo con la cantidad generada por las unidades de negocio y la capacidad de los vehículos de carga.	4	3
4 Energía						
4.2.1 Consumo de Energía	Consumo de energía de los equipos para el manejo y tratamiento de los residuos.	Aumento de la cantidad de energía eléctrica consumida.	3	Compra de equipos de bajo consumo de energía.	3	0
4.2.2 Emisiones CO2	La disposición de los residuos orgánicos en los vertederos genera gases de efecto invernadero.	Aumento de la huella de carbono.	3	Alternativa más adecuada para el manejo y tratamiento de los residuos objeto de este proyecto.	5	2
4.2.3 Retorno de Energía Limpia	Buscar oportunidades para generar energía limpia.	Generar energía limpia como parte del proyecto.	3	El proyecto no contempla la posibilidad de devolver energía limpia.	3	0

Categoría	Descripción (Causa)	Impacto Potencial	Puntuación de impacto Antes	Respuesta propuesta	Puntuación de Impacto Después	Cambio
Subcategoría						
Elemento						
4.2.4 Energía Renovable	Uso de energía renovable para apoyar el proyecto.	Reducción de la huella de carbono.	3	El proyecto no contempla la posibilidad de maximizar el uso de energía renovable.	3	0
4 Tierra, Aire y Agua						
4.3.1 Diversidad Biológica	Mal manejo de los residuos sólidos generados.	El mal manejo de los residuos sólidos generados causa impactos negativos a la flora y fauna.	1	Adecuado manejo y disposición final de los subproductos generados.	5	4
4.3.2 Calidad del Aire y el Agua	Mal manejo de las aguas residuales generadas.	Contaminación de los cuerpos de agua.	1	Descarga de las aguas generadas por el manejo y tratamiento de los residuos orgánicos a la planta de tratamiento de aguas residuales.	3	2
4.3.3 Consumo de Agua	Consumo de agua potable excesivo y sin control.	Aumento del consumo de agua potable.	1	Contar con procedimientos de limpieza adecuados y con los equipos para minimizar el consumo de agua.	3	2
4.3.4 Desplazamiento del Agua Sanitaria	Medio de disposición final de las aguas residuales inadecuado.	Incumplimientos legales, contaminación del suelo, presencia de plagas.	1	Descarga de las aguas generadas por el manejo y tratamiento de los residuos orgánicos a la planta de tratamiento de aguas residuales.	3	2
4 Consumo						
4.4.1 Reciclaje y Reutilización	Mala separación de los residuos orgánicos aprovechables desde la fuente.	Aumento de la cantidad de residuos enviados a los rellenos sanitarios.	1	Alternativa más adecuada para el manejo y tratamiento de los residuos objeto de este proyecto.	5	4
4.4.2 Disposición	Mal manejo de los residuos sólidos.	Disposición de los residuos en sitios no aprobados.	1	Implementar un programa de gestión integral de residuos.	4	3

Categoría	Descripción (Causa)	Impacto Potencial	Puntuación de impacto Antes	Respuesta propuesta	Puntuación de Impacto Después	Cambio	
Subcategoría							
Elemento							
4.4.4	Generación de Residuos	Mala gestión y falta de controles de los residuos generados.	Aumento de la cantidad de residuos generados.	1	Contar con los recipientes debidamente identificados para la correcta separación de los residuos en sus diferentes tipos. Programa de capacitación al personal. Control de la cantidad generada por tipo de residuo.	4	3
Promedio del Planeta			1.6		3.6	2.0	

5 Impactos a la Prosperidad (Económicos)

5 Análisis del Caso de Negocio

5.1.1	Modelado y Simulación	Uso de información incorrecta para realizar la simulación.	El aumento de la incertidumbre de las variables de entrada y el uso de datos incorrectos llevan a resultados inadecuados para la toma de decisiones.	2	Seguir procedimiento correcto con los datos adecuados para el análisis de las alternativas.	4	2
5.1.2	Valor Presente	Uso de información incorrecta para realizar el análisis.	El uso de datos incorrectos lleva a resultados inadecuados para la toma de decisiones.	2	Seguir procedimiento correcto con los datos adecuados.	4	2
5.1.3	Beneficios Financieros Directos	Pago de transporte y disposición final de los residuos orgánicos aprovechables.	Aumento del costo por el servicio de transporte y disposición final de los residuos.	3	Alternativa más adecuada para el manejo y tratamiento de los residuos objeto de este proyecto.	5	2
5.1.4	Retorno sobre la Inversión	Tiempo excesivo para la recuperación de la inversión.	Inversión irrecuperable, pérdidas económicas.	1	Alternativa más adecuada para el manejo y tratamiento de los residuos objeto de este proyecto.	4	3
5.1.5	Relación Beneficio-Costo	Uso de información incorrecta para realizar el análisis.	El uso de datos incorrectos lleva a resultados inadecuados para la toma de decisiones.	2	Seguir procedimiento correcto con los datos adecuados.	4	2
5.1.6	Tasa Interna de Retorno	Pérdidas económicas ante el porcentaje de la inversión.	Pérdidas económicas por la implementación de la alternativa incorrecta de manejo de residuos.	1	Estudio financiero y de mercado.	4	3

Categoría	Descripción (Causa)	Impacto Potencial	Puntuación de impacto Antes	Respuesta propuesta	Puntuación de Impacto Después	Cambio	
Subcategoría							
Elemento							
5 Agilidad del Negocio							
5.2.1	Flexibilidad/Opcionalidad	Mala gestión de los cambios.	Buscar oportunidades para ajustar los requisitos para lograr un mayor grado de sostenibilidad.	1	Ajustar el proyecto a los requisitos de los interesados.	5	4
5.2.2	Flexibilidad del Negocio	Enfocar los beneficios del proyecto sólo al aspecto económico.	No aprobar el proyecto por la falta de beneficios adicionales.	2	Resaltar los impactos positivos sociales y ambientales del proyecto.	5	3
5 Estimulación Económica							
5.3.1	Impacto Económico Local	No considerar a la comunidad local como un actor clave.	No generar una contribución a la economía de la zona.	1	Contratación de personal y proveedores de servicio locales.	5	4
5.3.2	Beneficios Indirectos	No considerar en el proyecto oportunidades adicionales.	No apoyar proyectos similares en el futuro.	1	Revisar periódicamente el contexto del proyecto para incluir alternativas de manejo para otros residuos sólidos.	4	3
			Promedio de Prosperidad	1.6		4.4	2.8
			Promedio General	1.5		4.4	2.9

Nota: Se muestra el tipo de impacto, subcategoría y elemento, la causa, el impacto potencial, la respuesta propuesta y el puntaje de impacto. Autoría propia.

En el marco del presente proyecto, el Análisis de Impacto P5 permitió identificar y reducir los posibles impactos negativos mediante un plan de respuesta apropiado para cada uno de ellos, caso por ejemplo de garantizar el uso de los equipos de protección personal de los encargados de llevar a cabo las diferentes tareas, capacitar al personal, prevenir caer en algún incumplimiento legal por una mala gestión de los residuos y las aguas residuales resultantes del proceso. Por otro lado, el análisis permitió mejorar los beneficios esperados del proyecto, como lo son el contratar personal local para las nuevas tareas, contratar proveedores de servicio en las diferentes comunidades donde operan las unidades de negocio para la implementación de una nueva alternativa, acorde a las metas de la empresa, para el manejo y disposición final de los residuos y reducir el impacto ambiental y a la salud de las comunidades vecinas de las tiendas al cambiar la forma en que se manejan los residuos sólidos orgánicos.

7.3 Relación del proyecto con las dimensiones del Desarrollo Regenerativo

En este apartado se presenta la validación del presente proyecto final de graduación en el campo del Desarrollo Regenerativo. Para ello se procedió a analizar y contestar las siguientes preguntas relacionadas con los aspectos ambiental, social, económico, espiritual, cultural y político.

Ambiental

¿Cómo mi proyecto está diseñado para restaurar lo que ya ha sido dañado a nivel ambiental?

La gestión adecuada de los residuos sólidos orgánicos reduce la contaminación del suelo, agua y aire que se produce por la liberación de lixiviados y gases en los vertederos, así como durante la recolección y transporte de los residuos, lo que es esencial para la restauración de las áreas que han sufrido un daño a nivel ambiental, gracias a que previene la liberación de sustancias tóxicas en el entorno, lo que a su vez es un paso importante en la recuperación ambiental y protección de los ecosistemas. Por otra parte, el abono orgánico

producto del tratamiento de los residuos constituye un elemento valioso para mejorar la calidad de los suelos, lo que es fundamental para la restauración de áreas degradadas por la agricultura intensiva, por ejemplo. El proyecto contribuye a preservar las áreas costeras, ya que la acumulación de los residuos sólidos puede degradar hábitats marinos como los manglares y arrecifes.

¿Cómo se afectan los límites planetarios con mi proyecto? (biodiversidad, cambio climático, acidificación de los océanos, fósforo y nitrógeno (agroquímicos), agua dulce, cambio en el uso de la tierra y el ozono)

La gestión adecuada de los residuos orgánicos contribuye a la protección de los límites planetarios y al mantenimiento de un entorno ambiental seguro y sostenible. En primer lugar, reduce las emisiones de metano, un potente gas de efecto invernadero, que se generan por la mala gestión de los residuos en los vertederos, de ahí que contribuye a mitigar el cambio climático. En segundo lugar, la implementación de buenas prácticas en la gestión de los residuos orgánicos, como la separación y el tratamiento adecuado, reduce la contaminación por químicos y nutrientes en el suelo y agua, lo que contribuye a mantener los límites planetarios bajo control. Finalmente, el proyecto también contribuye a reducir la amenaza a la vida silvestre, ya que los animales pueden tratar de consumir residuos que contienen restos o residuos de alimentos.

Social

¿Cómo mi proyecto promueve una vida digna a todos los habitantes del planeta?

El proyecto promueve la contratación de nuevos puestos de trabajo para llevar a cabo las tareas en las unidades de negocio, lo que permitirá a este nuevo personal satisfacer sus necesidades económicas, lo que contribuye a una vida digna para el personal y al desarrollo de

la economía de las comunidades donde operan. De igual forma, ofrece una oportunidad a los proveedores de servicio especializados en el tratamiento de estos residuos de ampliar sus operaciones, así como estimular su emprendimiento e innovación. Por otro lado, la gestión adecuada de los residuos orgánicos reduce los riesgos a la salud de las personas, debido a la exposición a sustancias tóxicas y patógenos asociados con la descomposición de los residuos, lo que ayuda a mejorar la salud y bienestar de las comunidades.

Económico

¿Cómo mi proyecto incorpora desde su diseño la generación de beneficios a las personas menos favorecidas?

En primer lugar, el proyecto requerirá la contratación de nuevos puestos de trabajo en las unidades de negocio en cada una de las comunidades donde operan, lo que le permitirá a este nuevo personal contar con un salario digno. En segundo lugar, la Cadena de Supermercados busca utilizar el proyecto como una plataforma que le permita capacitar y concientizar a su personal en las buenas prácticas operativas requeridas para el adecuado manejo de los residuos sólidos y en particular de los residuos orgánicos, lo que le permitirá al personal adquirir habilidades transferibles que mejoren sus perspectivas de empleo. Finalmente, el proyecto busca concientizar a los clientes y comunidades vecinas en la importancia de la adecuada gestión de los residuos sólidos, lo que permitirá a las personas en cada una de las comunidades informarse sobre las oportunidades que brindan este tipo de proyectos.

¿Cómo mi proyecto disminuye la brecha económica?

La implementación de una alternativa de manejo de los residuos orgánicos generados en las unidades de negocio proporciona oportunidades laborales para las personas. De igual

forma, ofrece una oportunidad a los proveedores de servicio especializados en el tratamiento de estos residuos de ampliar sus operaciones. De esta forma se contribuye a la reducción de las desigualdades económicas al mejorar el acceso al empleo y promover el desarrollo económico local. El proyecto también permite reducir la sobrecarga de los servicios de recolección y tratamiento de los residuos sólidos en las diferentes comunidades, lo que les permitirá a las autoridades a cargo, mejorar las condiciones del servicio que brindan, contribuyendo a la creación de entornos urbanos más limpios, o bien, liberar recursos que pueden destinarse a otras necesidades.

¿Cómo mi proyecto utiliza medios de intercambio distintos a las monedas tradicionales?

La Cadena de Supermercados puede verificar si algún gobierno local o alguna reglamentación relacionada a nivel nacional ofrece incentivos o créditos fiscales a proyectos de manejo responsable de residuos sólidos, lo que puede representar un estímulo para la realización del proyecto de forma exitosa. Como parte de otras campañas de concientización relacionadas con la sostenibilidad ambiental, caso por ejemplo de la recolección de materiales reciclables o residuos electrónicos, la empresa puede ofrecer como un estímulo la entrega de pequeños paquetes del abono orgánico resultante del tratamiento en sus propias tiendas a los clientes y público en general que participen y colaboren en las campañas.

Espiritual

¿Cómo mi proyecto propicia el contacto de los seres humanos con la naturaleza?

El proyecto no solo beneficia a la empresa desde el punto de vista económico, sino que forma parte de su estrategia para convertirse en una empresa regenerativa y brinda la oportunidad para capacitar y concientizar a su personal sobre la importancia de la gestión sostenible de los residuos. Esto ayuda a promover una mayor conciencia ambiental, fomenta

un sentido de responsabilidad hacia la naturaleza e impulsa la participación de las personas en actividades relacionadas con la conservación del entorno natural.

¿Cómo mi proyecto propicia el contacto de los seres humanos con otros seres humanos para compartir en condición de iguales, sin juicios y escucha activa el uno del otro?

La implementación de un proyecto de esta naturaleza requiere la conformación de un equipo interdisciplinario entre diferentes áreas de la empresa. Al trabajar juntos en la planificación y ejecución del proyecto, el personal aprende unos de otros y se propicia el contacto, la colaboración y el diálogo entre iguales, donde la escucha activa y demás habilidades para fomentar la interacción entre colegas constituyen elementos clave para el éxito del proyecto.

¿Cómo mi proyecto fomenta espacios de descanso y meditación?

El abono orgánico producto del tratamiento de los residuos sólidos será utilizado como mejorador del suelo de las áreas verdes con que cuentan las unidades de negocio de la Cadena de Supermercados, por lo que se convierte en una oportunidad para mantener estas áreas en buenas condiciones y para que la empresa siembre árboles y arbustos con la ayuda del mismo personal. Esto brinda un sentido de pertenencia y de cuidado de las instalaciones en el personal y fomenta la conciencia ambiental. Estos espacios ofrecen un ambiente relajante y son aprovechados por el personal durante sus horas de descanso para compartir con sus compañeros de trabajo, recargar energías o dedicarlo a tareas personales como el estudio o el esparcimiento.

¿Cómo mi proyecto propicia espacios de reflexión para mirar hacia adentro y mejorar mis habilidades esenciales?

La implementación de este tipo de proyectos fomenta la importancia de la responsabilidad y sostenibilidad ambiental, a la vez que permite a los miembros del equipo y al personal a cargo de las tareas en las unidades de negocio compartir sus experiencias, capacitarse de forma continua, asumir roles de liderazgo, delegar responsabilidades, reflexionar sobre las habilidades de trabajo en equipo como la planificación, la resolución de conflictos y la toma de decisiones en un entorno interdisciplinario, así como la retroalimentación constructiva.

Cultural

¿Cómo mi proyecto fortalece o afecta las expresiones artísticas y/o culturales del país o la región en la que se desarrolla?

La Cadena de Supermercados puede utilizar el proyecto como una plataforma educativa que le permita concientizar a sus clientes y comunidades vecinas sobre la importancia del adecuado manejo de los residuos sólidos y ayudar a fortalecer una cultura de conciencia ambiental y al fomento de expresiones artísticas y culturales relacionadas con la protección del medio ambiente. Dentro de esta misma estrategia, la empresa puede patrocinar eventos que promuevan prácticas sostenibles como la reducción de residuos y el reciclaje.

¿Cómo se involucra o excluye el conocimiento de las personas adultas mayores?

Para las personas adultas mayores que forman parte de la Cadena de Supermercados, la implementación de una alternativa de manejo de los residuos orgánicos representa una oportunidad para ser parte del equipo de trabajo a cargo de su planificación y ejecución, lo que permitirá fortalecer la conexión entre generaciones, contribuir con su experiencia y

conocimiento en la toma de decisiones y enriquecer el proyecto. El proyecto representa también una oportunidad de empleo directamente en las unidades de negocio para esta población. De cara a las comunidades donde operan las tiendas, el proyecto busca concientizar sobre la adecuada gestión de los residuos y representa una oportunidad para que las personas adultas mayores contribuyan a través de sus acciones diarias o participen, o bien lideren, algunos de los proyectos que surjan.

¿Cómo mi proyecto protege o afecta el entorno visual y auditivo del lugar donde se desarrolla?

En el contexto de las unidades de negocio, la separación y tratamiento adecuados de los residuos sólidos orgánicos contribuye a mejorar las condiciones de las áreas de almacenamiento temporal del resto de residuos, lo que disminuye la posibilidad de la presencia de malos olores y plagas, lo que se traduce en una mejora de las condiciones de orden y limpieza de las instalaciones de cara a los clientes y las comunidades vecinas. Para las comunidades donde operan las tiendas, el manejo adecuado de estos residuos reduce la contaminación en las áreas urbanas, lo que contribuye a la creación de entornos urbanos más limpios y saludables. Desde el punto de vista auditivo, no se prevé ninguna afectación a la operación de las unidades de negocio o su entorno.

¿Cómo mi proyecto respeta o invade costumbres propias de las poblaciones en las que se desarrolla?

En principio, la implementación del proyecto responde a las metas de la Cadena de Supermercados de reducir su impacto ambiental y convertirse en una empresa regenerativa, por lo que no se prevé invadir costumbres propias de las poblaciones vecinas, todo lo contrario, el proyecto también busca crear conciencia en las comunidades donde opera sobre la

importancia del cuidado del medio ambiente y eventualmente desarrollar proyectos en colaboración con las organizaciones de dichas localidades.

Política

¿Cómo mi proyecto beneficia que los ciudadanos tengan una participación activa en el diseño de su propio futuro?

El proyecto busca crear oportunidades de empleo en cada una de las comunidades, lo que contribuye a su vez a que el personal pueda satisfacer sus necesidades y las de sus familias y les permita construir su propio futuro, además, les brinda la posibilidad de participar activamente en la economía local. Por otra parte, a medida que las personas, ya sean que formen parte de las unidades de negocio, sean clientes o vecinos de las tiendas, comprenden mejor los impactos de sus acciones en el medio ambiente, pueden tomar decisiones más informadas sobre su futuro y el de su comunidad. Finalmente, el éxito de proyectos como el adecuado manejo de los residuos de parte de una empresa, puede servir de inspiración a otras empresas, organizaciones y personas para participar en proyectos similares o de otra índole que mejoren y fortalezcan la comunidad.

¿Cómo mi proyecto empodera a mujeres y jóvenes para tomar posiciones de liderazgo?

La implementación y gestión del proyecto promueve la participación equitativa mediante la contratación de personal femenino y jóvenes para los nuevos puestos de trabajo en cada una de las comunidades donde operan las unidades de negocio, gracias a lo cual se garantiza un acceso igualitario a las oportunidades económicas. El proyecto proporciona capacitación en aspectos relacionados con la gestión de residuos y permite a las mujeres y jóvenes adquirir conocimientos y habilidades que son valiosos en sus carreras profesionales. Tanto dentro del equipo de trabajo como en las posiciones de trabajo en las tiendas, se puede facilitar la

participación de mujeres y jóvenes en posiciones de liderazgo. También brinda una oportunidad para que en las mismas comunidades se desarrollen proyectos similares y se promueva el liderazgo femenino y de los jóvenes.

¿Cómo mi proyecto involucra o excluye la voz de las personas autóctonas de la zona en la que se desarrolla sin importar su nivel o clase social?

La implementación del proyecto responde, en principio, a las metas de la Cadena de Supermercados de convertirse en una empresa regenerativa y constituye una oportunidad para que la empresa transfiera el conocimiento y tecnología a sus socios comerciales y a las instituciones a cargo del manejo de los residuos en cada una de las comunidades mediante alianzas o proyectos en conjunto, de ahí que es muy importante considerar los aportes, preocupaciones y necesidades de las personas autóctonas de la zona como uno de los primeros pasos para involucrarlos de manera efectiva, para lo cual deben utilizarse estrategias de comunicación que sean accesibles para todas las personas y garantizar que su voz sea escuchada y considerada en todas las etapas del proyecto.

Lista de Referencias

Abarca, H. (2021). *La gasificación de los residuos sólidos ordinarios en Guanacaste*.

Ambientico. Número 279. Artículo 8. <https://www.ambientico.una.ac.cr/wp-content/uploads/tainacan-items/5/36687/009-Abarca.pdf>

Abonos Vivos. (05 de diciembre del 2023). *Somos esencial Costa Rica*.

<https://ecoreciclajecr.com/>

ABM de Costa Risa S.A. (03 de diciembre del 2023). *Biodigestor de alimentos*.

<https://abmcr.com/productos/biodigestor-lfc/>

Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos. (2020). *Mejores prácticas para la*

gestión de los residuos sólidos: Una Guía para los responsables de la toma de

decisiones en los países en vías de desarrollo. Oficina de Conservación y

Recuperación de Recursos. [https://www.epa.gov/sites/default/files/2021-](https://www.epa.gov/sites/default/files/2021-02/documents/swm_guide-spanish-reducedfilesize_pubnumber_october.pdf)

[02/documents/swm_guide-spanish-reducedfilesize_pubnumber_october.pdf](https://www.epa.gov/sites/default/files/2021-02/documents/swm_guide-spanish-reducedfilesize_pubnumber_october.pdf)

Agrocentro Tropical. (05 de diciembre del 2023). *Somos una solución ecológica para el manejo*

de residuos. <https://arturom47.sg-host.com/>

Álvarez, S. (2017). *Elaboración de una propuesta para el tratamiento de residuos sólidos*

urbanos por procesamiento mecánico-biológico para los cantones urbanos de Heredia.

Universidad de Costa Rica.

Autoridad Reguladora de los Servicios Públicos. (16 de enero del 2024). *Tarifas Vigentes*.

<https://aresep.go.cr>

Asamblea Legislativa de la República de Costa Rica. (2010, 13 de julio). *Ley para la Gestión Integral de Residuos. Ley No. 8839*. Diario Oficial La Gaceta No. 135.

http://www.pgrweb.go.cr/scij/Busqueda/Normativa/Normas/nrm_texto_completo.aspx?param1=NRTC&nValor1=1&nValor2=68300&nValor3=83024

ASOBIOGÁS. (26 de noviembre del 2023). *Asociación Costarricense de Biogás*.

<https://asobiogas.org/recursos>

Banco Mundial (BM). (2018). *Los desechos: un análisis actualizado del futuro de la gestión de los desechos sólidos*. <https://www.bancomundial.org/es/news/immersive-story/2018/09/20/what-a-waste-an-updated-look-into-the-future-of-solid-waste-management>

Beucher, M. (2023). *Un vistazo al organigrama de Walmart; Conoce su estructura organizacional y corporativa*. Espacio Empresa.

<https://espacioempresa.com/lideres/organigrama-de-walmart/>

Biofutura. (05 de diciembre del 2023). *Compostaje*. <https://biofuturacr.com/>

Comité Intersectorial de Economía Circular (CIEC). (2023). *Estrategia Nacional de Economía Circular*. San José: Ministerio de Ambiente y Energía.

<https://minae.go.cr/organizacion/vicegestionestrategica/SEPLASA/Documentos/Estrategia%20National%20Economia%20Circular.pdf>

Consejo Nacional de Rectores de Costa Rica. (2016). *Gestión de los residuos sólidos en Costa Rica. Informe Estado de la Nación en Desarrollo Humano Sostenible.*
<https://repositorio.conare.ac.cr/handle/20.500.12337/70>

Consejo Nacional de Rectores de Costa Rica. (2019). *Gestión de los residuos sólidos en Costa Rica. Informe Estado de la Nación en Desarrollo Humano Sostenible.*
https://repositorio.conare.ac.cr/bitstream/handle/20.500.12337/7818/Soto_%202019_Gestion_Residuos.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Contraloría General de la República, Costa Rica. (2016). *Auditoria Operativa recolección de residuos sólidos.*
https://cgrfiles.cgr.go.cr/publico/docs_cgr/2016/SIGYD_D_2016002526.pdf

Dirección de Cambio Climático (DCC). (2018). *Plan Nacional de Descarbonización 2018-2050.*
San José: Ministerio de Ambiente y Energía. <https://cambioclimatico.go.cr/wp-content/uploads/2019/11/PLAN-NACIONAL-DESCARBONIZACION.pdf>

ECURED. (s.f.). *Fuentes de información.*
https://www.ecured.cu/Fuente_de_informaci%C3%B3n

Espaliat, M. (2017). *Introducción a los principios de economía circular y de sostenibilidad.*
España: Instituto Técnico Español de Limpieza.

González, N., Brenes, L., Jiménez, M., Vaquerano, F., Campos, R. (2018). *Estabilización anaeróbica de residuos sólidos biodegradables para proponer un producto alimenticio para cerdos, en el Tecnológico de Costa Rica*. Tecnología en Marcha. Vol. 31-4. 20-132.
<https://doi.org/10.18845/tm.v31i4.3970>

GPM Global. (2019). *El Estándar P5™ de GPM para la Sostenibilidad en la Dirección de Proyectos* (segunda edición).

Hernández, R., Mendoza, C. (2018). *Metodología de la investigación: las rutas cuantitativa, cualitativa y mixta*. McGraw-Hill Interamericana.

Herrera, J., Rojas, F., Anchía, D. (2016). *Tasas de generación y caracterización de residuos sólidos ordinarios en cuatro municipios del área metropolitana Costa Rica*. Revista Geográfica de América Central. Vol. 2. 235-260.
<https://www.revistas.una.ac.cr/index.php/geografica/article/view/8902>

Hidalgo, M. (2017). *Un nuevo impulso hacia la economía circular*. Instituto Español de Estudios Estratégicos.

HOME BIOGAS. (03 de diciembre del 2023). *Home Biogás Costa Rica*.
<http://www.homebiogascr.com/>

Infinitia Industrial Consulting. (27 de septiembre del 2023). *Estudio de viabilidad de un proyecto ¿Cómo realizarlo?* <https://www.infinitiaresearch.com/noticias/estudio-de-viabilidad-de-un-proyecto-como-realizarlo/>

Innovative Group. (20 de diciembre del 2023). *Programa de gestión de residuos*.

<https://innovativegroup-la.com/>

Instituto Costarricense de Electricidad. (03 de diciembre del 2023). *Programa Biogás*.

<https://www.grupoice.com/wps/portal/ICE/electricidad/proyectos-energeticos/programa-biogas#:~:text=Como%20parte%20de%20la%20responsabilidad,para%20la%20generaci%C3%B3n%20de%20energ%C3%ADa.>

Instituto Meteorológico Nacional. (2023). *Factores de emisión de gases de efecto invernadero*.

<http://cglobal.imn.ac.cr/documentos/publicaciones/factoresemision/factoresemision2023/FactoresEmision-GEI-2023.pdf>

Instituto Nacional de Vivienda y Urbanismo (INVU). (2022, 23 de mayo). *Reglamento de Construcciones*. Actualización Diario Oficial La Gaceta No. 94.

<https://www.invu.go.cr/documents/20181/32857/Reglamento+de+Construcciones>

Jaén, L. (2019). *Fuentes de información para la investigación en Archivística y Bibliotecología*.

Editorial UCR.

Jiménez, D. (2018). *Herramientas para la evaluación de Estudios de Impacto Ambiental de tratamientos térmicos de residuos sólidos*. Instituto Tecnológico de Costa Rica.

Kaza, S., Yao, L., Bhada-Tata, P., y Van Woerden, F. (2018). *What a Waste 2.0: A Global Snapshot of Solid Waste Management to 2050*. Washington: World Bank Group.

Lemontech. (6 de abril de 2022). *Técnicas y herramientas de la planeación administrativa y operativa*. <https://blog.lemontech.com/tecnicas-y-herramientas-de-la-planeacion/#:~:text=Las%20t%C3%A9cnicas%20y%20herramientas%20de%20la%20planeaci%C3%B3n%20son%20un%20conjunto,de%20cada%20empresa%20u%20organizaci%C3%B3n.> 7 minuto

LHH. (27 de enero de 2023). *Supuestos del proyecto: qué son y cómo gestionarlos*. <https://www.lhh.com/es/es/insights/supuestos-del-proyecto-que-son-y-como-gestionarlos/>

Lledó, P. (2017). *Administración de proyectos: El ABC para un director de proyectos exitoso*. USA (sexta edición).

López, A., Lankenau, D. (2017). *Administración de proyectos. La clave para la coordinación efectiva de actividades y recursos*. Escuela de Ingeniería y Ciencias. Tecnológico de Monterrey.

MacNeil, C. (10 de noviembre de 2022). *Desmitificación del análisis de costo-beneficio: 5 pasos para tomar mejores decisiones*. Asana. <https://asana.com/es/resources/cost-benefit-analysis>

Maldonado, J. (2018). *La estrategia empresarial. Su formulación, planeación e implementación*. Escuela de Ingeniería y Ciencias. Tecnológico de Monterrey.

Marco Teórico. (s.f.). *Fundamentos de investigación*.

[https://www.marcoteorico.com/curso/11/fundamentos-de-investigacion/173/tipos-de-metodos-\(inductivo,-deductivo,-analitico,-sintetico,-comparativo,-dialectico,-entre-otros\)-](https://www.marcoteorico.com/curso/11/fundamentos-de-investigacion/173/tipos-de-metodos-(inductivo,-deductivo,-analitico,-sintetico,-comparativo,-dialectico,-entre-otros)-)

Martins, J. (27 de octubre de 2019). *Cómo aplicar un estudio de viabilidad en la gestión de proyectos*. Asana. <https://asana.com/es/resources/feasibility-study>

Martins, J. (4 de octubre de 2022). *¿Qué es un entregable en la gestión de proyectos?* Asana. <https://asana.com/es/resources/what-are-project-deliverables>

Ministerio del Ambiente y Agua del Ecuador. (2020). *Manual de aprovechamiento de residuos orgánicos municipales*. <https://www.ambiente.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2020/07/MANUAL-DE-APROVECHAMIENTO-DE-RESIDUOS-ORGANICOS-MUNICIPAL.pdf>

Ministerio de Ambiente y Energía (MINAE). (2019). *Tercer Informe Anual de Actualización ante la Convención Marco de Las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático*. https://www4.unfccc.int/sites/SubmissionsStaging/NationalReports/Documents/7160385_Costa%20Rica-BUR2-1-IBA-2019.pdf

Ministerio de Ambiente y Energía. (2017). *Estrategia Nacional de Bioenergía y su plan de acción*. <https://minae.go.cr/organizacion/vicegestionestrategica/SEPLASA/Documentos/Estrategia-Nacional-de-Bioenergi%C2%B4a.pdf>

Ministerio de Ambiente y Energía, Sistema Nacional de Áreas de Conservación, Agencia de Cooperación Alemana para el Desarrollo. (2021). *Guía y catálogo de soluciones basadas en la naturaleza*. Proyecto BiodiverCity. <https://biocorredores.org/biodiver-city-sanjose/sites/default/files/2021-10/19%20-%20Lombricultura%20DIGITAL.pdf>

Ministerio de Salud. (2016). *Estrategia Nacional de Separación, Recuperación y Valorización de Residuos (ENSRVR)*. San José: Ministerio de Salud.

Ministerio de Salud. (2016). *Plan Nacional para la Gestión Integral de Residuos 2016-2021*. <https://www.ministeriodesalud.go.cr/index.php/biblioteca-de-archivos-left/documentos-ministerio-de-salud/ministerio-de-salud/planes-y-politicas-institucionales/planes-institucionales/planes-planes-institucionales/714-plan-nacional-para-la-gestion-integral-de-residuos-2016-2021/file>

Ministerio de Trabajo y Seguridad Social. (18 de enero del 202). *Lista de Salarios*. <https://www.mtss.go.cr/temas-laborales/salarios/lista-salarios.html>

Montijano, F. (2022). *Gasificación por plasma de los residuos orgánicos para producir hidrógeno*. Universidad Pontificia.

Morera, M., Rojas, L., Reyes, J., Gallardo, E. (2019). *Estructura óptima de capital para Walmart México y Centroamérica*. Tecnológico de Costa Rica.

Müller, E. (2016). *Desarrollo regenerativo ante el cambio global, garante de un futuro económico, social y ambiental. El caso de Centroamérica*. Universidad para la

Cooperación Internacional. <https://laliniciativablog.files.wordpress.com/2017/03/uci-desarrollo-regenerativo-centroamecc81rica-05-2016-1.pdf>

Naciones Unidas. (2022). *Costa Rica hacia el 2030. Análisis de avance en los indicadores de los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS)*.
https://ods.cr/sites/default/files/documentos/analisis_ods_informe_final_final-21nov2022-.pdf

Naciones Unidas. (s.f.). *Objetivos de desarrollo sostenible*.
<https://www.un.org/sustainabledevelopment/es/>

Oklin International. (05 de diciembre del 2023). *Food Waste Composters*.
<https://oklininternational.com/>

Organización de Naciones Unidas. (2018). *Perspectiva de la gestión de residuos en América Latina y el Caribe*. Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente.
https://wedocs.unep.org/bitstream/handle/20.500.11822/26448/Residuos_LAC_ES.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO). (2018).
Diseño metodológico para la estimación del desperdicio de alimentos en la Argentina en las etapas de distribución y comercio minorista y consumo en el hogar. CIDETI.

Organización Internacional de Normalización. (2017). *ISO: 10006:2017 Gestión de la calidad*.
Comité Técnico ISO/TC 176.

Plasma Innova. (24 de noviembre del 2023). *Plasma Innova*. <https://www.plasmainnova.com/>

PMCollege. (19 de diciembre de 2021). *Método, metodología, técnica, herramienta ¿Conoce la diferencia?* <https://pmcollege.edu.ni/metodo-metodlogia-tecnica-herramienta-conoce-la-diferencia/>

Presidencia de la República de Costa Rica. (2015, 01 de septiembre). *Reglamento sobre condiciones de operación y control de emisiones de instalaciones para coincineración de residuos sólidos ordinarios No. 39136-S-MINAE*. Diario Oficial La Gaceta No. 170. http://www.pgrweb.go.cr/scij/Busqueda/Normativa/Normas/nrm_texto_completo.aspx?param1=NRTC&nValor1=1&nValor2=80049&nValor3=101481&strTipM=TC

Presidencia de la República y Ministerio de Salud. (2010, 16 de agosto). *Reglamento sobre el manejo de residuos sólidos ordinarios*. Decreto No. 36093-S. Diario Oficial La Gaceta No. 158. http://www.pgrweb.go.cr/scij/Busqueda/Normativa/Normas/nrm_texto_completo.aspx?nValor1=1&nValor2=68467

Presidencia de la República y Ministerio de Salud. (2014, 24 de marzo). *Reglamento para la Declaratoria de residuos de manejo especial*. Decreto No. 38272-S. Diario Oficial La Gaceta No. 58. https://www.pgrweb.go.cr/scij/Busqueda/Normativa/Normas/nrm_texto_completo.aspx?nValor1=1&nValor2=76879

Presidencia de la República, Ministerio de Salud, Ministerio de Ambiente, Energía y Telecomunicaciones y Ministerio de Hacienda. (2013, 19 de marzo). *Reglamento General a la Ley para la Gestión Integral de Residuos*. Decreto No. 37567-S-MINAET-H. Diario Oficial La Gaceta No. 55.
http://www.pgrweb.go.cr/scij/Busqueda/Normativa/Normas/nrm_texto_completo.aspx?param1=NRTC&nValor1=1&nValor2=74462&nValor3=91973&strTipM=TC

Project Management Institute Inc. (2017). *Guía de los fundamentos para la dirección de proyectos (Guía PMBOK) y El estándar para la dirección de proyectos*. Pennsylvania: Project Management Institute.

Project Management Institute Inc. (2021). *Guía de los fundamentos para la dirección de proyectos (Guía PMBOK) y El estándar para la dirección de proyectos*. Pennsylvania: Project Management Institute.

QuestionPro. (s.f.). *Métodos de investigación: Qué son y cómo elegirlos*.
<https://www.questionpro.com/blog/es/metodos-de-investigacion/>

Raeburn, A. (7 de abril de 2023). *Cómo usar el juicio de expertos en la gestión de proyectos*. Asana. <https://asana.com/es/resources/expert-judgment>

Rodríguez, A., Monestel, J., Víquez, G. (2021). *Implementación de un Proyecto de Gestión Ambiental para el aprovechamiento de los residuos orgánicos generados en tres empresas del GAM*. Universidad Técnica Nacional.

- Rodríguez, M., Gutiérrez, A. (2021). *Manual para la elaboración del estudio de factibilidad del proyecto*. Unidad Estratégica del Portafolio de Proyectos Institucional-Poder Judicial
República de Costa Rica
- Rudin, V., Soto, S., Linnenberg, C. (2019). *Primer informe Situación de la gestión de los residuos sólidos para la determinación de la NAMA residuos Costa Rica*. Proyecto
Acción Clima II.
- Santiago, H. (2018). *Herramientas para la gestión de calidad*. Editorial Círculo Rojo.
- Santos, E., Geraldo, L., Tito, P. (2022). *Metodología y herramientas de investigación científica*.
Atena Editora.
- Secretaría Consejo Nacional Ambiental. (2020). *Plan Nacional de Compostaje 2020-2050*.
<https://cambioclimatico.go.cr/wp-content/uploads/2021/05/Plan-Nacional-de-Compostaje-2020-2050.pdf>
- Segura, I. (2017). *Integración de la energía eléctrica generada por biogás de Porcina Americana S.A. al nuevo sistema de Generación Distribuida para Auto Consumo de JASEC y estudio de consumos/demandas de energía para su planta en Coris de Cartago*. Tecnológico de Costa Rica.
https://repositoriotec.tec.ac.cr/bitstream/handle/2238/7361/integracion_energia_electrica_generada_biogas_porcina_americana_s_a_nuevo_sistema_generacion_distribuida_au_to_consumo_jasec.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Significados. (s.f.). *Métodos de investigación*. <https://www.significados.com/metodos-de-investigacion/>

Siles, R., Mondelo, E. (2018). *Herramientas y Técnicas para la Gestión de Proyectos de Desarrollo PM4R*. Banco Interamericano de Desarrollo.
https://indesvirtual.iadb.org/file.php/1/PM4R/Guia%20de%20Aprendizaje%20PMA%20S-PA.pdf?fbclid=IwAR0_17MRzWGU-xgLTa1HregQQYcDu4V8vVnAga7GbhPdR2dJ0QbezaNZ-ig

Técnicas de Investigación. (23 de marzo de 2020). *Fuentes de información primaria, secundarias y terciarias*. <https://tecnicasdeinvestigacion.com/fuentes-de-informacion-primaria-y-secundaria-y-terciaria/>

Tello, P., Campani, D., Sarafian, D. (2018). *Gestión integral de residuos sólidos urbanos*. Asociación Interamericana de Ingeniería Sanitaria y Ambiental. <https://aidisnet.org/wp-content/uploads/2019/08/GESTION-INTEGRAL-DE-RESIDUOS-SOLIDOS-URBANOS-LIBRO-AIDIS.pdf>

Universidad EARTH. (03 de diciembre del 2023). *Acerca de Earth*.
<https://www.earth.ac.cr/es/about-earth/environmental-leadership/in-the-classroom/>

Usmani, F. (16 de septiembre de 2022). *Assumptions and Constraints in Project Management*. PM Study Circle. <https://pmstudycircle.com/assumptions-and-constraints-in-project-management/#:~:text=An%20assumption%20is%20a%20condition,identified%20throughout%20the%20project%20lifecycle.>

VIOGAZ. (03 de diciembre del 2023). VIOGAZ. <https://viogaz.com/quienes-somos>

Viquez, J. (s.f). *Manual práctico en biodigestores Enfocado para Latinoamérica (escala pequeña y mediana escala)*. Asociación Costarricense de Biogás-ASOBIOGÁS.

Walmart Centroamérica. (21 de septiembre del 2023). *¿Quiénes somos?*
<https://www.walmartcentroamerica.com/>

360 Soluciones Verdes. (05 de diciembre del 2023). *Hacé compost, no residuos*.
<https://www.360-sv.com/>

Anexos

Anexo 1: ACTA (CHÁRTER) DEL PFG**ACTA DE LA PROPUESTA DE
PROYECTO FINAL DE GRADUACIÓN (PFG)**

1. Nombre del (de la) estudiante

José Joaquín Herrera Sánchez

2. Nombre del PFG

Propuesta de un plan estratégico para la gestión responsable de residuos orgánicos aprovechables en una cadena de supermercados.

3. Área temática del sector o actividad

Comercio

4. Firma de la persona estudiante



5. Nombre de la persona docente SG

Róger Valverde Jiménez

6. Firma de la persona docente



7. Fecha de la aprobación del Acta:

22/10/2023

8. Fecha de inicio y fin del proyecto:

29/08/2023

10/04/2024

9. Pregunta de investigación

¿Qué elementos debe contener el plan estratégico para la gestión responsable de los residuos orgánicos aprovechables en una cadena de supermercados de forma que se cumpla con las regulaciones ambientales, se promueva la sostenibilidad y se garantice la viabilidad económica?

10. Hipótesis de investigación

Es posible establecer un plan estratégico para la gestión responsable de los residuos orgánicos aprovechables en una cadena de supermercados de forma que se cumpla con las regulaciones ambientales, se cumpla con las metas de la empresa, se contemple la sostenibilidad y sea viable económicamente.

11. Objetivo general

Formular un plan estratégico integral para la gestión responsable de los residuos orgánicos aprovechables generados en una cadena de supermercados, con el propósito de optimizar el aprovechamiento de estos residuos, que posibilite las metas de la empresa, la reducción de los impactos ambientales y la mejora de la imagen corporativa de la empresa.

12. Objetivos específicos

1. Cuantificar y caracterizar los residuos sólidos generados por la cadena de supermercados de acuerdo con su tipo con el fin de definir el peso de los residuos orgánicos aprovechables dentro de la matriz de residuos de dicha organización.
2. Realizar un diagnóstico de las causas de merma de los residuos orgánicos generados por la empresa en sus diferentes áreas y procesos, con el fin de identificar los puntos críticos de generación.
3. Analizar al menos tres casos de uso para la gestión responsable de los residuos orgánicos aprovechables para definir el plan de manejo más adecuado a las necesidades de la empresa.
4. Determinar la logística de recuperación, tratamiento y disposición final de los residuos orgánicos aprovechables más adecuada para la empresa con el propósito de garantizar el cumplimiento de sus metas.
5. Desarrollar un análisis de evaluación de factibilidad social, legal, técnica, económica y ambiental para la alternativa más adecuada para el manejo de los residuos orgánicos aprovechables generados por la cadena de supermercados con el fin de determinar si su implementación es viable y sostenible a largo plazo.

13. Justificación del PFG

- a. En Costa Rica persiste el modelo de manejo de residuos sólidos que consiste en recolectar en forma indiscriminada los materiales, transportarlos y disponerlos en rellenos sanitarios o botaderos, lo que constituye una práctica insostenible, perdiendo así la posibilidad de valorizar la fracción que por su naturaleza lo permite.
- b. La gestión de residuos orgánicos inadecuada afecta la salud humana por la propagación de enfermedades y la atracción de vectores, contribuye a la contaminación de los suelos y cuerpos de agua producto de la generación de lixiviados y favorece el avance del calentamiento global debido a la producción de gases de efecto invernadero.
- c. El aprovechamiento de los residuos sólidos orgánicos constituye una de las prioridades de la Cadena de Supermercados, que tiene entre sus metas el desvío de estos residuos de los vertederos y rellenos sanitarios, con lo que se estima una reducción de aproximadamente el 30% de los residuos que son dispuestos en estos sitios.

14. Estructura de desglose de trabajo (EDT). En forma tabular, que describa el entregable principal y los secundarios -productos o servicios que generará el PFG-

- 1. Proyecto Final de Graduación (PFG).
 - 1.1 Seminario de Graduación.
 - 1.1.1 Inicio Seminario Graduación.
 - 1.1.2 Entregables.
 - 1.1.2.1 Acta del PFG (1-12) – Investigación bibliográfica.
 - 1.1.2.2 Acta del PFG (13-19) – EDT – Cronograma.
 - 1.1.2.3 Marco Teórico I Parte.
 - 1.1.2.4 Marco Teórico II Parte.
 - 1.1.2.5 Marco Metodológico.
 - 1.1.2.6 Introducción – Validación Desarrollo Regenerativo.
 - 1.1.2.7 Documento Integrado.
 - 1.1.3 Documento Integrado Revisado.
 - 1.1.4 Seminario Graduación Aprobado.
 - 1.2 Tutoría de Desarrollo.
 - 1.2.1 Tutor.
 - 1.2.1.1 Asignación.
 - 1.2.1.2 Comunicación.
 - 1.2.2 Desarrollo del PFG.
 - 1.2.2.1 Revisión del tutor.
 - 1.2.2.2 Avances.
 - 1.2.2.2.1 Cuantificación residuos generados.
 - 1.2.2.2.2 Diagnóstico causas de merma.
 - 1.2.2.2.3 Análisis de casos de uso.
 - 1.2.2.2.4 Alternativa más adecuada.
 - 1.2.2.2.5 Análisis de evaluación de factibilidad.

- 1.2.2.2.6 Conclusiones.
- 1.2.2.2.7 Recomendaciones.
- 1.2.2.2.8 Lista de referencias.
- 1.2.2.2.9 Anexos.
- 1.2.2.3 Aprobación del tutor para lectura.
- 1.3 Revisión de lectores.
 - 1.3.1 Solicitud de asignación.
 - 1.3.1.1 Asignación.
 - 1.3.1.2 Comunicado de asignación.
 - 1.3.1.3 Envío PFG a lectores.
 - 1.3.2 Trabajo de lectores.
 - 1.3.2.1 Lector 1.
 - 1.3.2.1.1 Revisión PFG.
 - 1.3.2.1.2 Envío de Informe de Lectura.
 - 1.3.2.2 Lector 2.
 - 1.3.2.2.1 Revisión PFG.
 - 1.3.2.2.2 Envío de Informe de Lectura.
- 1.4 Tutorías de ajuste.
 - 1.4.1 Mejoras al PFG e Informe de Revisión.
 - 1.4.2 PFG corregido enviado a lectores.
 - 1.4.3 Segunda revisión de lectores.
- 1.5 Evaluación del tribunal.
 - 1.5.1 Aprobación de lectores.
 - 1.5.2 Calificación del tribunal.
 - 1.5.3 Aprobación final del PFG.

15. Presupuesto del PFG

Actividad	Unidad	Costo por Unidad (C)	Total (C)
Inspección tiendas			
Kilometraje	456.5 km	312.13	142,487
Desayuno	7	5,000	35,000
Almuerzo	7	6,600	46,200
Trabajo escrito			
Impresión a color	300 hojas	200	60,000
Empaste	2	15,000	30,000
Total			313,687

Se estima llevar a cabo una visita de inspección a siete de las unidades de negocio con que cuenta la Cadena de Supermercados para la verificación en sitio de los procedimientos de manejo de los residuos sólidos. No se estará incurriendo en costos relacionados con la adquisición de alguna licencia de software, pago de algún consultor especializado o la necesidad de pagar alojamiento durante las visitas. Los recursos y

datos están disponibles en la empresa en estudio. El costo total del proyecto será asumido por la organización por ser de interés propio.

16. Supuestos para la elaboración del PFG

- a. La información de la cantidad generada de residuos sólidos por departamento estará organizada y disponible.
- b. La información de las causas de merma de los residuos orgánicos generados por la empresa estará organizada y disponible.
- c. La información de los costos actuales por el almacenamiento, recolección y disposición final de los residuos sólidos estará organizada y disponible.
- d. Se contará con la cooperación de todas las partes relacionadas con la gestión de residuos sólidos en la empresa.
- e. Se tendrá la autorización necesaria para inspeccionar las diferentes unidades de negocio en caso de requerirse.
- f. El tiempo del investigador para el Proyecto Final de Graduación será de al menos 15 horas por semana durante el tiempo de la tutoría.

17. Restricciones para la elaboración del PFG

- a. El tiempo máximo para terminar el Proyecto Final de Graduación es de 12 semanas.
- b. Las reuniones y visitas a las unidades de negocio con las partes interesadas se llevarán a cabo de acuerdo con su disponibilidad de agenda.
- c. No se cuenta con un estudio que haga un levantamiento de las empresas disponibles en el país y la alternativa técnica que proponen para el correcto manejo de los residuos orgánicos aprovechables.
- d. La información de generación de residuos sólidos generados por la empresa se limita a los supermercados del formato Supercenter con que cuenta la empresa y que operan en Costa Rica.

18. Descripción de riesgos de la elaboración del PFG

- a. La pérdida de datos relacionados con la generación de residuos sólidos por parte de los encargados de la Cadena de Supermercados podría generar atrasos en los entregables.
- b. Los cambios en los objetivos del proyecto en etapas avanzadas del proceso podrían llevar a un aumento en el tiempo necesario para completar el proyecto o a una dispersión de esfuerzos y dificultar la obtención de los resultados.
- c. La falta de tiempo del estudiante debido a otros compromisos laborales o personales podría limitar el tiempo que se puede dedicar al proyecto.
- d. Las dificultades técnicas, como problemas con el equipo de cómputo utilizado en la elaboración del proyecto o el almacenamiento de datos, podría retrasar o interrumpir el progreso del proyecto.

19. Principales hitos del PFG

Entregable	Fecha estimada de finalización
1.1.1 Inicio Seminario de Graduación	29/08/2023
1.1.4 Seminario de Graduación Aprobado	24/10/2023
1.2.1 Inicio Tutoría de Desarrollo	31/10/2023
1.2.3.3 Aprobación del tutor	17/01/2024
1.2.4 Fin Tutoría de Desarrollo	17/01/2024
1.3.1 Inicio revisión de lectores	24/01/2024
1.3.4 Fin revisión de lectores	20/02/2024
1.4.1 Inicio Tutorías de Ajuste	27/02/2024
1.4.5 Fin Tutorías de Ajuste	27/03/2024
1.5.1 Inicio Evaluación del Tribunal	03/04/2024
1.5.4 Aprobación Final del PFG	10/04/2024
1.5.5 Fin Evaluación del Tribunal	10/04/2024

20. Marco teórico

20.1 Estado de la cuestión

Se estima que la cantidad de residuos sólidos generados a nivel mundial aumente a 3.40 millones de toneladas para el año 2050, lo que representa un aumento de casi 1.5 veces si se compara con las estimaciones del año 2016. Además, se estima que el volumen de residuos sólidos produce el 5% de los gases de efecto invernadero y que los residuos orgánicos representan más del 50% de los residuos generados en total.

Para el caso de Costa Rica, se estima que en el país se producen alrededor de 4.000 toneladas de residuos diariamente, lo que equivale a una tasa de 0,8 kilogramos por residuos por habitante por día. En el contexto del cambio climático, los residuos constituyen una fuente importante de emisiones de gases de efecto invernadero, sólo superado por el sector energía y transportes.

La práctica de disponer los residuos orgánicos en basureros o vertederos eleva los costos de recolección, transporte y eliminación, ya que estos generalmente son muy densos y tienen un alto contenido de humedad, por lo que aumenta las tasas de consumo de combustible y las tarifas en los vertederos. Además, reducen la vida útil de estas instalaciones.

La gestión inadecuada de los residuos sólidos se presenta cuando no se manejan de manera adecuada desde su generación hasta su disposición final y representan un problema ambiental y de salud pública para las ciudades y sus residentes.

Cuando los residuos orgánicos se separan correctamente, pueden ser tratados mediante métodos como el compostaje, la digestión anaerobia, entre otros, para crear productos valiosos, como por ejemplo abono, biogás o digestato, que las organizaciones públicas y privadas pueden usar para vender y reducir su impacto ambiental.

20.2 Marco conceptual básico

Residuos sólidos orgánicos, gestión integral de residuos sólidos, medio ambiente, valorización de residuos, compostaje, digestión anaerobia, lombricultura, alimentación animal, economía circular, estudio de viabilidad.

21. Marco metodológico

Objetivo	Nombre del Entregable	Fuentes de Información	Métodos de Investigación	Herramientas	Supuestos	Restricciones
1. Cuantificar y caracterizar los residuos sólidos generados por la cadena de supermercados de acuerdo con su tipo con el fin de definir el peso de los residuos orgánicos aprovechables dentro de la matriz de residuos de dicha organización.	Cuantificación residuos generados	Primarias - Base de datos. - Entrevista. - Protocolos manejo de residuos. Secundarias - Ley para la Gestión Integral de Residuos. - Estrategia Nacional de Separación, Recuperación y Valorización de Residuos.	- Analítico-Sintético - Inductivo	- Entrevistas - Reuniones - Histogramas	La información de la cantidad generada de residuos sólidos por cada unidad de negocio estuvo organizada y disponible.	La información de la cantidad de residuos sólidos generados por la empresa se limitó a los supermercados del formato Supercenter con que cuenta la empresa y que operan en Costa Rica.
2. Realizar un diagnóstico de las causas de merma de los residuos orgánicos generados por la empresa en sus diferentes áreas y procesos, con el fin de identificar los puntos críticos de generación.	Diagnóstico causas de merma	Primarias - Base de datos. - Entrevista. Secundarias - Libros de texto. - Revistas e informes de diferentes fuentes digitales.	- Analítico-Sintético - Inductivo	- Entrevistas - Reuniones - Histogramas - Diagrama de Pareto	La información de las causas de merma de los residuos orgánicos generados para cada uno de los departamentos de las unidades de negocio estuvo organizada y disponible.	La información requerida para llevar a cabo el diagnóstico de las causas de merma de los residuos orgánicos generados por la empresa correspondió al último año calendario.
3. Analizar al menos tres casos de uso para la gestión responsable de los residuos orgánicos aprovechables para definir el plan de manejo más adecuado a las	Análisis de casos de uso	Primarias - Lista de gestores de residuos autorizados. - Información técnica. - Asesoría de expertos. Secundarias	- Analítico-Sintético - Inductivo - Deductivo	- Entrevistas - Reuniones - Análisis de documentos - Investigación de Mercado	Los gestores y proveedores de servicios compartieron toda la información técnica y económica de la alternativa que proponen para el correcto manejo de los residuos	No se contó con un estudio que hiciera un levantamiento de las empresas disponibles en el país y la alternativa técnica que proponen para el

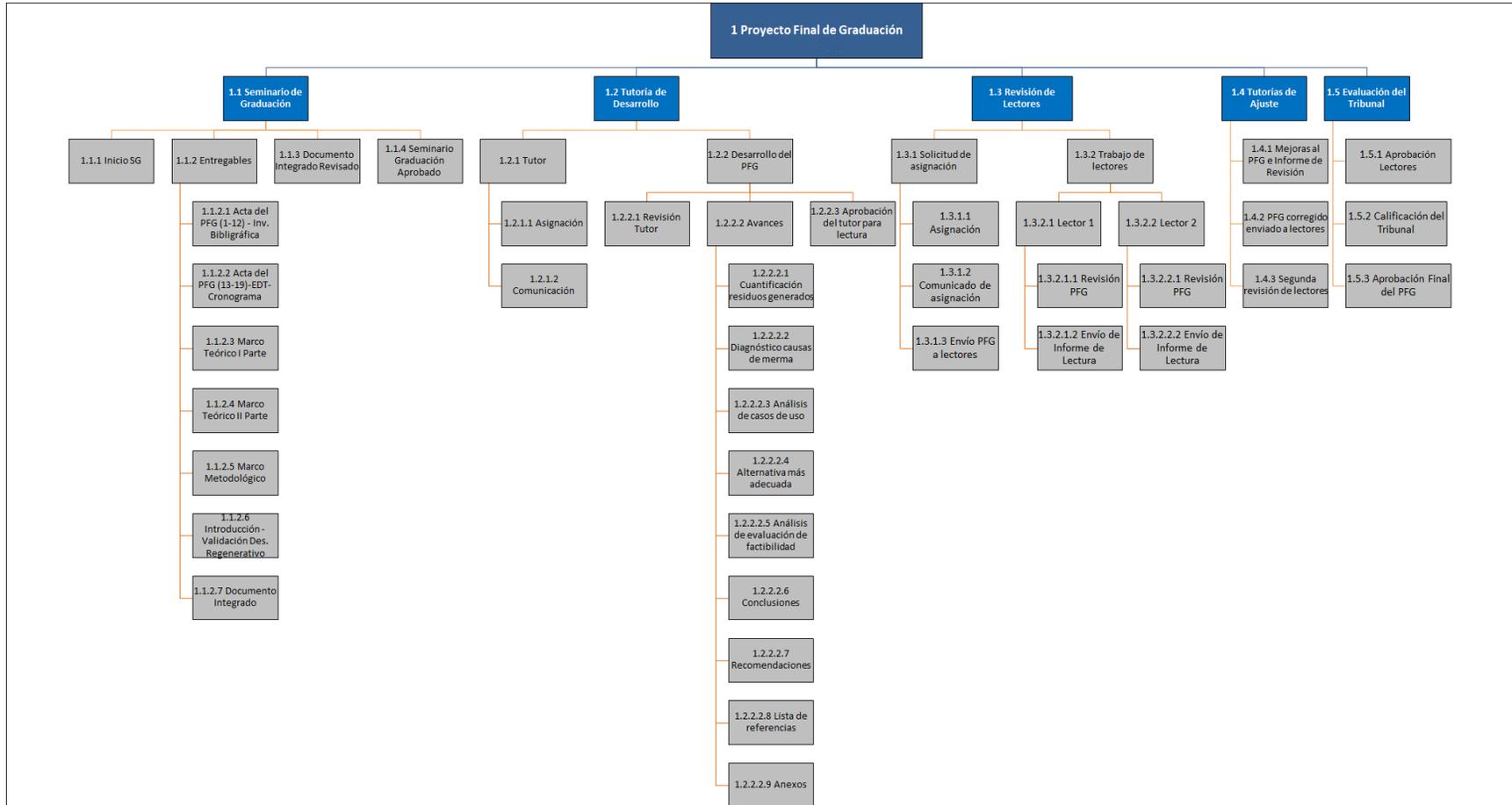
Objetivo	Nombre del Entregable	Fuentes de Información	Métodos de Investigación	Herramientas	Supuestos	Restricciones
necesidades de la empresa.		<ul style="list-style-type: none"> - Artículos de Internet. - Tesis o trabajos de grado. 			orgánicos aprovechables.	correcto manejo de los residuos orgánicos aprovechables.
4. Determinar la logística de recuperación, tratamiento y disposición final de los residuos orgánicos aprovechables más adecuada para la empresa con el propósito de garantizar el cumplimiento de sus metas.	Alternativa más adecuada	<p>Primarias</p> <ul style="list-style-type: none"> - Entrevistas - Asesoría de expertos. <p>Secundarias</p> <ul style="list-style-type: none"> - Libros de texto - Artículos de Internet. 	<ul style="list-style-type: none"> - Analítico-Sintético - Inductivo 	<ul style="list-style-type: none"> - Reuniones - Juicio de expertos - Análisis de alternativas - Habilidades interpersonales 	Se contó con la cooperación de todas las partes relacionadas con la gestión de residuos sólidos en la empresa.	Las reuniones y visitas a las unidades de negocio con las partes interesadas se llevaron a cabo de acuerdo con su disponibilidad de agenda.
5. Desarrollar un análisis de evaluación de factibilidad social, legal, técnica, económica y ambiental para la alternativa más adecuada para el manejo de los residuos orgánicos aprovechables generados por la cadena de supermercados con el fin de determinar si su implementación es viable y sostenible a largo plazo.	Análisis de evaluación de factibilidad	<p>Primarias</p> <ul style="list-style-type: none"> - Entrevistas - Asesoría de expertos. - Información técnica. <p>Secundarias</p> <ul style="list-style-type: none"> - Manual para la elaboración del estudio de factibilidad. - Artículos de Internet. 	<ul style="list-style-type: none"> - Analítico-Sintético - Inductivo - Deductivo 	<ul style="list-style-type: none"> - Reuniones - Juicio de expertos - Análisis Costo-Beneficio 	La disponibilidad de datos sobre los gastos actuales relacionados con el almacenamiento, la recolección y la eliminación de residuos sólidos estaba bien estructurada y se contó con la colaboración de las áreas a cargo de este proceso.	El análisis de evaluación de factibilidad se limitó a los elementos social, legal, técnico, económico y ambiental.

22. Validación del trabajo en el campo del desarrollo regenerativo y desarrollo sostenible

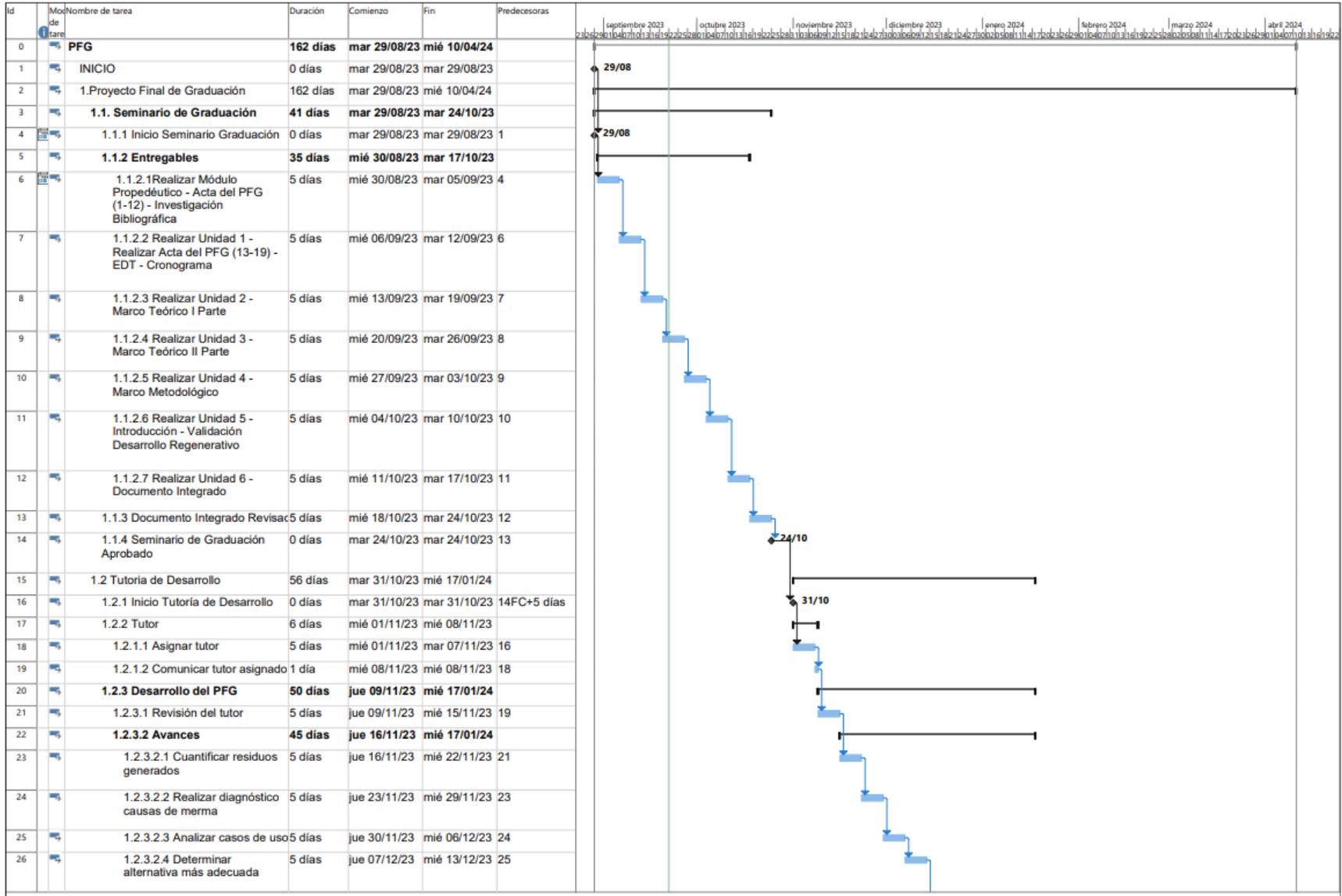
Una adecuada gestión de los residuos sólidos orgánicos generados por las unidades de negocio de la Cadena de Supermercados contribuye a reducir la cantidad de residuos que son dispuestos en los vertederos en cada una de las comunidades donde operan, de ahí que, en consecuencia, el proyecto ayuda a reducir la contaminación en el suelo, aire y agua que ocasiona un mal manejo, recolección, transporte y disposición final de los mismos. Uno de los beneficios más importantes del proyecto lo constituye la reducción de los gases de efecto invernadero generados en los vertederos, lo que contribuye a mitigar el cambio climático. De igual forma se contribuye a reducir la posibilidad de la contaminación de las fuentes de agua y de las áreas costeras. Por otro lado, el proyecto garantiza una gestión adecuada de los residuos, con lo que se reduce la afectación a la salud humana producto de la atracción de plagas y la propagación de enfermedades. El proyecto también abrirá la oportunidad de nuevos puestos de trabajo, tanto al nivel de las tiendas, como con los proveedores de servicio, lo que permitirá a este nuevo personal satisfacer sus necesidades económicas básicas y las de sus familias. Finalmente, el proyecto puede ser utilizado como una plataforma que le permita a la empresa concientizar a sus clientes y comunidades vecinas sobre la importancia y el fortalecimiento de la participación comunitaria y del desarrollo de otras iniciativas de sostenibilidad y responsabilidad ambiental.

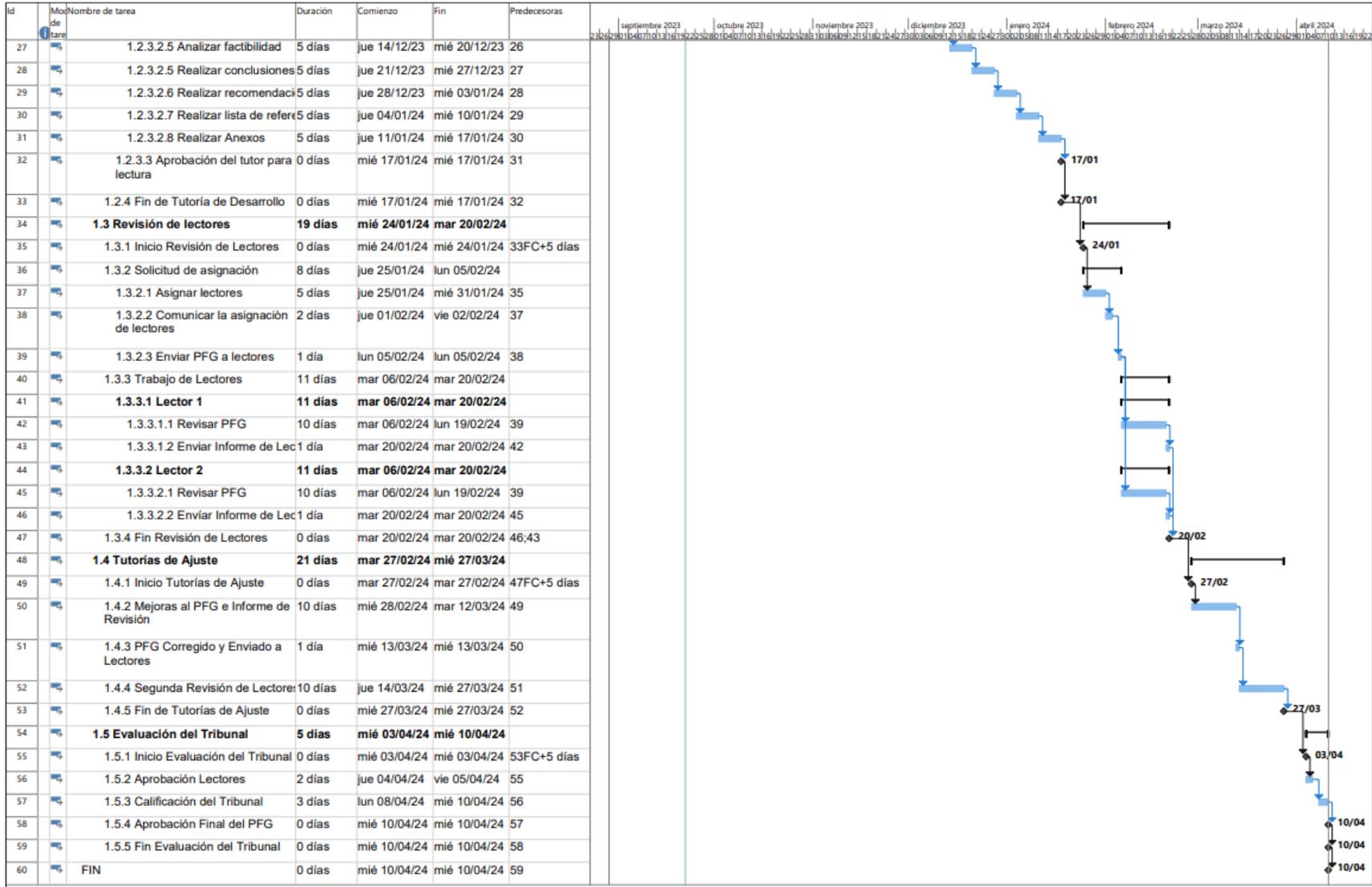
Con el fin de medir el impacto del proyecto, la Cadena de Supermercados debe incluir la medición y control de varios indicadores que aborden múltiples dimensiones de la sostenibilidad. El primero de ellos consiste en medir la cantidad de residuos sólidos orgánicos desviados de los vertederos, lo que reflejará la reducción de residuos generados por las unidades de negocio. En segundo lugar, debe hacer una estimación de la reducción de emisiones de metano que se evitan mediante el manejo adecuado de los mismos. Otro de los indicadores consiste en la medición de la cantidad de abono orgánico producto del tratamiento de los residuos. Debe incorporar a sus indicadores del programa de capacitación, la cantidad de personal entrenado y concientizado en el adecuado manejo de los residuos. Es muy importante que se realice un seguimiento constante de estos indicadores y tomar las acciones en caso de requerirse algún ajuste al proyecto y garantizar que se cumplan con los objetivos de la empresa.

Anexo 2: EDT del PFG



Anexo 3: CRONOGRAMA del PFG





Anexo 4: Investigación bibliográfica preliminar

Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos. (2020). *Mejores prácticas para la gestión de los residuos sólidos: Una Guía para los responsables de la toma de decisiones en los países en vías de desarrollo*. Oficina de Conservación y Recuperación de Recursos. https://www.epa.gov/sites/default/files/2021-02/documents/swm_guide-spanish-reducedfilesize_pubnumber_october.pdf

Esta Guía ofrece información sobre los aspectos comunes de la gestión de residuos sólidos, identifica algunos de los desafíos principales que enfrentan los países, actores del sector privado y demás partes interesadas y describe los elementos clave de un sistema de gestión de dichos residuos. Hace referencia a varios manuales de implementación paso a paso e incluye información sobre los tipos de tratamiento, políticas y programas para apoyar las estrategias de desvío relacionadas con la gestión de residuos orgánicos.

Alcaldía Mayor de Bogotá, Unidad Administrativa Especial de Servicios Públicos. (2018). *Guía técnica para el aprovechamiento de residuos orgánicos a través de metodologías de compostaje y lombricultura*. https://www.uaesp.gov.co/images/Guia-UAESP_SR.pdf

El manejo integral de residuos sólidos orgánicos implica la adopción de todas las medidas necesarias en las actividades de consumo responsable, prevención, reducción y separación en la fuente, almacenamiento, transporte, aprovechamiento, valorización, tratamiento y disposición final de estos residuos. En este documento se encuentran alternativas prácticas en el aprovechamiento y manejo adecuado de residuos orgánicos, caso de ser utilizado como

insumo primario para la regeneración y estabilización de suelos, disminuyendo los impactos ambientales negativos generados cuando estos residuos son enviados a los rellenos sanitarios.

Álvarez, S. (2017). *Elaboración de una propuesta para el tratamiento de residuos sólidos urbanos por procesamiento mecánico-biológico para los cantones urbanos de Heredia*. Universidad de Costa Rica.

Esta investigación plantea un proyecto para el tratamiento de los residuos sólidos municipales en cuatro de los cantones de la provincia de Heredia, Costa Rica, mediante un procesamiento mecánico-biológico con base en la digestión anaerobia. El proyecto realiza una cuantificación de los residuos sólidos generados y un dimensionamiento de la planta propuesta, para finalmente llevar a cabo una identificación de los impactos ambientales y una estimación preliminar de la inversión de capital inicial y de los costos de operación de forma anual para el proyecto. En el marco del presente proyecto final de graduación, el proyecto proporciona una alternativa viable desde el punto de vista ambiental, pero que en caso de implementarse debe ser evaluada desde la parte técnica y económica.

Asamblea Legislativa de la República de Costa Rica. (2010, 13 de julio). *Ley para la Gestión Integral de Residuos. Ley No. 8839*. Diario Oficial La Gaceta No. 135.

http://www.pgrweb.go.cr/scij/Busqueda/Normativa/Normas/nrm_texto_completo.aspx?param1=NRTC&nValor1=1&nValor2=68300&nValor3=83024

Esta ley regula la gestión integral de residuos, el uso eficiente de los recursos y fomenta el desarrollo de mercados de subproductos, materiales valorizables y productos reciclados, reciclables y biodegradables. Este documento permitirá clasificar los residuos generados por la

cadena de supermercados, ya que contempla diversas categorías de residuos y sustenta la necesidad de tomar acciones para garantizar su correcto manejo al otorgar la propiedad de los residuos a los generadores y a los Municipios. Es de observancia obligatoria para todas las personas, físicas o jurídicas, públicas o privadas, generadoras de residuos de toda clase, salvo aquellos que se regulan por legislación especial. No contempla incentivos para la valorización de residuos de ninguna clase como exenciones tributarias u otras.

Castro, H. (2021). *Retos y oportunidades para la gestión sostenible de residuos orgánicos en Costa Rica*. Universidad Latinoamericana de Ciencia y Tecnología.

En este documento se analiza el panorama de las familias costarricenses en la gestión de sus residuos orgánicos y entre otras cosas, recopila una serie de datos que permiten su comparación con casos de éxito en otros países y regiones. Establece las principales oportunidades en la gestión de residuos orgánicos en los hogares de Costa Rica y propone una herramienta de diagnóstico para analizar las prácticas, lo que será de ayuda al hacer el diagnóstico de las causas de merma en la cadena de supermercados y en la identificación de los puntos críticos de generación.

Consejo Nacional de Rectores de Costa Rica. (2019). *Gestión de los residuos sólidos en Costa Rica. Informe Estado de la Nación en Desarrollo Humano Sostenible*.
https://repositorio.conare.ac.cr/bitstream/handle/20.500.12337/7818/Soto_%202019_Gestion_Residuos.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Este documento hace un análisis del marco jurídico vigente en cuanto a la gestión integral de residuos sólidos en Costa Rica, así como del cumplimiento de los objetivos de acción de la Ley

GIR 8839. Presenta una síntesis de los datos más relevantes del análisis de situación actual en el manejo de los residuos a nivel nacional. Esta información será muy valiosa en la preparación del marco teórico del proyecto.

Cunningham, M. (2021). *Diseño de un proceso logístico de recolección de residuos orgánicos para su posterior valorización bajo los principios de Economía Circular*. Universidad de Costa Rica.

En este trabajo se estudia el proceso de recolección de residuos orgánicos, el cual representa una etapa de un gran sistema de gestión de residuos y que impacta nuestras comunidades en los aspectos social, económico y ambiental. Lleva a cabo un cálculo de la huella de carbono de las diferentes alternativas analizadas y propone un proceso logístico de recolección de residuos orgánicos, necesario para lograr la posterior valorización que permita una disminución en el impacto ambiental negativo provocado por los residuos enviados al relleno sanitario. Este documento servirá de ayuda para el análisis de los casos de uso y en la definición del plan de manejo más adecuado a las necesidades de la empresa.

González, N., Brenes, L., Jiménez, M., Vaquerano, F., Campos, R. (2018). *Estabilización anaeróbica de residuos sólidos biodegradables para proponer un producto alimenticio para cerdos, en el Tecnológico de Costa Rica*. Tecnología en Marcha. Vol. 31-4. 20-132.
<https://doi.org/10.18845/tm.v31i4.3970>

En esta investigación se lleva a cabo la evaluación de tratamientos de estabilización de residuos sólidos biodegradables para proponer un producto alimenticio para cerdos. Su importancia radica en llegar a determinar el tratamiento que tuviera mejor comportamiento

técnico, económico y ambiental para la gestión de este tipo de residuos, para lo cual se evalúa la calidad de los diferentes productos en función de su composición química y nutricional, para finalmente hacer un análisis económico-ambiental mediante la técnica de costos evitados y la estimación de las emisiones de dióxido de carbono equivalentes. Para efectos del presente proyecto de graduación, esta investigación permite evaluar como una alternativa para valorizar los residuos, su uso en la alimentación animal.

GPM Global. (2019). *El Estándar P5™ de GPM para la Sostenibilidad en la Dirección de Proyectos* (segunda edición).

El Estándar P5 ayuda a identificar los posibles impactos para la sostenibilidad, tanto positivos como negativos, de un proyecto, de forma que puedan ser analizados para respaldar decisiones informadas y realizar una asignación efectiva de recursos. Organiza la información disponible en cinco categorías: Producto, Proceso, Personas, Planeta y Prosperidad y proporciona información clave sobre dónde están las áreas de problemas desde la perspectiva de la sostenibilidad. Esta fuente ayudará a analizar cada tipo de impacto, subcategoría y elemento del proyecto, así como la causa, el impacto potencial y la respuesta propuesta.

Hidalgo, S. (2017). *Plan de gestión integral de residuos sólidos en la Empresa de Servicios Públicos de Heredia*. Universidad Nacional.

<https://repositorio.una.ac.cr/bitstream/handle/11056/14194/PG.%20PLAN%20DE%20GESTI%C3%93N%20INTEGRAL%20DE%20RESIDUOS%20S%C3%93LIDOS%20EN%20LA%20EMPRESA%20DE%20SERVICIOS%20P%C3%9ABLICOS%20DE%20HEREDIA.pdf?sequence=1&isAllowed=y#:~:text=La%20gesti%C3%B3n%20integral%20de%20residuos,consenso%20de%20la%20comunidad%20internacional.>

El proyecto compendia y analiza la información respecto al sistema de gestión integral de residuos en Costa Rica y desarrolla el caso de la Empresa de Servicios Públicos de Heredia, identificando los tipos y cantidades de residuos sólidos generados y realizando un diagnóstico de las condiciones de separación en la fuente, almacenamiento, transporte y disposición final. Para el desarrollo del proyecto, constituye un ejemplo que toma en cuenta los requisitos legales en esta materia y la implementación del sistema de gestión de residuos sólidos, lo que será un insumo importante en el análisis de la gestión de los residuos generados por la cadena de supermercados.

Ministerio del Ambiente y Agua del Ecuador. (2020). *Manual de aprovechamiento de los residuos orgánicos municipales*. <https://www.ambiente.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2020/07/MANUAL-DE-APROVECHAMIENTO-DE-RESIDUOS-ORGANICOS-MUNICIPAL.pdf>

Este documento describe la importancia del aprovechamiento de los residuos sólidos orgánicos como parte de los sistemas de gestión integral de residuos sólidos, caso del aprovechamiento de la fracción orgánica como materia prima fundamental para la obtención de abono orgánico óptimo para la recuperación de los suelos y en algunos casos la generación de energía eléctrica y térmica renovable. Se explican los principios de las metodologías para la obtención de abonos orgánicos, caso del compostaje, lombricultura, bokashi y biodigestión anaerobia. Toda esta información servirá de ayuda para el análisis de los casos de uso y en la definición del plan de manejo más adecuado a las necesidades de la empresa.

Ministerio de Salud. (2016). *Plan Nacional para la Gestión Integral de Residuos 2016-2021*. <https://www.ministeriodesalud.go.cr/index.php/biblioteca-de-archivos-left/documentos->

ministerio-de-salud/ministerio-de-salud/planes-y-politicas-institucionales/planes-institucionales/planes-planes-institucionales/714-plan-nacional-para-la-gestion-integral-de-residuos-2016-2021/file

El Plan Nacional para la Gestión Integral de Residuos Sólidos busca orientar las acciones gubernamentales y privadas en el tema. Entre otros aspectos, presenta una síntesis de los datos más relevantes del análisis de situación actual en el manejo de los residuos a nivel nacional, así como un análisis de la reglamentación asociada a la gestión integral de los residuos, lo que servirá de insumo para establecer la justificación del proyecto. Se especifican los lineamientos metodológicos para la formulación e implementación del sistema de monitoreo y evaluación del plan.

Müller, E. (2016). *Desarrollo regenerativo ante el cambio global, garante de un futuro económico, social y ambiental. El caso de Centroamérica*. Universidad para la Cooperación Internacional. <https://laliniciativablog.files.wordpress.com/2017/03/uci-desarrollo-regenerativo-centroamecc81rica-05-2016-1.pdf>

Esta fuente ayudará a explicar los conceptos de desarrollo regenerativo y desarrollo sostenible, así como la importancia de cada uno y su consideración en la gestión de proyectos. Servirá de ayuda para analizar los efectos de la ejecución del proyecto, y en caso de haber efectos negativos, definir las acciones para mitigarlo o evitarlo, así como posibles soluciones.

Presidencia de la República y Ministerio de Salud. (2010, 16 de agosto). Reglamento sobre el manejo de residuos sólidos ordinarios. Decreto No. 36093-S. Diario Oficial La Gaceta No. 158.

http://www.pgrweb.go.cr/scij/Busqueda/Normativa/Normas/nrm_texto_completo.aspx?nValor1=1&nValor2=68467

El Reglamento regula los aspectos relacionados con la gestión integral de los residuos ordinarios cualquiera que sea la actividad, incluyendo el almacenamiento, recolección, transporte, transferencia, valorización, tratamiento y disposición final. Establece que las actividades tendientes a la valorización de residuos sólidos ordinarios deberán cumplir con lo establecido en el Reglamento General para el Otorgamiento de Permisos de Funcionamiento del Ministerio de Salud vigente, así como a realizar las acciones necesarias para que los sistemas utilizados sean técnica, financiera, social y ambientalmente sostenibles.

Presidencia de la República, Ministerio de Salud, Ministerio de Ambiente, Energía y

Telecomunicaciones y Ministerio de Hacienda. (2013, 19 de marzo). *Reglamento General a la Ley para la Gestión Integral de Residuos*. Decreto No. 37567-S-MINAET-H. Diario Oficial La Gaceta No. 55.

http://www.pgrweb.go.cr/scij/Busqueda/Normativa/Normas/nrm_texto_completo.aspx?param1=NRTC&nValor1=1&nValor2=74462&nValor3=91973&strTipM=TC

Este reglamento regula la gestión de los residuos a nivel nacional. Define los instrumentos de planificación para la gestión integral de residuos, caso por ejemplo de los programas de residuos por parte de los generadores, entre otros. Comprende las especificaciones para el cumplimiento de las metas de recolección por parte de los productores y establece responsabilidades para los generadores y gestores de residuos sólidos en el país, se amplía el espectro de responsabilidades de los generadores de residuos, así como los requisitos para inscribirse como gestor de residuos. Todos estos lineamientos serán de mucha utilidad al

establecer los requerimientos que deben cumplir los gestores autorizados encargados del manejo de los residuos orgánicos aprovechables de los diferentes casos de uso que se estarán analizando en el proyecto.

Rodríguez, A., Monestel, J., Víquez, G. (2021). *Implementación de un Proyecto de Gestión Ambiental para el aprovechamiento de los residuos orgánicos generados en tres empresas del GAM*. Universidad Técnica Nacional.

Este proyecto propone la implementación de un proceso de compostaje mediante el método de Takakura como una opción viable para el tratamiento de los residuos sólidos orgánicos de tres empresas participantes. Para efectos del presente proyecto final de graduación, esta investigación representa una opción a valorar por la empresa para escalar esta alternativa en sus unidades de negocio.

Secretaría Consejo Nacional Ambiental. (2020). *Plan Nacional de Compostaje 2020-2050*.
<https://cambioclimatico.go.cr/wp-content/uploads/2021/05/Plan-Nacional-de-Compostaje-2020-2050.pdf>

Este Plan busca fortalecer la gestión integral de residuos en Costa Rica mediante la creación de proyectos regionales que faciliten la articulación entre los gobiernos locales, las instituciones del estado, el sector comercial e industrial y las comunidades. Este documento será de gran ayuda para definir las acciones que debe tomar la cadena de supermercados para garantizar el uso eficiente de los alimentos, de la circularidad de la economía y de las prácticas de compostaje como una de las alternativas que deben analizarse. Todo lo anterior mediante la implementación de un sistema de gestión integrada de residuos basado en la separación,

reutilización, revalorización y disposición final de bajas emisiones de gases de efecto invernadero.

Anexo 5: Cuantificación de la cantidad de residuos sólidos generada de forma anual

Departamentos	Peso (kg/año)	Peso Relativo (%)	Cantidad (kg/tienda/mes)
Cartón	3,510,299.1	47.5%	20,894.6
Cafetería y Rostizados	1,001,411.3	13.6%	5,960.8
Donaciones alimentos y bienes	888,547.1	12.0%	5,289.0
Panadería y repostería	839,771.6	11.4%	4,998.6
Frutas y Vegetales	642,173.3	8.7%	3,822.5
Plástico	163,174.2	2.2%	971.3
Bebidas alcohólicas	41,851.5	0.6%	249.1
Abarrotes	38,698.0	0.5%	230.3
Bebidas no alcohólicas	38,504.4	0.5%	229.2
Carnes (Aves, Res y Cerdo)	37,327.2	0.5%	222.2
Productos químicos para el hogar	27,639.4	0.4%	164.5
Alimentos congelados	24,013.1	0.3%	142.9
Enseres mayores (grandes electrodomésticos)	20,687.1	0.3%	123.1
Productos lácteos	16,171.6	0.2%	96.3
Muebles para el hogar	14,419.5	0.2%	85.8
Línea Blanca	13,110.4	0.2%	78.0
Electrónica	10,510.1	0.1%	62.6
Embutidos granel	9,777.5	0.1%	58.2
Embutidos empacados	8,017.6	0.1%	47.7
Artículos para el hogar	6,369.5	0.1%	37.9
Mascotas	3,231.2	0.0%	19.2
Temporadas	2,574.2	0.0%	15.3
Cuidado e higiene Personal	2,558.3	0.0%	15.2
Deportes	2,238.4	0.0%	13.3
Pan empacado (abarrotes)	2,171.0	0.0%	12.9
Confites y tabaco	1,979.7	0.0%	11.8
Horticultura	1,952.9	0.0%	11.6
Pescado y mariscos	1,691.2	0.0%	10.1
Ventas por impulso (checkout)	1,670.0	0.0%	9.9
Decoración, mantelería	1,619.2	0.0%	9.6
Prichos	1,585.4	0.0%	9.4
Ropa interior dama	1,366.1	0.0%	8.1
Pinturas	1,341.7	0.0%	8.0
Automóviles	1,188.8	0.0%	7.1
Flores y plantas	1,084.8	0.0%	6.5
Tecnología	946.2	0.0%	5.6
Farmacia (automedicación)	870.6	0.0%	5.2
Ferretería	534.2	0.0%	3.2
Juguetes	515.3	0.0%	3.1
Cuidado de la belleza	477.0	0.0%	2.8
Joyería	457.0	0.0%	2.7
Bienes domésticos	451.3	0.0%	2.7
Caballeros	407.0	0.0%	2.4

Departamentos	Peso (kg/año)	Peso Relativo (%)	Cantidad (kg/tienda/mes)
Niños	379.6	0.0%	2.3
Cosméticos	365.9	0.0%	2.2
Papelería y artículos para fiesta	331.4	0.0%	2.0
Revistas	317.0	0.0%	1.9
Libros	244.1	0.0%	1.5
Cuidado Personal Bebé	224.6	0.0%	1.3
Zapatería	218.6	0.0%	1.3
Papeles domésticos	205.1	0.0%	1.2
Niñas	187.5	0.0%	1.1
Niños	147.0	0.0%	0.9
Ropa deportiva señora	123.3	0.0%	0.7
Farmacia (regente)	97.4	0.0%	0.6
Ropa de cama	69.4	0.0%	0.4
Moda, Acceso, Equipaje	48.0	0.0%	0.3
Cortinas y persianas	27.9	0.0%	0.2
Calcetería Damas	14.4	0.0%	0.1
Panty Medias	3.6	0.0%	0.0
Cosméticos y Fragancias	3.4	0.0%	0.0
Tallas grandes / Maternidad	0.4	0.0%	0.0
Total	7,388,393.9		43,978.5