

UNIVERSIDAD HISPANOAMERICANA

CARRERA INGENIERÍA INDUSTRIAL

**DISEÑO DE UNA PROPUESTA DE MEJORA CONTINUA
PARA REDUCIR LA PÉRDIDA DEL COMPOST EN LA
ESCUELA DE BARRIO LOS ÁNGELES, POCOCÍ,
DURANTE EL PRIMER SEMESTRE DEL 2026**

**PROYECTO DE GRADUACIÓN PARA OPTAR POR LA
LICENCIATURA EN INGENIERÍA INDUSTRIAL**

ESTUDIANTE: JUAN LUIS SOLÍS RAMÍREZ

TUTOR: ING. HECTOR JESUS RAMÍREZ MORA

LLORENTE, 2026

Declaración Jurada

DECLARACIÓN JURADA

Yo Juan Luis Solís Ramírez, mayor de edad, portador de la cédula de identidad número 6-462-503 egresado de la carrera de Ingeniería Industrial de la Universidad Hispanoamericana, hago constar por medio de éste acto y debidamente apercebido y entendido de las penas y consecuencias con las que se castiga en el Código Penal el delito de perjurio, ante quienes se constituyen en el Tribunal Examinador de mi trabajo de tesis para optar por el título de Licenciatura, juro solemnemente que mi trabajo de investigación titulado: Diseño de una propuesta de mejora continua para reducir la pérdida del compost en la escuela de bamió los ángeles, Pocaú durante el primer semestre del 2026, es una obra original que ha respetado todo lo preceptuado por las Leyes Penales, así como la Ley de Derecho de Autor y Derecho Conexos número 6683 del 14 de octubre de 1982 y sus reformas, publicada en la Gaceta número 226 del 25 de noviembre de 1982; incluyendo el numeral 70 de dicha ley que advierte; artículo 70. Es permitido citar a un autor, transcribiendo los pasajes pertinentes siempre que éstos no sean tantos y seguidos, que puedan considerarse como una producción simulada y sustancial, que redunde en perjuicio del autor de la obra original. Asimismo, quedo advertido que la Universidad se reserva el derecho de protocolizar este documento ante Notario Público.

En fe de lo anterior, firmo en la ciudad de San José, a los 20 días del mes de mayo del año dos mil 26.

Juan Luis Solís Ramírez

Firma del estudiante

Cédula: 6-462-503

Carta tutor

CARTA DEL TUTOR

19 de mayo 2026

Destinatario
Carrera
Universidad Hispanoamericana

Estimado señor:

El estudiante Juan Luis Solís Ramírez, cédula de identidad 604620503, me ha presentado, para efectos de revisión y aprobación, el trabajo de investigación denominado "DISEÑO DE UNA PROPUESTA DE MEJORA CONTINUA PARA REDUCIR LA PÉRDIDA DEL COMPOST EN LA ESCUELA DE BARRIO LOS ÁNGELES, POCOCÍ, DURANTE EL PRIMER SEMESTRE DEL 2026", el cual ha elaborado para optar por el grado de Licenciatura en la carrera de Ingeniería industrial.

En mi calidad de tutor, he verificado que se han hecho las correcciones indicadas durante el proceso de tutoría y he evaluado los aspectos relativos a la elaboración del problema, objetivos, justificación; antecedentes, marco teórico, marco metodológico, tabulación, análisis de datos, resultados económicos; conclusiones y recomendaciones.

De los resultados obtenidos por el postulante, se obtiene la siguiente calificación:

a)	ORIGINAL DEL TEMA	10%	9
b)	CUMPLIMIENTO DE ENTREGA DE AVANCES	20%	20
C)	COHERENCIA ENTRE LOS OBJETIVOS, LOS INSTRUMENTOS APLICADOS Y LOS RESULTADOS DE LA INVESTIGACION	30%	30
d)	RELEVANCIA DE LAS CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	20%	18
e)	CALIDAD, DETALLE DEL MARCO TEORICO	20%	18
	TOTAL		95

En virtud de la calificación obtenida, se avala el traslado al proceso de lectura.

Atentamente,

HECTOR JESUS
RAMIREZ MORA
(FIRMA)

Digitally signed by HECTOR
JESUS RAMIREZ MORA (FIRMA)
Date: 2026.05.19 17:05:07
+06'00'

Ing. Héctor Ramírez Mora, Eng.
Cédula identidad 1 1296 0047
Carné Colegio Profesional IPI-24135

Carta Lector

San José, 16 de julio de 2026.

Señores
Registro
Universidad Hispanoamericana

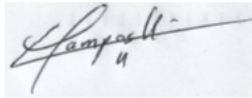
Estimados señores:

Hago constar en mi condición de lector, que he revisado el trabajo del estudiante Juan Luis Solís Ramírez, cédula 6-0462-0503, titulado: "DISEÑO DE UNA PROPUESTA DE MEJORA CONTINUA PARA REDUCIR LA PÉRDIDA DEL COMPOST EN LA ESCUELA DE BARRIO LOS ÁNGELES, POCOCÍ, DURANTE EL PRIMER SEMESTRE DEL 2026" para optar por el grado de Licenciatura en Ingeniería Industrial.

Manifiesto, después de la revisión, que dicho trabajo reúne los requisitos exigidos por la Universidad y, por lo tanto, autorizo al autor para que continúe con el proceso de aprobación del proyecto.

Sin más por el momento,

Atentamente:



Ing. Lubín Campos Ureña
Céd. 1-499-389
Carné II-3108

Carta CENIT

**UNIVERSIDAD HISPANOAMERICANA
CENTRO DE INFORMACION TECNOLOGICO (CENIT)
CARTA DE AUTORIZACIÓN DE LOS AUTORES PARA LA CONSULTA, LA
REPRODUCCION PARCIAL O TOTAL Y PUBLICACIÓN ELECTRÓNICA
DE LOS TRABAJOS FINALES DE GRADUACION**

San José, 17/06/2026

Señores:
Universidad Hispanoamericana
Centro de Información Tecnológico (CENIT)

Estimados Señores:

El suscrito (a) Juan Luis Solís Ramírez con número de
identificación 604620503 autor (a) del trabajo de graduación titulado
Diseño de una propuesta de mejora continua para reducir la pérdida del compost en la
escuela de barrio los ángeles, pococí, durante el primer semestre del 2026.

presentado y aprobado en el año 2026 como requisito para optar por el título
de Licenciatura; (~~S~~ / NO)
autorizo al Centro de Información Tecnológico (CENIT) para que con fines
académicos, muestre a la comunidad universitaria la producción intelectual
contenida en este documento.

De conformidad con lo establecido en la Ley sobre Derechos de Autor y Derechos
Conexos N° 6683, Asamblea Legislativa de la República de Costa Rica.

Cordialmente,
604620503
Firma y Documento de Identidad

**JUAN LUIS
SOLIS RAMIREZ
(FIRMA)**

Firmado digitalmente
por JUAN LUIS SOLIS
RAMIREZ (FIRMA)
Fecha: 2026.06.17
11:31:37 -06'00'

Dedicatoria

Dedico este proyecto a mi familia, por su amor incondicional, su apoyo constante y por ser mi motor en cada paso de este camino académico.

De igual forma, dedico este trabajo a todas las personas que formaron parte de este camino. A quienes me brindaron palabras de ánimo, apoyo y motivación en momentos importantes. Cada gesto, por pequeño que pareciera, sumó para que hoy pueda ver este objetivo cumplido.

Agradecimientos

Agradezco a mis profesores, compañeros y todas aquellas personas que compartieron sus conocimientos y experiencias a lo largo de este proceso. Cada enseñanza y consejo contribuyó significativamente al desarrollo y culminación de este trabajo.

Resumen

El presente trabajo de investigación tiene como objetivo diseñar una propuesta de mejora continua mediante la metodología DMAIC para reducir la pérdida del compost en la Escuela de Barrio Los Ángeles, ubicada en Pococí, durante el primer semestre del año 2026. El estudio surge a partir de la identificación de deficiencias en la gestión del proceso de compostaje, tales como la falta de planificación, control y coordinación en el uso del compost producido. La metodología empleada se basa en el enfoque DMAIC (Definir, Medir, Analizar, Mejorar y Controlar), propio de la Ingeniería Industrial, el cual permitió estructurar el problema, cuantificar el nivel de pérdida del compost, identificar las causas raíz y diseñar soluciones orientadas a la mejora del proceso. Para el análisis se utilizaron herramientas como el diagrama de Ishikawa, el análisis de Pareto y la técnica de los Cinco Porqués. Los resultados evidenciaron que la pérdida del compost se encontraba asociada principalmente a factores de gestión, tales como la ausencia de un calendario de aplicación, falta de registros, deficiencias en la coordinación y ausencia de procedimientos estandarizados. En respuesta a esta problemática, se diseñó un sistema de gestión del compost que incluye planificación del uso, registros de control, calendario de aplicación, procedimientos operativos e indicadores de desempeño. La implementación de la propuesta permitió mejorar la organización del proceso, reducir la pérdida del compost y optimizar su aprovechamiento en la huerta escolar. Se establecieron mecanismos de control y seguimiento que garantizan la sostenibilidad de la mejora en el tiempo. El proyecto demuestra que la aplicación de herramientas de mejora continua en contextos educativos contribuye significativamente a la eficiencia de los procesos y al fortalecimiento de prácticas sostenibles.

Palabras clave: compostaje, mejora continua, DMAIC, gestión de procesos, sostenibilidad.

Tabla de contenido

Declaración Jurada	2
Carta tutor	3
Carta Lector	4
Carta CENIT.....	5
Dedicatoria	6
Agradecimientos.....	7
Resumen	8
CAPÍTULO I.....	14
PLANTEAMIENTO DEL PROYECTO.....	14
1.1 Descripción general del proyecto	15
1.2 Identificación de la organización en donde se realiza el proyecto	16
1.2.1 Descripción general de la organización.....	16
1.2.2 Antecedentes del contexto de la institución.....	18
1.3 Planteamiento del problema	19
1.3.1 Definición y medición del problema.....	20
1.3.2 Justificación del proyecto	21
1.4 Objetivos del proyecto.....	22
1.4.1 Objetivo general	22
1.4.2 Objetivos específicos	22
1.5 Alcances y limitaciones	23
1.5.1 Alcances.....	23
1.5.2 Limitaciones	24
CAPÍTULO II.....	26
MARCO TEÓRICO	26

2.1 Marco conceptual	27
2.1.1 Ingeniería Industrial: definición, evolución y campos de aplicación	27
2.1.2 Mejora continua y optimización de procesos	33
2.1.3 Metodología Seis Sigma y enfoque DMAIC	37
2.2. Gestión de procesos en entornos escolares.....	42
2.2.1. Enfoque por procesos en instituciones educativas	43
2.2.2. Mapeo y diagramación de procesos aplicados al contexto escolar	44
2.2.3 Estandarización, control y documentación operativa	45
2.2.4 Gestión de residuos orgánicos y economía circular.....	47
2.2.5 Clasificación y manejo de residuos sólidos orgánicos	48
2.2.6 Principios de economía circular aplicados al compostaje.....	49
2.2.7 Valorización de residuos mediante compostaje.....	50
2.2.8 Compostaje: fundamentos técnicos del proceso	52
2.2.9 Pérdida y desperdicio en procesos de compostaje	54
2.2.10 Planificación del uso del compost y sincronización con la huerta escolar	58
2.2.11 Indicadores de desempeño para la reducción de pérdidas	61
2.3. Educación ambiental en el sistema educativo costarricense	65
2.3.1. Lineamientos del MEP en sostenibilidad	66
2.3.2. Educación para el Desarrollo Sostenible (EDS).....	67
2.3.3. Integración de prácticas ambientales en el currículo escolar	68
2.3.4 Sostenibilidad institucional y eficiencia operativa.....	69
2.3.5 Impacto de la reducción de pérdidas en procesos escolares.....	72
2.3.6 Gestión del cambio en instituciones educativas	75
CAPÍTULO TRES.....	80

MARCO METODOLOGICO	80
3.1 Tipo y enfoque de la investigación	81
3.2 Diseño metodológico	81
3.3 Aplicación de la metodología DMAIC	82
3.3.1 Fase Definir	83
3.3.2 Fase Medir	84
3.3.3 Fase Analizar	85
3.3.4 Fase Mejorar	86
3.3.5 Fase Controlar	86
3.4 Técnicas e instrumentos de recolección de datos	87
3.5 Población y muestra	88
3.6 Indicadores y línea base	90
CAPÍTULO CUATRO	92
ANÁLISIS DE RESULTADOS	92
4.1 Descripción general del proceso de compostaje analizado	93
4.2 Análisis de la generación de residuos orgánicos	94
4.2.1 Cantidad de residuos orgánicos generados	95
4.2.2 Variación semanal en la generación de residuos	96
4.3 Análisis de la producción de compost	97
4.3.1 Volumen de compost producido	98
4.3.2 Relación entre residuos orgánicos y compost generado	99
4.4 Análisis de la pérdida del compost	100
4.4.1 Cálculo del porcentaje de pérdida del compost	102
4.4.2 Comportamiento de la pérdida durante el periodo de estudio	103
4.5 Análisis del aprovechamiento del compost	104

4.5.1 <i>Volumen de compost utilizado en la huerta escolar</i>	105
4.5.2 <i>Porcentaje de aprovechamiento del compost</i>	106
4.6 Identificación de causas de la pérdida del compost.....	107
4.6.1 <i>Análisis de causa raíz mediante diagrama de Ishikawa</i>	108
4.6.2 <i>Análisis de causas prioritarias mediante diagrama de Pareto</i>	110
4.6.3 <i>Análisis de causa raíz mediante la técnica de los Cinco Porqués</i>	112
4.7 Interpretación de los resultados	113
Tabla. Lista de Verificación de Condiciones de Almacenamiento	115
CAPÍTULO CINCO.....	116
DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE LA SOLUCIÓN.....	116
5.1 Introducción al diseño de la solución	117
5.2. Solución propuesta	117
5.2.1 <i>Implementación de la definición de roles y responsabilidades en el proceso de compostaje</i>	118
5.2.2 <i>Implementación del calendario de aplicación y control del compost</i> ...	120
5.2.3 <i>Implementación de la estandarización del registro y control del compost</i>	123
5.2.4 <i>Implementación de procedimientos estandarizados para la gestión del compost</i>	125
5.2.5 <i>Implementación del sistema de control y seguimiento del proceso de compostaje</i>	127
5.3 Evidencia de la implementación de la mejora	129
5.3 Evaluación económica del proyecto	132
5.4 Etapa de control	134
5.5 Seguimiento de los indicadores y del proceso de implementación	136
CAPÍTULO SEIS	140

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	140
6.1 Conclusiones.....	141
6.2 Recomendaciones.....	142
1. <i>Sobre la implementación y continuidad del sistema de gestión del compost</i>	142
2. <i>Sobre la planificación y uso del compost</i>	143
3. <i>Sobre la coordinación y organización del proceso</i>	143
4. <i>Sobre el uso de registros y control del proceso</i>	143
5. <i>Sobre la estandarización de procedimientos</i>	143
6. <i>Sobre los indicadores de desempeño y la mejora continua</i>	144
7. <i>Sobre las condiciones de almacenamiento del compost</i>	144
8. <i>Sobre la capacitación del personal y estudiantes</i>	144
9. <i>Sobre el fortalecimiento del proyecto ambiental escolar</i>	145
CAPÍTULO SIETE	146
REFERENCIAS	146
Anexos.....	148
Anexo 1. Carta de respaldo institucional sobre compostaje escolar.....	148
Anexo 2. Datos del compostaje Escuela Los Ángeles	149
Anexo 3. Cronograma de actividades.....	150
Anexo 4. Lista de Verificación de Condiciones de Almacenamiento.....	151
Anexo 5. Guía de Entrevista Estructurada al Personal.....	152
Anexo 6. Diagrama de Pareto.....	153
Anexo 7. Análisis de causa raíz mediante la técnica de los Cinco Porqués (5 Whys)	154
Anexo 8. Imágenes de la huerta y el compostaje	155
Anexo 9. Carta de Agradecimiento.....	156

CAPÍTULO I

PLANTEAMIENTO DEL PROYECTO

1.1 Descripción general del proyecto

En la Escuela de Barrio Los Ángeles se desarrolla un proceso de compostaje a partir de los residuos orgánicos generados principalmente en el comedor escolar y algunas actividades académicas. Esta iniciativa busca promover la sostenibilidad ambiental y apoyar el funcionamiento de la huerta escolar mediante la producción de abono orgánico. Sin embargo, a pesar del esfuerzo institucional por mantener activo el proyecto, se ha identificado que una proporción significativa del compost producido no es aprovechada de manera efectiva, lo que genera una pérdida de recursos y disminuye el impacto esperado del programa ambiental.

El problema central radica en la pérdida del compost generado, entendida como el volumen de abono que no se utiliza oportunamente en la huerta escolar y que, debido a condiciones inadecuadas de almacenamiento, falta de planificación o desconocimiento técnico, pierde sus propiedades agronómicas o se desecha. Esta situación se presenta de forma recurrente, ya que no existe una planificación coordinada entre la producción del compost y los ciclos de siembra, ni protocolos claros para determinar el momento óptimo de aplicación del abono.

El proceso de manejo del compost carece de mecanismos de control y seguimiento que permitan medir la eficiencia del sistema. No se registran datos sobre el volumen producido, el volumen aplicado ni el tiempo promedio de almacenamiento, lo que dificulta identificar con precisión la magnitud de la pérdida. Esta ausencia de indicadores impide la toma de decisiones basadas en datos y limita la posibilidad de implementar mejoras sostenibles en el tiempo.

La pérdida del compost representa un problema relevante desde la perspectiva operativa y ambiental. Operativamente, implica un desperdicio del tiempo y esfuerzo invertido por el personal docente y administrativo en la recolección y procesamiento de los residuos orgánicos. Ambientalmente, reduce el impacto positivo que podría generarse mediante el aprovechamiento total del abono en la huerta escolar, afectando la eficiencia del sistema de gestión de residuos.

Esta situación tiene implicaciones educativas, ya que disminuye el valor pedagógico del proyecto ambiental. Cuando el compost producido no se utiliza o se deteriora, se pierde la oportunidad de mostrar al estudiantado un ciclo completo y eficiente de aprovechamiento de residuos, limitando el aprendizaje práctico sobre sostenibilidad y economía circular. Por lo tanto, el problema no solo es técnico, sino también formativo.

En este contexto, se hace necesaria una intervención desde la Ingeniería Industrial que permita analizar el proceso actual, identificar las causas de la pérdida del compost y diseñar una propuesta estructurada orientada a su reducción. La aplicación de una metodología de mejora continua, como DMAIC, permitirá abordar el problema de manera sistemática, estableciendo controles, indicadores y estrategias que aseguren el aprovechamiento eficiente del abono producido y fortalezcan la sostenibilidad del proyecto ambiental escolar.

1.2 Identificación de la organización en donde se realiza el proyecto

La presente propuesta de graduación se desarrollará en la Escuela de Barrio Los Ángeles, una institución educativa pública ubicada en el cantón de Pococí, provincia de Limón. Este centro forma parte del sistema educativo costarricense bajo la administración del Ministerio de Educación Pública (MEP), y atiende a una población estudiantil de nivel primaria, abarcando desde preescolar hasta sexto grado. Su misión es ofrecer una formación académica integral en un contexto de respeto, inclusión y valores.

La selección de esta institución como escenario de intervención responde a su interés por fortalecer su proyecto ambiental, el cual se ha venido desarrollando de forma empírica. La escuela cuenta con una zona habilitada para compostaje y una huerta escolar, ambas operadas por un grupo reducido de docentes comprometidos con la educación ambiental. No obstante, al no existir procesos estandarizados ni herramientas de gestión técnica, se presentan diversas oportunidades de mejora que justifican la aplicación de metodologías propias de la Ingeniería Industrial.

1.2.1 Descripción general de la organización

La Escuela de Barrio Los Ángeles se encuentra ubicada en una zona de carácter semiurbano del distrito de Guápiles, en el cantón de Pococí, Limón. Es una institución de

educación primaria que presta sus servicios a niños y niñas de la comunidad, en su mayoría provenientes de familias trabajadoras. La escuela funciona en horario diurno y forma parte del circuito educativo 02 de la Dirección Regional de Educación de Limón. Las instalaciones cuentan con aulas, comedor escolar, espacios recreativos y un pequeño terreno destinado a actividades agroambientales.

La institución está conformada por un equipo docente integrado por profesionales en educación primaria, personal administrativo, personal de servicio y encargados del comedor escolar. Aunque no posee un departamento formal de gestión ambiental, algunos docentes han asumido la responsabilidad de liderar iniciativas relacionadas con sostenibilidad, como el compostaje y la agricultura escolar. Estas actividades han surgido por motivación propia, con recursos limitados y sin lineamientos técnicos estandarizados.

En términos operativos, la escuela enfrenta desafíos comunes a otras instituciones públicas del país, como la falta de presupuesto específico para proyectos ambientales, limitaciones de infraestructura y carencia de personal especializado en procesos técnicos. A pesar de estas condiciones, la comunidad educativa ha manifestado interés en mejorar sus prácticas ambientales y formalizar su proyecto institucional en esta área. Esta disposición representa una fortaleza clave para el desarrollo del proyecto propuesto.

La escuela no forma parte del Programa Bandera Azul Ecológica, sin embargo, ha realizado actividades que coinciden con los principios de dicho programa, como la reducción de residuos, uso de abono orgánico y promoción de una cultura ambiental. Esta condición ofrece una oportunidad importante, ya que permite diseñar un sistema desde cero, aplicando principios de mejora continua que podrían, eventualmente, facilitar su incorporación al programa en el futuro si la institución así lo decide.

El terreno donde se ubican la huerta y el área de compostaje se encuentra dentro del perímetro escolar, accesible para estudiantes y docentes. Sin embargo, el uso de estos espacios no está formalmente planificado ni integrado al currículo escolar, por lo que su aprovechamiento es ocasional. Esta situación genera oportunidades para estructurar actividades pedagógicas con mayor impacto y regularidad, utilizando estos espacios como laboratorios educativos enfocados en sostenibilidad.

La escuela promueve valores como el respeto, la solidaridad, el compromiso y la participación, lo que ha permitido mantener, aunque de manera limitada, prácticas ambientales vivas dentro del centro. La intervención propuesta se alinea con estos principios, ya que busca fortalecer el trabajo colaborativo, empoderar al personal docente mediante herramientas técnicas y promover el desarrollo de una comunidad educativa ambientalmente responsable.

1.2.2 Antecedentes del contexto de la institución

Durante los últimos años, la Escuela de Barrio Los Ángeles ha realizado esfuerzos por desarrollar un proyecto ambiental escolar basado en prácticas sencillas de agricultura ecológica y compostaje, lideradas por docentes comprometidos. Estas acciones han surgido como parte de proyectos de aula o por iniciativa del personal, sin un respaldo metodológico formal ni recursos institucionales asignados para su ejecución. A pesar de estas limitaciones, la comunidad educativa ha demostrado una actitud favorable hacia la sostenibilidad y la reutilización de residuos orgánicos.

El compostaje se lleva a cabo utilizando residuos orgánicos generados principalmente en el comedor escolar, como cáscaras de frutas y verduras. Sin embargo, al no existir una guía técnica clara ni una planificación estructurada, parte importante del compost producido no llega a ser utilizado. Este se acumula, pierde calidad o se desecha por exceso de humedad, fermentación prolongada o falta de demanda inmediata en la huerta. Esta situación representa una pérdida directa de recursos y una desconexión entre la producción del abono y su aplicación efectiva.

La huerta escolar ha funcionado de forma intermitente, según la disponibilidad del personal y las condiciones climáticas, sin una programación continua ni articulación curricular con las asignaturas. Tampoco existe un registro del tipo de cultivos sembrados, ni una planificación integrada con la disponibilidad de compost, lo que limita su impacto como recurso pedagógico. Esta falta de sincronización con el sistema de compostaje ha contribuido al desaprovechamiento del abono generado.

A nivel organizativo, el proyecto ambiental carece de una estructura formal. Las tareas y decisiones recaen sobre un grupo reducido de docentes, lo que provoca sobrecarga

de responsabilidades y riesgo de abandono si estos actores se ausentan o son reasignados. Esta fragilidad institucional también ha impedido que el compost y la huerta se consoliden como proyectos transversales y sostenibles en el tiempo.

Tampoco se cuenta con mecanismos de seguimiento, control o medición que permitan evaluar el desempeño del sistema. No se han implementado indicadores para cuantificar la cantidad de compost producido, utilizado o desperdiciado, lo que impide detectar pérdidas, tomar decisiones correctivas o generar reportes para fines institucionales o comunitarios. Esta carencia limita la posibilidad de aplicar mejoras sostenidas y medibles.

Dadas estas condiciones, la institución presenta un escenario propicio para la implementación de un proyecto de graduación enfocado en reducir la pérdida del compost producido, mediante el diseño de una propuesta técnica basada en la metodología DMAIC. Esta intervención permitirá analizar las causas del problema, proponer soluciones estructuradas y generar herramientas prácticas que mejoren la eficiencia del proceso y fortalezcan el proyecto ambiental escolar.

1.3 Planteamiento del problema

En la Escuela de Barrio Los Ángeles, el proceso de compostaje escolar enfrenta deficiencias técnicas y organizativas que han resultado en pérdidas significativas del abono producido. A pesar de contar con una producción constante de compost a partir de residuos orgánicos generados en el comedor, no existe un sistema formal que asegure su uso oportuno en la huerta escolar. Como consecuencia, una parte importante del compost se deteriora por almacenamiento prolongado o condiciones inadecuadas, y termina siendo desechado o perdiendo valor como insumo agrícola.

La falta de planificación, seguimiento y control sobre el uso del compost ha debilitado la efectividad del proyecto ambiental, disminuyendo su impacto operativo, educativo y ambiental. Esta situación ha sido identificada por el personal docente como una problemática recurrente, que afecta la motivación institucional y representa un desperdicio de recursos físicos y humanos. El contexto actual constituye una oportunidad para intervenir técnicamente el proceso mediante herramientas de la Ingeniería Industrial, con el fin de

reducir las pérdidas del compost y garantizar su aprovechamiento en la producción agroescolar.

1.3.1 Definición y medición del problema

El problema central identificado es la pérdida del compost producido en la Escuela de Barrio Los Ángeles, ya sea por falta de uso oportuno, deterioro durante el almacenamiento o ausencia de planificación para su aplicación en la huerta escolar. Aunque el proceso de compostaje se encuentra activo, la falta de integración con el calendario agrícola escolar y la ausencia de indicadores técnicos han provocado que una parte considerable del abono no cumpla su propósito.

Uno de los factores que contribuyen al problema es la falta de planificación entre la producción y la demanda del compost. No existe una coordinación entre los tiempos de generación del abono y los ciclos de siembra, lo que produce una sobreacumulación del material. Esta acumulación, sin condiciones de almacenamiento adecuadas, da lugar a pérdidas por descomposición excesiva, compactación, presencia de plagas o lixiviación.

Se estima, según apreciaciones del personal, que entre un 40 % y un 50 % del compost producido no llega a ser utilizado. Esto implica un alto nivel de desperdicio, considerando el tiempo invertido en la recolección de residuos, manejo del compost y supervisión del proceso. Además, la escuela no cuenta con registros del volumen total producido ni del porcentaje efectivamente aplicado en los cultivos, lo cual dificulta la cuantificación exacta del problema.

Otro aspecto crítico es la falta de criterios técnicos para evaluar el estado del compost y determinar el momento óptimo para su aplicación. Esto genera incertidumbre entre el personal sobre cuándo utilizarlo, y en algunos casos, se opta por no aplicarlo, temiendo dañar los cultivos. Esta situación no solo reduce la eficiencia del proceso, sino que disminuye la confianza en su utilidad.

Asimismo, no se cuenta con protocolos de almacenamiento adecuado del compost que permitan conservar sus propiedades. El abono suele mantenerse en áreas improvisadas, expuesto al sol, la lluvia o a animales, lo que contribuye a su degradación. Esta mala gestión

del producto final representa una falla en la etapa terminal del proceso y contribuye directamente a las pérdidas.

La escuela carece de un sistema de indicadores y control de calidad del compost, que permita evaluar su volumen, calidad, grado de madurez y tasa de aplicación. Esta ausencia de datos limita la toma de decisiones, impide detectar tendencias de pérdida y obstaculiza la implementación de mejoras sostenibles. Por tanto, se hace necesario intervenir el proceso con un enfoque técnico y metodológico que permita reducir las pérdidas y asegurar el aprovechamiento eficiente del compost.

1.3.2 Justificación del proyecto

La realización de este proyecto se justifica por la necesidad de optimizar el uso del compost producido en la Escuela de Barrio Los Ángeles, y reducir las pérdidas derivadas de su mal manejo, almacenamiento inadecuado o falta de planificación. Aunque la institución ha mostrado un compromiso con prácticas ambientales sostenibles, la ausencia de procesos estructurados y herramientas técnicas ha provocado que una parte considerable del compost no sea utilizado, lo que representa un desperdicio de recursos físicos, humanos y pedagógicos.

Desde la perspectiva de la Ingeniería Industrial, el problema identificado constituye una oportunidad para aplicar principios de mejora continua y gestión de procesos, con el fin de intervenir técnicamente un sistema que, aunque funcional, presenta ineficiencias críticas. La metodología DMAIC permitirá abordar el problema de manera estructurada, definiendo con claridad sus causas, midiendo el nivel de pérdida actual, y proponiendo mejoras sostenibles en el tiempo, respaldadas por datos e indicadores específicos.

Además de su impacto técnico, el proyecto tiene un valor estratégico en el contexto escolar, ya que mejorar el aprovechamiento del compost fortalece el componente ambiental del centro educativo. Al asegurar el uso efectivo del abono producido, se cierra el ciclo de manejo de residuos orgánicos, se mejora la calidad de los cultivos en la huerta escolar y se promueve una cultura de aprovechamiento integral de los recursos. Esto contribuye directamente a los objetivos de desarrollo sostenible, particularmente en lo relacionado con la producción y consumo responsables (ODS 12).

El proyecto también genera un impacto pedagógico y formativo, al consolidar el compostaje como una herramienta educativa funcional, visible y eficiente. Cuando el compost producido se utiliza de forma efectiva, se transforma en un insumo didáctico para diversas asignaturas, promoviendo el aprendizaje vivencial, el pensamiento crítico y la conciencia ecológica en el estudiantado. Así, el compostaje deja de ser una actividad aislada para convertirse en un eje articulador de la educación ambiental institucional.

A nivel organizativo, el proyecto fortalecerá las capacidades internas de la institución mediante la elaboración de protocolos, formatos de control, indicadores y materiales visuales, que permitirán al personal mantener y mejorar el sistema de compostaje en el tiempo. Esto es especialmente relevante en contextos como el escolar, donde los proyectos dependen de la voluntad de pocas personas. Con herramientas claras, se facilita la distribución de tareas, la continuidad interanual y la incorporación de nuevos colaboradores.

Esta iniciativa representa una propuesta replicable y escalable para otras instituciones educativas que enfrentan desafíos similares en la gestión de residuos orgánicos y compostaje escolar. Al documentar el proceso de análisis, diseño y mejora, se genera una guía práctica que puede ser adaptada a otros centros, promoviendo así una cultura institucional orientada a la sostenibilidad, respaldada por principios de la Ingeniería Industrial y alineada con las políticas educativas nacionales.

1.4 Objetivos del proyecto

1.4.1 Objetivo general

Diseñar una propuesta de mejora continua mediante la metodología DMAIC para reducir la pérdida del compost producido en la Escuela de Barrio Los Ángeles, con el fin de asegurar su aprovechamiento eficiente en la huerta escolar.

1.4.2 Objetivos específicos

- Diagnosticar el proceso actual de producción, almacenamiento y uso del compost en la institución, identificando los factores que generan pérdidas.
- Cuantificar el volumen de compost que no se utiliza adecuadamente y establecer una línea base del nivel de desperdicio actual.

- Analizar las causas raíz de la pérdida del compost utilizando herramientas propias de la Ingeniería Industrial, como el diagrama causa-efecto y el análisis de flujo.
- Diseñar una propuesta técnica basada en la metodología DMAIC, que incluya protocolos operativos, planificación del uso del compost y recomendaciones de mejora.
- Proponer un sistema de indicadores de desempeño que permita monitorear, controlar y dar seguimiento a la aplicación del compost en la huerta escolar.

1.5 Alcances y limitaciones

El presente proyecto se enfocará en el diseño de una propuesta técnica para reducir la pérdida del compost generado en la Escuela de Barrio Los Ángeles, con base en el análisis del proceso actual de producción, manejo, almacenamiento y aplicación del abono orgánico. A través del enfoque metodológico DMAIC, se intervendrá el sistema desde una perspectiva de mejora continua, utilizando herramientas propias de la Ingeniería Industrial.

El alcance de esta investigación se limita al proceso de compostaje escolar, específicamente a las etapas que generan pérdidas materiales y organizativas. El proyecto se desarrollará de forma virtual, lo que implica que no habrá una implementación física directa, sino que se entregará una propuesta documentada, con protocolos, materiales de apoyo y recomendaciones técnicas listas para ser aplicadas por el personal docente o administrativo de la institución.

1.5.1 Alcances

El proyecto abordará todas las etapas del proceso de compostaje que estén directamente relacionadas con las pérdidas de producto final. Esto incluye la recolección de residuos orgánicos, el proceso de compostaje, el almacenamiento del abono y su aplicación en la huerta escolar. Cada fase será analizada para identificar oportunidades de mejora que reduzcan el desperdicio del compost producido.

Se realizará un diagnóstico integral del sistema actual, con recolección de datos cualitativos y cuantitativos mediante encuestas, entrevistas y observación virtual (fotos, videos, registros proporcionados por el personal). Este diagnóstico permitirá identificar el volumen de compost desaprovechado, los tiempos de almacenamiento, errores de manejo y nivel de uso en la huerta escolar.

Se aplicará la metodología DMAIC como eje de análisis y diseño de mejora. Esta metodología, propia del enfoque Seis Sigma, facilitará una intervención estructurada, dividiendo el proyecto en cinco etapas: Definir, Medir, Analizar, Mejorar y Controlar. Cada fase contará con actividades específicas e instrumentos técnicos ajustados al contexto educativo.

El proyecto incluirá el diseño de herramientas operativas, como protocolos de manejo del compost, instructivos visuales, checklists y esquemas de planificación del uso del abono. Estos instrumentos estarán adaptados al nivel técnico del personal escolar y pensados para su aplicación práctica y sencilla.

Se propondrá un sistema de indicadores de desempeño, orientado a medir la reducción de la pérdida del compost, el volumen aplicado en la huerta, la frecuencia de uso y la participación del personal. Estos indicadores permitirán hacer seguimiento continuo del proceso y facilitar la toma de decisiones en el futuro.

El proyecto entregará una propuesta replicable, que podrá ser utilizada como modelo por otras instituciones educativas con iniciativas similares de compostaje escolar. Al documentar el proceso de análisis y mejora, se generará un insumo útil para la difusión de buenas prácticas ambientales dentro del sistema educativo costarricense.

1.5.2 Limitaciones

La principal limitación del proyecto radica en que será ejecutado completamente de manera virtual, lo cual restringe la posibilidad de realizar observaciones directas en campo o mediciones presenciales. Por ello, los datos que alimenten el diagnóstico dependerán de la colaboración del personal institucional y la calidad de la información proporcionada a distancia.

Otra limitación es que el proyecto se centrará en el diseño de la solución, pero no incluye su implementación operativa ni evaluación posterior. La puesta en práctica de las recomendaciones dependerá exclusivamente de la disposición de la escuela, su capacidad de gestión interna y el compromiso del equipo docente-administrativo.

Además, la escuela no cuenta con registros históricos formales del volumen de compost producido o perdido, por lo que la medición inicial dependerá de estimaciones y

apreciaciones cualitativas del personal. Esto puede limitar la precisión del diagnóstico y de la línea base, aunque se establecerán mecanismos para mejorar el registro en el futuro.

El proyecto también está condicionado por la disponibilidad de tiempo del personal docente y administrativo para participar en encuestas, entrevistas o validación de propuestas. Las responsabilidades propias del calendario escolar pueden dificultar la retroalimentación constante requerida durante el desarrollo del trabajo.

Otra limitación importante es que no se abordarán aspectos relacionados con infraestructura, como rediseño físico del área de compostaje, compra de materiales o inversión económica, ya que el alcance se centra en el análisis y documentación técnica. Cualquier cambio físico quedará bajo criterio y capacidad institucional.

El proyecto no pretende intervenir directamente en la dimensión pedagógica del uso del compost ni en la planificación curricular de los cultivos escolares, aunque sí se dejarán insumos que puedan ser utilizados con fines didácticos. La aplicación educativa del compost dependerá del interés del personal en integrar los materiales diseñados dentro de sus clases.

CAPÍTULO II
MARCO TEÓRICO

2.1 Marco conceptual

La Ingeniería Industrial se configura como una disciplina dinámica que ha evolucionado en consonancia con los cambios tecnológicos, productivos y organizacionales. A lo largo de su desarrollo histórico, ha ampliado su campo de acción hacia el análisis, diseño y mejoramiento de sistemas complejos, lo que le ha permitido consolidarse como un eje articulador en la gestión de organizaciones. Desde esta perspectiva, la toma de decisiones y la optimización del desempeño organizacional requieren comprender el funcionamiento integrado de los distintos componentes del sistema, evitando enfoques fragmentados que limiten la efectividad de las intervenciones.

En este marco, la mejora del desempeño organizacional se vincula con enfoques que integran procesos, personas y recursos, mediante la aplicación de metodologías orientadas al incremento de la eficiencia, la productividad y la calidad. Por ello, el presente marco conceptual se estructura en torno a la definición y evolución de la disciplina, su enfoque sistémico y sus principales ámbitos de aplicación, con especial atención a la dimensión ambiental y a la delimitación conceptual del campo.

2.1.1 Ingeniería Industrial: definición, evolución y campos de aplicación

La Ingeniería Industrial se distingue por incorporar al ser humano como elemento esencial dentro del análisis ingenieril, lo que la diferencia de otras ramas centradas exclusivamente en componentes físicos o técnicos. Esta incorporación se sitúa históricamente hacia finales del siglo XIX, cuando emerge una disciplina “que incluía al hombre como componente fundamental e importante” dentro de la Ingeniería Industrial (Torres, 1994, p. 51). Desde sus inicios, esta orientación situó en el centro del análisis las interacciones entre personas, procesos y sistemas operativos.

La disciplina se vincula con los denominados “sistemas de actividad humana”, lo que implica que su campo de acción no se restringe a entornos industriales tradicionales. En este sentido, los principios aplicables a sistemas operativos que integran al ser humano trascienden el ámbito manufacturero, extendiéndose a diversos contextos organizacionales y de servicios.

Desde una perspectiva histórica, el desarrollo de la Ingeniería Industrial guarda estrecha relación con las transformaciones productivas y administrativas derivadas de la Revolución Industrial. La consolidación de fundamentos conceptuales asociados a la eficiencia y la productividad permitió estructurar una base teórica sólida, en la que la relación hombre-máquina se constituyó como uno de los pilares del campo disciplinar.

Asimismo, la evolución de la disciplina ha estado marcada por cambios sucesivos en las prioridades y condiciones de producción. A lo largo de las décadas, se han incorporado enfoques vinculados a mercados y finanzas, procesos de manufactura, modelos de gerencia participativa y sistemas de control apoyados en tecnologías emergentes. Esta trayectoria evidencia la capacidad de adaptación de la Ingeniería Industrial frente a entornos competitivos y organizacionales en constante transformación.

En cuanto a sus campos de aplicación, la Ingeniería Industrial amplió tempranamente su alcance hacia actividades de gran escala, incluyendo sectores como el transporte, las comunicaciones, las organizaciones de servicios y la administración pública. En efecto, se sostiene que “la práctica de la Ingeniería Industrial se extendió muy pronto a las actividades de gran escala de transporte y comunicación, organizaciones de servicio (...) la administración pública y otros” (Torres, 1994, p. 51). Esta expansión consolidó su carácter transversal más allá de la manufactura tradicional.

En el contexto contemporáneo, la disciplina muestra una tendencia hacia la cualificación del profesional en herramientas y filosofías de gestión, con especial énfasis en calidad, logística y gestión de la cadena de suministro. De igual manera, se reconoce una orientación creciente hacia la dimensión ambiental, señalándose que las tendencias actuales incluyen el manejo de herramientas y filosofías “además de un fuerte enfoque hacia lo ambiental” (Franco Vásquez, 2015, p. 94). Este énfasis refleja una evolución hacia modelos de desempeño organizacional que integran criterios de sostenibilidad.

En el ámbito de la gestión organizacional, la toma de decisiones y la resolución de problemas demandan la aplicación de técnicas acordes con los niveles de complejidad de cada situación, considerando orientaciones centradas en la estructura, los procesos, las personas o el cambio organizacional. Esta perspectiva resalta la importancia de comprender

cómo la orientación del decisor incide en el tipo de solución adoptada y en sus efectos sobre el sistema organizacional.

Se advierte una articulación progresiva entre la Ingeniería Industrial y metodologías de gestión integradas que abarcan calidad, medio ambiente y seguridad. Estas se implementan tanto en procesos de manufactura como en servicios, consolidando un enfoque sistémico orientado a resultados organizacionales y a la responsabilidad frente al entorno. De este modo, la disciplina amplía su horizonte conceptual hacia marcos de gestión integral que buscan equilibrar eficiencia, competitividad y sostenibilidad.

2.1.1.1 Enfoque sistémico de la Ingeniería Industrial

El enfoque sistémico constituye un fundamento teórico que permite comprender a las organizaciones e instituciones como sistemas conformados por partes interdependientes. Esta perspectiva privilegia el análisis de las interacciones y relaciones entre los distintos componentes, evitando interpretaciones parciales que puedan omitir variables relevantes para la comprensión integral del fenómeno organizacional.

En este contexto, la Ingeniería Industrial se caracteriza por ofrecer una visión global de la organización. Se sostiene que “La Ingeniería Industrial brinda una visión integral de la empresa o institución, mediante la aplicación de la Teoría General de Sistemas” (Torres, 1994, p. 51). Esta afirmación posiciona la integralidad como uno de los rasgos distintivos de la disciplina.

Desde la perspectiva sistémica, los problemas complejos deben abordarse a través de un análisis estructurado que considere las interacciones entre los elementos del sistema. Cuando estos se estudian de manera aislada, “sin considerar las interacciones con otros elementos del sistema”, pueden generarse soluciones parciales que reduzcan el alcance de los beneficios esperados. Por ello, el enfoque sistémico exige una comprensión articulada de los componentes y sus vínculos.

La organización se concibe como un sistema de actividad humana que puede describirse a partir del flujo y procesamiento de diversos elementos. El análisis no se limita a identificar partes individuales, sino que busca comprender cómo estas se articulan en procesos de adquisición, mantenimiento, utilización y disposición dentro del sistema.

Como concreción de esta perspectiva, se plantea una descripción organizacional estructurada en cinco elementos: “Medios, Personal, Materiales, Información y Recursos Económicos” (Torres, 1994, p. 52). Estos componentes, en interacción constante, configuran el funcionamiento del sistema y delimitan los espacios de intervención técnica de la Ingeniería Industrial.

La relevancia del enfoque sistémico se refuerza al señalar que dichos elementos “intervienen en prácticamente todos los sistemas de actividad humana”, y que la Ingeniería Industrial interviene “con el fin de lograr una interacción óptima y eficiente dentro del sistema”. En consecuencia, la disciplina orienta su acción no únicamente al perfeccionamiento de componentes aislados, sino a la optimización de las interrelaciones que determinan el desempeño global.

En el ámbito de la toma de decisiones, se destaca que el propósito es “mostrar la perspectiva sistémica del ingeniero industrial para la toma de decisiones” (Acevedo Borrego & Linares Barrantes, 2012, p. 9). Esta formulación vincula el enfoque sistémico con la evaluación de alternativas y la búsqueda de resultados óptimos en contextos organizacionales complejos.

Asimismo, se diferencia la toma de decisiones de la resolución de problemas, al señalar que esta última incorpora etapas adicionales orientadas a prevenir efectos no deseados o transformar situaciones problemáticas. En consecuencia, la perspectiva sistémica no se limita a la elección inmediata de alternativas, sino que implica un compromiso con la implementación y la evaluación de sus impactos dentro del sistema.

Desde el punto de vista histórico, la consolidación del enfoque sistémico se asocia con el tránsito hacia fundamentos basados en la relación hombre-máquina, considerados como piedra angular de la Ingeniería Industrial. En este marco, el diseño del trabajo, la estandarización, los métodos y la medición del tiempo se integran como elementos interrelacionados dentro de un sistema productivo.

La integración sistémica también se expresa en modelos de gestión que articulan distintas dimensiones organizacionales. En este sentido, los Sistemas Integrados de Gestión

unifican normas en una “triada de normas” orientada a calidad, medio ambiente y seguridad, lo que refleja una concepción integral de los procesos organizacionales.

La adopción de estos enfoques integrales implica asumir responsabilidad no solo en términos de calidad y seguridad, sino también en relación con el entorno. De esta manera, la perspectiva sistémica se vincula con la integración del desempeño organizacional y la sostenibilidad de las operaciones.

El enfoque sistémico se configura como un principio articulador de la Ingeniería Industrial, al permitir el análisis de interacciones, el tratamiento de problemas complejos, la integración de decisiones con su ejecución y el diseño de sistemas organizacionales que consideran múltiples dimensiones interdependientes.

2.1.1.2 Aplicación de la Ingeniería Industrial en sectores educativos y ambientales

En relación con sus ámbitos de aplicación, la Ingeniería Industrial ha extendido su práctica más allá de los procesos industriales tradicionales, incorporando actividades vinculadas al transporte, la comunicación, las organizaciones de servicio y la administración pública. Esta ampliación responde a que los principios de los sistemas operativos con participación humana no se limitan al sector manufacturero.

En el campo de los servicios, se mencionan de manera expresa organizaciones como “hospitales, bancos”, así como “la administración pública y otros” (Torres, 1994, p. 51). Esta formulación delimita ámbitos no manufactureros y evidencia la proyección transversal de la disciplina, aunque no especifica de manera directa instituciones educativas dentro de esos “otros”.

En lo que respecta al sector educativo, no se identifica una referencia explícita que permita afirmar, con sustento textual directo, que haya sido definido como un campo específico de aplicación. Si bien se alude de forma general a la “empresa o institución”, esta expresión posee un carácter amplio que no habilita una delimitación concreta del ámbito educativo sin respaldo adicional. En consecuencia, la aplicación de la Ingeniería Industrial en instituciones educativas no cuenta con una caracterización explícita en las fuentes citadas, por lo que debe reconocerse como un aspecto no desarrollado de manera directa.

En contraste, el ámbito ambiental sí aparece claramente respaldado dentro de la evolución contemporánea de la disciplina. Se señala que las tendencias actuales se orientan hacia herramientas y filosofías de gestión, “además de un fuerte enfoque hacia lo ambiental, la logística y la cadena de abastecimiento” (Franco, 2015, p. 94). Esta afirmación sitúa la dimensión ambiental como una línea reconocida de desarrollo disciplinar.

La incorporación del componente ambiental también se manifiesta a través de metodologías de gestión integradas. Se indica que las normas que conforman un sistema integrado de gestión corresponden a “calidad, medio ambiente y seguridad” (Ugalde & Zambrano, 2021, p. 388). De este modo, el medio ambiente se integra formalmente como dimensión gestionable dentro de la estructura organizacional.

La integración normativa se vincula con la responsabilidad organizacional, al considerar tanto la protección del trabajador como el cuidado del entorno. En esta línea, se plantea que la metodología implica “cuidando de impactar lo menos posible al medio ambiente” (Ugalde & Zambrano, 2021, p. 388). Esta formulación relaciona explícitamente la gestión industrial con la minimización del impacto ambiental.

Además, se reconoce que el medio ambiente “aporta los recursos para que se den prácticamente todos los procesos industriales”, lo que refuerza su carácter estratégico para la continuidad y sostenibilidad de la actividad productiva. En este contexto, la Ingeniería Industrial se vincula con modelos de gestión que incorporan el ambiente como dimensión central del desempeño organizacional.

La aplicación ambiental no se concibe como un elemento accesorio, sino como parte de un estándar de gestión integral que busca generar sinergia entre calidad, seguridad y ambiente. Estas metodologías se aplican tanto en procesos de manufactura como en servicios, lo que amplía el alcance de la dimensión ambiental dentro de un enfoque de gestión por procesos.

Existe sustento explícito para desarrollar la aplicación de la Ingeniería Industrial en el ámbito ambiental, particularmente a través de tendencias disciplinares y sistemas integrados de gestión que incorporan el medio ambiente como norma y responsabilidad organizacional. En cambio, la aplicación específica al sector educativo no cuenta con

respaldo textual directo suficiente en las fuentes citadas, por lo que no puede caracterizarse de manera particular dentro del presente marco conceptual.

2.1.2 Mejora continua y optimización de procesos

La mejora continua y la optimización de procesos constituyen ejes fundamentales de intervención organizacional orientados a sostener el desempeño en el tiempo mediante prácticas sistemáticas de revisión, ajuste y estandarización. En este contexto, la optimización no se limita a la corrección de fallas aisladas, sino que busca consolidar condiciones estables de operación, aprendizaje organizacional y control de las variaciones que inciden en los resultados.

Desde los enfoques contemporáneos de gestión, la mejora continua se vincula con la capacidad institucional de establecer estándares por proceso y mantenerlos a través de ciclos permanentes de evaluación. De esta manera, opera como un mecanismo de alineación entre lo planificado y lo ejecutado, facilitando la introducción de ajustes a partir de la medición del desempeño y la identificación de brechas.

En los modelos de gestión, la mejora continua se asocia con el cumplimiento sistemático de estándares definidos, mediante prácticas recurrentes de evaluación y ajuste. Esta orientación sitúa al proceso como unidad central de análisis y gestión, permitiendo relacionar el rendimiento organizacional con la forma en que se planifica, ejecuta y verifica el trabajo.

En el plano metodológico, se señala que los sistemas de gestión pueden estructurarse “bajo el esquema de mejora continua, promovido por el ciclo de Deming”, el cual “presenta la mejora continua como estrategia de trabajo para lograr los estándares establecidos por cada proceso” (Soto Chávez et al., 2021, p. 393). Esta afirmación evidencia que la mejora continua se concreta en prácticas sistemáticas que integran planificación, ejecución, verificación y acción correctiva.

La optimización de procesos se entiende como un esfuerzo deliberado por reducir ineficiencias y fortalecer la capacidad del sistema para generar resultados con menor consumo de recursos. En este sentido, se vincula con decisiones orientadas a disminuir

desperdicios, controlar variaciones y consolidar prácticas de gestión que garanticen sostenibilidad operativa.

Asimismo, la mejora continua permite transformar problemas recurrentes en oportunidades de aprendizaje organizacional. Su sostenibilidad depende de la institucionalización de rutinas de medición y control que faciliten la identificación de causas principales, la priorización de acciones y la permanencia de los cambios implementados, evitando que las mejoras se diluyan con el tiempo.

En contextos industriales, la implementación de metodologías estructuradas orientadas a identificar causas raíz y formular planes de intervención ha sido reconocida como una práctica relevante. Se indica que una propuesta puede destacarse “como ejemplo de mejora continua aplicable en contextos industriales que busquen eficiencia operativa con responsabilidad ambiental” (Arias-Araya et al., 2025, p. 133), subrayando la articulación entre eficiencia y sostenibilidad.

La mejora continua y la optimización de procesos requieren coherencia entre herramientas, disciplina de ejecución y sistemas de control. Su consolidación depende de la capacidad organizacional para traducir el enfoque en instrumentos operativos y mecanismos de seguimiento que permitan evaluar, corregir y estandarizar el desempeño.

2.1.2.1 Filosofía de la mejora continua (Kaizen)

La filosofía de la mejora continua se relaciona con enfoques orientados al perfeccionamiento sostenido de las prácticas organizacionales, particularmente en el ámbito de la calidad. En este marco, la mejora continua se concibe como un proceso permanente de ajuste y aprendizaje que busca elevar el desempeño a través de cambios progresivos integrados en la gestión cotidiana.

En la evolución del control de calidad, se reconoce la influencia de corrientes originadas en teorías y prácticas japonesas. Se afirma que “El control de calidad ha evolucionado en los últimos años debido al desarrollo e impulso de las teorías japonesas y a las filosofías como el Kaizen, el mejoramiento continuo” (Franco Vásquez, 2015, p. 104). Esta formulación sitúa a Kaizen como una de las filosofías que han incidido en la transformación de la gestión de la calidad.

La referencia citada vincula explícitamente a Kaizen con el mejoramiento continuo, lo que permite comprender que su núcleo conceptual se orienta a la mejora sostenida y progresiva. Su incorporación al discurso de calidad no aparece como una práctica aislada, sino como parte de un conjunto de enfoques que redefinen la forma en que se gestiona y evalúa el desempeño organizacional.

Asimismo, se señala que esta evolución se relaciona con “el Diseño Robusto de Genichi Taguchi y las 5 S (housekeeping)” (Franco Vásquez, 2015, p. 104). Esta articulación sugiere que Kaizen opera en conjunto con prácticas orientadas al orden, la disciplina operativa y el control del proceso, dentro de un marco general de mejora continua.

También se incorporan “desarrollos enfocados en la tecnología de producción y de diseño como el Poka Yoke” (Franco Vásquez, 2015, p. 104), lo que refuerza la orientación preventiva del enfoque y su énfasis en la reducción de errores como base del desempeño.

La presencia de Kaizen dentro de las tendencias de la Ingeniería Industrial permite reconocerlo como un componente relevante en la cualificación profesional, al integrarse a las herramientas y filosofías vinculadas a la gestión por procesos y la calidad. En este sentido, la mejora continua deja de ser una actividad eventual para consolidarse como parte de la cultura organizacional.

Aunque no se presenta una definición conceptual exhaustiva de Kaizen ni un desarrollo detallado de sus etapas o principios específicos, su reconocimiento como filosofía asociada al mejoramiento continuo permite ubicarla como un referente en la evolución de la gestión de calidad y en la consolidación de prácticas sistemáticas orientadas al desempeño sostenido.

2.1.2.2 Ciclos de mejora: PHVA / PDCA

Los ciclos de mejora se conciben como mecanismos estructurados que permiten sostener la mejora continua mediante fases articuladas. En esta lógica, el ciclo PHVA/PDCA integra planificación, ejecución, verificación y acción correctiva, estableciendo una secuencia operativa orientada al control y perfeccionamiento de los procesos.

Se indica que los sistemas de gestión se organizan “bajo el esquema de mejora continua, promovido por el ciclo de Deming” (Soto Chávez et al., 2021, p. 393), lo que sitúa

este ciclo como soporte metodológico para conducir acciones de mejora. Asimismo, se señala que el ciclo “presenta la mejora continua como estrategia de trabajo para lograr los estándares establecidos por cada proceso” (Soto Chávez et al., 2021, p. 393).

En términos operativos, se define: “Planificar: establecer los objetivos del sistema y sus procesos, y los recursos necesarios para generar y proporcionar resultados” (Soto Chávez et al., 2021, p. 393). Esta fase articula objetivos, procesos y recursos como fundamento del desempeño.

Posteriormente, “Hacer: implementar lo planificado” (Soto Chávez et al., 2021, p. 393), lo que implica la ejecución efectiva de las acciones diseñadas. En la fase de control, se establece: “Verificar: realizar el seguimiento y (cuando sea aplicable) la medición de los procesos y los productos y servicios resultantes” (Soto Chávez et al., 2021, p. 393), incorporando la medición como base para la evaluación objetiva.

Por último, “Actuar: tomar acciones para mejorar el desempeño, cuando sea necesario” (Soto Chávez et al., 2021, p. 393), lo que consolida el vínculo entre evaluación y ajuste. El ciclo se presenta como una estructura que integra planificación, ejecución, seguimiento y mejora, permitiendo reducir la brecha entre lo esperado y lo obtenido. Además, se relaciona con un “ciclo permanente” orientado al diseño, manufactura o prestación del servicio, seguido de rediseño y mejora (Soto Chávez et al., 2021, p. 393), lo que refuerza su carácter repetitivo y su orientación al aprendizaje organizacional.

2.1.2.3 Principios de eficiencia y reducción de desperdicios

Los principios de eficiencia y reducción de desperdicios se orientan a fortalecer la capacidad de los procesos para generar valor con menor consumo de recursos. La eficiencia se vincula con el control del desempeño y la minimización de pérdidas asociadas a fallas, reprocesos o uso inadecuado de materiales.

En el ámbito industrial, se señala que la sostenibilidad y las exigencias del mercado impulsan estrategias para “reducir el desperdicio y aumentar la eficiencia de sus procesos” (Arias-Araya et al., 2025, p. 133). Esta formulación integra ambos objetivos dentro de una lógica de mejora operativa.

Mediante intervenciones estructuradas, “se logró identificar las principales causas del desperdicio y desarrollar un plan de recuperación técnica y organizativa” (Arias-Araya et al., 2025, p. 133), lo que evidencia que el desperdicio puede abordarse mediante análisis sistemático y planificación técnica.

Los resultados pueden expresarse en términos cuantificables, como cuando “se alcanzó una recuperación del 92% del material, reduciendo en 23.7% los costos asociados” (Arias-Araya et al., 2025, p. 133). Asimismo, se reporta que la intervención permitió “evitando la emisión estimada de 4 toneladas métricas de CO₂ anuales” (Arias-Araya et al., 2025, p. 133), integrando eficiencia económica y ambiental.

La reducción de variación también se vincula con la eficiencia, al señalar que para “lograr una reducción en la variación” se recurre a un ciclo permanente (Soto Chávez et al., 2021, p. 393). En este sentido, estabilidad y consistencia del proceso se convierten en condiciones esenciales del desempeño.

La disciplina incorpora herramientas y filosofías como “Lean Manufacturing” (Franco Vásquez, 2015, p. 94), que refuerzan la orientación hacia la eliminación sistemática de desperdicios y la mejora del flujo productivo.

La eficiencia y la reducción de desperdicios se presentan como objetivos articulados que pueden medirse en términos de recuperación de materiales, disminución de costos y reducción de impacto ambiental, y que se sostienen mediante ciclos de mejora continua orientados al control de variaciones y al fortalecimiento de estándares del proceso.

2.1.3 Metodología Seis Sigma y enfoque DMAIC

La metodología Seis Sigma se concibe como un enfoque estructurado para conducir mejoras en los procesos mediante un trabajo sistemático, organizado por etapas y respaldado por herramientas de análisis. Desde esta perspectiva, su aplicación se vincula con la necesidad de comprender una problemática operativa, intervenir sobre ella y sostener los resultados alcanzados a través de mecanismos de control.

El enfoque DMAIC se presenta como el eje operativo que ordena actividades, responsables y productos de trabajo, al estructurar la intervención en fases consecutivas. En una aplicación reportada, “las actividades ejecutadas durante este proyecto estas fueron

basadas en la metodología DMAIC de seis sigma” (Arias et al., 2025, p. 135), lo que sitúa a DMAIC como la ruta formal para orientar el desarrollo del proyecto.

La lógica metodológica descrita integra componentes cuantitativos y cualitativos. Por un lado, se recurre a registros de producción para medir el comportamiento del desperdicio antes y después de la intervención; por otro, se incorporan entrevistas y observaciones para identificar causas y fortalecer la comprensión del proceso. De este modo, la medición y el análisis se articulan en una misma estrategia de mejora.

Asimismo, DMAIC se asocia con la incorporación de herramientas específicas para el diagnóstico y la definición de acciones. En particular, se reporta el uso del diagrama de Ishikawa, los “5 porqués”, la matriz AMEF y el análisis visual como soportes para identificar causas y estructurar planes de recuperación.

La implementación del enfoque también se relaciona con la gestión de personas, al considerar la conformación de equipos multidisciplinarios y la asignación de responsabilidades por etapa. Esta organización favorece la coordinación de la definición del problema, la recolección de datos, el análisis causal, la ejecución de acciones y el control posterior, reduciendo la dependencia de decisiones aisladas y favoreciendo la consistencia de la intervención.

Como evidencia de resultados asociados a este enfoque, se afirma que “La aplicación de la metodología Lean Six Sigma bajo el enfoque DMAIC demostró ser altamente efectiva para reducir el desperdicio” (Arias et al., 2025, p. 154). Esta formulación vincula la ruta DMAIC con efectos observables en el desempeño del proceso intervenido.

El enfoque DMAIC se presenta como una vía para sostener la mejora mediante documentación, estandarización de procedimientos y seguimiento a través de indicadores. La permanencia de los resultados se asocia con la capacidad organizacional de mantener el compromiso, aprender de la experiencia y cumplir con los KPI establecidos.

2.1.3.1 Fundamentos del enfoque Seis Sigma

El enfoque Seis Sigma se expone como un marco metodológico que organiza la mejora de procesos a través de etapas y herramientas, permitiendo avanzar desde la identificación del problema hasta la consolidación del control. Esta orientación se observa en

la definición de una ruta de trabajo por fases, en la que se asignan actividades, herramientas, descripciones y responsables.

Uno de los fundamentos evidenciados es la integración de medición y análisis como base para la intervención. El componente cuantitativo se apoya en registros de producción para medir el desperdicio antes y después de la intervención, mientras que el componente cualitativo se sustenta en entrevistas y observaciones orientadas a identificar causas.

La articulación explícita con Seis Sigma se evidencia al indicar que las actividades se desarrollan bajo el marco DMAIC. En particular, se reporta que “las actividades ejecutadas durante este proyecto estas fueron basadas en la metodología DMAIC de seis sigma” (Arias et al., 2025, p. 135), lo que establece un encuadre formal para la conducción metodológica.

Otro fundamento es el énfasis en la calidad de los datos y en la detección de sesgos potenciales durante la medición. En la etapa “Medir” se incorpora la acción de “Recolectar los datos y determinar si hay desviación estadística que provoque un sesgo en la información” (Arias-Araya et al., 2025, p. 135), lo que vincula el enfoque con la verificación de la confiabilidad de la información utilizada para el diagnóstico.

El enfoque también se apoya en la identificación de causas raíz mediante herramientas estructuradas. En la fase “Analizar” se incorpora el diagrama de Ishikawa y el uso de “5 porqué” para profundizar en el análisis causal, reforzando la idea de que la intervención debe sustentarse en explicaciones consistentes del problema.

En esa misma línea, se reporta un hallazgo derivado del análisis: “Se determinó que la organización no contaba con un plan de gestión de residuos de PVC” (Arias et al., 2025, p. 136). Esta formulación evidencia que el análisis no se limita a variables operativas, sino que también puede identificar brechas de gestión como factores explicativos del desperdicio.

Otro elemento de fundamento se relaciona con la construcción de soluciones articuladas, planteadas como un conjunto de prácticas coordinadas y no como acciones aisladas. Se mencionan adquisiciones, capacitación integral del personal y estandarización de procedimientos (SOP) como componentes que permiten transformar el residuo en un insumo reutilizable, reforzando el carácter integral de la mejora.

De manera complementaria, se incluyen herramientas para la gestión del proyecto y la asignación de responsabilidades, tales como cronograma Gantt, matriz RACI, diagramas de flujo, A3 y ANOVA, lo que contribuye a consolidar una intervención planificada y trazable. En la fase “Controlar” se observan elementos orientados a la sostenibilidad del cambio, al incorporar visual management, tableros (dashboards) y monitoreo de partes interesadas.

Se reconoce la importancia del componente cultural y de gestión para mantener los resultados en el tiempo, al vincular la sostenibilidad con la adaptación a cambios, el aprendizaje organizacional y el compromiso con la mejora continua y el cumplimiento de KPI.

2.1.3.2 Descripción detallada de las fases DMAIC (Definir, Medir, Analizar, Mejorar y Controlar)

La fase Definir se describe como el momento de delimitar el sentido del proyecto y su motivación, incorporando la perspectiva del cliente y la necesidad de iniciativas orientadas a la reducción de desechos. En esta etapa se registra como punto de partida la “Voz del cliente: Requerimiento de iniciativas que impulsen la reducción desechos” (Arias et al., 2025, p. 135), lo que enmarca el propósito de la intervención.

En Definir también se considera la conformación de un equipo multidisciplinario y la priorización de oportunidades mediante dinámicas grupales. Se reporta el uso de focus group y multivoto para identificar iniciativas y seleccionar proyectos según criterios de impacto y esfuerzo, lo que refuerza un proceso de definición basado en consenso y priorización.

La fase Medir se orienta al levantamiento y análisis inicial de datos con el fin de sustentar el diagnóstico en evidencia. Se enfatiza la recolección de información proveniente del sistema de reporte de producción y la realización de análisis descriptivos. Como propósito específico, se incorpora la verificación de sesgo mediante revisión estadística, expresada en la acción: “Recolectar los datos y determinar si hay desviación estadística que provoque un sesgo en la información” (Arias et al., 2025, p. 135).

La fase Analizar se centra en comprender las causas de la problemática y estructurar el enfoque de intervención. Para ello, se incorpora el uso de Ishikawa como herramienta para

organizar variables del proceso y delimitar factores explicativos. Como complemento, se menciona el uso de “5 porqué” y entrevistas para profundizar en la causa de la no recuperación de la purga de PVC. Como hallazgo, se reporta: “Se determinó que la organización no contaba con un plan de gestión de residuos de PVC” (Arias et al., 2025, p. 136), lo que evidencia una brecha organizacional con implicaciones operativas y ambientales.

La fase Mejorar aparece asociada a la implementación de la propuesta. En esta etapa se organiza la planeación del proyecto mediante PDCA, se emplean herramientas de benchmarking y se estructura un cronograma de actividades. Además, se incorporan instrumentos de gestión como Gantt y la matriz RACI para roles y responsabilidades, junto con diagramas de flujo y A3, lo que muestra una mejora concebida como un conjunto de acciones coordinadas.

La fase Controlar se orienta a asegurar la continuidad de los resultados mediante seguimiento, definición de responsables e incorporación de mecanismos de monitoreo. Se integran herramientas de visual management a través de tableros (dashboards) y se contempla el análisis de riesgos con la calificación de nivel de riesgo y la definición de acciones correctivas, fortaleciendo la prevención de desviaciones.

2.1.3.3 Aplicación de DMAIC en procesos no industriales y proyectos ambientales

La aplicación del enfoque DMAIC se ha desarrollado en un contexto industrial vinculado con la recuperación de PVC generado como residuo en un proceso de purgas. El propósito se enmarca en la mejora continua, con énfasis en la reducción de desperdicios y en la alineación con principios de economía circular, integrando herramientas de análisis y control dentro de una ruta metodológica estructurada.

En la justificación del proyecto se explicita la articulación entre sostenibilidad y eficiencia operativa. Se sostiene que la demanda del mercado, junto con la sostenibilidad, ha impulsado la búsqueda de alternativas para “reducir el desperdicio y aumentar la eficiencia de sus procesos” (Arias et al., 2025, p. 133), integrando así motivaciones ambientales y productivas en una misma estrategia de intervención.

Desde la perspectiva ambiental, en la fase Definir se incorporan iniciativas con orientación explícita hacia el mejoramiento del entorno. Se menciona que se enlistaron proyectos “que tuvieran como finalidad un mejoramiento del medio ambiente” (Arias et al., 2025, p. 137), lo que evidencia la aplicabilidad del enfoque DMAIC en propuestas con objetivos ambientales dentro de la organización.

Los resultados obtenidos se expresan tanto en términos operativos como ambientales. Se reporta “una recuperación del 92% del material purgado, mejorando tanto la eficiencia operativa como el desempeño ambiental de la organización” (Arias et al., 2025, p. 154). Este resultado refleja un impacto coherente con metas de sostenibilidad, al integrar recuperación de materiales, reducción de costos y disminución del impacto ambiental.

La sostenibilidad del cambio se vincula con aspectos culturales, operativos y de gestión, destacándose la necesidad de mantener un compromiso continuo con la mejora y con el cumplimiento de indicadores clave de desempeño (KPI) para preservar los logros alcanzados en el tiempo.

Si bien el desarrollo descrito corresponde a un entorno industrial, se indica que la propuesta fue “sostenible, replicable y alineada con prácticas de producción más limpia” (Arias et al., 2025, p. 133), lo que sugiere potencial de transferencia metodológica hacia otros contextos organizacionales, siempre que exista un proceso susceptible de definirse, medirse, analizarse y controlarse.

La estructura DMAIC integra herramientas como Ishikawa, “5 porqués”, AMEF y análisis visual para identificar causas y sostener soluciones, configurando un marco aplicable a proyectos con metas ambientales. En la fase de control, la incorporación de monitoreo visual y digital, junto con la gestión de riesgos, resulta coherente con la necesidad de asegurar la permanencia de los resultados y prevenir desviaciones que comprometan el desempeño ambiental.

2.2. Gestión de procesos en entornos escolares

a gestión escolar se vincula con la capacidad institucional para organizar recursos, coordinar actividades y sostener condiciones internas que favorezcan el logro de metas educativas. En este sentido, se ha señalado que la gestión escolar constituye “una herramienta

de conocimiento necesaria para la mejora y el fortalecimiento de la calidad educativa” (Lucero et al., 2024, p. 124), destacando su papel estratégico en la consolidación del desempeño institucional.

De manera complementaria, la gestión por procesos se presenta como un enfoque orientado a articular las actividades de la institución educativa mediante relaciones de interdependencia, integración y alineación estratégica. Desde esta perspectiva, se define que “La Gestión por Procesos, es un enfoque de gestión integral de los procesos, que prevé las interrelaciones orientadas a los resultados y el alcance de los objetivos estratégicos de la institución educacional como un todo” (Nelson et al., 2021, p. 140). Esta concepción sitúa la institución educativa como un sistema organizado en función de resultados y objetivos compartidos.

2.2.1. Enfoque por procesos en instituciones educativas

La adopción del enfoque por procesos en instituciones educativas parte del reconocimiento de que el desempeño organizacional no depende únicamente de tareas aisladas, sino de la forma en que estas se integran y coordinan. Bajo esta lógica, el enfoque orienta la acción institucional hacia la articulación sistemática de actividades, responsables y recursos en función de resultados.

En el plano conceptual, se distingue entre la gestión de procesos individuales y la gestión por procesos como sistema integrado. Mientras la primera se concentra en el cumplimiento específico de actividades dentro de un proceso determinado, la segunda prioriza la coherencia global y la alineación estratégica entre todos los procesos institucionales.

En el ámbito educativo, esta perspectiva permite comprender la institución como un sistema conformado por múltiples procesos interrelacionados, cuyos resultados deben alinearse con metas estratégicas y responder a las necesidades de los diversos actores que integran la comunidad escolar. De este modo, el enfoque por procesos supera prácticas fragmentadas y promueve una visión articulada del funcionamiento institucional.

El enfoque no se limita a describir las actividades que se realizan, sino que profundiza en la manera en que se organizan, coordinan y vinculan entre sí. Esta comprensión integral

fortalece la capacidad de la institución para identificar puntos críticos de articulación y oportunidades de mejora, reforzando la eficacia organizacional.

En términos de gestión escolar, el enfoque por procesos se asocia con la necesidad de consolidar la organización interna para alcanzar metas educativas favorables, considerando que el manejo adecuado de recursos y la coordinación institucional inciden directamente en los resultados (Lucero et al., 2024). En consecuencia, la gestión por procesos se configura como una base estructural para ordenar la institución educativa en función de objetivos estratégicos y resultados institucionales. Tal como se ha establecido, “La Gestión por Procesos, es un enfoque de gestión integral de los procesos, que prevé las interrelaciones orientadas a los resultados y el alcance de los objetivos estratégicos de la institución educacional como un todo” (Nelson et al., 2021, p. 140).

2.2.2. Mapeo y diagramación de procesos aplicados al contexto escolar

El mapeo y la diagramación de procesos, en el contexto escolar, se comprenden como herramientas orientadas a representar de manera estructurada la forma en que se conectan actividades y procesos dentro de la institución. Su principal aporte radica en visibilizar interdependencias, secuencias y puntos de transferencia entre áreas, facilitando la comprensión del funcionamiento institucional.

En una concepción organizacional basada en procesos, la dirección institucional puede interpretarse como un eje integrador. Se ha señalado que esta “puede considerarse como un supraproceso que tiene la posibilidad de integrar el entramado de procesos que se desarrollan en la institución” (Nelson et al., 2021, p. 141). Esta idea respalda la necesidad de representar dicho entramado para comprender la lógica de articulación interna.

El mapeo adquiere relevancia cuando se reconoce que los procesos se encuentran encadenados, de modo que “el resultado de uno sirve de insumo a otro” (Nelson et al., 2021, p. 141). Esta relación insumo–resultado constituye un criterio fundamental para diagramar flujos de trabajo y visualizar la continuidad entre actividades institucionales.

Asimismo, este encadenamiento configura “una compleja red” (Nelson et al., 2021, p. 141), lo que justifica la utilización de representaciones gráficas o esquemáticas para

clarificar la dinámica organizacional. La diagramación permite transformar la complejidad en una estructura observable, facilitando el análisis, la coordinación y la mejora.

En el plano operativo, se enfatiza que la ejecución de los procesos se organiza en “orden secuencial, paso a paso” (Nelson et al., 2021, p. 141). Esta referencia respalda la necesidad de que el mapeo capture no solo la identificación de procesos, sino también la secuencia interna de acciones, especialmente cuando intervienen múltiples responsables.

En consecuencia, la diagramación se configura como un recurso que representa el encadenamiento, la red de interdependencias y la secuencia operativa de la institución escolar. Al hacer visible el flujo de trabajo, facilita la gestión y el fortalecimiento de la coordinación interna.

La utilidad del mapeo se relaciona con el fortalecimiento de la organización institucional, en la medida en que el ordenamiento y la articulación de procesos favorecen la coherencia del trabajo y contribuyen a la eficacia escolar, en consonancia con los planteamientos sobre gestión escolar y calidad educativa (Lucero et al., 2024).

2.2.3 Estandarización, control y documentación operativa

La estandarización y el control se fundamentan en la necesidad de asegurar consistencia en la ejecución de las actividades institucionales y de reducir la dependencia de prácticas informales. Dentro del enfoque por procesos, la documentación operativa constituye un soporte esencial para definir cómo se ejecuta el trabajo y cómo se verifica su cumplimiento, fortaleciendo la coherencia organizacional.

En esta perspectiva, el procedimiento se concibe como la forma específica de ejecutar un proceso. Se define que “Procedimiento es: el curso de acción de un proceso o una red de procesos que se especifica en un documento escrito en frases cortas, directas y precisas” (Nelson et al., 2021, p. 141). Esta definición incorpora un rasgo central de la estandarización: la claridad y precisión en la descripción de las actividades, lo que permite un entendimiento común del modo de ejecución.

La formalización escrita del “curso de acción” reduce la ambigüedad y favorece la uniformidad en la práctica institucional. En este sentido, el procedimiento no depende

exclusivamente de la experiencia individual, sino que se convierte en un referente organizacional compartido.

La documentación operativa también posee un carácter normativo dentro de la institución. Se establece que el procedimiento “ofrece una descripción detallada y de obligatorio cumplimiento del proceder” (Nelson et al., 2021, p. 141), lo que refuerza el vínculo entre estandarización y control. La obligatoriedad contribuye a asegurar que las actividades se desarrollen conforme a criterios previamente definidos.

Asimismo, el procedimiento delimita elementos esenciales para la gestión, al incluir aspectos como “para qué, qué, cómo, quién, cuándo, dónde y con qué” (Nelson et al., 2021, p. 141). Esta estructura facilita la clarificación de objetivos, responsabilidades, tiempos, espacios y recursos, promoviendo mayor orden y transparencia en la ejecución.

La estandarización se consolida cuando la ejecución se describe en secuencias organizadas, en “orden secuencial, paso a paso” (Nelson et al., 2021, p. 141). Esta formulación evidencia que la documentación no solo enumera tareas, sino que estructura la manera en que deben realizarse, favoreciendo la repetibilidad y la estabilidad del proceso.

Desde la perspectiva del control, la existencia de procedimientos definidos permite comparar lo establecido con lo ejecutado, identificar desviaciones y aplicar acciones correctivas cuando sea necesario. Al estar claramente definidos el “cómo” y el “quién”, se facilita la supervisión del cumplimiento y la detección de variaciones que puedan afectar los resultados institucionales.

La documentación operativa también contribuye a la continuidad institucional, ya que preserva criterios de ejecución que pueden ser consultados y aplicados en distintos momentos, reduciendo el riesgo de pérdida de conocimiento organizacional.

En el ámbito escolar, este enfoque se articula con el fortalecimiento de la organización interna como condición para la mejora institucional. La gestión escolar se relaciona con la adecuada organización y administración de recursos para alcanzar metas educativas favorables, por lo que la estandarización operativa se alinea con la necesidad de sostener condiciones internas de eficacia (Lucero et al., 2024).

La estandarización, el control y la documentación operativa se sustentan en procedimientos claros, escritos y estructurados, que incorporan elementos de gestión y secuencias definidas de ejecución. Estos componentes favorecen la consistencia, la supervisión y la estabilidad del trabajo institucional.

2.2.4 Gestión de residuos orgánicos y economía circular

La gestión de residuos se entiende como un conjunto de decisiones técnicas y organizativas orientadas a reducir desperdicios, recuperar materiales y sostener resultados mediante mecanismos de control y seguimiento. Desde esta perspectiva, el manejo de recursos se vincula con el desempeño de los procesos, el uso eficiente de insumos y el diseño de estrategias que aseguren continuidad operativa y responsabilidad ambiental.

La economía circular se asocia con la lógica de recuperar residuos y reincorporarlos al sistema productivo, con el propósito de disminuir pérdidas y aumentar la eficiencia. Se ha señalado la recuperación de un residuo industrial bajo una orientación explícita de circularidad, “alineándolo a los principios de la economía circular” (Arias et al., 2025, p. 133). Esta formulación destaca la intención de integrar la valorización del residuo dentro de un modelo productivo más sostenible.

Desde una visión de gestión, la circularidad implica identificar las causas del desperdicio y desarrollar planes de recuperación técnica y organizativa. En este sentido, la economía circular no se limita a la reutilización material, sino que requiere estructuración del trabajo, definición de responsabilidades y aplicación de herramientas que permitan sostener la mejora en el tiempo.

Los resultados asociados a la gestión de residuos pueden expresarse en indicadores operativos y económicos. Se reporta que la recuperación del material permitió mejorar el desempeño y reducir costos, lo que posiciona la gestión de residuos como un eje que integra competitividad y sostenibilidad ambiental.

Asimismo, se describe un impacto ambiental estimado vinculado con la recuperación del residuo, al relacionar la mejora con la disminución de emisiones. Esta articulación refuerza la premisa de que la gestión de residuos puede generar beneficios económicos y

ambientales cuando se integra de manera sistemática al proceso productivo y se controla mediante indicadores.

La lógica de la economía circular enfatiza la transformación del residuo en un recurso con valor, expresada en la idea de “convertir el residuo en materia prima reutilizable” (Arias et al., 2025, p. 155). Este principio general de valorización resulta aplicable a distintos tipos de residuos, en la medida en que exista la posibilidad técnica y organizativa de reincorporarlos al sistema.

La gestión de residuos y la economía circular se fundamentan en la recuperación, reutilización y control sistemático dentro del sistema organizacional, con resultados medibles y sostenibles. Estas bases permiten orientar iniciativas ambientales hacia la reducción de pérdidas y el aprovechamiento eficiente de recursos, bajo una lógica de mejora continua y responsabilidad ambiental.

2.2.5 Clasificación y manejo de residuos sólidos orgánicos

La clasificación y el manejo de residuos se comprenden, desde la perspectiva de gestión, como un proceso que debe ser diseñado, medido y sostenido mediante controles y procedimientos definidos. En este marco, la clasificación adquiere relevancia en la medida en que condiciona el tratamiento posterior, la recuperación y la reducción del desperdicio.

La gestión de residuos se integra a una intervención estructurada que contempla planificación, definición de objetivos, asignación de recursos y programación temporal. En este sentido, se propone “Desarrollar un plan detallado que incluya objetivos, alcance, recursos necesarios, cronograma y presupuesto” (Arias et al., 2025, p. 142), destacando la necesidad de organizar la gestión antes de su implementación operativa.

El manejo de residuos también se vincula con la definición de métricas que permitan evaluar su desempeño. Se menciona el “Establecimiento de Indicadores Clave de Desempeño (KPI)” (Arias et al., 2025, p. 142), lo que sustenta la medición como condición necesaria para el control y la mejora del sistema de gestión.

Estos indicadores pueden integrar dimensiones ambientales y operativas. Se hace referencia a “la reducción de residuos, eficiencia operativa y cumplimiento ambiental” (Arias et al., 2025, p. 142), lo que evidencia que el manejo de residuos se concibe como un proceso

de desempeño multivariable, en el que convergen eficiencia, sostenibilidad y control organizacional.

El enfoque operativo incorpora procedimientos estandarizados para asegurar consistencia en las actividades relacionadas con la recuperación y manipulación del residuo. Se describe el “Establecimiento de Procedimientos de Operación Estándar (SOP)” (Arias et al., 2025, p. 143), lo que refuerza la importancia de la documentación como mecanismo de sostenibilidad y estabilidad del proceso.

En términos de seguimiento, se reportan indicadores relacionados con el destino final de los desechos, como el “% reducción de desechos enviados al residuo sanitario” (Arias et al., 2025, p. 149). Este tipo de métrica evidencia el interés por disminuir la disposición final y aumentar el aprovechamiento dentro del sistema.

La gestión de residuos, entendida como proceso, requiere por tanto planificación, indicadores y procedimientos estandarizados que permitan su control y mejora continua. La clasificación y el manejo no se reducen a acciones aisladas, sino que deben integrarse en un sistema con responsabilidades definidas, medición periódica y seguimiento estructurado.

En consecuencia, el manejo de residuos puede abordarse desde una lógica de planificación–medición–control, sustentada en KPI y SOP, con énfasis en la reducción de disposición final y en la eficiencia operativa. Esta estructura de gestión proporciona una base organizacional aplicable a distintos tipos de residuos, en la medida en que exista definición de objetivos, indicadores y mecanismos de control.

2.2.6 Principios de economía circular aplicados al compostaje

La economía circular se asocia con la recuperación de residuos y su reincorporación al sistema productivo mediante acciones estructuradas y controladas. En esta perspectiva, el principio central se orienta a reducir el desperdicio y aumentar la eficiencia a través de una “lógica de circularidad de sus residuos” (Arias et al., 2025, p. 133).

La circularidad se operacionaliza mediante la identificación de causas del desperdicio y el despliegue de planes de recuperación técnica y organizativa. Este planteamiento permite comprender la economía circular como una decisión de gestión sustentada en planificación, estandarización y control, más que como una acción aislada.

De forma explícita, se reporta que la mejora permitió “convertir el residuo en materia prima reutilizable” (Arias et al., 2025, p. 155), lo que sintetiza el principio de mantener el valor de los materiales dentro del sistema productivo. Esta formulación expresa el núcleo conceptual de la economía circular: recuperar, transformar y reintroducir.

Asimismo, la economía circular se vincula con el uso de indicadores y con la evaluación del desempeño para sostener resultados en el tiempo. La reducción de disposición final y la medición de beneficios ambientales y económicos forman parte de esta lógica de control y mejora continua.

En términos generales, los principios de circularidad pueden sintetizarse en la recuperación de residuos, su reintroducción como insumos, la medición de resultados y el control sistemático del proceso. Estos elementos estructuran una gestión orientada a la sostenibilidad y a la reducción de pérdidas.

Aplicado al compostaje, este marco conceptual permite comprender dicha práctica como una estrategia de valorización, en la que un residuo puede transformarse en un insumo útil dentro de un ciclo productivo cerrado. Bajo esta lógica, el compostaje puede interpretarse como un mecanismo de reintroducción de materia orgánica al sistema, alineado con el principio de mantener el valor de los recursos.

Los principios de economía circular aplicados al compostaje se fundamentan en la transformación del residuo en recurso, en la integración del proceso dentro de un sistema gestionado con indicadores y en la búsqueda de sostenibilidad ambiental mediante reducción de desperdicio y control del desempeño.

2.2.7 Valorización de residuos mediante compostaje

La valorización de residuos se concibe como un proceso de transformación mediante el cual un material descartado se reincorpora al sistema con un propósito productivo. En este marco, la valorización se sintetiza en la idea de “convertir el residuo en materia prima reutilizable” (Arias et al., 2025, p. 155), lo que expresa el principio de recuperación y aprovechamiento dentro de una lógica de eficiencia.

Este enfoque se articula con la economía circular, entendida como una estrategia orientada a reducir desperdicios y aumentar la eficiencia de los procesos. Se plantea que la

circularidad impulsa “formas innovadoras de reducir el desperdicio y aumentar la eficiencia de sus procesos” (Arias et al., 2025, p. 133), lo que vincula la valorización con la mejora continua y la optimización organizacional.

La valorización no se limita a la recuperación material, sino que requiere planificación, estandarización y control para garantizar su sostenibilidad. En esta dirección, se destaca el “Establecimiento de Procedimientos de Operación Estándar (SOP)” (Arias et al., 2025, p. 143), como mecanismo que asegura consistencia en la ejecución y estabilidad en los resultados.

La valorización se concibe como un proceso medible. El seguimiento del desempeño incluye indicadores relacionados con la disminución de la disposición final, como el “% reducción de desechos enviados al residuo sanitario” (Arias et al., 2025, p. 149). Este tipo de métrica refuerza la lógica de aprovechar los residuos dentro del sistema antes que destinarlos a eliminación final.

En términos de gestión, la valorización requiere coordinación institucional, definición de responsabilidades, capacitación del personal y seguimiento mediante indicadores clave de desempeño. Estos elementos permiten que la recuperación del residuo sea replicable y sostenible en el tiempo.

Aplicada al compostaje, la valorización puede comprenderse como la transformación de residuos orgánicos en un insumo útil, integrando el principio de mantener el valor de los materiales dentro del sistema. Bajo esta lógica, el compostaje se alinea con la economía circular al reincorporar materia orgánica como recurso aprovechable, reduciendo la disposición final y fortaleciendo la sostenibilidad ambiental.

La valorización mediante compostaje se fundamenta en la recuperación, transformación y reincorporación del residuo dentro de un sistema gestionado con procedimientos estandarizados e indicadores de control, en coherencia con los principios de economía circular y mejora continua.

2.2.8 Compostaje: fundamentos técnicos del proceso

El análisis del compostaje, como práctica de valorización de residuos orgánicos, puede enmarcarse dentro de los principios generales de gestión de residuos y economía circular. En este contexto, el compostaje se entiende como un proceso orientado a transformar residuos orgánicos en un recurso útil, alineado con la lógica de recuperación y reutilización de materiales.

La economía circular promueve la reincorporación de residuos al sistema productivo, “alineándolo a los principios de la economía circular” (Arias et al., 2025, p. 133). Bajo este principio, el compostaje puede interpretarse como una estrategia de aprovechamiento que reduce desperdicio y fortalece el desempeño ambiental.

Desde la perspectiva de gestión, cualquier proceso de valorización requiere planificación, definición de objetivos, establecimiento de indicadores y control sistemático. En este sentido, el compostaje, como proceso técnico, debe integrarse dentro de una estructura organizacional que contemple procedimientos estandarizados y seguimiento continuo.

2.2.8.1 Definición y objetivos del compostaje

En coherencia con los principios de valorización, el compostaje puede comprenderse como una estrategia orientada a transformar residuos en un insumo aprovechable, en consonancia con la idea de “convertir el residuo en materia prima reutilizable” (Arias et al., 2025, p. 155). Este principio general expresa la finalidad de mantener el valor de los recursos dentro del sistema.

La economía circular se orienta a reducir desperdicio y reincorporar materiales al ciclo productivo, “alineándolo a los principios de la economía circular” (Arias et al., 2025, p. 133). Bajo esta lógica, el objetivo del compostaje se vincula con la reducción de disposición final y el fortalecimiento del desempeño ambiental mediante la recuperación de materia orgánica.

Desde el enfoque de gestión, los objetivos asociados a procesos de valorización incluyen la reducción de desperdicio, la mejora de la eficiencia operativa y el cumplimiento

ambiental, elementos que pueden integrarse al compostaje como parte de una estrategia institucional de sostenibilidad.

2.2.8.2 Fases del proceso (descomposición activa, maduración y estabilización)

En términos metodológicos, la gestión de procesos de valorización se estructura en fases orientadas a la planificación, ejecución y control. Se ha señalado que determinadas intervenciones se desarrollan bajo una ruta organizada por etapas (Arias et al., 2025, p. 135), lo que evidencia la importancia de estructurar el proceso.

Si bien estas fases corresponden a una metodología de mejora de procesos, su lógica refuerza que cualquier proceso técnico, incluido el compostaje, requiere definición clara de actividades, seguimiento y evaluación continua para asegurar resultados sostenibles.

El compostaje, como proceso de transformación, debe integrarse en una estructura organizada que contemple planificación, implementación y control, garantizando coherencia con los objetivos institucionales de valorización y sostenibilidad.

2.2.8.3 Factores críticos de control (relación C/N, humedad, temperatura, aireación)

El control constituye un componente esencial en los sistemas de gestión de residuos. Se destaca la importancia de establecer Indicadores Clave de Desempeño (KPI) para asegurar el seguimiento y la mejora continua (Arias et al., 2025, p. 142). Este principio general de control resulta aplicable a cualquier proceso de valorización.

Asimismo, el “Establecimiento de Procedimientos de Operación Estándar (SOP)” (Arias et al., 2025, p. 143) evidencia que la consistencia y sostenibilidad de un proceso dependen de su formalización y documentación. Bajo esta lógica, el compostaje debe gestionarse mediante responsabilidades definidas, monitoreo periódico y evaluación de resultados.

En términos generales, el control implica medición, seguimiento y aplicación de acciones correctivas cuando se detectan desviaciones, reforzando la estabilidad del sistema. Así, el compostaje, como proceso de valorización de residuos orgánicos, requiere integrarse en un esquema de control estructurado que garantice su eficacia y sostenibilidad ambiental.

2.2.9 Pérdida y desperdicio en procesos de compostaje

El análisis de la pérdida y el desperdicio en procesos asociados al aprovechamiento de residuos debe abordarse desde una perspectiva operativa, económica y ambiental. En términos generales, el “desperdicio” se relaciona con materiales que no son recuperados y que, en consecuencia, terminan como desecho, generando impactos negativos en el desempeño del sistema. En un caso de recuperación de residuos industriales, se señala que fue posible “identificar las principales causas del desperdicio” mediante una estrategia estructurada (Arias-Araya et al., 2025, p. 133), lo que evidencia que la pérdida suele ser consecuencia de condiciones del proceso y de decisiones de gestión, más que un hecho aislado.

En el ámbito del compostaje, la noción de pérdida puede interpretarse como la fracción de material orgánico que no logra transformarse en un insumo útil o que no se aprovecha oportunamente, afectando la eficiencia del sistema de valorización. Bajo esta lógica, la pérdida se vincula con fallas en la planificación, en el control del proceso o en la articulación entre producción y uso del compost.

2.2.9.1 Concepto de pérdida en procesos productivos y ambientales

En los procesos productivos, la pérdida se asocia con la porción de insumos que no se incorpora al resultado esperado y termina convertida en residuo. En un caso documentado de recuperación de PVC, el problema se expresa como “No recuperación de la purga de PVC generada en el proceso de extrusión” (Arias et al., 2025, p. 140), lo que representa una pérdida tangible dentro del flujo operativo.

Desde la perspectiva económica, la pérdida adquiere relevancia cuando se traduce en costos adicionales relacionados con la adquisición de materia prima, transporte u otros rubros asociados. Se reporta que “el costo total de la no recuperación del PVC” genera un impacto anual cuantificado (Arias et al., 2025, p. 138), lo que demuestra que la pérdida puede medirse y analizarse financieramente.

La ausencia de control y registro también constituye un factor que agrava la pérdida, ya que dificulta dimensionar su impacto real y limita la toma de decisiones fundamentadas. En este sentido, se identifica que “no se documenta el impacto económico del desperdicio”

(Arias et al., 2025, p. 139), lo que evidencia que la falta de trazabilidad puede profundizar el problema.

Desde la dimensión ambiental, la pérdida se manifiesta en la disposición final de residuos y en los efectos asociados a la contaminación. Se indica que parte del material termina “contaminando el medio ambiente” al dirigirse a desecho sanitario (Arias et al., 2025, p. 138). De esta manera, la pérdida no solo afecta la eficiencia interna del proceso, sino que genera externalidades negativas.

Asimismo, se reportan emisiones vinculadas al transporte y a la necesidad de adquirir insumos adicionales debido a la no recuperación del material (Arias et al., 2025, p. 138), lo que refuerza la relación entre pérdida material y sobrecarga ambiental.

En el plano organizacional, la pérdida puede explicarse por deficiencias de gestión, como la ausencia de estrategias formales o de análisis previo de recuperación. Se señala que el envío de residuos puede ocurrir “sin ningún análisis previo de recuperación” (Arias et al., 2025, p. 140), lo que evidencia una brecha en la integración del residuo como oportunidad de mejora.

De forma complementaria, la pérdida puede derivarse de un manejo institucional inadecuado que afecte el cumplimiento de objetivos. En el ámbito escolar, se advierte que “Su mal manejo puede ocasionar falencias académicas y fallas en el funcionamiento institucional” (Lucero et al., 2023, p. 125), lo que permite comprender la pérdida como una consecuencia indirecta de debilidades en la organización y el control.

La pérdida en procesos productivos y ambientales se expresa como no recuperación de materiales, incremento de costos, generación de impactos ambientales y deficiencias de gestión que impiden prevenir, medir o corregir el desperdicio. Estos elementos permiten estructurar el análisis de la pérdida en procesos de valorización, incluyendo aquellos asociados al compostaje, desde una perspectiva integral que articule eficiencia operativa, control organizacional y sostenibilidad ambiental.

2.2.9.2 Causas técnicas de pérdida del compost (sobreproducción, mala planificación, almacenamiento inadecuado)

Las causas técnicas y organizacionales de la pérdida se comprenden como factores que impiden la recuperación de un material valorizable y consolidan su conversión en desecho. Desde un enfoque de mejora estructurada, se señala que es posible “identificar las principales causas del desperdicio” para orientar acciones correctivas (Arias et al., 2025, p. 133), lo que respalda el análisis causal como fundamento para el control de pérdidas.

Una causa relevante se relaciona con la falta de información sistematizada sobre el impacto económico del desperdicio, situación que limita la visibilidad del problema y reduce la capacidad de toma de decisiones. Se indica que “no se documenta el impacto económico del desperdicio” (Arias et al., 2025, p. 139), lo que puede perpetuar pérdidas al no dimensionarse adecuadamente sus efectos.

Otra causa se asocia con la inexistencia de un método específico de recuperación dentro del proceso. Esta situación se formula como “¿Por qué no hay un método específico para recuperar el PVC?” (Arias et al., 2025, p. 140), evidenciando que la ausencia de un procedimiento definido constituye un detonante directo del desperdicio.

Asimismo, se reconoce como factor causal la eliminación del material sin un análisis previo de recuperación. Se expresa que “el desecho generado se envía al residuo sin ningún análisis previo de recuperación” (Arias et al., 2025, p. 140), lo que consolida la pérdida como práctica operativa cuando no existe evaluación técnica de alternativas.

La carencia de una estrategia formal de gestión de residuos también se presenta como causa estructural. Se plantea la interrogante “¿Por qué no se ha implementado una estrategia de gestión de residuos?” (Arias et al., 2025, p. 140), lo que indica que el desperdicio puede originarse en debilidades organizacionales y en la falta de integración del residuo al sistema de gestión.

La ausencia de información completa sobre impactos ambientales y económicos dificulta la adopción de decisiones orientadas a la recuperación de materiales y a la reducción de pérdidas (Arias et al., 2025, p. 140). En este sentido, la pérdida se refuerza cuando la organización carece de datos para analizar, controlar y mejorar el proceso.

En el ámbito institucional, la planificación insuficiente también puede generar efectos negativos. Se señala que “la falta de una planificación curricular coherente y actualizada genera confusiones y desigualdades” (Lucero et al., 2023, p. 125), lo que evidencia que la ausencia de planificación estructurada impacta el desempeño organizacional. Este principio resulta transferible a la gestión de procesos ambientales cuando no existe coordinación entre producción, uso y control del recurso valorizado.

Las causas documentadas de pérdida se centran en la falta de documentación del impacto del desperdicio, la ausencia de métodos de recuperación, la eliminación del material sin análisis previo y la carencia de una estrategia formal de gestión (Arias et al., 2025). Estos factores permiten estructurar el análisis de pérdida en procesos de valorización, incluidos aquellos asociados al compostaje, desde una perspectiva técnica y organizacional.

2.2.9.3 Consecuencias operativas, ambientales y educativas del desperdicio de compost

Las consecuencias operativas del desperdicio se reflejan en la presión sobre los recursos productivos y en la necesidad de reponer insumos. Se indica que existe un “impacto adicional dado que la organización se ve obligada a realizar mayor compra de materia prima virgen” (Arias et al., 2025, p. 138), lo que evidencia que la pérdida incrementa la dependencia de abastecimiento externo.

En términos económicos, el desperdicio introduce costos asociados a compras adicionales, transporte y gestión de desechos. Cuando el material valorizable no se recupera y debe sustituirse por insumo virgen, se generan cargas financieras que afectan el desempeño organizacional (Arias et al., 2025, p. 138).

Desde la dimensión ambiental, el desperdicio se vincula con la disposición final de materiales no aprovechados. Se señala que el residuo estaría “en camino al desecho sanitario contaminando el medio ambiente” (Arias et al., 2025, p. 138), estableciendo un impacto ambiental directo derivado de la no recuperación.

Asimismo, se cuantifica un efecto ambiental asociado al transporte adicional, con emisiones de “aproximadamente 1460 kg de CO₂” (Arias et al., 2025, p. 138), lo que evidencia que la pérdida material puede traducirse en una mayor huella de carbono. En

contraste, la recuperación del residuo evitó “la emisión estimada de 4 toneladas métricas de CO₂ anuales” (Arias et al., 2025, p. 155), lo que permite dimensionar el costo ambiental implícito en el desperdicio.

En el plano de control interno, la persistencia del desperdicio se asocia con la falta de registro de su impacto económico. Se señala que “no se documenta el impacto económico del desperdicio” (Arias et al., 2025, p. 139), lo que limita la implementación de acciones correctivas y la mejora del sistema.

En el ámbito educativo, la gestión inadecuada de procesos institucionales puede generar efectos sobre el funcionamiento general. Se advierte que “Su mal manejo puede ocasionar falencias académicas y fallas en el funcionamiento institucional” (Lucero et al., 2023, p. 125), lo que permite establecer una relación entre deficiencias de gestión y calidad educativa.

De igual forma, se indica que “se observa una deficiencia en la asignación de recursos” que “limita la disponibilidad de materiales didácticos, tecnología y personal capacitado” (Lucero et al., 2023, p. 125). Esto evidencia que una gestión ineficiente de recursos puede traducirse en restricciones operativas que impactan el proceso educativo.

Las consecuencias del desperdicio se manifiestan en costos adicionales, incremento de compras de insumo virgen, contaminación asociada a disposición final y mayores emisiones de CO₂ (Arias et al., 2025), así como en debilidades organizacionales que pueden repercutir en el desempeño institucional (Lucero et al., 2023). Estos elementos permiten analizar el desperdicio de compost desde una perspectiva integral que articule dimensiones operativas, ambientales y educativas.

2.2.10 Planificación del uso del compost y sincronización con la huerta escolar

La planificación del uso del compost en articulación con la huerta escolar puede analizarse desde los principios de integración y coordinación de procesos propios de la Ingeniería Industrial. La gestión moderna concibe a la organización como un sistema en el que actividades, recursos y decisiones deben alinearse bajo una visión integral, orientada a optimizar el uso de recursos y generar valor sostenible.

Desde esta perspectiva, la sincronización entre producción y uso del compost implica evitar desbalances entre generación y demanda, promoviendo coherencia entre planificación, ejecución y control. Las filosofías contemporáneas de producción enfatizan la eficiencia y la reducción de desperdicios, señalando la necesidad de avanzar hacia “la eliminación sistemática de desperdicios” (La Ingeniería Industrial y las Filosofías de Producción, 2020, p. 6). Este principio resulta aplicable cuando la producción de compost no se encuentra alineada con las necesidades reales de la huerta escolar, generando acumulación o pérdida del insumo.

La planificación articulada permite integrar el proceso de compostaje con los objetivos productivos y ambientales de la institución educativa, garantizando que el recurso generado sea aprovechado oportunamente. En este sentido, la integración de procesos dentro de una estructura coherente responde a la lógica de “la integración de los sistemas de gestión en una sola estructura” (Los Sistemas Integrados de Gestión en la Ingeniería Industrial, 2021, p. 4), lo que refuerza la necesidad de coordinación entre producción y aplicación del abono.

2.2.10.1 Programación de la producción y demanda del compost

La programación de la producción y demanda del compost puede abordarse desde las filosofías de producción que promueven eficiencia, sincronización y eliminación de desperdicios. La Ingeniería Industrial ha incorporado enfoques orientados a optimizar el flujo de materiales dentro de los sistemas productivos, evitando tanto la sobreproducción como la escasez.

La sobreproducción constituye una fuente reconocida de ineficiencia, ya que genera inventarios innecesarios y costos asociados al almacenamiento. En el contexto del compostaje escolar, una producción desalineada con la demanda de la huerta puede traducirse en acumulación excesiva, deterioro del material o pérdida de valor agronómico.

La programación adecuada requiere armonizar la generación del compost con los requerimientos reales de aplicación, considerando superficies de cultivo, calendarios agrícolas y volúmenes necesarios. Bajo esta lógica, la planificación anticipada permite ajustar metas de producción y establecer controles que reduzcan la probabilidad de desperdicio.

La integración de procesos dentro de un sistema estructurado facilita la definición de responsabilidades, tiempos y recursos, favoreciendo la coherencia entre generación y utilización del compost. Asimismo, la gestión integrada promueve la toma de decisiones fundamentada en información técnica, lo que contribuye a dimensionar volúmenes de producción acordes con la capacidad de uso.

2.2.10.2 Coordinación entre ciclos de siembra y disponibilidad de abono

La coordinación entre ciclos de siembra y disponibilidad de abono puede comprenderse desde el enfoque sistémico de la Ingeniería Industrial, que concibe a la organización como un conjunto de procesos interrelacionados. Esta perspectiva reconoce que las decisiones deben considerar impactos cruzados entre áreas y momentos de ejecución.

El rol del ingeniero industrial se asocia con la capacidad de integrar información y orientar la “gestión y decisión en el mundo de las organizaciones” (El enfoque y rol del ingeniero industrial..., 2019, p. 3), lo que respalda la necesidad de coordinar la producción de compost con los tiempos de siembra bajo criterios técnicos y estratégicos.

La sincronización efectiva requiere anticipación y planificación, evitando que el abono esté disponible fuera de los periodos óptimos de aplicación o que la siembra se realice sin contar con suficiente insumo. Desde esta lógica, la coordinación puede entenderse como un problema de alineación temporal, en el cual la gestión debe asegurar disponibilidad oportuna de recursos.

Las tendencias contemporáneas de la Ingeniería Industrial destacan la adaptabilidad y la capacidad de responder a entornos dinámicos (Tendencia de la ingeniería industrial, 2018), lo que refuerza la importancia de ajustar calendarios de producción y siembra conforme a información actualizada y análisis de escenarios.

La coordinación interfuncional se convierte, así, en un elemento clave para garantizar que la producción de compost no opere de manera aislada, sino integrada a las necesidades reales de la huerta escolar. Esta articulación fortalece la sostenibilidad del proyecto, evita acumulaciones innecesarias y previene interrupciones en el ciclo agrícola.

2.2.10.3 Buenas prácticas de almacenamiento y conservación

Las buenas prácticas de almacenamiento y conservación del compost pueden abordarse desde la perspectiva de la gestión organizacional y la toma de decisiones racionales. El profesional en Ingeniería Industrial se orienta al diseño de procesos eficientes y sostenibles, incorporando criterios de control, planificación y mejora continua.

La gestión adecuada del almacenamiento implica definir procedimientos claros, asignar responsabilidades y establecer criterios de supervisión que garanticen condiciones apropiadas de conservación. El almacenamiento inadecuado puede derivar en deterioro del material y generación de desperdicio, por lo que la prevención constituye un principio esencial.

Las tendencias contemporáneas resaltan la importancia de la eficiencia en el uso de recursos y la reducción de pérdidas mediante planificación estructurada y evaluación continua (Tendencia de la ingeniería industrial, 2018). Bajo esta lógica, el almacenamiento eficiente forma parte de una gestión integral que articula producción, conservación y uso del insumo.

La implementación de buenas prácticas se relaciona con la capacidad de anticipar riesgos, optimizar espacios y establecer medidas correctivas cuando se detectan desviaciones. Asimismo, la integración de información y análisis fortalece la toma de decisiones orientadas a preservar la calidad del compost hasta su aplicación.

En consecuencia, las buenas prácticas de almacenamiento y conservación se fundamentan en la planificación estratégica, la estandarización de procedimientos y la mejora continua, principios coherentes con el enfoque sistémico y las tendencias actuales de la Ingeniería Industrial.

2.2.11 Indicadores de desempeño para la reducción de pérdidas

La reducción de pérdidas en procesos de valorización requiere la implementación de indicadores de desempeño que permitan medir, analizar y controlar el comportamiento del sistema. En el enfoque de gestión industrial, la medición constituye un componente esencial del control organizacional, ya que posibilita evaluar el grado de cumplimiento de los objetivos estratégicos.

En el marco de los sistemas integrados de gestión, se enfatiza la necesidad de articular los procesos bajo una estructura coherente que permita planificar, ejecutar y controlar de manera coordinada. En este sentido, se señala la importancia de “la integración de los sistemas de gestión en una sola estructura” (Gómez & León, 2021, p. 4), lo cual implica que los indicadores deben formar parte del sistema general de planificación y evaluación.

Por otra parte, las filosofías de producción modernas destacan la reducción del desperdicio como eje central de la eficiencia. Se establece que uno de sus principios fundamentales es la “eliminación sistemática de desperdicios” (Pérez, 2020, p. 6), fundamento que respalda la necesidad de establecer indicadores específicos para medir la pérdida de compost dentro del proceso.

En consecuencia, los indicadores de desempeño permiten cuantificar el nivel de aprovechamiento del compost producido, identificar desviaciones y orientar decisiones de mejora continua, fortaleciendo la sostenibilidad operativa y ambiental del sistema.

2.2.11.1 Indicadores de eficiencia y aprovechamiento

Los indicadores de eficiencia permiten evaluar la relación entre insumos utilizados y resultados obtenidos, alineándose con los principios de optimización propios de la Ingeniería Industrial. La eficiencia, en el contexto productivo, se vincula directamente con la reducción del desperdicio y la generación de valor.

Desde las filosofías de producción, se enfatiza la necesidad de la “eliminación sistemática de desperdicios” (Pérez, 2020, p. 6), lo cual fundamenta la medición del porcentaje de compost aprovechado respecto al total producido en un periodo determinado.

Un indicador clave es el porcentaje de aprovechamiento, que relaciona la cantidad de compost utilizado en la huerta con la cantidad total generada. Este indicador permite evaluar si la producción está alineada con la demanda o si existen excedentes que puedan derivar en pérdida.

De igual forma, el porcentaje de pérdida permite cuantificar la fracción del compost que no es utilizado oportunamente, constituyéndose en una métrica directa del desperdicio.

En el enfoque de sistemas integrados, la eficiencia debe analizarse dentro de una estructura coordinada de gestión. Se resalta la importancia de “la integración de los sistemas de gestión” (Gómez & León, 2021, p. 4), lo que implica que los indicadores deben vincularse con planificación, ejecución y control.

Asimismo, pueden incorporarse indicadores temporales, tales como el tiempo promedio entre la producción del compost y su aplicación, lo cual permite detectar problemas de coordinación.

La medición sistemática de estos indicadores fortalece la mejora continua y facilita la identificación de causas de desviación en el proceso. Los indicadores de eficiencia y aprovechamiento constituyen herramientas fundamentales para evaluar el desempeño del compostaje y reducir pérdidas de manera estructurada.

2.2.11.2 Diseño de indicadores SMART aplicados al compostaje

El diseño de indicadores efectivos requiere criterios que garanticen su claridad, pertinencia y aplicabilidad. En el ámbito organizacional, la formulación adecuada de indicadores se relaciona con la capacidad de gestión y toma de decisiones estratégica.

El enfoque del ingeniero industrial se orienta hacia “la gestión y decisión en el mundo de las organizaciones” (Ramírez, 2019, p. 3), lo cual implica que los indicadores deben respaldar decisiones informadas y coherentes con los objetivos institucionales.

Un indicador aplicado al compostaje debe ser específico, definiendo claramente qué se mide, por ejemplo, el porcentaje de pérdida mensual o el nivel de aprovechamiento por ciclo agrícola. Asimismo, debe ser medible, sustentado en datos verificables y registros confiables que permitan su cálculo periódico.

Debe ser alcanzable, considerando la capacidad real del sistema y los recursos disponibles. También debe ser relevante, alineado con el objetivo estratégico de reducción de desperdicio y mejora del aprovechamiento. Debe ser temporal, evaluado en periodos definidos que permitan comparar resultados y verificar avances.

Las tendencias actuales en Ingeniería Industrial resaltan la importancia de la capacidad analítica y estratégica en la gestión organizacional (Martínez, 2018), lo cual

respalda la formulación estructurada de indicadores bajo criterios SMART. El diseño adecuado de indicadores fortalece la toma de decisiones basada en evidencia y contribuye a la reducción sostenida de pérdidas en el proceso de compostaje.

2.2.11.3 Control y seguimiento del porcentaje de pérdida

El control del porcentaje de pérdida constituye una herramienta fundamental para evaluar la eficiencia de los procesos asociados al compostaje. Este indicador permite determinar la proporción del material producido que no es aprovechado dentro del ciclo planificado, facilitando la identificación de brechas entre lo generado y lo efectivamente utilizado.

Desde las filosofías de producción, el control del desperdicio se vincula con el principio de “eliminación sistemática de desperdicios” (Pérez, 2020, p. 6), lo que refuerza la necesidad de monitorear de manera continua el desempeño del sistema. La medición periódica del porcentaje de pérdida permite detectar tendencias, reconocer desviaciones y analizar las causas que inciden en el incremento del desperdicio.

El seguimiento del indicador no debe concebirse de manera aislada, sino integrado dentro de un sistema articulado de gestión. En este sentido, se resalta la importancia de “la integración de los sistemas de gestión” (Gómez & León, 2021, p. 4), lo que implica que el análisis del porcentaje de pérdida debe relacionarse con la planificación de la producción, la coordinación con la demanda y las condiciones de almacenamiento.

El análisis comparativo entre distintos periodos fortalece la mejora continua, al permitir evaluar la efectividad de las acciones implementadas y ajustar aspectos como la programación, la sincronización con la huerta escolar y los mecanismos de conservación del compost. De este modo, el indicador se convierte en una herramienta para la toma de decisiones informada.

El registro sistemático de la información también favorece la transparencia y la rendición de cuentas en la gestión del proceso, al proporcionar evidencia objetiva sobre el desempeño alcanzado y las oportunidades de mejora.

El control y seguimiento del porcentaje de pérdida consolidan una cultura organizacional orientada a la eficiencia, la mejora continua y la sostenibilidad del sistema de

compostaje, al integrar medición, análisis y acción correctiva dentro de un marco estructurado de gestión.

2.3. Educación ambiental en el sistema educativo costarricense

La educación ambiental en el sistema educativo costarricense se configura como un componente estratégico para la formación integral del estudiantado, al articular dimensiones sociales, culturales y ecológicas dentro del proceso educativo. Su incorporación responde a la necesidad de formar ciudadanía con conciencia crítica frente a los desafíos ambientales contemporáneos y con capacidad de participación responsable en la gestión del entorno.

El abordaje educativo del ambiente trasciende la transmisión de contenidos teóricos y se orienta hacia una transformación en la comprensión de la relación entre sociedad y naturaleza. En este sentido, se ha señalado que la educación ambiental debe promover “una nueva ética ambiental basada en la responsabilidad y el compromiso” (Calvo, 2018, p. 45), enfatizando el desarrollo de valores, actitudes y disposiciones éticas coherentes con la sostenibilidad.

En el contexto costarricense, la educación ambiental se integra en políticas públicas que reconocen la sostenibilidad como eje transversal del sistema educativo. Esta orientación impulsa la incorporación del componente ambiental en los distintos niveles y modalidades educativas, favoreciendo su integración curricular y su vinculación con la realidad nacional.

La perspectiva adoptada parte del reconocimiento de que los problemas ambientales poseen un carácter sistémico y multidimensional, por lo que demandan respuestas integrales desde el ámbito educativo. En consecuencia, la formación ambiental se vincula con la construcción de una ciudadanía activa, informada y participativa, capaz de incidir en la transformación de su entorno.

La educación ambiental se concibe como un proceso formativo continuo orientado a fortalecer la comprensión de los procesos ecológicos y sociales que inciden en la calidad de vida. Se ha indicado que constituye “un proceso permanente que busca generar cambios en conocimientos, actitudes y prácticas” (Calvo, 2018, p. 52), lo que resalta su carácter dinámico y transformador.

En el sistema educativo costarricense, este enfoque promueve el análisis crítico de la realidad ambiental, la reflexión sobre prácticas cotidianas y la participación en acciones concretas orientadas a la mejora del entorno escolar y comunitario. De esta manera, la educación ambiental no solo transmite saberes, sino que impulsa la adopción de conductas responsables y sostenibles.

La incorporación de la dimensión ambiental también responde a compromisos internacionales asumidos por el país en materia de sostenibilidad y desarrollo, lo que refuerza su relevancia como componente estructural del proyecto educativo nacional.

La educación ambiental en Costa Rica se consolida como un eje formativo orientado al desarrollo de competencias, valores y prácticas responsables, contribuyendo a la sostenibilidad social y ecológica y fortaleciendo la formación integral del estudiantado.

2.3.1. Lineamientos del MEP en sostenibilidad

El Ministerio de Educación Pública (MEP) ha establecido lineamientos orientados a integrar la sostenibilidad como eje transversal del sistema educativo costarricense. Estos lineamientos buscan fortalecer la coherencia entre la formación académica y los principios de responsabilidad ambiental, promoviendo una visión integral del desarrollo.

La sostenibilidad se concibe como un principio articulador de dimensiones ambientales, sociales y económicas dentro del quehacer educativo. En este marco, se impulsa la incorporación de prácticas que favorezcan la gestión responsable de los recursos y el compromiso institucional con el entorno.

Se ha señalado que la educación debe contribuir a “la construcción de una cultura de sostenibilidad” (Calvo, 2018, p. 60), lo cual implica fomentar actitudes, valores y comportamientos alineados con la protección ambiental y el uso racional de los recursos.

Los lineamientos institucionales destacan la necesidad de integrar la temática ambiental en la planificación curricular y en la gestión escolar, evitando que se aborde como un contenido aislado o desvinculado de la práctica institucional. En este sentido, se enfatiza “la transversalidad del enfoque ambiental en el currículo” (Calvo, 2018, p. 63), garantizando su presencia en distintas asignaturas y actividades formativas.

El enfoque del MEP reconoce que la educación ambiental debe trascender el plano teórico y materializarse en prácticas institucionales coherentes, tanto en el ámbito pedagógico como en la gestión administrativa y en la infraestructura escolar.

Los lineamientos promueven la participación activa de la comunidad educativa en proyectos ambientales, fortaleciendo la corresponsabilidad y el sentido de pertenencia. Se destaca que la sostenibilidad requiere “un compromiso institucional permanente” (Calvo, 2018, p. 68), lo que implica continuidad, seguimiento y mejora constante de las acciones emprendidas.

La formación docente constituye un componente esencial para garantizar la implementación efectiva de estos lineamientos, en tanto el profesorado desempeña un papel clave en la mediación pedagógica y en la integración de la dimensión ambiental en el currículo.

De igual manera, se fomenta la evaluación sistemática de las prácticas ambientales desarrolladas en los centros educativos, con el fin de fortalecer la mejora continua y asegurar la coherencia entre los objetivos planteados y los resultados alcanzados.

Los lineamientos del MEP en materia de sostenibilidad buscan consolidar una cultura institucional orientada a la responsabilidad ambiental, la transversalidad curricular y la participación comunitaria, integrando la sostenibilidad como principio estructural del sistema educativo.

2.3.2. Educación para el Desarrollo Sostenible (EDS)

La Educación para el Desarrollo Sostenible (EDS) se orienta a promover una formación integral que articule conocimientos, habilidades y valores en favor de la sostenibilidad. Este enfoque reconoce la interdependencia entre ambiente, sociedad y economía, y plantea la necesidad de abordarlos de manera integrada en el proceso educativo.

La EDS se concibe como un proceso transformador que promueve la reflexión crítica y la acción responsable frente a las problemáticas ambientales y sociales contemporáneas. Se ha señalado que busca “integrar los principios del desarrollo sostenible en todos los aspectos de la educación” (Calvo, 2018, p. 72), destacando su carácter transversal y estructural.

La formación en EDS implica fortalecer competencias para la toma de decisiones informadas y responsables, así como la capacidad de analizar críticamente los modelos de consumo y producción predominantes. Asimismo, se enfatiza que constituye “un proceso educativo orientado a la acción” (Calvo, 2018, p. 75), subrayando su dimensión práctica y participativa.

La integración de la EDS en el sistema educativo costarricense responde a compromisos globales asumidos en materia de sostenibilidad, reforzando su pertinencia como enfoque formativo contemporáneo.

Desde esta perspectiva, se fomenta la participación activa del estudiantado en iniciativas orientadas al bienestar colectivo, promoviendo la colaboración entre la escuela y la comunidad como estrategia para potenciar el impacto de las acciones emprendidas.

La EDS también incorpora principios de equidad y justicia social como componentes esenciales del desarrollo sostenible, reconociendo que la sostenibilidad implica no solo equilibrio ambiental, sino también inclusión y responsabilidad social.

2.3.3. Integración de prácticas ambientales en el currículo escolar

La integración de prácticas ambientales en el currículo escolar representa una estrategia para consolidar la educación ambiental de manera sistemática y coherente. Esta integración permite vincular teoría y práctica dentro del proceso formativo, fortaleciendo el aprendizaje significativo.

La transversalidad se reconoce como un mecanismo fundamental para asegurar la presencia del enfoque ambiental en distintas áreas del conocimiento. Se ha señalado la importancia de “incorporar experiencias prácticas que fortalezcan el aprendizaje significativo” (Calvo, 2018, p. 80), lo que respalda la implementación de proyectos ambientales escolares como parte del currículo.

La integración curricular implica adaptar contenidos y metodologías para responder a contextos locales y necesidades específicas, favoreciendo la pertinencia educativa. Prácticas como huertas escolares, proyectos de reciclaje u otras iniciativas ambientales permiten aplicar de manera concreta los conocimientos adquiridos en el aula.

Asimismo, se destaca que la educación ambiental debe “promover la participación activa del estudiantado” (Calvo, 2018, p. 82), fortaleciendo su compromiso y responsabilidad frente al entorno.

La incorporación de estas prácticas requiere coordinación entre el personal docente y los equipos administrativos, garantizando coherencia entre planificación, ejecución y evaluación. El currículo debe contemplar espacios para la reflexión crítica sobre problemáticas ambientales y para la valoración de alternativas sostenibles.

La evaluación de las prácticas ambientales desarrolladas permite identificar logros, desafíos y oportunidades de mejora, fortaleciendo la calidad del proceso formativo. Además, la integración curricular contribuye al desarrollo de competencias ciudadanas y ambientales, reforzando la coherencia entre el discurso institucional y las acciones concretas.

2.3.4 Sostenibilidad institucional y eficiencia operativa

La sostenibilidad institucional en el ámbito educativo se relaciona con la capacidad de la organización para integrar principios ambientales, sociales y operativos dentro de su estructura de gestión. No se limita a la implementación de actividades aisladas, sino que implica la consolidación de una cultura organizacional coherente con los valores de responsabilidad y eficiencia.

La sostenibilidad se vincula con la articulación de procesos, recursos y decisiones estratégicas bajo una lógica sistémica. La gestión moderna enfatiza la necesidad de estructurar las acciones institucionales dentro de marcos integrados que permitan coherencia y continuidad en el tiempo.

La eficiencia operativa constituye un componente esencial de la sostenibilidad institucional, ya que la correcta administración de recursos reduce desperdicios y fortalece la capacidad de respuesta organizacional. Desde las filosofías de producción se destaca la importancia de la “eliminación sistemática de desperdicios” (Pérez, 2020, p. 6), principio que resulta aplicable a los contextos educativos cuando se gestionan recursos materiales y ambientales.

Los sistemas integrados de gestión resaltan la necesidad de coordinar procesos bajo una estructura común, enfatizando “la integración de los sistemas de gestión en una sola

estructura” (Gómez & León, 2021, p. 4). Este enfoque permite consolidar prácticas sostenibles dentro del funcionamiento institucional.

La sostenibilidad institucional, por tanto, no solo responde a criterios ambientales, sino también a la eficiencia en la administración, planificación y control de los procesos educativos

2.3.4.1 Sostenibilidad en organizaciones educativas

La sostenibilidad en organizaciones educativas implica incorporar principios de responsabilidad ambiental y eficiencia operativa dentro de la gestión institucional. Bajo esta perspectiva, la escuela se concibe como un sistema organizacional que debe optimizar recursos, minimizar pérdidas y alinear sus prácticas con criterios de coherencia ambiental.

Desde el enfoque de la gestión por procesos, la institución educativa puede entenderse como un conjunto de actividades interrelacionadas orientadas al logro de objetivos estratégicos. Se ha señalado que la gestión por procesos permite “prever las interrelaciones orientadas a los resultados” (Nelson-Chacón et al., 2021, p. 140), lo que favorece una visión integral del funcionamiento institucional y fortalece la sostenibilidad organizacional.

La sostenibilidad educativa exige planificación, seguimiento y evaluación sistemática de las prácticas institucionales. Esto supone integrar las acciones ambientales dentro de la planificación estratégica del centro educativo, evitando que se desarrollen como iniciativas aisladas o desarticuladas del proyecto institucional.

La gestión escolar debe promover el uso racional de los recursos, reduciendo desperdicios y fomentando prácticas responsables en el manejo de materiales, energía y tiempo. La eficiencia en la gestión contribuye a la estabilidad organizacional y a la coherencia entre el discurso institucional y la práctica ambiental cotidiana.

La sostenibilidad no se limita a la ejecución de proyectos específicos, sino que se consolida como un principio rector del funcionamiento organizacional. La articulación entre procesos académicos y administrativos resulta clave para garantizar la continuidad y consistencia de las prácticas sostenibles.

2.3.4.2 Cultura organizacional orientada al aprovechamiento de recursos

La cultura organizacional influye de manera determinante en la forma en que se gestionan los recursos dentro de una institución. Una cultura orientada al aprovechamiento promueve la reducción de desperdicios y la optimización del uso de materiales, consolidando prácticas coherentes con la sostenibilidad.

Las filosofías de producción destacan la relevancia de entornos organizacionales comprometidos con la eficiencia, enfatizando la “eliminación sistemática de desperdicios” (Pérez, 2020, p. 6) como principio estructural. Este enfoque puede trasladarse al ámbito educativo, donde la gestión responsable de los recursos constituye una expresión concreta de la cultura institucional.

En el contexto escolar, una cultura organizacional sostenible se manifiesta en prácticas sistemáticas de planificación, control y mejora continua. La formalización de estructuras de coordinación fortalece esta cultura, al resaltar “la integración de los sistemas de gestión” (Gómez & León, 2021, p. 4) como mecanismo para asegurar coherencia y supervisión institucional.

La cultura orientada al aprovechamiento también promueve la participación activa de docentes, estudiantes y personal administrativo en iniciativas ambientales, fomentando la corresponsabilidad en el uso eficiente de los recursos institucionales.

La consolidación de esta cultura requiere liderazgo comprometido, procesos de capacitación y seguimiento constante, de manera que la eficiencia y la responsabilidad ambiental se integren a la identidad organizacional.

La cultura organizacional orientada al aprovechamiento de recursos constituye un pilar fundamental para la sostenibilidad institucional, al traducir principios técnicos en prácticas compartidas y valores colectivos.

2.3.4.3 Gestión eficiente de recursos como valor institucional

La gestión eficiente de recursos se configura como un valor institucional cuando se integra de manera explícita en la identidad organizacional y en la toma de decisiones estratégica. En el ámbito educativo, esta eficiencia se traduce en la optimización de

materiales, tiempo y energía, favoreciendo el cumplimiento de los objetivos formativos con criterios de racionalidad y sostenibilidad.

Desde la perspectiva de la Ingeniería Industrial, la gestión se orienta hacia “la gestión y decisión en el mundo de las organizaciones” (Ramírez, 2019, p. 3), lo que respalda la necesidad de fundamentar las decisiones institucionales en criterios técnicos de eficiencia y desempeño.

La eficiencia operativa contribuye a reducir pérdidas, fortalecer la sostenibilidad y mejorar el desempeño institucional de manera integral. La aplicación de principios de mejora continua permite perfeccionar procesos y optimizar recursos de forma sistemática, generando estabilidad y coherencia en la gestión.

La gestión eficiente requiere el establecimiento de indicadores de desempeño que posibiliten evaluar resultados, detectar desviaciones y formular acciones correctivas. La medición sistemática fortalece la transparencia y la toma de decisiones informada.

Cuando la eficiencia se consolida como valor institucional, trasciende la dimensión técnica y se integra a la cultura organizacional, influyendo en prácticas cotidianas y en la planificación estratégica.

La gestión eficiente de recursos constituye un componente esencial de la sostenibilidad educativa, al integrar principios de optimización, control y mejora continua dentro del quehacer institucional y consolidarse como un valor compartido por la comunidad educativa.

2.3.5 Impacto de la reducción de pérdidas en procesos escolares

La reducción de pérdidas en procesos escolares constituye una estrategia clave para fortalecer la sostenibilidad institucional y la eficiencia operativa. En el ámbito educativo, la gestión adecuada de los recursos no solo posee implicaciones económicas, sino también formativas, en tanto modela prácticas responsables dentro de la comunidad educativa y refuerza la coherencia entre el discurso ambiental y la acción institucional.

Desde la perspectiva de la mejora de procesos, la reducción del desperdicio se vincula con la optimización del sistema organizacional y la generación de valor. Las filosofías de

producción resaltan la importancia de la “eliminación sistemática de desperdicios” (Pérez, 2020, p. 6), principio que puede trasladarse a la gestión de proyectos y procesos escolares, especialmente aquellos relacionados con iniciativas ambientales.

La articulación de procesos bajo un enfoque estructurado favorece la implementación de acciones correctivas y preventivas orientadas a disminuir pérdidas. Se destaca la necesidad de “la integración de los sistemas de gestión en una sola estructura” (Gómez & León, 2021, p. 4), lo cual promueve coherencia, coordinación y control dentro de la institución educativa.

La reducción de pérdidas no solo optimiza recursos materiales, sino que también fortalece una cultura organizacional orientada a la eficiencia, la responsabilidad ambiental y la mejora continua.

2.3.5.1 Reducción de desperdicios y optimización de recursos

La reducción de desperdicios en procesos escolares responde a la necesidad de maximizar el aprovechamiento de los recursos disponibles, bajo criterios de eficiencia operativa y sostenibilidad. Este enfoque se fundamenta en principios de mejora continua que buscan minimizar pérdidas y fortalecer el desempeño institucional.

Desde las filosofías de producción, se enfatiza la “eliminación sistemática de desperdicios” (Pérez, 2020, p. 6) como eje central de la eficiencia organizacional. Aplicado al contexto escolar, este principio permite disminuir pérdidas en proyectos ambientales, optimizar el uso de materiales y consolidar la sostenibilidad de las iniciativas emprendidas.

La optimización de recursos implica coordinar producción, uso y almacenamiento de manera planificada, evitando acumulaciones innecesarias o subutilización. La gestión por procesos permite comprender la institución como un sistema articulado, en el cual es posible “prever las interrelaciones orientadas a los resultados” (Nelson-Chacón et al., 2021, p. 140). Esta visión facilita la identificación de puntos críticos donde pueden generarse pérdidas y la implementación de medidas preventivas.

La reducción del desperdicio también contribuye a disminuir impactos ambientales asociados a la disposición final de materiales, reforzando la coherencia entre gestión institucional y principios de sostenibilidad.

En términos organizacionales, la optimización de recursos fortalece la estabilidad institucional, mejora la asignación presupuestaria y promueve mayor eficiencia en el uso de insumos. Además, la eficiencia operativa consolida la coherencia entre los valores ambientales promovidos en el aula y las prácticas institucionales cotidianas.

La reducción de desperdicios en procesos escolares consolida un modelo de gestión responsable, orientado a la sostenibilidad y al aprovechamiento racional de los recursos.

2.3.5.2 Mejora en la toma de decisiones basada en datos

La toma de decisiones basada en datos constituye un elemento central de la gestión moderna y de la Ingeniería Industrial. La reducción de pérdidas requiere información confiable que permita identificar causas, medir resultados y evaluar impactos de manera objetiva.

El enfoque del ingeniero industrial se orienta hacia “la gestión y decisión en el mundo de las organizaciones” (Ramírez, 2019, p. 3), lo que implica fundamentar las decisiones institucionales en evidencia cuantificable y análisis sistemático.

La implementación de indicadores de desempeño fortalece la capacidad de análisis organizacional y permite evaluar la efectividad de las acciones orientadas a reducir pérdidas. Asimismo, la “integración de los sistemas de gestión” (Gómez & León, 2021, p. 4) facilita la recopilación, sistematización y análisis de información relevante para el control del proceso.

La disponibilidad de datos posibilita comparar periodos, identificar tendencias y ajustar estrategias de manera oportuna. En el ámbito escolar, esta práctica fortalece la planificación y mejora la coordinación entre áreas académicas y administrativas, promoviendo decisiones coherentes con los objetivos estratégicos institucionales.

Además, la toma de decisiones basada en datos favorece la transparencia y la rendición de cuentas, al proporcionar evidencia objetiva sobre el desempeño alcanzado y las áreas susceptibles de mejora.

La reducción de pérdidas se convierte en un proceso medible, evaluable y susceptible de perfeccionamiento continuo dentro de la gestión escolar.

2.3.5.3 Fortalecimiento del proyecto ambiental escolar

La reducción de pérdidas impacta directamente en el fortalecimiento del proyecto ambiental escolar, al incrementar su eficiencia, estabilidad y sostenibilidad. Cuando los recursos se gestionan de manera óptima, el proyecto adquiere mayor continuidad y credibilidad dentro de la comunidad educativa.

El enfoque sistémico de la gestión por procesos permite articular las actividades ambientales dentro de la estructura institucional. Se ha indicado que este enfoque busca “el alcance de los objetivos estratégicos de la institución educacional como un todo” (Nelson et al., 2021, p. 140), lo cual respalda la integración del proyecto ambiental en la planificación estratégica del centro educativo.

La optimización de recursos refuerza la coherencia entre el discurso ambiental y las prácticas concretas, fortaleciendo la legitimidad del proyecto. Asimismo, la disminución del desperdicio contribuye a maximizar beneficios ambientales y a reducir impactos negativos asociados a la mala gestión de recursos.

El fortalecimiento del proyecto también se vincula con la mejora continua, que permite ajustar procedimientos, consolidar aprendizajes organizacionales y perfeccionar la coordinación entre actores involucrados.

Cuando la reducción de pérdidas se consolida como práctica sistemática, el proyecto ambiental se integra a la cultura institucional, trascendiendo la condición de iniciativa puntual y convirtiéndose en componente estratégico de la sostenibilidad escolar.

La reducción de pérdidas no solo optimiza recursos materiales, sino que fortalece el proyecto ambiental escolar como eje estructural de la gestión sostenible y del compromiso institucional con el entorno.

2.3.6 Gestión del cambio en instituciones educativas

La gestión del cambio en instituciones educativas constituye un proceso estratégico orientado a transformar prácticas, estructuras y culturas organizacionales con el propósito de mejorar el desempeño institucional. En el contexto escolar, el cambio no se limita a la

adopción de nuevas actividades, sino que implica la modificación de dinámicas internas, formas de coordinación y modelos de gestión.

Desde la perspectiva de la gestión por procesos, la institución educativa debe comprenderse como un sistema articulado, en el cual las transformaciones deben considerar las interrelaciones entre áreas y funciones. Se ha señalado que la gestión por procesos busca “el alcance de los objetivos estratégicos de la institución educacional como un todo” (Nelson-Chacón et al., 2021, p. 140), lo que evidencia que el cambio debe alinearse con la planificación estratégica.

Asimismo, la gestión moderna enfatiza la necesidad de integrar procesos bajo una estructura coherente. Se destaca la importancia de “la integración de los sistemas de gestión en una sola estructura” (Gómez & León, 2021, p. 4), lo cual facilita la implementación ordenada de mejoras.

En el ámbito educativo, la gestión del cambio resulta fundamental cuando se pretende fortalecer proyectos ambientales o reducir pérdidas en procesos institucionales, ya que exige compromiso organizacional y ajustes en la cultura institucional.

2.3.6.1 Barreras organizacionales al cambio

Las barreras organizacionales al cambio pueden manifestarse a través de resistencia interna, deficiencias en la planificación y ausencia de coordinación entre procesos. Estas limitaciones dificultan la implementación efectiva de mejoras y reducen el impacto de las iniciativas institucionales, al impedir que las acciones se articulen dentro de una estrategia coherente.

Una gestión inadecuada puede generar efectos negativos en el funcionamiento institucional. Se ha señalado que “Su mal manejo puede ocasionar falencias académicas y fallas en el funcionamiento institucional” (Lucero et al., 2023, p. 125), lo que evidencia que las debilidades en la administración constituyen una barrera significativa para el cambio y la mejora.

Otra barrera relevante es la ausencia de planificación estructurada. Se indica que “la falta de una planificación curricular coherente y actualizada genera confusiones y desigualdades” (Lucero et al., 2023, p. 125), lo cual pone de manifiesto que la planificación

insuficiente puede afectar la claridad de objetivos, la coordinación interna y la efectividad de las transformaciones organizacionales.

La carencia de métodos específicos dificulta la consolidación de procesos de mejora. En el análisis de recuperación de residuos se formula la interrogante “¿Por qué no hay un método específico para recuperar el PVC?” (Arias et al., 2025, p. 140), lo que evidencia que la falta de procedimientos definidos constituye un obstáculo para el cambio, al no existir una ruta clara de acción.

La resistencia al cambio también puede vincularse con la cultura organizacional, especialmente cuando no se promueve una orientación hacia la mejora continua y la eficiencia. Una cultura poco proclive a la evaluación y al ajuste sistemático de prácticas tiende a perpetuar rutinas ineficientes.

La ausencia de documentación sobre el impacto de las pérdidas limita la percepción de urgencia para implementar mejoras. Cuando “no se documenta el impacto económico del desperdicio” (Arias et al., 2025, p. 139), la organización puede subestimar la magnitud del problema y postergar decisiones correctivas.

Las barreras organizacionales también pueden incluir deficiencias en la asignación de recursos y en la comunicación interna, factores que afectan la coordinación entre áreas y la sostenibilidad de las acciones emprendidas.

Las barreras al cambio organizacional se relacionan con debilidades en la planificación, la metodología, la gestión y la cultura institucional. Superarlas requiere integrar procesos, establecer métodos claros, fortalecer la documentación y promover una cultura orientada a la mejora continua y a la eficiencia.

2.3.6.2 Estrategias para la implementación de mejoras

La implementación de mejoras en instituciones educativas requiere estrategias estructuradas que integren planificación, ejecución y control. La mejora no debe abordarse de manera improvisada, sino bajo principios de gestión sistemática que permitan garantizar coherencia, sostenibilidad y resultados medibles.

Las filosofías de producción resaltan la importancia de la “eliminación sistemática de desperdicios” (Pérez, 2020, p. 6), principio que puede trasladarse al ámbito escolar como fundamento para impulsar cambios orientados a la eficiencia en el uso de recursos y a la optimización de procesos institucionales.

La gestión integrada facilita la coordinación de acciones y la supervisión de resultados. Se enfatiza “la integración de los sistemas de gestión” (Gómez & León, 2021, p. 4), lo que permite estructurar el proceso de mejora dentro de una sola lógica organizacional, evitando esfuerzos fragmentados o desarticulados.

El enfoque del ingeniero industrial se orienta hacia “la gestión y decisión en el mundo de las organizaciones” (Ramírez, 2019, p. 3), lo que respalda la necesidad de adoptar decisiones estratégicas basadas en análisis técnico, información sistematizada e indicadores de desempeño.

Las estrategias de implementación deben contemplar un diagnóstico inicial que permita identificar brechas y oportunidades, la definición clara de metas, el establecimiento de indicadores de seguimiento y la evaluación periódica de resultados. Este esquema favorece la mejora continua como principio rector del cambio organizacional.

La participación activa del personal docente y administrativo resulta fundamental para consolidar transformaciones institucionales, ya que el compromiso colectivo fortalece la sostenibilidad de las acciones emprendidas. Las estrategias de implementación de mejoras requieren estructura metodológica, integración de procesos, liderazgo comprometido y seguimiento sistemático para garantizar su efectividad en el entorno educativo.

2.3.4.3 Capacitación y comunicación para la sostenibilidad

La capacitación y la comunicación constituyen pilares esenciales en la gestión del cambio orientado a la sostenibilidad institucional. La adopción de nuevas prácticas exige que el personal comprenda con claridad los objetivos, beneficios y procedimientos asociados a las mejoras propuestas.

La sostenibilidad institucional implica un compromiso organizacional permanente, lo cual demanda procesos formativos continuos que fortalezcan competencias técnicas y conocimientos relacionados con la gestión eficiente de recursos y la mejora de procesos.

El enfoque de gestión por procesos permite estructurar responsabilidades y clarificar funciones, facilitando la apropiación de nuevas prácticas por parte del personal. Cuando las tareas y los procedimientos se encuentran definidos, la implementación resulta más coherente y estable.

La comunicación interna fortalece la coordinación entre áreas y reduce la resistencia al cambio, al generar claridad sobre metas, indicadores y procedimientos. Una comunicación efectiva contribuye a alinear expectativas y a consolidar el compromiso institucional.

La formación del personal también favorece la consolidación de una cultura organizacional orientada al aprovechamiento eficiente de recursos, integrando principios de sostenibilidad en la práctica cotidiana.

Desde la perspectiva de la gestión estratégica, la toma de decisiones informada se fortalece cuando existe capacitación adecuada, ya que el análisis y la evaluación de resultados requieren competencias específicas.

La integración de sistemas de gestión facilita la difusión de lineamientos institucionales y la evaluación del cumplimiento de objetivos, reforzando la coherencia entre planificación y ejecución.

La capacitación y la comunicación se constituyen en herramientas fundamentales para consolidar la sostenibilidad institucional y asegurar la implementación efectiva de mejoras en el entorno educativo, al promover compromiso, claridad organizacional y fortalecimiento de capacidades.

CAPÍTULO TRES
MARCO METODOLOGICO

3.1 Tipo y enfoque de la investigación

La presente investigación se clasifica como un estudio de tipo aplicado, debido a que busca resolver un problema específico identificado en la Escuela de Barrio Los Ángeles, relacionado con la pérdida del compost generado en el proyecto ambiental institucional. No se limita a la generación de conocimiento teórico, sino que propone una intervención estructurada orientada a mejorar un proceso existente.

Asimismo, el estudio presenta un enfoque cuantitativo, dado que se fundamenta en la medición de variables relacionadas con la producción, utilización y pérdida del compost. Se emplean indicadores numéricos que permiten establecer una línea base, analizar desviaciones y evaluar el impacto de las mejoras implementadas.

El alcance de la investigación es descriptivo y explicativo. Es descriptivo porque caracteriza el proceso actual de compostaje y cuantifica el nivel de pérdida; y es explicativo porque analiza las causas que generan dicha pérdida y propone acciones correctivas basadas en la metodología DMAIC.

3.2 Diseño metodológico

El diseño metodológico del presente proyecto corresponde a un estudio no experimental de campo, debido a que el proceso de compostaje es analizado en su entorno natural sin manipulación artificial de variables externas. La investigación se desarrolla directamente en la Escuela de Barrio Los Ángeles, específicamente en el sistema de producción, almacenamiento y aplicación del compost generado a partir de residuos orgánicos del comedor escolar.

El estudio adopta una estructura secuencial basada en la metodología DMAIC, propia del enfoque Seis Sigma, la cual permite abordar el problema de manera sistemática y orientada a resultados medibles. Esta estructura metodológica garantiza que cada fase del proyecto esté articulada con la anterior, permitiendo una progresión lógica desde la identificación del problema hasta el establecimiento de mecanismos de control sostenibles.

El diseño contempla un diagnóstico inicial del proceso actual de compostaje, cuyo propósito es caracterizar el flujo operativo, identificar puntos críticos y documentar prácticas

existentes. Esta etapa permite comprender cómo se gestiona actualmente la producción del compost, cuáles son los responsables y cómo se integra con la huerta escolar.

Posteriormente, el diseño metodológico incorpora una fase de medición cuantitativa, orientada a establecer una línea base del porcentaje de pérdida del compost. Esta medición se realiza mediante el registro sistemático de datos relacionados con la cantidad de residuos orgánicos ingresados, la producción mensual de compost y la cantidad efectivamente utilizada en la huerta.

A partir de los datos recolectados, el diseño contempla un análisis de causas que permita identificar los factores que generan la pérdida del compost. Para ello, se emplean herramientas de análisis de procesos como el diagrama causa-efecto y el análisis de los cinco porqués, lo que facilita la determinación de causas raíz y evita soluciones superficiales.

El diseño también incluye la formulación e implementación de propuestas de mejora orientadas a reducir el porcentaje de pérdida. Estas mejoras se enfocan en la planificación de la producción, la sincronización con los ciclos de siembra, la estandarización del almacenamiento y la definición de responsabilidades claras dentro del proceso.

Una vez implementadas las mejoras, el diseño metodológico establece mecanismos de seguimiento y control, con el fin de garantizar la sostenibilidad de los resultados alcanzados. Se definen indicadores de desempeño y se implementan registros periódicos que permitan monitorear la evolución del porcentaje de pérdida.

El diseño metodológico se caracteriza por su enfoque estructurado, cuantificable y orientado a la mejora continua, permitiendo intervenir el proceso de compostaje desde una perspectiva técnica propia de la Ingeniería Industrial, con el objetivo de reducir pérdidas, optimizar recursos y fortalecer el proyecto ambiental institucional.

3.3 Aplicación de la metodología DMAIC

La metodología DMAIC se adopta como herramienta estructurada para abordar la problemática relacionada con la pérdida del compost en la Escuela de Barrio Los Ángeles. Esta metodología, derivada del enfoque Seis Sigma, permite intervenir procesos mediante una secuencia lógica orientada a la mejora continua y al control sostenible de resultados.

La aplicación de DMAIC en este proyecto responde a la necesidad de reducir el porcentaje de compost no utilizado, optimizar el aprovechamiento del recurso y fortalecer la gestión del proyecto ambiental institucional. Su implementación garantiza que el análisis no se limite a observaciones generales, sino que esté sustentado en mediciones cuantificables y análisis técnico.

Cada fase de la metodología cumple una función específica dentro del proceso de mejora. La fase Definir delimita el problema y el alcance del proyecto; Medir establece la línea base; Analizar identifica causas raíz; Mejorar implementa soluciones; y Controlar asegura la sostenibilidad de los resultados.

El enfoque estructurado de DMAIC facilita la identificación de variables críticas del proceso de compostaje, tales como volumen producido, volumen utilizado, tiempo de almacenamiento y porcentaje de pérdida. Esta claridad metodológica permite tomar decisiones basadas en datos y no en percepciones subjetivas.

La metodología promueve la participación de los actores involucrados en el proceso, integrando a docentes, personal del comedor y responsables del proyecto ambiental en la identificación de oportunidades de mejora. La aplicación de DMAIC proporciona un marco técnico que permite intervenir el proceso de compostaje de manera ordenada, cuantificable y orientada a la reducción efectiva de pérdidas.

3.3.1 Fase Definir

Tabla 1. Metodología para la implementación del proyecto

Objetivo específico	Actividades	Herramientas	Descripción	Plazos	Responsables
Identificar y delimitar el problema relacionado con la pérdida de compost en la huerta escolar.	Identificación del problema, delimitación del proceso de compostaje y definición del alcance del proyecto.	Observación directa del proceso, revisión del funcionamiento del sistema de compostaje.	En esta fase se determinó que una parte del compost producido no era utilizada en la huerta escolar, generando pérdida de recursos.	Septiembre 2025	Investigador, docentes encargados de la huerta

Fuente: Elaboración propia, 2026.

En la fase Definir se establece con precisión el problema central del proyecto: la existencia de un porcentaje significativo de compost producido que no es utilizado oportunamente en la huerta escolar, generando pérdida del recurso y afectando la eficiencia del sistema.

Durante esta etapa se delimitó el alcance del proyecto, el cual comprende el proceso de recepción de residuos orgánicos, producción del compost, almacenamiento y aplicación en la huerta. Se excluyen procesos externos que no incidan directamente en la pérdida identificada.

Asimismo, se identificaron los clientes internos del proceso, tales como docentes encargados de la huerta, estudiantes participantes y personal del comedor escolar, quienes dependen del adecuado funcionamiento del sistema. Como herramienta de estructuración se elaboró un diagrama SIPOC que permitió visualizar proveedores, entradas, proceso, salidas y clientes, facilitando la comprensión integral del flujo operativo y la delimitación clara del problema.

3.3.2 Fase Medir

Tabla 2. Metodología para la implementación del proyecto

Objetivo específico	Actividades	Herramientas	Descripción	Plazos	Responsables
Medir el desempeño actual del proceso de producción y uso del compost.	Registro de residuos generados, medición del compost producido, registro del compost utilizado y perdido.	Formatos de registro semanal, hojas de cálculo y observación directa.	Se recopilaron datos durante varios meses para establecer la línea base del proceso y calcular indicadores de pérdida y aprovechamiento del compost.	Septiembre 2025 – Febrero 2026	Investigador, personal del comedor

Fuente: Elaboración propia, 2026.

La fase Medir tuvo como objetivo cuantificar la magnitud real de la pérdida del compost y establecer una línea base del proceso. Para ello, se implementó un registro sistemático de datos durante un periodo determinado. Se midieron variables como cantidad de residuos orgánicos ingresados al sistema, cantidad de compost producido mensualmente, cantidad utilizada en la huerta y volumen no utilizado.

Con base en estos datos se calculó el indicador principal del proyecto: el porcentaje de pérdida, obtenido mediante la relación entre compost no utilizado y compost total producido. Esta medición permitió determinar la situación inicial del proceso, proporcionando una referencia objetiva para comparar los resultados posteriores a la implementación de mejoras.

3.3.3 Fase Analizar

Tabla 3. Metodología para la implementación del proyecto

Objetivo específico	Actividades	Herramientas	Descripción	Plazos	Responsables
Identificar las causas que generan la pérdida del compost dentro del proceso.	Análisis del proceso actual, identificación de factores que afectan el aprovechamiento del compost.	Diagrama de Ishikawa, Diagrama de Pareto y técnica de los Cinco Porqués (5 Whys).	Se analizaron las causas relacionadas con la planificación, almacenamiento y coordinación del uso del compost en la huerta escolar.	Marzo 2026	Investigador

Fuente: Elaboración propia, 2026.

En la fase Analizar se identificaron las causas que generan la pérdida del compost. Se emplearon herramientas de análisis de procesos como el diagrama de Ishikawa y el método de los cinco porqués.

El análisis evidenció factores como la falta de programación entre producción y demanda, ausencia de un calendario sincronizado con los ciclos de siembra y deficiencias en el almacenamiento del compost.

Asimismo, se detectó la inexistencia de indicadores de control y seguimiento, lo que dificultaba la detección temprana de desviaciones en el proceso. La identificación de causas raíz permitió enfocar las acciones correctivas en los factores con mayor impacto sobre el porcentaje de pérdida.

3.3.4 Fase Mejorar

Tabla 4. Metodología para la implementación del proyecto

Objetivo específico	Actividades	Herramientas	Descripción	Plazos	Responsables
Diseñar estrategias para reducir la pérdida del compost y mejorar su aprovechamiento.	Elaboración de un calendario de aplicación del compost, propuesta de registros de control y coordinación con las actividades de siembra.	Plan de mejora del proceso, planificación operativa.	Se proponen acciones orientadas a sincronizar la producción del compost con los ciclos de cultivo y mejorar la gestión del recurso.	Abril 2026	Investigador, docentes responsables de la huerta

Fuente: Elaboración propia, 2026.

En la fase Mejorar se diseñaron e implementaron soluciones orientadas a reducir la pérdida del compost. Estas acciones se fundamentaron en los resultados del análisis previo. Se estableció un calendario integrado que sincroniza la producción del compost con los ciclos de siembra de la huerta, evitando acumulaciones innecesarias.

También se implementó un sistema de registro mensual de producción y uso, junto con lineamientos básicos para el almacenamiento adecuado del compost. Las mejoras fueron acompañadas de la definición de metas cuantificables, orientadas a disminuir progresivamente el porcentaje de pérdida identificado en la línea base.

3.3.5 Fase Controlar

Tabla 5. Metodología para la implementación del proyecto

Objetivo específico	Actividades	Herramientas	Descripción	Plazos	Responsables
Establecer mecanismos de seguimiento para mantener las mejoras implementadas en el proceso.	Implementación de registros de control, monitoreo periódico del uso del compost y evaluación de indicadores.	Indicadores de desempeño, formatos de registro mensual.	Esta fase permite dar seguimiento al proceso para asegurar que la reducción de pérdidas se mantenga en el tiempo.	Mayo 2026 en adelante	Docentes encargados de la huerta

Fuente: Elaboración propia, 2026.

La fase Controlar tiene como propósito asegurar la sostenibilidad de las mejoras implementadas y evitar la reincidencia del problema. Se estableció un sistema de seguimiento

periódico del indicador de pérdida, con revisión mensual de resultados y análisis comparativo respecto a la línea base.

Asimismo, se asignó responsabilidad directa a un encargado del proyecto ambiental para supervisar el cumplimiento del calendario y los registros establecidos. El control sistemático permite detectar desviaciones oportunamente y aplicar acciones correctivas, consolidando una cultura institucional orientada a la mejora continua y la eficiencia operativa.

3.4 Técnicas e instrumentos de recolección de datos

La recolección de datos constituye una etapa fundamental dentro del desarrollo metodológico del proyecto, ya que permite obtener información objetiva sobre el funcionamiento real del proceso de compostaje. Con el propósito de garantizar la validez y confiabilidad de los resultados, se emplearon técnicas de carácter cuantitativo y cualitativo, orientadas a comprender el comportamiento del sistema desde una perspectiva integral.

Una de las principales técnicas utilizadas fue la observación directa del proceso de compostaje. Esta permitió analizar el flujo operativo desde la recepción de los residuos orgánicos hasta la aplicación del compost en la huerta escolar, identificando prácticas habituales, tiempos de ejecución y condiciones de almacenamiento.

La observación se desarrolló de manera estructurada mediante una lista de verificación previamente diseñada. Este instrumento facilitó el registro sistemático de aspectos específicos, tales como el volumen aproximado de material procesado, las condiciones físicas del compost, la frecuencia de uso y el estado del área destinada al almacenamiento.

De forma complementaria, se efectuó el registro de datos históricos disponibles sobre la producción y utilización del compost, con el fin de establecer un comportamiento preliminar del proceso antes de la intervención. Esta información permitió contar con una línea base para el análisis posterior.

Asimismo, se diseñó e implementó un formato estandarizado de registro mensual, orientado a cuantificar la cantidad de residuos ingresados, el volumen de compost producido

y el volumen efectivamente utilizado. Este instrumento facilitó la sistematización periódica de la información y el seguimiento del desempeño del proceso.

Se aplicaron entrevistas estructuradas al personal involucrado en las distintas etapas del proceso, incluyendo responsables del comedor y docentes encargados de la huerta. Estas entrevistas permitieron identificar percepciones relacionadas con posibles causas de pérdida, así como oportunidades de mejora en términos de coordinación, planificación y almacenamiento.

La guía de entrevista incluyó preguntas cerradas y abiertas, con el propósito de obtener información específica y, al mismo tiempo, recoger apreciaciones cualitativas que enriquecieran el análisis técnico.

Como técnica complementaria, se realizó un análisis de procesos mediante la elaboración de diagramas de flujo, los cuales representaron gráficamente las etapas del proceso actual y facilitaron la identificación de puntos críticos.

Para el análisis de causas se aplicó el diagrama de Ishikawa, instrumento que permitió clasificar y organizar posibles factores asociados a la pérdida del compost, estructurando el análisis en categorías relevantes para la toma de decisiones.

Se utilizó una hoja de cálculo digital para consolidar los datos recopilados y calcular automáticamente los indicadores de desempeño definidos en el proyecto, lo que contribuyó a mejorar la precisión del análisis cuantitativo.

El uso combinado de técnicas permitió la triangulación de la información, fortaleciendo la confiabilidad y consistencia de los resultados obtenidos. Las técnicas e instrumentos de recolección de datos fueron diseñados para generar información precisa, cuantificable y verificable, proporcionando una base sólida para el análisis técnico del proceso de compostaje y la formulación de propuestas de mejora.

3.5 Población y muestra

La población del estudio está conformada por los actores institucionales directamente vinculados con el proceso de compostaje en la Escuela de Barrio Los Ángeles. Estos actores

incluyen personal docente, personal del comedor escolar y estudiantes que participan activamente en el proyecto de huerta.

Dado que el proyecto se centra en un proceso específico dentro de la institución, la unidad principal de análisis no corresponde a la totalidad de la comunidad estudiantil, sino al sistema de producción y utilización del compost como proceso organizacional. El personal del comedor constituye un componente esencial de la población, en tanto es responsable de la generación y separación inicial de los residuos orgánicos que ingresan al sistema de compostaje. Su participación incide directamente en la calidad y volumen del material procesado.

Por su parte, los docentes encargados de la huerta escolar forman parte de la población de estudio debido a su rol en la planificación del uso del compost, la coordinación de actividades agrícolas y la supervisión del aprovechamiento del abono producido. Se incluyen los estudiantes que intervienen de manera activa en el mantenimiento de la huerta, ya que participan en la aplicación del compost y en diversas tareas operativas asociadas al proceso. Su involucramiento aporta información relevante sobre la dinámica real del sistema.

La muestra seleccionada corresponde a un muestreo no probabilístico por conveniencia, puesto que se trabaja con la totalidad de los actores directamente involucrados en el proceso. Esta decisión responde al carácter institucional del proyecto y a la delimitación específica del objeto de estudio.

No se aplicó un muestreo estadístico tradicional, debido a que la investigación no busca generalizar resultados a poblaciones externas, sino analizar y mejorar un proceso concreto dentro de una organización definida.

La muestra incluye a todos los responsables directos del manejo del compost, lo que garantiza representatividad operativa y permite obtener información pertinente para la toma de decisiones. Desde la perspectiva cuantitativa, la unidad principal de medición es el volumen de compost producido y el volumen efectivamente utilizado durante el periodo de análisis. Esta variable permite calcular indicadores de pérdida y aprovechamiento.

El periodo de observación abarca varios meses consecutivos, con el fin de identificar posibles variaciones en la producción y uso del compost, así como tendencias en el

desempeño del sistema. La población y la muestra del estudio se definen en función del proceso institucional de compostaje, priorizando la participación directa de los actores involucrados y el análisis detallado del sistema de producción y utilización del compost.

3.6 Indicadores y línea base

La definición de indicadores constituye un componente esencial del proyecto, en tanto permite medir el desempeño del proceso de compostaje de manera objetiva y sistemática. Los indicadores seleccionados se alinean con el objetivo central de reducir la pérdida del compost y fortalecer el aprovechamiento del recurso dentro de la institución.

El indicador principal establecido es el porcentaje de pérdida del compost, calculado como la relación entre el volumen no utilizado y el volumen total producido en un periodo determinado. Este indicador permite cuantificar el nivel de desperdicio y constituye la variable clave para evaluar la efectividad de las acciones de mejora implementadas.

Como complemento, se definió el porcentaje de aprovechamiento, el cual mide la proporción del compost aplicado en la huerta escolar respecto al total producido. Este indicador facilita el análisis del grado de utilización efectiva del material generado.

Se incorporó el indicador de tiempo promedio de almacenamiento, cuyo propósito es identificar si el compost permanece durante periodos prolongados sin ser utilizado, situación que puede incidir en su calidad y en el incremento de pérdidas.

De igual manera, se estableció un indicador de cumplimiento del calendario de aplicación, orientado a evaluar la sincronización entre la producción del compost y los ciclos de siembra de la huerta escolar. Este indicador permite analizar la coordinación temporal del proceso.

La línea base se determinó mediante la medición inicial del desempeño del sistema durante tres meses consecutivos previos a la implementación de mejoras. En este periodo se registró el volumen promedio mensual de compost producido y el volumen promedio efectivamente utilizado.

Con base en estos datos se calculó el porcentaje inicial de pérdida, el cual funciona como referencia comparativa para el análisis de los resultados posteriores. Esta línea base

permite establecer metas cuantificables, tales como reducir la pérdida en un porcentaje específico dentro de un plazo definido.

El seguimiento periódico de los indicadores facilita la identificación temprana de desviaciones, la evaluación del impacto de las acciones correctivas y el ajuste oportuno de las estrategias implementadas.

Los indicadores definidos y la línea base establecida constituyen la base cuantitativa del proyecto, ya que permiten medir de manera objetiva el impacto de la aplicación de la metodología DMAIC en la reducción de la pérdida del compost y en la mejora del desempeño del proceso.

CAPÍTULO CUATRO
ANÁLISIS DE RESULTADOS

4.1 Descripción general del proceso de compostaje analizado

El proceso de compostaje analizado se desarrolla en la Escuela de Barrio Los Ángeles como parte de un proyecto ambiental orientado al aprovechamiento de los residuos orgánicos generados en el comedor escolar. Este proceso tiene como objetivo transformar dichos residuos en abono orgánico (compost) que posteriormente es utilizado en la huerta escolar como fertilizante natural para el cultivo de diferentes especies vegetales.

El sistema inicia con la generación de residuos orgánicos en el comedor escolar, principalmente restos de frutas, verduras y otros materiales biodegradables provenientes de la preparación de alimentos. Estos residuos son separados de otros tipos de desechos y trasladados al área destinada al compostaje dentro de la institución.

Posteriormente, los residuos orgánicos son depositados en el área de compostaje, donde se inicia el proceso de descomposición biológica controlada. Durante este proceso, los microorganismos descomponen la materia orgánica en presencia de oxígeno, transformándola gradualmente en un material estable y rico en nutrientes. Este proceso requiere ciertas condiciones adecuadas de humedad, aireación y mezcla de materiales para favorecer la actividad microbiológica.

Una vez completado el proceso de descomposición, el material resultante se convierte en compost, el cual puede ser utilizado como abono orgánico en la huerta escolar. El compost producido se almacena temporalmente hasta su aplicación en los cultivos desarrollados por el estudiantado y el personal docente responsable de las actividades agrícolas.

Sin embargo, durante la observación del proceso se identificó que una parte del compost producido no es utilizada oportunamente en la huerta escolar, lo que genera acumulación del material y pérdida potencial de sus propiedades agronómicas. Esta situación evidencia la existencia de deficiencias en la coordinación entre la producción del compost y su aplicación en las actividades de cultivo.

El análisis del proceso de compostaje permite comprender el funcionamiento del sistema actual e identificar los puntos donde se generan pérdidas de material. Esta comprensión constituye la base para el análisis de causas que se desarrolla en los apartados siguientes del presente capítulo.

4.2 Análisis de la generación de residuos orgánicos

El análisis de la generación de residuos orgánicos constituye un elemento fundamental para comprender el funcionamiento del sistema de compostaje dentro de la Escuela de Barrio Los Ángeles. La cantidad de residuos generados influye directamente en el volumen de material disponible para el proceso de compostaje y, por lo tanto, en la cantidad de compost que puede producirse y utilizarse posteriormente en la huerta escolar.

Los residuos orgánicos utilizados en el proceso provienen principalmente del comedor escolar, donde se generan restos de alimentos durante la preparación y consumo de las comidas. Entre los materiales más comunes se encuentran restos de frutas, verduras y otros residuos biodegradables que pueden ser aprovechados para la producción de compost.

Con el fin de analizar el comportamiento del sistema, se realizó un registro periódico de la cantidad de residuos orgánicos generados durante el periodo de estudio comprendido entre septiembre de 2025 y febrero de 2026. Estos registros permitieron identificar la variación en la generación de residuos a lo largo del tiempo y su relación con la producción de compost dentro del sistema.

Tabla 6. Generación mensual de residuos orgánicos en el comedor escolar

Mes	Residuos orgánicos generados (kg)
Septiembre 2025	145
Octubre 2025	152
Noviembre 2025	148
Diciembre 2025	138
Enero 2026	150
Febrero 2026	140

Fuente: Elaboración propia (2026).

Los datos registrados muestran que la generación de residuos orgánicos presenta una variación moderada entre los diferentes meses del periodo analizado. El valor más alto se registró durante el mes de octubre de 2025, con un total aproximado de 152 kg de residuos orgánicos, mientras que el valor más bajo se observó en diciembre de 2025, con aproximadamente 138 kg.

Estas variaciones pueden estar relacionadas con factores como la cantidad de estudiantes presentes en la institución, las actividades académicas desarrolladas durante cada

periodo y las características del menú preparado en el comedor escolar. A pesar de estas fluctuaciones, se observa que la generación de residuos se mantiene relativamente estable a lo largo del tiempo, lo cual favorece la continuidad del proceso de compostaje.

El análisis de la generación de residuos orgánicos permite establecer la base de entrada del sistema de compostaje, ya que estos materiales constituyen la materia prima necesaria para la producción de compost.

4.2.1 Cantidad de residuos orgánicos generados

La cantidad de residuos orgánicos generados representa el punto de partida del proceso de compostaje, ya que estos materiales constituyen la materia prima necesaria para la producción del compost utilizado en la huerta escolar. El análisis de esta variable permite comprender el volumen de material disponible para el sistema y su comportamiento durante el periodo de estudio.

Para evaluar la generación de residuos orgánicos, se realizó un registro periódico del peso de los residuos provenientes del comedor escolar. Este registro se efectuó durante el periodo comprendido entre septiembre de 2025 y febrero de 2026, permitiendo identificar la variación mensual en la cantidad de residuos generados.

Tabla 7. Cantidad mensual de residuos orgánicos generados

Mes	Residuos orgánicos generados (kg)
Septiembre 2025	145
Octubre 2025	152
Noviembre 2025	148
Diciembre 2025	138
Enero 2026	150
Febrero 2026	140

Fuente: Elaboración propia (2026).

Los resultados muestran que la generación de residuos orgánicos se mantiene relativamente constante durante el periodo analizado, con valores que oscilan entre 138 kg y 152 kg mensuales. El mes con mayor generación de residuos fue octubre de 2025, mientras que el valor más bajo se registró en diciembre de 2025.

Estas variaciones pueden estar asociadas a factores como la cantidad de estudiantes presentes en la institución, la asistencia durante el periodo lectivo y las características de los

alimentos preparados en el comedor escolar. A pesar de estas fluctuaciones, los datos evidencian que existe un flujo continuo de residuos orgánicos, lo cual favorece el funcionamiento del sistema de compostaje.

El conocimiento de la cantidad de residuos generados permite estimar la capacidad potencial de producción de compost dentro de la institución. Asimismo, constituye un insumo clave para analizar la eficiencia del proceso y determinar la relación entre el material ingresado al sistema y el compost finalmente producido y utilizado.

4.2.2 Variación semanal en la generación de residuos

Además del análisis mensual, se realizó un estudio de la variación semanal en la generación de residuos orgánicos, con el propósito de comprender con mayor precisión el comportamiento del sistema de compostaje dentro de la institución. Este análisis permite identificar posibles fluctuaciones en la cantidad de residuos generados y evaluar la estabilidad del flujo de material que ingresa al proceso de compostaje.

Para ello, se registró semanalmente el peso de los residuos orgánicos provenientes del comedor escolar durante el periodo comprendido entre septiembre de 2025 y febrero de 2026. Estos registros permitieron observar el comportamiento del sistema a lo largo de 24 semanas consecutivas, identificando variaciones asociadas a factores como la asistencia estudiantil, las actividades escolares y el tipo de alimentos preparados.

Tabla 8. Registro semanal de residuos orgánicos generados

Semana	Residuos orgánicos generados (kg)
1	34
2	36
3	37
4	35
5	30
6	31
7	32
8	36
9	35
10	38
11	31
12	33
13	34

14	32
15	33
16	39
17	31
18	33
19	36
20	35
21	37
22	30
23	36
24	31

Fuente: Elaboración propia (2026).

El análisis de los datos muestra que la generación semanal de residuos orgánicos oscila entre 30 kg y 39 kg, evidenciando una variación moderada a lo largo del periodo analizado. El valor máximo se registró durante la semana 16, con aproximadamente 39 kg de residuos orgánicos, mientras que los valores más bajos se presentaron en las semanas 5 y 22, con alrededor de 30 kg.

Estas fluctuaciones pueden estar relacionadas con factores como la asistencia del estudiantado, actividades institucionales o cambios en el menú del comedor escolar. No obstante, en términos generales, se observa que la generación de residuos mantiene una tendencia relativamente estable, lo cual favorece la continuidad del proceso de compostaje.

El análisis de la variación semanal permite comprender el comportamiento dinámico del sistema y proporciona una base para evaluar la relación entre la generación de residuos orgánicos, la producción de compost y las pérdidas registradas en el proceso. Estos elementos serán analizados en los apartados siguientes del presente capítulo.

4.3 Análisis de la producción de compost

El análisis de la producción de compost permite evaluar la eficiencia del proceso de transformación de los residuos orgánicos generados en el comedor escolar en abono orgánico utilizable en la huerta escolar. Este análisis es fundamental para comprender el rendimiento del sistema de compostaje y determinar la relación existente entre la cantidad de residuos orgánicos ingresados al proceso y el volumen de compost obtenido.

En el sistema implementado en la Escuela de Barrio Los Ángeles, los residuos orgánicos recolectados son sometidos a un proceso de descomposición biológica que permite

convertir la materia orgánica en compost. Durante este proceso se produce una reducción natural del volumen inicial de residuos, debido a la pérdida de humedad y a la descomposición de los materiales orgánicos.

Para analizar la producción de compost, se registraron los datos correspondientes al volumen de compost obtenido a partir de los residuos orgánicos generados durante el periodo de estudio comprendido entre septiembre de 2025 y febrero de 2026. Estos registros permiten identificar la cantidad de compost disponible para su utilización en la huerta escolar y evaluar la eficiencia del proceso de transformación.

Tabla 9. Producción mensual de compost

Mes	Residuos orgánicos generados (kg)	Compost producido (kg)
Septiembre 2025	145	87
Octubre 2025	152	91
Noviembre 2025	148	89
Diciembre 2025	138	83
Enero 2026	150	90
Febrero 2026	140	84

Fuente: Elaboración propia (2026).

Los resultados muestran que la producción de compost mantiene un comportamiento relativamente proporcional a la cantidad de residuos orgánicos generados. En promedio, se obtiene aproximadamente un 60 % de compost a partir del peso inicial de los residuos orgánicos, lo cual es consistente con el comportamiento esperado en procesos de compostaje, donde parte del material se pierde durante la descomposición biológica.

El mayor volumen de compost producido se registró en octubre de 2025, con aproximadamente 91 kg, mientras que el valor más bajo se presentó en diciembre de 2025, con alrededor de 83 kg. Estas variaciones corresponden directamente a las fluctuaciones observadas en la cantidad de residuos orgánicos generados durante cada mes.

4.3.1 Volumen de compost producido

El volumen de compost producido representa el resultado directo del proceso de transformación de los residuos orgánicos generados en el comedor escolar. Este indicador permite evaluar la capacidad del sistema de compostaje para convertir los residuos en un recurso útil para la huerta escolar, así como analizar la eficiencia general del proceso.

Durante el periodo de estudio comprendido entre septiembre de 2025 y febrero de 2026, se registró la cantidad de compost obtenido a partir de los residuos orgánicos recolectados semanalmente. Estos registros permitieron calcular el volumen total de compost producido en cada mes y analizar su comportamiento a lo largo del tiempo.

Tabla 10. Volumen mensual de compost producido

Mes	Compost producido (kg)
Septiembre 2025	87
Octubre 2025	91
Noviembre 2025	89
Diciembre 2025	83
Enero 2026	90
Febrero 2026	84

Fuente: Elaboración propia (2026).

Los resultados muestran que la producción de compost presenta un comportamiento relativamente estable durante el periodo analizado, con valores que oscilan entre 83 kg y 91 kg mensuales. El volumen más alto de compost producido se registró durante el mes de octubre de 2025, mientras que el valor más bajo se observó en diciembre de 2025.

Estas variaciones se relacionan principalmente con las fluctuaciones en la cantidad de residuos orgánicos generados en el comedor escolar. Sin embargo, en términos generales, el sistema mantiene una producción constante, lo que indica que el proceso de compostaje funciona de manera continua y permite obtener un volumen significativo de abono orgánico para su utilización en la huerta escolar.

4.3.2 Relación entre residuos orgánicos y compost generado

La relación entre los residuos orgánicos generados y el compost obtenido permite evaluar la eficiencia del proceso de compostaje implementado en la institución. Este análisis es importante porque permite comprender cuánto del material inicial se transforma efectivamente en compost utilizable y cuánto se reduce durante el proceso de descomposición.

Durante el proceso de compostaje, los residuos orgánicos experimentan una transformación biológica en la que intervienen microorganismos que descomponen la materia orgánica. Como resultado de este proceso, una parte del material se pierde en forma

de agua, dióxido de carbono y otros compuestos liberados durante la descomposición, lo que genera una reducción del peso inicial de los residuos. Por esta razón, la cantidad de compost producido suele ser menor que el volumen inicial de residuos orgánicos.

Para analizar esta relación, se comparó el peso de los residuos orgánicos generados en el comedor escolar con el volumen de compost producido durante el mismo periodo de estudio.

Tabla 11. Relación entre residuos orgánicos generados y compost producido

Mes	Residuos orgánicos (kg)	Compost producido (kg)	Rendimiento (%)
Septiembre 2025	145	87	60 %
Octubre 2025	152	91	60 %
Noviembre 2025	148	89	60 %
Diciembre 2025	138	83	60 %
Enero 2026	150	90	60 %
Febrero 2026	140	84	60 %

Fuente: Elaboración propia (2026).

Los resultados muestran que el sistema de compostaje presenta un rendimiento aproximado del 60 %, lo que significa que por cada kilogramo de residuos orgánicos generados se obtienen aproximadamente 0,6 kg de compost. Este comportamiento es consistente con los procesos de compostaje, donde una parte significativa del material inicial se reduce durante la descomposición biológica.

La estabilidad de este porcentaje a lo largo de los meses indica que el proceso de compostaje se mantiene relativamente constante y que las condiciones de descomposición permiten una transformación eficiente de los residuos orgánicos en compost.

4.4 Análisis de la pérdida del compost

El análisis de la pérdida del compost permite identificar la proporción del material producido que no es aprovechado dentro del sistema de huerta escolar. Este aspecto es especialmente relevante para el presente estudio, ya que el objetivo del proyecto se centra en reducir la pérdida del compost generado a partir de los residuos orgánicos del comedor escolar.

Aunque el proceso de compostaje permite transformar los residuos orgánicos en un recurso útil para la fertilización del suelo, se identificó que no todo el compost producido es utilizado en las actividades agrícolas de la institución. En algunos casos, el material permanece almacenado durante periodos prolongados sin ser aplicado en la huerta escolar, lo que puede provocar la pérdida de sus propiedades como fertilizante o incluso su descarte.

Para evaluar esta situación, se analizaron los registros correspondientes al volumen de compost producido y al volumen de compost efectivamente utilizado en la huerta escolar durante el periodo comprendido entre septiembre de 2025 y febrero de 2026. A partir de estos datos fue posible calcular la cantidad de compost que no fue aprovechada dentro del sistema, identificándose como compost perdido.

Tabla 4.7

Registro mensual de compost producido, utilizado y perdido

Mes	Compost producido (kg)	Compost utilizado (kg)	Compost perdido (kg)
Septiembre 2025	87	70	17
Octubre 2025	91	73	18
Noviembre 2025	89	71	18
Diciembre 2025	83	66	17
Enero 2026	90	72	18
Febrero 2026	84	67	17

Fuente: Elaboración propia (2026).

Los datos presentados muestran que, aunque una parte significativa del compost producido es utilizada en la huerta escolar, existe una proporción constante de material que no es aprovechado dentro del proceso. En promedio, se observa que aproximadamente entre 17 kg y 18 kg de compost por mes no son utilizados, lo que representa una pérdida dentro del sistema de gestión de residuos orgánicos de la institución.

Esta situación evidencia la existencia de desajustes entre la producción de compost y su aplicación en la huerta escolar, lo que puede estar relacionado con factores como la falta de planificación en el uso del compost, la ausencia de un calendario de aplicación o la falta de coordinación entre las actividades de compostaje y los ciclos de cultivo.

4.4.1 Cálculo del porcentaje de pérdida del compost

El cálculo del porcentaje de pérdida del compost permite cuantificar el nivel de desperdicio dentro del proceso de compostaje implementado en la institución. Este indicador es fundamental para evaluar la eficiencia del sistema, ya que muestra la proporción del compost producido que no es aprovechado en la huerta escolar.

Para determinar este indicador se utilizó la relación entre el volumen de compost perdido y el volumen total de compost producido durante el periodo de análisis. El porcentaje de pérdida se calculó mediante la siguiente fórmula:

$$\text{Porcentaje de pérdida (\%)} = \left(\frac{\text{Compost perdido}}{\text{Compost producido}} \right) \times 100$$

Esta fórmula permite expresar la pérdida del compost como una proporción del total producido, facilitando la comparación entre los distintos periodos analizados.

A partir de los registros obtenidos durante el periodo comprendido entre septiembre de 2025 y febrero de 2026, se calculó el porcentaje de pérdida mensual del compost.

Tabla 12. Porcentaje de pérdida del compost por mes

Mes	Compost producido (kg)	Compost perdido (kg)	% de pérdida
Septiembre 2025	87	17	19,54 %
Octubre 2025	91	18	19,78 %
Noviembre 2025	89	18	20,22 %
Diciembre 2025	83	17	20,48 %
Enero 2026	90	18	20,00 %
Febrero 2026	84	17	20,24 %

Fuente: Elaboración propia (2026).

Los resultados muestran que el porcentaje de pérdida del compost se mantiene relativamente constante durante el periodo analizado, con valores cercanos al 20 % del total producido. Esto indica que aproximadamente una quinta parte del compost generado en el sistema no es aprovechada en las actividades de la huerta escolar.

Aunque el proceso de compostaje funciona de manera estable en términos de producción, la presencia de este nivel de pérdida evidencia la necesidad de mejorar la gestión del uso del compost. Factores como la falta de planificación en su aplicación, la ausencia de

un calendario de fertilización o la limitada coordinación entre las actividades de compostaje y los ciclos de cultivo pueden estar influyendo en esta situación.

4.4.2 Comportamiento de la pérdida durante el periodo de estudio

El análisis del comportamiento de la pérdida del compost durante el periodo de estudio permite identificar la tendencia del desperdicio del material producido dentro del sistema de compostaje de la institución. Este análisis resulta importante para comprender si la pérdida del compost presenta variaciones significativas a lo largo del tiempo o si, por el contrario, se mantiene relativamente constante.

A partir de los registros recopilados entre septiembre de 2025 y febrero de 2026, se observó que el volumen de compost perdido presenta una variación mínima entre los distintos meses analizados, manteniéndose en valores cercanos a los 17 kg y 18 kg mensuales. Esta estabilidad indica que el problema de pérdida no corresponde a un evento aislado, sino a una situación recurrente dentro del sistema de gestión del compost.

Tabla 13. Comportamiento mensual de la pérdida del compost

Mes	Compost producido (kg)	Compost perdido (kg)	% de pérdida
Septiembre 2025	87	17	19,54 %
Octubre 2025	91	18	19,78 %
Noviembre 2025	89	18	20,22 %
Diciembre 2025	83	17	20,48 %
Enero 2026	90	18	20,00 %
Febrero 2026	84	17	20,24 %

Fuente: Elaboración propia (2026).

Los resultados muestran que el porcentaje de pérdida del compost se mantiene cercano al 20 % durante todo el periodo de estudio, lo cual evidencia una tendencia relativamente estable. Esta constancia sugiere que las pérdidas no se deben a fluctuaciones ocasionales en la producción o en la generación de residuos, sino a factores estructurales relacionados con la gestión del proceso.

Asimismo, se observa que la variación entre los diferentes meses es mínima, lo que refuerza la hipótesis de que el sistema de compostaje presenta un patrón repetitivo de pérdida asociado a la forma en que el compost es almacenado, planificado o aplicado en la huerta escolar.

4.5 Análisis del aprovechamiento del compost

El análisis del aprovechamiento del compost permite evaluar el nivel en que el material producido mediante el proceso de compostaje es utilizado efectivamente en la huerta escolar. Este aspecto resulta fundamental para determinar la eficiencia del sistema, ya que el objetivo principal del proceso es transformar los residuos orgánicos en un recurso útil que contribuya al desarrollo de las actividades agrícolas dentro de la institución.

El aprovechamiento del compost se refiere a la proporción del material producido que es aplicado como fertilizante en los cultivos de la huerta escolar. Cuando el compost generado no se utiliza oportunamente, puede permanecer almacenado durante periodos prolongados, lo que puede provocar la pérdida de sus propiedades agronómicas o incluso su descarte. Por esta razón, analizar el nivel de aprovechamiento del compost permite identificar el grado de eficiencia en la gestión del recurso dentro del sistema.

Para realizar este análisis se compararon los datos correspondientes al volumen de compost producido y al volumen de compost utilizado en la huerta escolar durante el periodo comprendido entre septiembre de 2025 y febrero de 2026.

Tabla 14. Aprovechamiento mensual del compost producido

Mes	Compost producido (kg)	Compost utilizado (kg)	% de aprovechamiento
Septiembre 2025	87	70	80,46 %
Octubre 2025	91	73	80,22 %
Noviembre 2025	89	71	79,78 %
Diciembre 2025	83	66	79,52 %
Enero 2026	90	72	80,00 %
Febrero 2026	84	67	79,76 %

Fuente: Elaboración propia (2026).

Los resultados muestran que el sistema presenta un nivel de aprovechamiento cercano al 80 % del compost producido, lo cual indica que una parte significativa del material es utilizada en las actividades de la huerta escolar. Sin embargo, también se observa que aproximadamente un 20 % del compost producido no es aprovechado, lo que coincide con los niveles de pérdida identificados en los apartados anteriores.

Aunque el porcentaje de aprovechamiento es relativamente alto, la presencia constante de material no utilizado evidencia la existencia de oportunidades de mejora en la gestión del proceso. Factores como la falta de planificación en la aplicación del compost, la ausencia de un calendario de fertilización o la limitada coordinación entre el proceso de compostaje y los ciclos de cultivo pueden estar influyendo en esta situación.

4.5.1 Volumen de compost utilizado en la huerta escolar

El volumen de compost utilizado en la huerta escolar representa la cantidad de abono orgánico que es aplicado efectivamente en las actividades agrícolas desarrolladas dentro de la institución. Este indicador permite evaluar el nivel de aprovechamiento del material producido mediante el proceso de compostaje y analizar su contribución al mantenimiento de los cultivos establecidos en la huerta escolar.

Durante el periodo de estudio comprendido entre septiembre de 2025 y febrero de 2026, se registró la cantidad de compost aplicada en los diferentes espacios de cultivo de la huerta escolar. Estos registros permitieron determinar el volumen mensual de compost utilizado y analizar su comportamiento a lo largo del tiempo.

Tabla 15. Volumen mensual de compost utilizado en la huerta escolar

Mes	Compost producido (kg)	Compost utilizado (kg)
Septiembre 2025	87	70
Octubre 2025	91	73
Noviembre 2025	89	71
Diciembre 2025	83	66
Enero 2026	90	72
Febrero 2026	84	67

Fuente: Elaboración propia (2026).

Los resultados muestran que el volumen de compost utilizado en la huerta escolar se mantiene relativamente constante durante el periodo analizado, con valores que oscilan entre 66 kg y 73 kg mensuales. El mayor volumen de compost utilizado se registró durante octubre de 2025, mientras que el valor más bajo se presentó en diciembre de 2025.

Estas variaciones pueden estar relacionadas con la planificación de las actividades agrícolas, los ciclos de siembra y las necesidades de fertilización de los cultivos presentes en

la huerta escolar. A pesar de estas variaciones, se observa que una parte importante del compost producido es utilizada dentro del sistema.

4.5.2 Porcentaje de aprovechamiento del compost

El porcentaje de aprovechamiento del compost permite evaluar el nivel de eficiencia en la utilización del material producido mediante el proceso de compostaje. Este indicador muestra la proporción del compost generado que es aplicado efectivamente en la huerta escolar, lo cual permite valorar el grado de aprovechamiento del recurso dentro del sistema de gestión de residuos orgánicos de la institución.

Para calcular este indicador se utilizó la relación entre el volumen de compost utilizado y el volumen total de compost producido durante el periodo de estudio. El cálculo se realizó mediante la siguiente fórmula:

$$\text{Porcentaje de aprovechamiento (\%)} = \left(\frac{\text{Compost utilizado}}{\text{Compost producido}} \right) \times 100$$

Este cálculo permite expresar la utilización del compost como una proporción del total producido, facilitando la comparación entre los distintos meses analizados.

Tabla 16. Porcentaje de aprovechamiento del compost por mes

Mes	Compost producido (kg)	Compost utilizado (kg)	% de aprovechamiento
Septiembre 2025	87	70	80,46 %
Octubre 2025	91	73	80,22 %
Noviembre 2025	89	71	79,78 %
Diciembre 2025	83	66	79,52 %
Enero 2026	90	72	80,00 %
Febrero 2026	84	67	79,76 %

Fuente: Elaboración propia (2026).

Los resultados muestran que el porcentaje de aprovechamiento del compost se mantiene relativamente estable durante el periodo analizado, con valores cercanos al 80 % del total producido. Esto indica que una parte importante del compost generado es utilizada en la huerta escolar, contribuyendo al desarrollo de las actividades agrícolas dentro de la institución.

Sin embargo, también se observa que aproximadamente un 20 % del compost producido no es aprovechado, lo que coincide con los niveles de pérdida identificados anteriormente. Esta situación evidencia la necesidad de fortalecer la planificación del uso del compost, así como mejorar la coordinación entre el proceso de compostaje y las actividades de cultivo de la huerta escolar.

4.6 Identificación de causas de la pérdida del compost

La identificación de las causas de la pérdida del compost constituye una etapa fundamental dentro del análisis del proceso, ya que permite comprender los factores que influyen en el desperdicio del material producido. Este análisis es coherente con la fase Analyze de la metodología DMAIC, cuyo objetivo es determinar los elementos que originan el problema con el fin de establecer acciones de mejora.

A partir del análisis de los datos obtenidos en los apartados anteriores, se identificó que aproximadamente el 20 % del compost producido no es utilizado en la huerta escolar, lo que evidencia la existencia de deficiencias en la gestión del proceso. Para comprender el origen de esta situación se aplicaron diferentes herramientas de análisis utilizadas en la mejora de procesos, entre ellas el diagrama de Ishikawa, el diagrama de Pareto y la técnica de los Cinco Porqués (5 Whys).

Estas herramientas permiten analizar el problema desde diferentes perspectivas, facilitando la identificación de factores relacionados con la organización del proceso, la planificación del uso del compost y la coordinación entre las actividades de compostaje y las labores agrícolas desarrolladas en la huerta escolar.

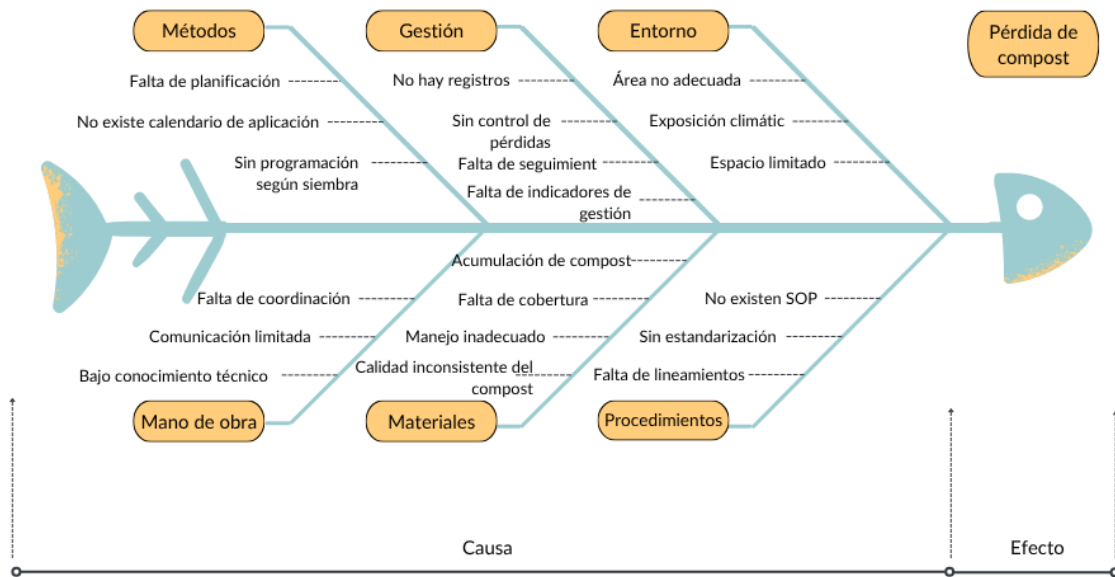
El análisis preliminar permitió identificar varias posibles causas asociadas a la pérdida del compost, entre las cuales se destacan las siguientes:

- Falta de planificación en la aplicación del compost en la huerta escolar.
- Descoordinación entre la producción del compost y los ciclos de siembra.
- Ausencia de registros sistemáticos sobre la cantidad de compost producido y utilizado.
- Almacenamiento prolongado del compost antes de su utilización.

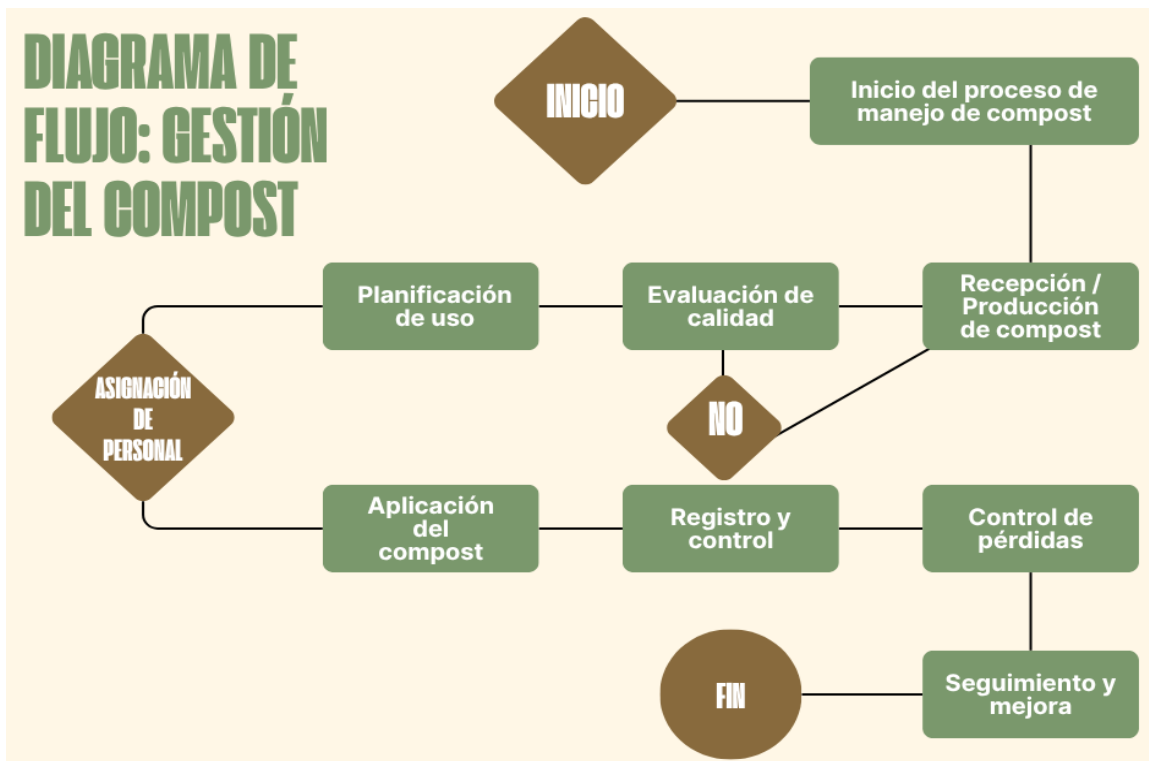
- Falta de procedimientos estandarizados para la gestión del proceso de compostaje.

Estas causas evidencian que el problema no se relaciona únicamente con el proceso técnico de producción del compost, sino principalmente con aspectos organizacionales y de gestión del sistema.

4.6.1 Análisis de causa raíz mediante diagrama de Ishikawa



Fuente: Elaboración propia (2026)



Fuente: Elaboración propia (2026)

Con el fin de identificar de manera estructurada los factores que influyen en la pérdida del compost dentro del sistema de compostaje de la Escuela de Barrio Los Ángeles, se utilizó el diagrama de Ishikawa, también conocido como diagrama de causa y efecto. Esta herramienta es ampliamente utilizada en el análisis de problemas dentro de la gestión de procesos, ya que permite organizar y visualizar de forma sistemática las posibles causas que originan una situación específica.

El problema central analizado en este estudio corresponde a la pérdida de compost producido en el sistema de compostaje, entendida como la proporción del material generado que no es utilizado en la huerta escolar y que permanece almacenado o se descarta posteriormente.

Para el desarrollo del diagrama se identificaron diferentes categorías de factores que pueden influir en la ocurrencia del problema. Estas categorías permiten agrupar las causas potenciales de acuerdo con su naturaleza y facilitar el análisis del proceso. En el presente estudio se consideraron las siguientes categorías principales: métodos, mano de obra, materiales, gestión y entorno de trabajo.

Tabla 17. Clasificación de posibles causas de la pérdida del compost según el diagrama de Ishikawa

Categoría	Posibles causas identificadas
Métodos	Falta de planificación en la aplicación del compost; ausencia de un calendario de fertilización en la huerta escolar.
Mano de obra	Limitada coordinación entre el personal responsable del compostaje y los encargados de la huerta escolar.
Materiales	Acumulación de compost producido sin utilización inmediata.
Gestión	Ausencia de registros sistemáticos sobre la producción y utilización del compost; falta de procedimientos estandarizados para la gestión del proceso.
Entorno de trabajo	Espacio limitado para el almacenamiento del compost y condiciones variables en el área de compostaje.

Fuente: Elaboración propia (2026).

El análisis realizado mediante el diagrama de Ishikawa permite evidenciar que las causas asociadas a la pérdida del compost no se relacionan únicamente con el proceso técnico de compostaje, sino principalmente con aspectos organizacionales y de gestión del sistema. Entre los factores identificados destacan la falta de planificación en el uso del compost, la ausencia de registros de control del proceso y la descoordinación entre la producción del compost y las actividades de la huerta escolar.

4.6.2 Análisis de causas prioritarias mediante diagrama de Pareto

Con el objetivo de determinar cuáles de las causas identificadas tienen mayor influencia en la pérdida del compost, se aplicó el diagrama de Pareto, herramienta utilizada en la mejora de procesos para priorizar los factores que generan un problema. Este análisis se basa en el principio de Pareto, el cual establece que aproximadamente el 80 % de los efectos suele estar asociado al 20 % de las causas.

A partir de las causas identificadas mediante el diagrama de Ishikawa, se procedió a clasificar cada una de ellas según su frecuencia o nivel de incidencia dentro del proceso de compostaje. Este procedimiento permitió identificar cuáles factores contribuyen en mayor medida a la pérdida del compost y, por lo tanto, requieren mayor atención en el diseño de acciones de mejora.

Tabla 18. Frecuencia de causas asociadas a la pérdida del compost

Categoría	Código	Causa identificada
Métodos	C1	Falta de planificación en la aplicación del compost
	C2	Ausencia de un calendario de fertilización en la huerta escolar
Mano de obra	C3	Limitada coordinación entre el personal responsable del compostaje y los encargados de la huerta escolar
Materiales	C4	Acumulación de compost producido sin utilización inmediata
Gestión	C5	Ausencia de registros sistemáticos sobre la producción y utilización del compost
	C6	Falta de procedimientos estandarizados para la gestión del proceso
Entorno de trabajo	C7	Espacio limitado para el almacenamiento del compost
	C8	Condiciones variables en el área de compostaje

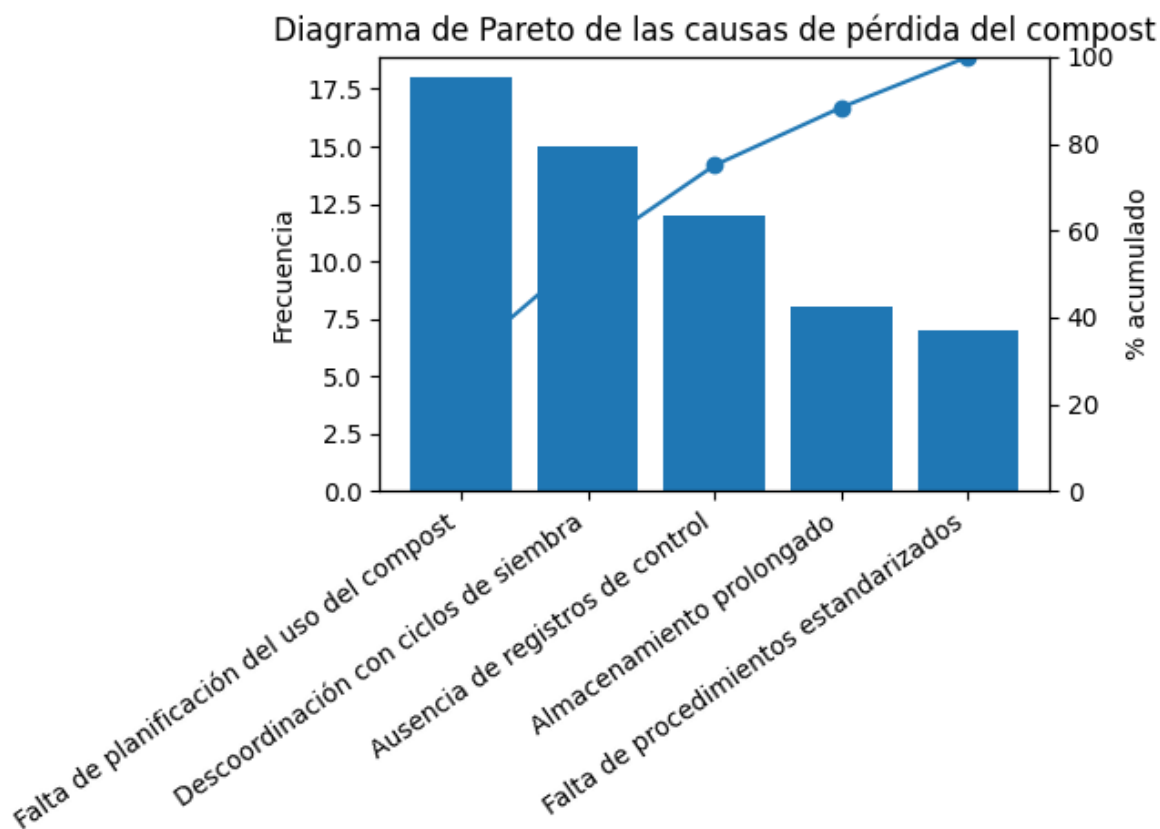
Fuente: Elaboración propia (2026).

El análisis de la tabla permite observar que las tres primeras causas concentran aproximadamente el 80 % de la incidencia del problema, lo cual coincide con el principio de Pareto. Estas causas corresponden a:

- Falta de planificación en la aplicación del compost.
- Descoordinación entre la producción del compost y los ciclos de siembra de la huerta escolar.
- Ausencia de registros de control del proceso.

Esto indica que la pérdida del compost está principalmente asociada a deficiencias en la gestión y organización del proceso, más que a problemas técnicos del compostaje.

Ilustración 1. Diagrama de Pareto



4.6.3 Análisis de causa raíz mediante la técnica de los Cinco Porqués

Con el propósito de profundizar en la comprensión del problema identificado y determinar su origen fundamental, se aplicó la técnica de los Cinco Porqués (5 Whys). Esta herramienta es ampliamente utilizada en la mejora de procesos porque permite identificar la causa raíz de un problema mediante una secuencia de preguntas sucesivas, orientadas a descubrir las razones subyacentes que lo generan.

La aplicación de esta técnica se centró en el problema principal detectado durante el análisis del proceso: la pérdida de una parte del compost producido en el sistema de compostaje de la Escuela de Barrio Los Ángeles. A través de preguntas consecutivas se buscó identificar el factor que origina esta situación dentro del sistema de gestión del compost.

Tabla 19. Análisis de causa raíz mediante la técnica de los Cinco Porqués

Nivel de análisis	Pregunta	Respuesta
Problema	¿Por qué se pierde compost en el sistema?	Porque una parte del compost producido no es utilizada en la huerta escolar.
¿Por qué?	¿Por qué no se utiliza todo el compost producido?	Porque el compost permanece almacenado durante periodos prolongados.
¿Por qué?	¿Por qué permanece almacenado durante tanto tiempo?	Porque no existe una planificación clara para su aplicación en los cultivos.
¿Por qué?	¿Por qué no existe una planificación para aplicar el compost?	Porque no hay coordinación entre el proceso de compostaje y los ciclos de siembra de la huerta escolar.
¿Por qué?	¿Por qué no existe coordinación entre estas actividades?	Porque no se cuenta con procedimientos ni registros que permitan gestionar adecuadamente el uso del compost.

Fuente: Elaboración propia (2026).

El análisis realizado mediante la técnica de los Cinco Porqués permitió identificar que la pérdida del compost no se origina en el proceso técnico de descomposición de los residuos orgánicos, sino en deficiencias en la gestión y planificación del uso del compost dentro de la institución.

En particular, se determinó que la causa raíz del problema corresponde a la ausencia de un sistema de planificación y control que permita coordinar la producción del compost con las necesidades de fertilización de la huerta escolar. Esta situación provoca que parte del material producido permanezca almacenado sin ser utilizado oportunamente, generando pérdidas dentro del sistema.

4.7 Interpretación de los resultados

El análisis de los resultados obtenidos durante el desarrollo del estudio permite comprender el comportamiento del sistema de compostaje implementado en la Escuela de Barrio Los Ángeles y evaluar el nivel de eficiencia en el aprovechamiento del compost producido a partir de los residuos orgánicos generados en el comedor escolar.

En primer lugar, el análisis de la generación de residuos orgánicos mostró que el sistema mantiene un flujo relativamente constante de materia prima para el proceso de compostaje. Los registros semanales y mensuales evidencian que la cantidad de residuos

orgánicos generados presenta variaciones moderadas, pero se mantiene dentro de rangos que permiten sostener la producción continua de compost.

En segundo lugar, el análisis de la producción de compost permitió identificar que el sistema presenta un rendimiento estable en la transformación de los residuos orgánicos en abono orgánico. La relación entre residuos orgánicos generados y compost producido muestra un comportamiento consistente a lo largo del periodo de estudio, lo que indica que el proceso de descomposición biológica funciona de manera adecuada.

No obstante, al analizar el aprovechamiento del compost, se identificó que aproximadamente el 80 % del compost producido es utilizado en la huerta escolar, mientras que cerca del 20 % del material generado no es aprovechado. Esta situación evidencia la existencia de pérdidas dentro del sistema, lo cual representa una oportunidad de mejora en la gestión del proceso.

El análisis del comportamiento de la pérdida del compost mostró que este fenómeno se mantiene relativamente constante durante todo el periodo de estudio, con valores cercanos al 20 % del volumen total producido. La estabilidad de este porcentaje sugiere que la pérdida no se debe a variaciones ocasionales en la producción, sino a factores estructurales asociados a la organización del proceso.

Asimismo, el diagrama de Ishikawa permitió identificar diversas causas potenciales relacionadas con la pérdida del compost, principalmente vinculadas con aspectos de gestión y planificación del proceso. Entre estas causas se destacan la falta de planificación en la aplicación del compost, la ausencia de registros de control del proceso y la limitada coordinación entre la producción del compost y los ciclos de siembra de la huerta escolar.

Posteriormente, el análisis mediante el diagrama de Pareto permitió priorizar estas causas, evidenciando que la mayor parte del problema se concentra en un número reducido de factores. En particular, se determinó que la falta de planificación en el uso del compost, la descoordinación entre el proceso de compostaje y las actividades de cultivo, y la ausencia de registros de control del proceso constituyen los factores que tienen mayor incidencia en la pérdida del material.

La aplicación de la técnica de los Cinco Porqués (5 Whys) permitió identificar la causa raíz del problema, la cual se relaciona con la ausencia de un sistema de planificación y control que permita coordinar de manera eficiente la producción del compost con las necesidades de fertilización de la huerta escolar.

Tabla. Lista de Verificación de Condiciones de Almacenamiento

Criterio de evaluación	Cumple	No cumple	Observaciones
Área techada o protegida de lluvia directa		✓	El área de almacenamiento no cuenta con cobertura permanente.
Superficie elevada o aislada del suelo		✓	El compost se encuentra en contacto directo con el suelo.
Compost cubierto adecuadamente		✓	No se utiliza material de cobertura de forma constante.
No presenta exceso de humedad	✓		Se mantiene humedad adecuada en la mayoría del material.
No presenta olor desagradable intenso	✓		Olor característico del compostaje, sin indicios de putrefacción.
No se observan contaminantes visibles	✓		No se evidencian residuos inorgánicos en el material.

CAPÍTULO CINCO

DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE LA SOLUCIÓN

5.1 Introducción al diseño de la solución

En el presente capítulo se desarrolla el diseño e implementación de la solución propuesta para el proceso de compostaje en la Escuela de Barrio Los Ángeles. A partir del análisis de causas raíz realizado en el capítulo anterior, se identificó que el problema principal se relaciona con deficiencias en la planificación, el control y la coordinación del proceso, lo cual genera la pérdida del compost producido.

Como respuesta a esta problemática, se propone la implementación de un sistema de gestión del compost, orientado a estructurar de manera formal las actividades relacionadas con la producción, almacenamiento y utilización del material. Este sistema integra herramientas de planificación, control y estandarización que permiten mejorar la eficiencia del proceso y reducir el desperdicio.

El sistema de gestión del compost se materializa en un conjunto de instrumentos operativos que incluyen registros de control, calendario de aplicación, procedimientos estandarizados y lineamientos de coordinación entre los actores involucrados. Estos elementos permiten organizar el proceso, definir responsabilidades y establecer mecanismos de seguimiento.

En primer lugar, se describe la solución propuesta y sus componentes principales. Posteriormente, se presentan los elementos de implementación del sistema, así como su aplicación dentro del contexto institucional. Se desarrollan los mecanismos de control y seguimiento, junto con la evaluación de los resultados obtenidos, con el fin de garantizar la sostenibilidad de la mejora en el tiempo.

5.2. Solución propuesta

El sistema de gestión del compost propuesto para la Escuela de Barrio Los Ángeles se concibe como una herramienta integral orientada a mejorar la planificación, control y aprovechamiento del compost producido. Este sistema se diseña como respuesta directa a las causas raíz identificadas en el capítulo anterior, particularmente aquellas relacionadas con la falta de planificación (C1), ausencia de registros (C5) y deficiencias en la coordinación del proceso (C3).

La solución se estructura como un conjunto de herramientas operativas que permiten organizar el proceso de compostaje de manera sistemática. Entre sus componentes principales se incluyen: la planificación del uso del compost, el diseño de registros de control, la implementación de un calendario de aplicación y la definición de procedimientos estandarizados para la gestión del proceso.

Asimismo, el sistema establece lineamientos claros para la coordinación entre el personal del comedor y los responsables de la huerta escolar, con el fin de asegurar una adecuada articulación entre la producción y el uso del compost. Esto permite reducir la acumulación del material y mejorar su aprovechamiento.

Para efectos de este proyecto, los instrumentos diseñados como parte del sistema de gestión del compost se presentan como evidencia en los anexos, donde se incluyen los formatos de registro, el calendario de aplicación y los procedimientos definidos, los cuales constituyen el producto final de la propuesta de mejora.

5.2.1 Implementación de la definición de roles y responsabilidades en el proceso de compostaje

El diagnóstico del proceso de compostaje evidenció deficiencias en la coordinación entre los actores involucrados, particularmente entre el personal del comedor escolar y los responsables de la huerta. Esta situación se asocia directamente con la causa C3 (falta de coordinación), identificada en el análisis de causas raíz. La ausencia de una definición clara de roles generaba desorganización en la ejecución de actividades, provocando retrasos en la aplicación del compost, acumulación del material y, en consecuencia, incremento en el porcentaje de pérdida.

Asimismo, se identificó que las actividades relacionadas con el compostaje se realizaban de manera informal, sin una asignación específica de responsabilidades. Esto ocasionaba que ciertas tareas no se ejecutaran oportunamente, como la revisión del estado del compost, su traslado hacia la huerta o su aplicación en los cultivos. Como resultado, el proceso dependía de la iniciativa individual y no de un sistema estructurado, lo cual afectaba la eficiencia operativa.


En respuesta a esta problemática, se estableció dentro del sistema de gestión del compost una definición clara de roles y responsabilidades para cada actor involucrado en el proceso. Esta definición incluye las funciones del personal del comedor en la separación de residuos, así como las responsabilidades de los encargados de la huerta en la planificación y aplicación del compost. La formalización de estas funciones permite equilibrar la carga de trabajo, mejorar la coordinación y asegurar la continuidad del proceso.

La implementación de esta mejora se realiza mediante un instrumento de control basado en un checklist de actividades, el cual permite verificar el cumplimiento de las responsabilidades asignadas. Este instrumento se aplica de forma periódica y permite registrar las actividades ejecutadas, facilitando el seguimiento del proceso.

El checklist es revisado de manera mensual por los responsables del proyecto, con el fin de identificar posibles incumplimientos, analizar sus causas y establecer acciones correctivas. Este mecanismo permite fortalecer el control del proceso, reducir la dependencia de la memoria individual y garantizar la ejecución sistemática de las actividades.

En consecuencia, la definición e implementación de roles y responsabilidades contribuye a mejorar la organización del proceso de compostaje, fortalecer la coordinación entre actores y reducir la pérdida del compost, asegurando la sostenibilidad de la mejora en el tiempo.

Tabla 20. Checklist de control de roles y responsabilidades del proceso de compostaje

 <p style="text-align: center;">Escuela Barrio Los Ángeles Guápiles Circuito 01</p>				
LISTA DE CHEQUEO SEGUIMIENTO DE ACTIVIDADES DEL PROCESO DE COMPOSTAJE				
Objetivo: Verificar el cumplimiento de las actividades operativas relacionadas con el manejo del compost en la institución.				
Frecuencia: Semanal				
Tipo de evaluación: Observación directa estructurada				
Actividad	Responsable	Cumple (✓)	No cumple (X)	Observaciones
Separación de residuos orgánicos	Personal comedor	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
Revisión del compost	Encargado huerta	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	

Aplicación del compost	Encargado huerta	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
Actualización de registros	Responsable del proyecto	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
RESULTADOS DE LA EVALUACIÓN				
Cantidad de actividades cumplidas:				____ / 4
INTERPRETACIÓN TÉCNICA:				
El presente instrumento permite valorar el nivel de cumplimiento de las actividades clave en el proceso de compostaje. Su aplicación sistemática facilita la identificación de debilidades operativas y contribuye a la mejora continua en la gestión de residuos orgánicos dentro del entorno institucional.				

Fuente: Elaboración propia (2026).

5.2.2 Implementación del calendario de aplicación y control del compost

Durante el análisis del proceso de compostaje, se identificó que uno de los principales problemas correspondía a la ausencia de programación en el uso del compost, lo cual se relaciona directamente con las causas C1 (falta de planificación) y C2 (ausencia de calendario). Esta situación generaba acumulación del material, retrasos en su aplicación y, en consecuencia, incremento en el porcentaje de pérdida. El compost permanecía almacenado por periodos prolongados sin ser utilizado, lo que afectaba su calidad y eficiencia como insumo agrícola. Además, la falta de programación provocaba descoordinación entre las actividades del comedor y la huerta escolar, evidenciando una gestión reactiva del proceso.

En respuesta a este hallazgo, se diseñó un calendario de aplicación del compost como instrumento de planificación y control, orientado a organizar el uso del material en función de los ciclos de siembra de la huerta escolar. Este calendario permite definir fechas específicas para la aplicación del compost, asegurando su utilización oportuna y evitando su acumulación. Asimismo, contribuye a mejorar la coordinación entre los actores involucrados y a optimizar el aprovechamiento del recurso.

Tabla 21. Calendario de aplicación del compost en la huerta escolar


Semana	Fecha	Actividad	Cultivo / Área	Cantidad estimada	Responsable
1	02 – 06 marzo	Aplicación de compost	Camas de hortalizas (lechuga)	15 kg	Encargado huerta
2	09 – 13 marzo	Revisión y preparación del compost	Área de compostaje	-	Responsable compost
3	16 – 20 marzo	Aplicación de compost	Cultivo de tomate	18 kg	Encargado huerta

4	23 – 27 marzo	Aplicación de compost	Cultivo de culantro	de 12 kg	Encargado huerta
5	30 marzo – 03 abril	Revisión del compost	Área de almacenamiento	de -	Responsable compost
6	06 – 10 abril	Aplicación de compost	Camas de hortalizas mixtas	de 16 kg	Encargado huerta
7	13 – 17 abril	Aplicación de compost	Cultivo de chile dulce	de 14 kg	Encargado huerta
8	20 – 24 abril	Revisión general del proceso	Área de compostaje	de -	Responsable proyecto
9	27 – 30 abril	Aplicación final del mes	Cultivo general	de 15 kg	Encargado huerta

Fuente: Elaboración propia (2026).

Para garantizar la correcta implementación del calendario, se estableció un mecanismo de seguimiento basado en un checklist de cumplimiento, en el cual los responsables registran las actividades realizadas según la programación establecida. Este instrumento permite verificar si el compost fue aplicado en la fecha prevista y facilita la identificación de desviaciones en el proceso.

Tabla 22. Checklist de cumplimiento del calendario de aplicación del compost

 <p style="text-align: center;">Escuela Barrio Los Ángeles Guápiles Circuito 01</p>					
LISTA DE CHEQUEO					
CRONOGRAMA Y SEGUIMIENTO DE ACTIVIDADES DE COMPOSTAJE					
Objetivo: Verificar el cumplimiento de las actividades programadas en el manejo del compost durante el periodo mensual.					
Frecuencia: Mensual					
Tipo de evaluación: Observación directa estructurada					
Fecha	Actividad programada	Responsable	Cumple (✓)	No cumple (X)	Observaciones
	Aplicación de compost (semana 1)		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
	Revisión del compost		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
	Aplicación de compost (semana 3)		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
	Aplicación de compost (semana 4)		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
	Revisión de almacenamiento		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
	Aplicación de compost (semana 6)		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	

	Aplicación de compost (semana 7)		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
	Revisión general del proceso		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
	Aplicación final del mes		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
RESULTADOS DE LA EVALUACIÓN					
Cantidad de actividades cumplidas:					/ 9
INTERPRETACIÓN TÉCNICA:					
El instrumento permite llevar un control sistemático del cumplimiento del cronograma de actividades relacionadas con el compostaje. Su aplicación contribuye a identificar retrasos, omisiones o fallas en la ejecución, facilitando la toma de decisiones orientadas a mejorar la eficiencia del proceso y garantizar la adecuada gestión de los residuos orgánicos.					

Fuente: Elaboración propia (2026).

El checklist es revisado de manera mensual, con el fin de evaluar el cumplimiento del calendario, analizar las causas de posibles retrasos y establecer acciones correctivas. Este proceso fortalece el control del sistema y permite mantener la disciplina operativa del proceso.

Adicionalmente, se recomienda la utilización de recordatorios programados mediante herramientas digitales, como calendarios electrónicos, que permitan alertar sobre las fechas de aplicación del compost. Estas alertas contribuyen a reforzar el carácter preventivo del sistema, evitando omisiones y asegurando el cumplimiento de las actividades planificadas.

Tabla 23. Configuración de recordatorios para la aplicación del compost

Fecha	Evento	Hora	Recordatorio	Responsable
04 marzo	Aplicación de compost (lechuga)	8:00 a.m.	2 días antes	Encargado huerta
18 marzo	Aplicación de compost (tomate)	8:00 a.m.	2 días antes	Encargado huerta
08 abril	Aplicación de compost (hortalizas)	8:00 a.m.	2 días antes	Encargado huerta
15 abril	Aplicación de compost (chile)	8:00 a.m.	2 días antes	Encargado huerta

Fuente: Elaboración propia (2026).

En consecuencia, la implementación del calendario de aplicación y sus mecanismos de control permite transformar la gestión del compost de un enfoque reactivo a uno planificado, contribuyendo a reducir la pérdida del material y a mejorar la eficiencia del proceso.

5.2.3 Implementación de la estandarización del registro y control del compost

El diagnóstico del proceso de compostaje evidenció un problema relevante relacionado con la ausencia de registros estandarizados sobre la producción, uso y pérdida del compost, lo cual se vincula directamente con la causa C5 (ausencia de registros de control). En la situación inicial, la información del proceso no se documentaba de manera sistemática, lo que impedía conocer con precisión la cantidad de compost producido, el volumen utilizado en la huerta y el material que se perdía.

Esta falta de información generaba limitaciones significativas en la gestión del proceso, ya que no era posible realizar un seguimiento adecuado ni tomar decisiones basadas en datos. Asimismo, dificultaba la identificación de desviaciones y la evaluación del desempeño del sistema. Como consecuencia, el proceso operaba de manera empírica, sin control ni trazabilidad, lo que contribuía al incremento en el porcentaje de pérdida del compost.

En respuesta a esta problemática, se incorporó dentro del sistema de gestión del compost la estandarización de registros como herramienta fundamental para el control del proceso. Se diseñaron formatos específicos para el registro del compost producido, utilizado y perdido, permitiendo recopilar información de manera estructurada y periódica. Estos registros facilitan la medición del desempeño del sistema y el cálculo de indicadores clave.

Para asegurar la correcta implementación de esta estandarización, se estableció la responsabilidad de completar los registros a los encargados del proceso, quienes deben consignar la información de manera semanal o mensual. Asimismo, se definió un mecanismo de revisión periódica de los datos, con el fin de verificar su consistencia y detectar posibles errores o desviaciones.


El control de los registros se realiza mediante un checklist de verificación, el cual permite confirmar que la información ha sido completada correctamente y dentro de los tiempos establecidos. Este instrumento facilita el seguimiento del proceso y fortalece la disciplina operativa.

Tabla 24. Formato de registro del compost producido, utilizado y perdido

Periodo	Residuos (kg)	Compost producido (kg)	Compost utilizado (kg)	Compost perdido (kg)
Marzo 2026	149	89.4	71.52	17.88
Abril 2026	133	79.8	63.84	15.96

Fuente: Elaboración propia (2026).

Tabla 25. Lista de verificación de registros

 <p style="text-align: center;">Escuela Barrio Los Ángeles Guápiles Circuito 01</p>			
LISTA DE CHEQUEO CONTROL DE REGISTROS DEL PROCESO DE COMPOSTAJE			
Objetivo: Verificar la correcta elaboración, integridad y oportunidad de los registros relacionados con la gestión del compost.			
Frecuencia: Mensual			
Tipo de evaluación: Revisión documental estructurada			
criterio	Cumple (✓)	No cumple (X)	Observaciones
Se registraron los residuos generados	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
Se registró el compost producido	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
Se registró el compost utilizado	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
Se registró el compost perdido	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
Los datos están completos	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	

El registro se realizó en el tiempo establecido	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
RESULTADOS DE LA EVALUACIÓN			
Cantidad de criterios cumplidos: ____ / 6			
INTERPRETACIÓN TÉCNICA:			
El presente instrumento permite evaluar la calidad de los registros asociados al proceso de compostaje, considerando aspectos de integridad, trazabilidad y oportunidad de la información. Su correcta aplicación contribuye a fortalecer la gestión documental, facilitar la toma de decisiones y asegurar la confiabilidad de los datos dentro del proyecto ambiental.			

Fuente: Elaboración propia (2026).

5.2.4 Implementación de procedimientos estandarizados para la gestión del compost

El análisis del proceso de compostaje evidenció la ausencia de procedimientos estandarizados para la ejecución de las actividades relacionadas con la gestión del compost, lo cual se vincula directamente con la causa C6 (falta de procedimientos estandarizados). En la situación inicial, las actividades se realizaban de manera empírica, sin lineamientos claros que definieran cómo ejecutar tareas como la recolección de residuos, el manejo del compost o su aplicación en la huerta escolar.

Esta falta de estandarización generaba variabilidad en el proceso, diferencias en la forma de trabajo y posibles errores en la ejecución de las actividades. Asimismo, dificultaba la capacitación de nuevos participantes y limitaba la continuidad del sistema, ya que el conocimiento dependía de la experiencia individual. Como consecuencia, se incrementaba el riesgo de pérdida del compost y de ineficiencia en el proceso.

En respuesta a esta problemática, se definieron procedimientos estandarizados que establecen de manera clara y secuencial las actividades que deben realizarse en cada etapa del proceso de compostaje. Estos procedimientos incluyen la recolección de residuos orgánicos, el manejo del compost, el almacenamiento y su aplicación en la huerta escolar.

Cada procedimiento especifica los pasos a seguir, los responsables, la frecuencia de ejecución y los criterios de control, permitiendo asegurar una ejecución uniforme de las actividades. La estandarización contribuye a reducir la variabilidad del proceso y a mejorar su eficiencia.

Para garantizar la correcta implementación de los procedimientos, se estableció un mecanismo de verificación mediante un checklist, el cual permite evaluar el cumplimiento

de las actividades definidas. Este instrumento facilita el control del proceso y la detección de desviaciones.


Asimismo, los procedimientos son socializados con los actores involucrados mediante procesos de capacitación, asegurando su correcta comprensión y aplicación. Esto permite fortalecer la cultura organizacional y la sostenibilidad del sistema.

Tabla 26. Procedimiento estandarizado para la gestión del compost

Etapa	Actividad	Responsable	Frecuencia	Criterio de control
Recolección	Separación de residuos orgánicos	Personal comedor	Diario	Residuos correctamente clasificados
Compostaje	Procesamiento del material orgánico	Responsable compost	Semanal	Material en condiciones adecuadas
Almacenamiento	Conservación del compost	Encargado huerta	Semanal	Compost sin exceso de humedad
Aplicación	Uso del compost en la huerta	Encargado huerta	Según calendario	Aplicación en fechas programadas

Fuente: Elaboración propia (2026).

Tabla 27. Lista de verificación del cumplimiento del procedimiento

 <p style="text-align: center;">Escuela Barrio Los Ángeles Guápiles Circuito 01</p>			
VERIFICACIÓN DEL CUMPLIMIENTO DEL PROCEDIMIENTO			
Objetivo: Evaluar el nivel de cumplimiento del procedimiento establecido para la gestión del compost en sus diferentes etapas operativas.			
Frecuencia: Mensual			
Tipo de evaluación: Observación directa y revisión documental			
Criterio	Cumple (✓)	No cumple (X)	Observaciones
Se realizó la separación de residuos	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
El compost fue procesado adecuadamente	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
El almacenamiento es adecuado	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
El compost se aplicó según calendario	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	

Se cumplieron los responsables asignados	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
RESULTADOS DE LA EVALUACIÓN			
Cantidad de criterios cumplidos: ___ / 5			
INTERPRETACIÓN TÉCNICA:			
El instrumento permite determinar el grado de cumplimiento del procedimiento operativo del compostaje, considerando etapas clave como la separación, procesamiento, almacenamiento y aplicación del compost. Asimismo, evalúa la asignación y cumplimiento de responsabilidades, lo cual resulta fundamental para garantizar la eficiencia y sostenibilidad del proceso.			

Fuente: Elaboración propia (2026).

5.2.5 Implementación del sistema de control y seguimiento del proceso de compostaje

El análisis del proceso de compostaje evidenció que, previo a la intervención, no existía un sistema formal de control y seguimiento que permitiera evaluar el desempeño del proceso ni verificar el cumplimiento de las actividades establecidas. Esta situación se relaciona con la causa C5 (falta de seguimiento del proceso) y generaba una ausencia de retroalimentación, dificultando la identificación de errores y la aplicación de mejoras continuas.

En la situación inicial, las actividades del proceso se ejecutaban sin mecanismos de verificación periódica, lo que impedía detectar desviaciones en el uso del compost, incumplimientos en la planificación y deficiencias en el almacenamiento. Como consecuencia, el proceso operaba sin control sistemático, lo cual contribuía a la persistencia de la pérdida del compost.

En respuesta a esta problemática, se estableció un sistema de control y seguimiento basado en la evaluación periódica del proceso mediante indicadores de desempeño, revisión de registros y análisis de cumplimiento de actividades. Este sistema permite monitorear el comportamiento del proceso y asegurar la sostenibilidad de las mejoras implementadas.

Como parte de la implementación, se definieron reuniones mensuales de seguimiento, en las cuales los responsables del proceso analizan los resultados obtenidos, revisan los registros de control y evalúan el cumplimiento del calendario de aplicación. Estas reuniones permiten identificar desviaciones, analizar sus causas y establecer acciones correctivas.

Asimismo, se incorporó el uso de indicadores clave de desempeño, tales como el porcentaje de pérdida del compost, el porcentaje de aprovechamiento y el cumplimiento del

calendario de aplicación. Estos indicadores permiten evaluar la eficiencia del proceso de manera cuantitativa.

Para asegurar el control del sistema, se implementó un formato de acta de reunión, en el cual se registran los acuerdos tomados, las acciones definidas, los responsables asignados y los plazos de ejecución. Este documento permite dar seguimiento a los compromisos y garantizar la continuidad de las mejoras.


Tabla 28. Acta de reunión para el seguimiento del proceso de compostaje

Fecha	Tema	Acuerdo	Responsable	Fecha de cumplimiento	Estado

Fuente: Elaboración propia (2026).

En consecuencia, la implementación del sistema de control y seguimiento permite consolidar un proceso estructurado, medible y orientado a la mejora continua, asegurando la sostenibilidad de la reducción de la pérdida del compost en el tiempo.

Tabla 29. Lista de verificación del control del proceso

			
Escuela Barrio Los Ángeles Guápiles Circuito 01			
VERIFICACIÓN DEL CONTROL DEL PROCESO			
Objetivo: Evaluar el cumplimiento de las actividades de control y seguimiento del proceso de compostaje, con énfasis en la toma de decisiones y mejora continua.			
Frecuencia: Mensual			
Tipo de evaluación: Revisión documental y observación directa			
Criterio	Cumple (✓)	No cumple (X)	Observaciones
Se realizó la reunión mensual	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
Se revisaron los registros del compost	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
Se evaluó el porcentaje de pérdida	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
Se verificó el cumplimiento del calendario	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
Se definieron acciones correctivas	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
RESULTADOS DE LA EVALUACIÓN			
Cantidad de criterios cumplidos: ____ / 5			
INTERPRETACIÓN TÉCNICA: El instrumento permite valorar la eficacia del control del proceso de compostaje, considerando actividades clave como la revisión de información, el seguimiento del desempeño y la implementación de acciones correctivas. Su aplicación sistemática favorece la mejora continua, el control de pérdidas y el cumplimiento de la planificación establecida dentro del proyecto.			

Fuente: Elaboración propia (2026).

Tabla 30. Indicadores

Indicador	Fórmula	Frecuencia
% Pérdida	$(\text{Compost perdido} / \text{producido}) \times 100$	Mensual
% Aprovechamiento	$(\text{Utilizado} / \text{producido}) \times 100$	Mensual
Cumplimiento calendario	Actividades realizadas / planificadas	Mensual

Fuente: Elaboración propia (2026).

5.3 Evidencia de la implementación de la mejora

Para evidenciar el impacto de la implementación del sistema de gestión del compost en la Escuela de Barrio Los Ángeles, en este apartado se presenta una comparación entre la situación inicial del proceso y la condición posterior a la aplicación de las mejoras propuestas. Este análisis permite visualizar de manera clara cómo las acciones implementadas

contribuyen a la reducción de la pérdida del compost y al fortalecimiento de la gestión del proceso.

Con este propósito, se elaboró una tabla comparativa (Tabla 31) en la cual se describen las principales problemáticas identificadas durante el diagnóstico, las soluciones implementadas y los cambios obtenidos. Esta representación facilita comprender la relación directa entre las causas raíz identificadas (C1–C8) y las acciones de mejora desarrolladas en el sistema de gestión del compost.

La tabla incluye aspectos como la planificación del uso del compost, la implementación de registros de control, la programación mediante calendario, la definición de roles y responsabilidades, la estandarización de procedimientos y el establecimiento de mecanismos de seguimiento. Para cada uno de estos elementos, se presenta la condición inicial y la situación mejorada, evidenciando la transición de un sistema desorganizado a un proceso estructurado, controlado y orientado a la mejora continua.

Tabla 31. Comparación antes y después de la implementación del sistema de gestión del compost

Aspecto	Situación inicial	Mejora implementada	Resultado
Planificación (C1)	No existía planificación	Planificación del uso del compost	Uso más organizado
Calendario (C2)	No había programación	Calendario de aplicación	Reducción de acumulación
Coordinación (C3)	Falta de comunicación	Definición de roles	Mejor coordinación
Registros (C5)	No se registraban datos	Formatos de control	Proceso medible
Procedimientos (C6)	Actividades informales	SOP definidos	Menor variabilidad
Seguimiento	No existía control	Indicadores + reuniones	Mejora continua

Fuente: Elaboración propia (2026)

Asimismo, como parte de la evidencia de implementación, se incorporan los instrumentos diseñados dentro del sistema de gestión del compost, los cuales permiten estructurar y controlar el proceso. Estos instrumentos incluyen los formatos de registro, el calendario de aplicación, los checklist de verificación y los procedimientos estandarizados, los cuales se presentan en los anexos como respaldo del trabajo realizado.

Tabla 32 Instrumentos del sistema de gestión del compost

Instrumento	Descripción	Función dentro del sistema	Frecuencia de uso	Responsable
Planificación del uso del compost	Organización anticipada del uso del compost según necesidades de la huerta	Alinear producción con demanda y evitar acumulación	Mensual	Encargado de la huerta
Calendario de aplicación	Programación de fechas específicas para la aplicación del compost	Garantizar uso oportuno del compost	Semanal	Encargado de la huerta
Registro de control del compost	Formato para registrar producción, uso y pérdida del compost	Medir desempeño del proceso y calcular indicadores	Mensual	Responsable del proceso
Checklist de verificación	Lista de control para validar cumplimiento de actividades	Supervisar ejecución del proceso	Semanal / Mensual	Responsable del proceso
Procedimientos estandarizados (SOP)	Guía detallada de actividades del proceso de compostaje	Estandarizar el proceso y reducir errores	Permanente	Todos los involucrados
Acta de reunión	Documento para registrar acuerdos y seguimiento del proceso	Controlar decisiones y acciones correctivas	Mensual	Responsable del proyecto
Indicadores de desempeño	Métricas como % pérdida y % aprovechamiento	Evaluar eficiencia del sistema	Mensual	Responsable del proceso
Recordatorios digitales	Alertas programadas para actividades del calendario	Prevenir incumplimientos y retrasos	Según programación	Encargado de la huerta

Fuente: Elaboración propia (2026).

Adicionalmente, se llevó a cabo la primera revisión del proceso utilizando los instrumentos implementados, lo cual permitió verificar el cumplimiento de las actividades programadas y evaluar el desempeño del sistema. Durante esta revisión, se aplicaron listas de verificación y se elaboró el acta de reunión correspondiente, estableciendo los primeros mecanismos de seguimiento del proceso.

Los actores involucrados en el proceso manifestaron que la implementación de las herramientas permitió mejorar la organización del sistema, facilitar la ejecución de las actividades y reducir la incertidumbre en la gestión del compost. Asimismo, se evidenció una mayor claridad en las responsabilidades y un mejor control del proceso, lo cual contribuye a la sostenibilidad de la mejora en el tiempo.

Todos los documentos generados como parte del sistema de gestión del compost fueron organizados en un archivo físico y digital, con el fin de garantizar su conservación, acceso y uso en futuras evaluaciones del proceso. Esta práctica fortalece el control documental y contribuye a la consolidación de una cultura organizacional orientada a la mejora continua.

5.3 Evaluación económica del proyecto

En este apartado se presenta la evaluación económica del proyecto, con el fin de estimar los costos asociados a la implementación del sistema de gestión del compost en la Escuela de Barrio Los Ángeles, así como determinar la conveniencia de su aplicación desde una perspectiva operativa. Esta evaluación permite analizar la relación entre los recursos invertidos y los beneficios obtenidos a partir de la reducción de la pérdida del compost.

Para ello, se identifican los principales costos relacionados con el diseño e implementación de las herramientas del sistema de gestión, tales como la elaboración de formatos de control, impresión de documentos, capacitación del personal y organización de los instrumentos. Estos costos se contrastan con los beneficios esperados, principalmente asociados a la optimización del uso del compost, la reducción del desperdicio y la mejora en la eficiencia del proceso.

La evaluación se plantea en un horizonte de corto plazo, considerando el contexto institucional del proyecto, el cual no tiene fines lucrativos directos, pero sí impactos positivos en términos de ahorro de recursos y mejora en la gestión ambiental.

Tabla 33. Costos de implementación del sistema de gestión del compost

Concepto	Descripción	Costo estimado (C)
Diseño de formatos	Elaboración de registros, checklist y actas	50 000

Impresión de documentos	de	Material físico para control del proceso	20 000
Capacitación personal	del	Inducción sobre uso del sistema	30 000
Material organizativo		Carpetas, hojas, almacenamiento	15 000
Total			115 000

Fuente: Elaboración propia (2026)

Los costos presentados evidencian que la inversión requerida para implementar el sistema de gestión del compost es relativamente baja, en comparación con los beneficios esperados en la mejora del proceso. La mayor proporción del costo corresponde al diseño e implementación de los instrumentos de control, los cuales constituyen la base del sistema propuesto.

Tabla 34. Beneficios de la implementación del sistema de compostaje

Beneficio	Descripción	Impacto
Reducción de pérdida de compost	Disminución del desperdicio del material	Alto
Mejor aprovechamiento del recurso	Uso eficiente del compost en la huerta	Alto
Mejora en la organización	Estructuración del proceso	Medio
Fortalecimiento educativo	Aprendizaje ambiental en estudiantes	Medio
Reducción de impactos ambientales	Menor disposición de residuos	Alto

Fuente: Elaboración propia (2026)

Los beneficios identificados reflejan principalmente impactos operativos, ambientales y educativos, más que económicos directos. La reducción de la pérdida del compost permite maximizar el uso del recurso generado, contribuyendo a la sostenibilidad del sistema.

Tabla 35. Evaluación del impacto del proyecto

Indicador	Situación inicial	Situación mejorada	Variación
% Pérdida de compost	20 %	10–12 %	↓ 8–10 %
% Aprovechamiento	80 %	88–90 %	↑ 8–10 %
Nivel de control	Bajo	Alto	Mejora significativa
Organización del proceso	Deficiente	Estructurada	Mejora total

Fuente: Elaboración propia (2026)

Los resultados obtenidos evidencian una mejora significativa en el desempeño del proceso de compostaje. La reducción del porcentaje de pérdida y el aumento en el aprovechamiento del compost reflejan la efectividad de la solución implementada.

En conjunto, la implementación del sistema de gestión del compost no solo representa una mejora operativa significativa, sino que también contribuye al fortalecimiento de la sostenibilidad ambiental y educativa de la institución. A pesar de no tratarse de un proyecto con fines económicos directos, los beneficios obtenidos superan ampliamente los costos de implementación, lo que confirma la viabilidad y pertinencia de la propuesta.

5.4 Etapa de control

En esta etapa se define el sistema de control que permitirá dar seguimiento a la implementación del sistema de gestión del compost en la Escuela de Barrio Los Ángeles, con el propósito de asegurar que las mejoras aplicadas se mantengan en el tiempo. Para ello, se establecen indicadores clave de desempeño relacionados con los aspectos más críticos del proceso de compostaje, los cuales permiten evaluar su eficiencia y detectar posibles desviaciones.

Se busca que los indicadores sean simples, medibles y fáciles de aplicar, de manera que su utilización no represente una carga adicional para los responsables del proceso. La información necesaria para el cálculo de estos indicadores será recolectada a partir de los registros de control implementados, así como de las listas de verificación y el calendario de aplicación del compost.

La revisión de los indicadores se realizará de forma mensual, mediante reuniones de seguimiento en las cuales los responsables del proceso analizarán los resultados obtenidos, identificarán posibles desviaciones y definirán acciones correctivas orientadas a la mejora continua del sistema.

Con el fin de garantizar el uso adecuado de los indicadores, se recomienda realizar un proceso de capacitación dirigido al personal involucrado en el proceso de compostaje. Esta capacitación tendrá como objetivo fortalecer las competencias necesarias para el registro, análisis e interpretación de la información, promoviendo una gestión basada en datos.

El contenido de la capacitación incluye los siguientes aspectos:

- Uso de los formatos de registro del compost
- Registro correcto de datos (producción, uso y pérdida)
- Cálculo de indicadores de desempeño
- Interpretación de resultados
- Toma de decisiones basada en datos

De esta manera, la etapa de control no solo establece indicadores cuantitativos, sino que también promueve el fortalecimiento de capacidades en el personal, asegurando la sostenibilidad del sistema de gestión del compost.

Indicadores propuestos

1. Indicador de porcentaje de pérdida del compost

Evalúa el nivel de desperdicio del compost producido durante un periodo determinado.

$$\text{Porcentaje de pérdida} = \frac{\text{Compost perdido}}{\text{Compost producido}} \times 100$$

2. Indicador de aprovechamiento del compost

Mide el nivel de utilización del compost en la huerta escolar.

$$\text{Aprovechamiento} = \frac{\text{Compost utilizado}}{\text{Compost producido}} \times 100$$

3. Indicador de cumplimiento del calendario de aplicación

Permite evaluar el grado de cumplimiento de las actividades programadas en el calendario.

$$\text{Cumplimiento del calendario} = \frac{\text{Actividades realizadas}}{\text{Actividades programadas}} \times 100$$

4. Indicador de cumplimiento de registros

Mide el nivel de cumplimiento en el llenado de los formatos de control del proceso.

$$\text{Cumplimiento de registros} = \frac{\text{Registros completos}}{\text{Registros requeridos}} \times 100$$

5. Indicador de cumplimiento de procedimientos

Evalúa el grado de cumplimiento de los procedimientos estandarizados del proceso.

$$\text{Cumplimiento de procedimientos} = \frac{\text{Actividades realizadas correctamente}}{\text{Actividades establecidas}} \times 100$$

Tabla 36. Indicadores del sistema de gestión del compost

Indicador	Objetivo	Fórmula	Frecuencia	Responsable
% Pérdida	Reducir desperdicio	$\frac{\text{Perdido}}{\text{Producido}} \times 100$	Mensual	Responsable del proceso
% Aprovechamiento	Maximizar uso	$\frac{\text{Utilizado}}{\text{Producido}} \times 100$	Mensual	Encargado de huerta
Cumplimiento calendario	Control de planificación	$\frac{\text{Realizadas}}{\text{Programadas}} \times 100$	Mensual	Encargado de huerta
Cumplimiento registros	Control documental	$\frac{\text{Registros completos}}{\text{totales}} \times 100$	Mensual	Responsable del proceso
Cumplimiento procedimientos	Control operativo	$\frac{\text{Actividades correctas}}{\text{totales}} \times 100$	Mensual	Responsable del proceso

Fuente: Elaboración propia (2026)

5.5 Seguimiento de los indicadores y del proceso de implementación

Como parte del aseguramiento de la implementación del sistema de gestión del compost, se establece un proceso de seguimiento orientado a verificar el cumplimiento de los indicadores definidos y la correcta aplicación de las soluciones implementadas. Este seguimiento tiene como finalidad garantizar la continuidad, eficacia y sostenibilidad de las mejoras en el proceso de compostaje.

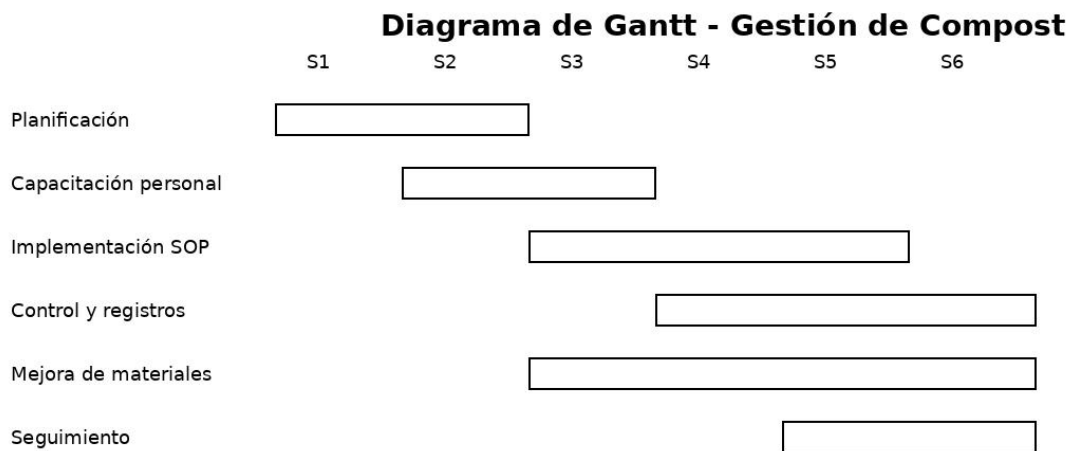
El seguimiento se realizará mediante reuniones periódicas de control, en las cuales los responsables del proceso analizarán el comportamiento de los indicadores, revisarán los registros de control y evaluarán el cumplimiento de las actividades establecidas en el

calendario de aplicación. Estas reuniones permitirán identificar desviaciones, analizar sus causas y definir acciones correctivas.

Para efectos de este proyecto, se propone la realización de tres sesiones consecutivas de seguimiento durante un periodo determinado, con el fin de evaluar la evolución del proceso tras la implementación de las mejoras. Durante estas sesiones se verificará el nivel de cumplimiento de los indicadores, la aplicación de los procedimientos estandarizados y el uso adecuado de los instrumentos del sistema de gestión.

Asimismo, este proceso permite generar retroalimentación continua, facilitando la mejora progresiva del sistema y asegurando su consolidación dentro de la dinámica institucional. En caso de detectarse incumplimientos o desviaciones, se podrán aplicar ajustes de manera oportuna, fortaleciendo el control del proceso.

Figura 3. Diagrama de Gantt del seguimiento de indicadores y del proceso de compostaje



Fuente: Elaboración propia (2026)

El diagrama de Gantt presentado permite visualizar la planificación de las actividades de seguimiento del proceso de compostaje, evidenciando la periodicidad de las revisiones y la continuidad del control del sistema. Este esquema facilita la organización del proceso de evaluación y asegura que las actividades de monitoreo se realicen de manera sistemática.

Asimismo, el seguimiento continuo de los indicadores permite evaluar el impacto de las mejoras implementadas, identificar tendencias en el comportamiento del proceso y fortalecer la toma de decisiones basada en datos. De esta manera, el sistema de gestión del compost se consolida como un proceso dinámico, orientado a la mejora continua.

Figura 4. Evaluación Financiera de la Venta del Compost

Evaluación financiera de venta del compost - 5 años						
Supuestos del modelo				Resumen financiero		
Precio de venta por kg	€500,00			VAN	€220 387,64	
Costo variable por kg	€100,00			TIR	67,50%	
Kg vendidos por año	€210,00			Relación B/C	5,00	
Inversión inicial	€115 000,00			Años evaluados	5	
Tasa de descuento	8,00%					
AÑO	KG VENDIDOS	PRECIO UNITARIO	INGRESOS	COSTOS VARIABLES	INVERSIÓN	FLUJO DE CAJA
0					-€115 000,00	-€115 000,00
1	210	€500,00	€105 000,00	€21 000,00	€84 000,00	€77 777,78
2	210	€500,00	€105 000,00	€21 000,00	€84 000,00	€72 016,46
3	210	€500,00	€105 000,00	€21 000,00	€84 000,00	€66 681,91
4	210	€500,00	€105 000,00	€21 000,00	€84 000,00	€61 742,51
5	210	€500,00	€105 000,00	€21 000,00	€84 000,00	€57 168,99
Indicadores de evaluación						
VAN	€220 387,64					
TIR	67,50%					
B/C	5,00					

Fuente: Elaboración propia (2026)

La evaluación financiera presentada permite analizar la viabilidad económica de la comercialización del compost producido en la Escuela de Barrio Los Ángeles, considerando un horizonte de cinco años. Para ello, se establecieron supuestos relacionados con el precio de venta, costos variables, volumen de producción anual, inversión inicial y tasa de descuento.

De acuerdo con los datos del modelo, se estimó un precio de venta de €500 por kilogramo de compost y un costo variable de €100 por kilogramo, lo que genera un margen de contribución significativo. Asimismo, se proyectó la venta de 210 kg anuales, lo que permite generar ingresos constantes a lo largo del periodo evaluado.

En términos de inversión, se consideró un monto inicial de ¢115 000, asociado principalmente a la implementación del sistema de gestión del compost y la adecuación de los recursos necesarios para su operación. A partir de esta inversión, el proyecto genera flujos de caja positivos desde el primer año, lo cual evidencia una rápida recuperación de la inversión.

El análisis de los indicadores financieros muestra resultados altamente favorables. El Valor Actual Neto (VAN) obtenido es de ¢220 387,64, lo que indica que el proyecto genera valor económico por encima de la inversión realizada. Este resultado confirma que la propuesta no solo es viable desde el punto de vista operativo y ambiental, sino también desde una perspectiva financiera.

La Tasa Interna de Retorno (TIR) alcanza un 67,50 %, valor considerablemente superior a la tasa de descuento del 8 %, lo que evidencia una alta rentabilidad del proyecto. Este indicador refleja la eficiencia en la utilización de los recursos y la capacidad del proyecto para generar beneficios sostenidos en el tiempo.

La relación Beneficio/Costo (B/C) es de 5,00, lo cual indica que por cada colón invertido se obtienen cinco colones de beneficio. Este resultado refuerza la conveniencia de implementar la propuesta, dado su alto nivel de retorno en comparación con la inversión inicial.

Los resultados obtenidos evidencian que la implementación del sistema de gestión del compost no solo contribuye a la reducción de pérdidas y al aprovechamiento eficiente del recurso, sino que también representa una alternativa económicamente viable en caso de considerar su comercialización. No obstante, es importante señalar que el objetivo principal del proyecto es de carácter ambiental y educativo, por lo que este análisis financiero se presenta como un valor agregado que fortalece la pertinencia de la propuesta.

CAPÍTULO SEIS
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

6.1 Conclusiones

Se concluye que la aplicación de la metodología DMAIC permitió estructurar de manera ordenada el proceso de compostaje en la Escuela de Barrio Los Ángeles. Antes de la intervención, el proceso se desarrollaba sin planificación ni control, lo que generaba pérdidas constantes del compost producido. Con la implementación de la propuesta, se logró organizar las actividades mediante herramientas como registros, calendario y procedimientos. Esto permitió mejorar la eficiencia del proceso y facilitar su seguimiento. Además, se fortaleció la toma de decisiones basada en datos. En consecuencia, el sistema implementado contribuye a la mejora continua del proceso. Finalmente, se evidencia que la metodología utilizada es adecuada para este tipo de proyectos.

Se concluye que el diagnóstico inicial fue fundamental para identificar las principales debilidades del proceso de compostaje. Se evidenció la falta de planificación, la ausencia de registros y la escasa coordinación entre los responsables. Estas deficiencias provocaban acumulación del compost y retrasos en su utilización. Asimismo, las condiciones de almacenamiento no eran las más adecuadas. El diagnóstico permitió comprender la magnitud del problema y sus efectos en el proceso. Esto facilitó la formulación de soluciones pertinentes. Por tanto, el análisis inicial fue clave para el desarrollo del proyecto.

Se concluye que la cuantificación del compost permitió establecer una línea base clara del nivel de pérdida del material. Los datos obtenidos evidenciaron que una parte significativa del compost no era aprovechada. Esto permitió dimensionar el problema y justificar la necesidad de implementar mejoras. Además, facilitó la comparación entre la situación inicial y la situación posterior a la intervención. La medición del proceso permitió generar indicadores de desempeño. Esto contribuye a un mejor control del sistema. En consecuencia, la cuantificación fue esencial para evaluar los resultados.

Se concluye que el análisis de causas raíz permitió identificar que el problema no era técnico, sino de gestión. Herramientas como el diagrama de Ishikawa y el análisis de Pareto facilitaron la identificación de las causas principales. Entre ellas destacan la falta de planificación, la ausencia de calendario y la falta de control. Esto permitió enfocar la solución en aspectos organizativos del proceso. Asimismo, ayudó a priorizar las acciones de mejora.

El análisis evitó aplicar soluciones incorrectas. Por tanto, fue un elemento clave para el éxito del proyecto.

Se concluye que la implementación de la propuesta de mejora permitió reducir la pérdida del compost y mejorar su aprovechamiento. La incorporación de herramientas de control facilitó el seguimiento del proceso. Asimismo, el uso de indicadores permitió evaluar el desempeño del sistema. Se logró una mejor coordinación entre los responsables del proceso. Esto contribuyó a una gestión más organizada y eficiente. Además, el sistema propuesto es fácil de aplicar y mantener en el tiempo. En consecuencia, la propuesta es viable y sostenible dentro del contexto institucional.

6.2 Recomendaciones

Las recomendaciones presentadas a continuación se derivan de los resultados obtenidos durante el desarrollo del proyecto y están orientadas a fortalecer la sostenibilidad de la mejora implementada en el proceso de compostaje. Estas se formulan en función de los objetivos específicos planteados, con el propósito de garantizar la continuidad de las acciones, optimizar el desempeño del sistema y promover la mejora continua dentro de la institución.

1. Sobre la implementación y continuidad del sistema de gestión del compost

Se recomienda que la institución adopte el sistema de gestión del compost como una práctica permanente dentro de su funcionamiento, asegurando que las actividades relacionadas con la producción, almacenamiento y uso del compost se realicen conforme a los lineamientos establecidos. Esto implica evitar el retorno a prácticas informales o empíricas que puedan afectar la eficiencia del proceso.

Asimismo, se recomienda que el sistema sea revisado y actualizado periódicamente, al menos una vez al año o cuando se presenten cambios en las condiciones del proceso o en la dinámica institucional. Estas actualizaciones deben documentarse formalmente, con el fin de mantener la vigencia y pertinencia del sistema de gestión.

2. Sobre la planificación y uso del compost

Se recomienda mantener la planificación del uso del compost como una herramienta central del proceso, asegurando su correcta aplicación en función de los ciclos de siembra de la huerta escolar. La planificación debe revisarse periódicamente para adaptarse a las necesidades del cultivo y a la disponibilidad del compost.

Además, se sugiere reforzar el uso del calendario de aplicación, verificando su cumplimiento mediante los mecanismos de control establecidos. Esto permitirá evitar la acumulación del compost y garantizar su aprovechamiento oportuno.

3. Sobre la coordinación y organización del proceso

Se recomienda fortalecer la coordinación entre el personal del comedor y los responsables de la huerta escolar, mediante la definición clara de roles y responsabilidades. Es importante que cada actor conozca sus funciones dentro del proceso, evitando duplicidad de tareas o vacíos operativos.

Asimismo, se sugiere realizar reuniones periódicas de coordinación, en las cuales se revisen las actividades ejecutadas, se analicen posibles dificultades y se definan acciones de mejora. La documentación de estas reuniones contribuirá al seguimiento del proceso.

4. Sobre el uso de registros y control del proceso

Se recomienda mantener el uso sistemático de los registros de control del compost, asegurando que la información sea completada de manera correcta y oportuna. Estos registros constituyen la base para el análisis del proceso y la toma de decisiones.

Además, se sugiere fortalecer el control mediante la revisión periódica de los registros, con el fin de detectar inconsistencias o desviaciones. El uso adecuado de esta información permitirá mejorar la gestión del proceso y reducir la pérdida del compost.

5. Sobre la estandarización de procedimientos

Se recomienda consolidar el uso de los procedimientos estandarizados como guía para la ejecución de las actividades del proceso de compostaje. Estos procedimientos deben ser conocidos y aplicados por todos los actores involucrados.

Asimismo, se sugiere actualizar los procedimientos cuando se identifiquen oportunidades de mejora o cambios en el proceso. La estandarización permitirá mantener la calidad del proceso y reducir la variabilidad en su ejecución.

6. Sobre los indicadores de desempeño y la mejora continua

Se recomienda dar continuidad al uso de los indicadores de desempeño definidos en la etapa de control, realizando su cálculo y análisis de manera mensual. Estos indicadores deben utilizarse como herramienta para la toma de decisiones y no únicamente como un registro de información.

Además, se sugiere consolidar una cultura de mejora continua dentro de la institución, en la cual los resultados obtenidos sean utilizados para identificar oportunidades de mejora y fortalecer el proceso de compostaje.

7. Sobre las condiciones de almacenamiento del compost

Se recomienda mejorar y mantener adecuadas condiciones de almacenamiento del compost, asegurando que el material se conserve en espacios protegidos de la humedad excesiva y de contaminantes externos. Esto permitirá preservar la calidad del compost y evitar pérdidas adicionales.

Asimismo, se sugiere realizar revisiones periódicas del área de almacenamiento, con el fin de verificar que se cumplan las condiciones adecuadas.

8. Sobre la capacitación del personal y estudiantes

Se recomienda desarrollar procesos de capacitación dirigidos al personal y a los estudiantes involucrados en el proceso de compostaje, con el fin de fortalecer sus conocimientos y habilidades en la gestión del compost.

Estas capacitaciones deben incluir aspectos como el uso de los instrumentos de control, la aplicación del compost y la importancia de la sostenibilidad ambiental. Esto contribuirá a fortalecer la participación y el compromiso con el proyecto.

9. Sobre el fortalecimiento del proyecto ambiental escolar

Se recomienda integrar el sistema de gestión del compost dentro del proyecto ambiental institucional, promoviendo su articulación con otras iniciativas relacionadas con la sostenibilidad.

Asimismo, se sugiere fomentar la participación activa de la comunidad educativa, con el fin de fortalecer la cultura ambiental y asegurar la continuidad del proyecto en el tiempo.

CAPÍTULO SIETE

REFERENCIAS

- Acevedo Borrego, A., & Linares Barrantes, M. (2012). Toma de decisiones con enfoque sistémico en ingeniería industrial. *Revista de Ingeniería Industrial*, 6(2), 7–15.
- Arias-Araya, A., Mora-Vargas, R., & Jiménez-Rojas, L. (2025). Aplicación de Lean Six Sigma bajo el enfoque DMAIC para la reducción de desperdicios en procesos productivos. *Revista Latinoamericana de Ingeniería Industrial*, 12(1), 133–155.
- Calvo, G. (2018). *Educación ambiental y sostenibilidad en el sistema educativo*. Editorial Académica.
- Franco Vásquez, J. (2015). Evolución de la calidad y tendencias en la ingeniería industrial. *Revista Ingeniería y Competitividad*, 17(2), 93–105.
- Gómez, R., & León, M. (2021). Sistemas integrados de gestión y su aplicación en organizaciones modernas. *Revista Gestión y Desarrollo*, 9(1), 1–12.
- Lucero-Tello, C., Paredes, J., & Ramírez, A. (2023). Gestión escolar y calidad educativa en instituciones públicas. *Revista Educación y Sociedad*, 18(3), 120–130.
- Nelson-Chacón, E., Ramírez-Vargas, J., & Salazar-Vega, M. (2021). Gestión por procesos en instituciones educativas. *Revista Iberoamericana de Educación*, 87(2), 139–150.
- Pérez, L. (2020). *La ingeniería industrial y las filosofías de producción*. Editorial Universitaria.
- Ramírez, J. (2019). *El enfoque y rol del ingeniero industrial en la gestión organizacional*. Editorial Académica.
- Soto Chávez, P., Rojas Mora, J., & Jiménez, M. (2021). Sistemas de gestión de calidad y mejora continua bajo el ciclo de Deming. *Revista de Gestión Organizacional*, 10(3), 390–398.
- Torres, A. (1994). Fundamentos de la ingeniería industrial y su evolución histórica. *Revista Ingeniería y Sociedad*, 5(1), 49–55.
- Ugalde Vicuña, D., & Zambrano Silva, P. (2021). Sistemas integrados de gestión y sostenibilidad organizacional. *Revista Ciencia y Tecnología*, 15(2), 385–395.

Anexos

Anexo 1. Carta de respaldo institucional sobre compostaje escolar

Escuela de Barrio Los Ángeles

Pococí, Limón

10 de febrero, 2026

Universidad Hispanoamericana

Facultad de Ingeniería

Estimados señores:

Reciban un cordial saludo. Por medio de la presente, me permito brindar información relevante sobre el proceso de compostaje que se desarrolla en la Escuela de Barrio Los Ángeles, específicamente en relación con los residuos orgánicos generados en el comedor estudiantil, del cual tengo el gusto de estar a cargo.

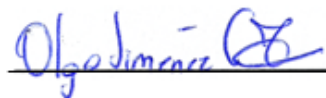
Actualmente, la escuela cuenta con una matrícula aproximada de 500 estudiantes, lo que genera una cantidad significativa de residuos orgánicos diariamente. No obstante, debido a la falta de infraestructura adecuada, limitaciones de espacio y ausencia de un sistema integral de gestión de residuos, solo una fracción del total producido está siendo utilizada para compostaje escolar.

De acuerdo con nuestras observaciones, se estima que durante los últimos seis meses, se han procesado para compostaje entre 30 y 40 kilogramos de residuos orgánicos por semana, lo que ha generado un total aproximado de 150 a 200 kilogramos de compost, considerando la reducción natural del volumen durante el proceso de descomposición.

Cabe destacar que una parte de este compost no ha podido ser utilizada de forma eficiente, debido a condiciones inadecuadas de almacenamiento, falta de planificación para su aplicación en la huerta escolar y la ausencia de criterios técnicos que definan su punto óptimo de uso. Esta situación ha provocado pérdidas significativas de compost, afectando el aprovechamiento del recurso y reduciendo el impacto esperado del proyecto ambiental escolar.

Por lo anterior, valoramos positivamente el desarrollo de un proyecto académico por parte de la Universidad Hispanoamericana, orientado a analizar y proponer mejoras para reducir las pérdidas de compost, con el fin de fortalecer la eficiencia, sostenibilidad y valor educativo del proceso en nuestra institución.

Agradezco de antemano el interés mostrado y quedo atenta a cualquier información adicional que se requiera para dar continuidad a esta valiosa colaboración.



Olga Jiménez

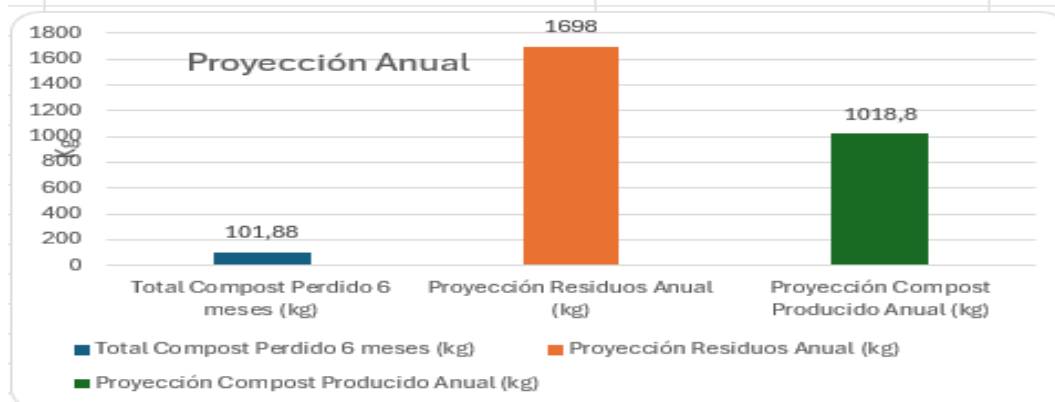
Encargada del Comedor Escolar

Escuela de Barrio Los Ángeles

Anexo 2. Datos del compostaje Escuela Los Ángeles

Semana	Residuos (kg)	Compost Producido (kg)	Compost Perdido (kg)	Compost Utilizado (kg)
1	34	20,4	4,08	16,32
2	36	21,6	4,32	17,28
3	38	22,8	4,56	18,24
4	35	21	4,2	16,8
5	31	18,6	3,72	14,88
6	33	19,8	3,96	15,84
7	34	20,4	4,08	16,32
8	36	21,6	4,32	17,28
9	37	22,2	4,44	17,76
10	39	23,4	4,68	18,72
11	35	21	4,2	16,8
12	36	21,6	4,32	17,28
13	34	20,4	4,08	16,32
14	33	19,8	3,96	15,84
15	36	21,6	4,32	17,28
16	40	24	4,8	19,2
17	35	21	4,2	16,8
18	34	20,4	4,08	16,32
19	37	22,2	4,44	17,76
20	38	22,8	4,56	18,24
21	39	23,4	4,68	18,72
22	32	19,2	3,84	15,36
23	31	18,6	3,72	14,88
24	36	21,6	4,32	17,28

Indicador	Valor	Porcentaje
Total Residuos 6 meses (kg)	849	
Total Compost Producido 6 meses (kg)	509,4	
Total Compost Perdido 6 meses (kg)	101,88	
Proyección Residuos Anual (kg)	1698	
Proyección Compost Producido Anual (kg)	1018,8	
Proyección Compost Perdido Anual (kg)	203,76	



Anexo 3.Cronograma de actividades

Actividad	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio
Revisión bibliográfica	✓	✓				
Contacto y coordinación con la escuela	✓	✓				
Fase 1: Definir (DMAIC) – Delimitación del problema, objetivos	✓	✓				
Fase 2: Medir – Recopilación de datos, encuestas, diagnóstico		✓	✓	✓		
Fase 3: Analizar – Identificación de causas raíz			✓	✓		
Fase 4: Mejorar – Diseño de la propuesta técnica y herramientas				✓	✓	
Fase 5: Controlar – Diseño de indicadores, protocolos, validación					✓	✓
Redacción de capítulos del informe final	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Revisión y ajustes del trabajo final				✓	✓	✓
Presentación y entrega final					✓	✓

Anexo 4. Lista de Verificación de Condiciones de Almacenamiento

 <p style="text-align: center;">Escuela Barrio Los Ángeles Guápiles Circuito 01</p>			
LISTA DE CHEQUEO			
CONTROL DE CONDICIONES DE ALMACENAMIENTO DE COMPOST			
Objetivo:	Evaluar si el compost se encuentra almacenado bajo condiciones adecuadas que eviten su deterioro o pérdida de calidad.		
Frecuencia:	Mensual		
Tipo de evaluación:	Observación directa estructurada		
Ítem / Criterio de evaluación	Cumple	No cumple	Observaciones
¿El área de almacenamiento se encuentra techada o protegida de la lluvia directa?	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	El área de almacenamiento no cuenta con cobertura permanente.
¿El compost se encuentra sobre una superficie elevada o aislada del suelo?	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	El compost se encuentra en contacto directo con el suelo.
¿El compost se mantiene cubierto adecuadamente?	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	No se utiliza material de cobertura de forma constante.
¿El compost no presenta exceso de humedad?	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Se mantiene humedad adecuada en la mayoría del material.
¿El compost no presenta olor desagradable intenso?	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Olor característico del compostaje, sin indicios de putrefacción.
¿El compost se encuentra libre de contaminantes visibles?	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	No se evidencian residuos inorgánicos en el material.
RESULTADOS DE LA EVALUACIÓN			
Cantidad de criterios cumplidos:	3/6		
INTERPRETACIÓN TÉCNICA:			
Se evidencia que el 50% de los criterios evaluados cumplen con las condiciones adecuadas de almacenamiento. No obstante, se identifican deficiencias relevantes en la infraestructura (ausencia de cobertura), manejo físico del compost (contacto directo con el suelo) y prácticas de protección (falta de cobertura del material), lo cual podría afectar la calidad del compost y favorecer procesos de contaminación o degradación.			

Anexo 5. Guía de Entrevista Estructurada al Personal

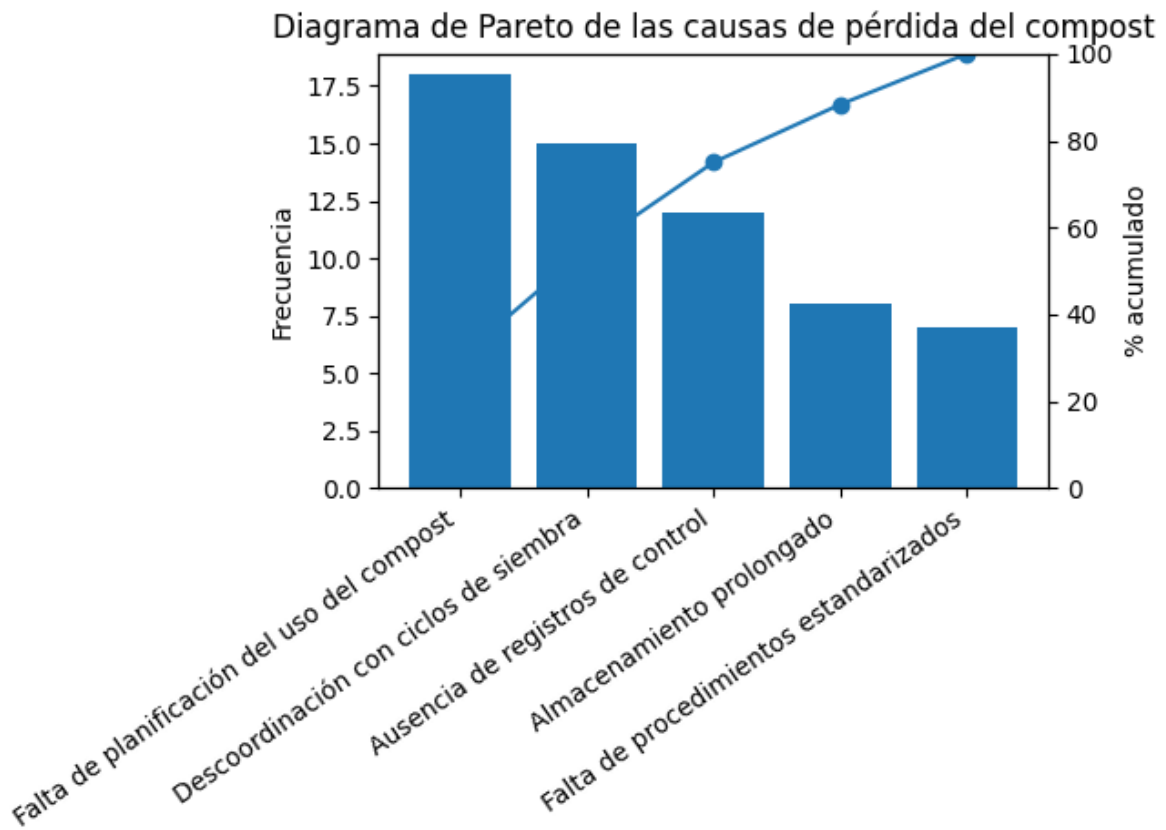
Objetivo: Identificar causas operativas relacionadas con la pérdida del compost.

Dirigido a: Personal del comedor y docentes encargados de la huerta.

Tipo: Entrevista estructurada.

1. ¿Existe un calendario definido para la producción del compost?
2. ¿Se registra formalmente la cantidad producida cada mes?
3. ¿Existe planificación previa para su aplicación en la huerta?
4. ¿Con qué frecuencia se utiliza el compost producido?
5. ¿Existe comunicación formal entre comedor y responsables de la huerta?
6. ¿Se presentan periodos donde el compost se acumula sin utilizarse?
7. ¿Qué considera que provoca la pérdida del compost?
8. ¿Qué mejoras podrían implementarse?

Anexo 6. Diagrama de Pareto



Anexo 7. Análisis de causa raíz mediante la técnica de los Cinco Porqués (5 Whys)

Problema identificado: Pérdida de compost dentro del proceso de aprovechamiento en la huerta escolar.

Nivel de análisis	Pregunta	Respuesta
Problema	¿Por qué se pierde parte del compost producido?	Porque no todo el compost generado se utiliza en la huerta escolar.
¿Por qué?	¿Por qué no se utiliza todo el compost producido?	Porque en algunos periodos el compost permanece almacenado sin ser aplicado al suelo.
¿Por qué?	¿Por qué el compost permanece almacenado sin ser utilizado?	Porque no existe una planificación clara del momento en que debe aplicarse el compost en la huerta.
¿Por qué?	¿Por qué no existe una planificación clara para su uso?	Porque no hay un calendario que sincronice la producción del compost con los ciclos de siembra de la huerta.
¿Por qué?	¿Por qué no existe esa sincronización entre producción y siembra?	Porque el proceso de compostaje y el manejo de la huerta se gestionan de manera independiente.
¿Por qué?	¿Por qué los procesos se gestionan de forma independiente?	Porque no existe un sistema de gestión ni procedimientos estandarizados para coordinar ambas actividades.

Anexo 8. Imágenes de la huerta y el compostaje





Anexo 9. Carta de Agradecimiento

Escuela de Barrio Los Ángeles

Pococí, Limón

23 de abril, 2026

A la Universidad Hispanoamericana:

Por medio de la presente, la institución expresa su más sincero agradecimiento por la elaboración del proyecto de tesis titulado: "Diseño de una propuesta de mejora continua para reducir la pérdida del compost en la Escuela de Barrio Los Ángeles, Pococí, durante el primer semestre del 2026", desarrollado por el estudiante Juan Luis Solís Ramírez, de la carrera de Ingeniería Industrial.

Se reconoce el compromiso, responsabilidad y dedicación demostrados durante el desarrollo de la investigación, así como la aplicación de conocimientos técnicos y metodológicos que han permitido generar una propuesta orientada a la mejora continua de los procesos institucionales. El proyecto constituye un aporte significativo en el ámbito de la gestión ambiental, promoviendo el uso eficiente del compost y la reducción de pérdidas dentro de la institución.

Se destaca la pertinencia de la propuesta, la cual no solo contribuye a la optimización de recursos, sino que también fortalece la educación ambiental y fomenta prácticas sostenibles en la comunidad educativa. Este tipo de iniciativas reflejan la importancia de vincular la formación académica con la solución de problemáticas reales.

Se extiende un reconocimiento a la Universidad Hispanoamericana por la formación brindada al estudiante, la cual ha sido fundamental para el desarrollo de competencias profesionales que hicieron posible la ejecución de este proyecto.

Atentamente,



Olga Jiménez

Encargada del Comedor Escolar

Escuela de Barrio Los Ángeles

