

UNIVERSIDAD HISPANOAMERICANA

CARRERA INGENIERÍA INDUSTRIAL

IMPLEMENTACIÓN DE METODOLOGÍA DE
MEJORA CONTINUA PARA LA GESTIÓN
AMBIENTAL DEL DEPARTAMENTO DE
PRODUCCIÓN DE MACCAFERRI DE
CENTROAMÉRICA DURANTE EL PRIMER
CUATRIMESTRE DE 2026

Proyecto de graduación para optar por el
Bachillerato en Ingeniería Industrial

Stefano Corazzari Herrera

Lic. Ing. Elmer Zepeda Romero

Heredia, 2025

ii. ACTA DE APROBACIÓN

iii. DEDICATORIA

Le dedico este trabajo a mis papás, mi hermano, mi abuela y toda mi familia, quienes siempre me apoyaron para que pudiera cumplir mis metas y que me acompañaron durante la carrera y especialmente durante la realización de este proyecto.

También, debo agradecerles a mis amigos quienes fueron otro pilar fundamental durante la universidad y durante la elaboración de este proyecto.

iv. AGRADECIMIENTOS

Me gustaría agradecerle a mi tutor, el Lic. Ing. Elmer Zepeda, quien me acompañó y aconsejó durante todo el proyecto y que mediante su atención y colaboración permitió concretar este proyecto de manera exitosa.

Adicionalmente, debo agradecerles profundamente a todos los colaboradores de Maccaferri de Centroamérica y especialmente a Carlos, Brandon y Christopher, quienes me brindaron su tiempo y atención cada vez que requerí realizar visitas a la empresa o cuando necesité información.

v. TABLA DE CONTENIDOS

Índice

ii. ACTA DE APROBACIÓN	2
iii. DEDICATORIA	3
iv. AGRADECIMIENTOS	4
v. TABLA DE CONTENIDOS.....	5
Índice	5
Índice de Figuras.....	9
Índice de Tablas	10
vi. ACRÓNIMOS Y SIGLAS	12
vii. RESUMEN EJECUTIVO.....	13
CAPÍTULO I: PLANTEAMIENTO DEL PROYECTO	15
1.1 Descripción general del proyecto	16
1.2 Identificación de la organización donde se realiza el proyecto	18
1.2.1 Descripción general de la organización	18
1.2.2 Antecedentes del contexto de la empresa.....	20
1.3 Planteamiento del problema.....	21
1.3.1 Definición y medición del problema.....	21
1.3.2 Justificación del proyecto	21
1.4 Objetivos del proyecto.....	23
1.4.1 Objetivo general	23

1.4.2	Objetivos específicos.....	23
1.5	Alcances y Limitaciones.....	24
1.5.1	Alcances	24
1.5.2	Limitaciones	24
CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO.....		25
2.1	Marco conceptual general relativo a la carrera	26
2.1.1	Antecedentes de la Ingeniería Industrial	26
2.1.2	La Ingeniería Industrial.....	27
2.1.3	Procesos Industriales.....	27
2.1.4	Mejora Continua.....	28
2.1.5	Normas ISO	32
2.2	Marco conceptual atinente a la gestión del proyecto	32
2.2.1	Metodología DMAIC	32
2.2.2	Herramientas del DMAIC	35
2.3	Marco conceptual referente al impacto del proyecto	39
2.3.1	Gestión Integral de Residuos.....	39
2.4	Antecedentes de proyectos o experiencias semejantes	46
2.4.1	Propuesta de mejora en el proceso de gestión de los residuos sólidos ordinarios en la municipalidad de Tarrazú en el segundo cuatrimestre de 2024	47
2.4.2	Implementación de un programa de gestión de residuos en la empresa Alimentos Prosalud S.A. en el año 2020	47

2.4.3 Propuesta de un plan de gestión ambiental institucional (PGAI) en la municipalidad de Puriscal según lo establecido en el decreto ejecutivo n.º36499-S- MINAET, durante el I semestre del 2019	48
2.4.4 Propuesta para la optimización de la capacidad y rendimiento del proceso de selección y clasificación de materiales en el área de gestión ambiental en Poás de Alajuela, Costa Rica durante el II semestre del 2021	49
2.4.5 Aplicación de lean manufacturing para la mejora de la productividad en el Centro de Recuperación de Residuos Valorizables, durante el primer semestre del año 2021	50
CAPÍTULO III: METODOLOGÍA DE TRABAJO.....	52
3.1 Metodología para la definición del problema	53
3.2 Metodología para la medición y respaldo cualitativo del proyecto	54
3.3 Metodología para la propuesta de mejora	56
3.4 Metodología para la implementación del proyecto	59
3.5 Metodología para la verificación, aseguramiento, control y seguimiento de resultados.....	60
CAPÍTULO IV: ANÁLISIS DE CAUSAS RAÍZ.....	63
4.1 Revisión de Datos Históricos	64
4.1.1 Cantidad de Residuos Generados por Categoría	64
4.1.2 Cantidad de Residuos Generados por Tipo	66
4.3 Análisis de Causas Raíz.....	68
4.3.1 Pareto	68
4.3.2 Ishikawa.....	70

	8
4.3.3 Multivoto.....	72
4.4 Conclusiones de la Situación Actual	77
CAPÍTULO V: DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE LA SOLUCIÓN	80
5.1 Propuesta de Programa de Capacitaciones Sobre Gestión Ambiental	81
5.1.1 Capacitación para el Manejo Correcto de Derrames de Aceite	81
5.1.2 Capacitación para la Gestión Integral de Residuos	82
5.1.3 Capacitación sobre la Correcta Segregación de Residuos y Puntos de Desecho	83
5.1.4 Capacitación sobre mejora continua y 5S	84
5.1.5 Capacitación sobre el consumo de alimentos.....	85
5.1.6 Análisis de Costos de Propuesta de Capacitación.....	86
5.2 Propuesta para la Estandarización para la Separación de Residuos	88
5.3 Propuesta Sobre los Contenedores de Residuos y Ubicación	89
5.3.1 Reubicación de contenedores	89
5.3.2 Bandejas para Aceite.....	90
5.3.3 Colocación de Composteras.....	91
5.4 Propuesta para la Reducción de Residuos desde el Origen.....	91
5.5 Propuesta para el Control de las Mejoras	92
CAPÍTULO VI: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	95
6.1 Conclusiones.....	96
6.2 Recomendaciones.....	97
CAPÍTULO VII: BIBLIOGRAFÍA	99

CAPÍTULO VIII: ANEXOS	102
8.1 Datos Históricos de Residuos de Septiembre del 2024 a Final de Septiembre del 2025.....	102
8.2 Presentación para Capacitación para el Manejo Correcto de Derrames de Aceite	105
8.3 Presentación para Capacitación para la Gestión Integral de Residuos	109
8.4 Presentación para Capacitación sobre la Correcta Segregación de Residuos y Puntos de Desecho	113
8.5 Presentación para Capacitación sobre Mejora Continua y 5S.....	117
8.6 Guía para Estandarización para la Separación de Residuos	121
8.7 Declaración Jurada de la originalidad del proyecto	130
8.8 Evaluación del proyecto por parte del responsable de la organización	131
8.9 Evaluación del proyecto por parte del tutor.....	132
8.10 Evaluación del proyecto por parte del lector	133
8.11 Carta de Autorización de los Autores para la Consulta, la Reproducción Parcial o Total y Publicación Electrónica de los Trabajos Finales de Graduación	134
8.12 Registros de tutorías.....	136

Índice de Figuras

Figura 1 Logo de la organización	18
Figura 2 Exterior de la empresa	19
Figura 3 Muros de gaviones	20

Figura 4 Geotextiles	20
Figura 5 Flujo de Metodología 5S	29
Figura 6 Flujo de Metodología DMAIC	33
Figura 7 Ejemplo Diagrama de Gantt.....	36
Figura 8 Ejemplo Diagrama de Pareto	36
Figura 9 Ejemplo de Histograma.....	37
Figura 10 Ejemplo de Diagrama de Ishikawa	38
Figura 11 Ejemplo Gráfica de Control	38
Figura 12 Economía Circular	41
Figura 13 Cantidad de Residuos Generados por Categoría	65
Figura 14 Estadísticas de Residuos Ordinarios	66
Figura 15 Cantidad de Residuos Generados por Tipo	67
Figura 16 Estadísticas de Residuos No Valorizables	68
Figura 17 Pareto sobre Cantidad de Residuos Generados	69
Figura 18 Diagrama de Ishikawa	70
Figura 19 Pareto de Causas Raíz con Respecto al Multivoto.....	74
Figura 20 Residuos Contaminados	75
Figura 21 Contenedores de Residuos	75
Figura 22 Faltante de Contenedores	76
Figura 23 Almacén de Residuos	77
Índice de Tablas	
Tabla 1 Metodología para la Definición del Problema	53
Tabla 2 Metodología para la Medición y Respaldo Cualitativo del Proyecto	55

Tabla 3 Metodología para la propuesta de mejora	56
Tabla 4 Metodología para la Implementación del Proyecto	60
Tabla 5 Metodología para la Verificación, Aseguramiento, Control y Seguimiento de Resultados	61
Tabla 6 Multivoto sobre Causas Raíz.....	73

vi. ACRÓNIMOS Y SIGLAS

5S: Seiri(Claisficar), Seiton(Ordenar), Seiso(Limpiar), Seiketsu(Estandarizar) y Shitsuke(Disciplina).

DMAIC: Define(Definir), Measure(Medir), Analyze(Analizar), Improve(Mejorar), Control(Controlar).

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

MINAET: Ministerio de Ambiente, Energía y Telecomunicaciones de Costa Rica.

OEE: Overall Equipment Effectiveness (Eficiencia Global de los Equipos).

PERT: Program Evaluation and Review Technique(Técnica de Evaluación y Revisión de Programas).

PGAI: Programa de Gestión Ambiental Institucional.

SIPOC: Supplier, Input, Process, Output, Customer (Proveedor, Entrada, Proceso, Salida, Cliente).

VSM: Value Stream Mapping (Mapa de flujo de valor)

vii. RESUMEN EJECUTIVO

Corazzari, Stefano. (2025). Implementación de metodología de mejora continua para la gestión ambiental del departamento de producción de Maccaferri de Centroamérica durante el primer cuatrimestre de 2026. [Proyecto de graduación para optar por el Bachillerato en Ingeniería Industrial, Universidad Hispanoamericana].

Elmer Zepeda Romero.

El proyecto se llevó a cabo en Maccaferri de Centroamérica, Heredia, Costa Rica, con el fin de mejorar la gestión ambiental del departamento de producción tras la implementación de un sistema de gestión ambiental. Se identificaron problemas como la segregación de residuos que afectan el desempeño ambiental y el cumplimiento de la legislación y la norma ISO14001:2015.

El objetivo del proyecto consistió en mejorar el sistema de gestión ambiental de la organización mediante la metodología DMAIC, limitado a la planta de producción de la organización y alineado con la legislación actual en gestión de residuos.

Se aplicaron las fases de definir, medir, analizar, mejorar y controlar. Por se analizaron datos históricos y se realizaron observaciones directas que emparejadas con herramientas como Pareto, Ishikawa y multivoto permitieron visualizar causas raíz como mala segregación de los residuos, falta de capacitación y/o concientización ambiental, y debilidades ante derrames de aceite.

Se propuso un programa de capacitaciones, estandarización de los procesos de desecho, reubicación y colocación de nuevos contenedores y con el fin de controlar las mejoras se establecieron indicadores de control.

En conclusión, la aplicación de la metodología de mejora continua permitirá reducir a lo largo del tiempo la cantidad de residuos, en especial los residuos no valorizables, se espera que la mejora sea de al menos un 5% anual. El proyecto también generaría beneficios ambientales y crearía una cultura organizacional amigable con el ambiente.

CAPÍTULO I: PLANTEAMIENTO DEL PROYECTO

1.1 Descripción general del proyecto

Este documento muestra el desarrollo del proyecto para la implementación de la metodología de mejora continua para la gestión ambiental del departamento de producción de la empresa Maccaferri de Centroamérica durante el primer cuatrimestre del año 2026, como proyecto final de graduación para optar por el grado de bachillerato en Ingeniería Industrial.

El proyecto consta de ocho capítulos. El Capítulo I plantea el contexto de la organización, la definición del problema, justificación del proyecto, los objetivos, los alcances y las limitaciones del proyecto. El Capítulo II corresponde al marco teórico, donde recopilan conceptos y herramientas que permitan darle una solución al problema planteado. El Capítulo III se refiere a las metodologías utilizada durante el desarrollo del proyecto. El Capítulo IV contiene el análisis de las causas raíz del problema. El Capítulo V expone el diseño e implementación de la propuesta de mejora. El Capítulo VI presenta las conclusiones y recomendaciones resultantes del proyecto. Finalmente, los Capítulos VII y VIII contienen la bibliografía y los anexos del proyecto.

El proyecto surge ante la reciente acreditación de la empresa con la certificación ISO14001:2015 la cual busca establecer un sistema de gestión ambiental y la necesidad de la organización de mejorar la gestión ambiental de su planta de producción, esto se busca realizar mediante la aplicación de herramientas de mejora continua que permitan reducir la cantidad de desechos generados por este departamento de la organización.

El desarrollo del proyecto se centra en dos líneas de la investigación, donde se tiene por un lado la sostenibilidad industrial la cual busca una mejor gestión ambiental y el

desarrollo sostenible de las operaciones de la empresa. Por otro lado, se desarrollará en la línea de tecnología e innovación educativa la cual busca la mejora continua en los programas de gestión de residuos en la organización.

1.2 Identificación de la organización donde se realiza el proyecto

Durante esta sección se presenta la información general sobre la empresa Maccaferri de Centroamérica con el fin de brindar un panorama general de las operaciones de la empresa.

1.2.1 Descripción general de la organización

La organización en la cual se desarrolla el proyecto se llama Maccaferri, esta empresa de origen italiano fue fundada hace más de 140 años y desde entonces ha desarrollado proyectos en más de 130 países. Esta organización se posiciona como un líder internacional en soluciones avanzadas para mercados de construcción civil, geotécnica y ambiental. **(Maccaferri, s.f.)**

La visión de la organización busca ser un “socio global de confianza, alimentando y cuidando el mundo del mañana, armonizando la vida y la naturaleza a través de soluciones innovadoras” **(Maccaferri, s.f.)**. Por otro lado, la visión de la organización consiste en “buscar la excelencia a través de la mejora continua mientras ofrecemos a nuestros clientes soluciones innovadoras, avanzadas y compatibles con el medio ambiente” **(Maccaferri, s.f.)**. Tanto la visión como la misión de Maccaferri muestra un compromiso con la sostenibilidad y la innovación.

Figura 1 Logo de la organización



Fuente: Maccaferri

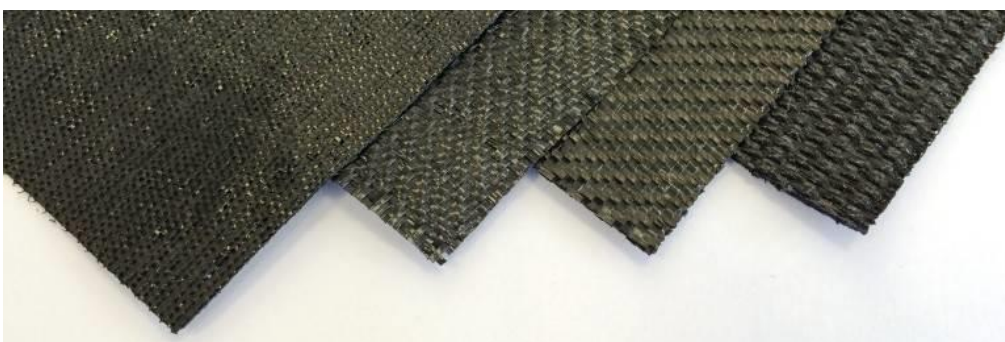
<https://www.google.com/url?sa=i&url=https%3A%2F%2Fwww.maccaferri.com%2Fab>

Figura 3 Muros de gaviones



Fuente: Maccaferri (s.f) https://www.maccaferri.com/latam/wp-content/uploads/2022/12/Gabions_1.jpg

Figura 4 Geotextiles



Fuente: Maccaferri https://www.maccaferri.com/latam/wp-content/uploads/2022/12/PP-PE-Woven-Geotextile_2.jpg

1.2.2 Antecedentes del contexto de la empresa

Durante los últimos años Maccaferri de Centroamérica ha reforzado su compromiso con el cuidado del medio ambiente como parte de su visión y misión global, lo que llevó a la empresa a certificarse recientemente en la norma ISO14001:2015 para el desarrollo de un sistema de gestión ambiental, lo cual ha llevado a toda la empresa a mejorar sus prácticas para el cuidado del medio ambiente.

1.3 Planteamiento del problema

En esta sección busca describir el problema el cual se busca solucionar en la organización, la medición de este problema en términos cuantitativos y la justificación del proyecto.

1.3.1 Definición y medición del problema

El problema el cual va a ser el eje central del proyecto corresponde a la cantidad de residuos generados por la planta de producción de la organización, estos residuos se separan en categorías como residuos ordinarios, residuos peligrosos, residuos reciclables. Durante visitas que se realizaron previo al inicio del proyecto se comentó que se busca desarrollar un plan de mejora continua que permita crear una reducción en la cantidad de residuos generados por este departamento en sus diferentes actividades, para esto se utilizarán los indicadores de peso de los distintos tipos de residuos, sin embargo, las soluciones que se brinden a este problema deben de estar alineadas no solo a la legislación actual en materia de gestión ambiental, sino también a la norma ISO14001:2015.

Se espera que el problema pueda tener una solución factible en enero de 2026 y pueda ser implementado durante el primer cuatrimestre del año 2026.

1.3.2 Justificación del proyecto

La implementación de un plan de mejora continua para la gestión de los residuos generados proviene principalmente del cumplimiento de requisitos establecidos por la alta dirección de la organización. Debido a la reciente certificación en la norma ISO14001:2015 que obtuvo la organización, no solo se esperaba establecer un

sistema de gestión ambiental, si no, reducir periódicamente la cantidad de residuos generados por la empresa mostrando así una mejora continua respecto a la generación y manejo de residuos.

De la misma manera, el proyecto responde a las obligaciones que exige el estado como la ley 8839 para la Gestión Integral de Residuos, que promueve temas como la disminución de los desechos, la valorización de los desechos y la adopción de prácticas organizacionales más amigables con el medio ambiente. Esta ley y su reglamento tienen como fin prevenir impactos negativos como contaminación de los suelos, el desecho incorrecto de residuos peligrosos, costos elevados con respecto al manejo y disposición de desechos. Por lo que el proyecto no solo buscaría reducir la cantidad de desechos generados, sino que también contribuiría al cumplimiento de normativas y legislaciones en materias medioambientales.

El proyecto finalmente contribuiría a la construcción y fortalecimiento de la cultura organizacional, ya que se buscaría implementar la mejora continua, que podría expandirse más allá de la gestión ambiental. Además, el proyecto con colaboración de todos los empleados de la organización permitiría crear una cultura que fomente el cuidado del medio ambiente y que siga la visión y misión de la empresa. Mejorar el desempeño ambiental de la organización no solo contribuiría al medio ambiente, si no puede mejorar la percepción del público y clientes sobre la empresa, mejorando así la competitividad de la empresa en el mercado.

1.4 Objetivos del proyecto

1.4.1 Objetivo general

- Mejorar el sistema de gestión ambiental en el área de producción de Maccaferri de Centroamérica mediante la aplicación de la metodología DMAIC para el mejoramiento de las prácticas ambientales de la organización.

1.4.2 Objetivos específicos

- Definir los problemas relacionados a la gestión de residuos en el departamento de producción.
- Medir la cantidad, tipos y la frecuencia de los residuos generados en el departamento de producción de la organización mediante tomas de datos periódicas.
- Analizar las causas raíz de las deficiencias en la gestión de residuos en el departamento de producción mediante el uso de herramientas para determinar causas raíz.
- Mejorar el proceso de gestión de residuos mediante la implementación de soluciones basadas en la metodología de mejora continua.
- Controlar el desempeño de las mejoras implementadas mediante el establecimiento de indicadores claves de rendimiento relacionados a la gestión de residuos.

1.5 Alcances y Limitaciones

1.5.1 Alcances

El proyecto se lleva a cabo en la planta de producción de la empresa Maccaferri de Centroamérica ubicada en Santa Rosa de Santo Domingo de Heredia en Costa Rica. El proyecto se desarrolla entre septiembre del año 2025 y enero del año 2026. Se buscan disminuir la cantidad de residuos generados en la planta de producción beneficiando así al medio ambiente y a la imagen de la empresa ante el público.

1.5.2 Limitaciones

Durante la realización del proyecto no se encontraron limitaciones que afectaran la realización o futura implementación del proyecto en la organización.

CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO

2.1 Marco conceptual general relativo a la carrera

Durante esta sección se muestra una serie de conceptos relacionados a la ingeniería industrial que brindan un sustento al desarrollo del proyecto que permiten un mejor entendimiento del lector acerca de los temas tratados durante el desarrollo del proyecto.

2.1.1 Antecedentes de la Ingeniería Industrial

Las ingenierías se fueron desarrollando de manera empírica y a partir de la década de 1950 estas empezaron a tener un enfoque más científico y estructuradas. La ingeniería industrial en este periodo de tiempo presenta avances como la ciencia de las operaciones y las computadoras, lo cual se aparenta más a la ingeniería industrial tal como se le conoce en la actualidad. Sin embargo, la historia de la ingeniería industrial y su evolución de como se le conoce actualmente surge desde la primera revolución industrial. **(Montoya, 2023, p. 39)**

Montoya (2023) también expone algunos de los precursores más influyentes y sus invenciones que dieron paso a la Ingeniería Industrial. Dentro de estos exponentes se encuentra Jean Rodolphe Perronet quien sentó las bases del estudio de tiempos, Richard Arkwright es uno de los precursores de la revolución industrial, Adam Smith quien presentó el principio de la división de trabajo, Mathew Boulton y James Watt desarrollaron una máquina de vapor e introdujeron nuevos métodos de producción, Eli Whitney implementó un sistema de fabricación y una línea de montaje, Charles Babbage es el inventor de la primera calculadora mecánica y precursor de las computadoras modernas, además estudió temas relacionados a la administración científica, finalmente Wilfredo Pareto desarrolló el principio de Pareto. **(pp. 40-42)**

2.1.2 La Ingeniería Industrial

Baca (2014) menciona que la ingeniería industrial corresponde al diseño, mejoramiento e instalación de sistemas integrados por una serie de elementos como personas, materiales, información, maquinaria y energía. Los diseños, mejoras e implementaciones deben de poseer un fundamento matemático, físico, de conocimientos técnicos y las ciencias sociales que al juntarse con la ingeniería logran predecir y evaluar resultados de los sistemas en los cuales se aplica esta ingeniería. Esto demuestra la amplitud de la ingeniería industrial, esta misma amplitud permite que sea una ingeniería multidisciplinaria en donde los problemas a resolver pueden darse en cualquier tipo de área. **(p. 21)**

Dentro de las áreas de aplicación se encuentran la ingeniería de métodos, la cual tiene como objetivo la mejora continua y la optimización de procesos. El diseño de procesos de manufactura donde se exploran temas como la automatización, ingeniería inversa, manufactura virtual y la ingeniería concurrente. La calidad, la cual busca administrar y controlar la calidad de los bienes o servicios brindados. La logística, la cual se enfoca en las cadenas de suministro. El diseño y ubicación de plantas, con el fin de que la ubicación de la planta de producción y su diseño sea óptima para el fin para el cual se busca construir. La planeación de la producción. Y Finalmente el mantenimiento industrial, el cual organiza y administra el mantenimiento de los equipos industriales. **(González, 2024, pp. 6-7)**

2.1.3 Procesos Industriales

Los procesos se pueden definir como la aplicación de una serie de etapas que poseen un orden lógico con el fin de cumplir con un objetivo común preestablecido.

Un proceso industrial consiste en una serie de actividades o trabajos que buscan transformar materia prima en bienes terminados que tienen un valor económico.

Como resultado de la transformación de materia prima durante un proceso industrial, no solo se obtienen bienes terminados, sino que también se obtienen subproductos y residuos. **(Baca, 2014, pp. 32-33)**

2.1.4 Mejora Continua

Según González (2024) la mejora continua corresponde a la filosofía sobre la cual se basa la ingeniería de métodos. El concepto de mejora continua surge de que siempre ha existido una mejor manera de realizar las cosas y siempre va a existir una mejor manera de realizar las cosas. El mejoramiento continuo consiste en una mentalidad y un conjunto de herramientas específicas que busca mejorar la eficiencia de los procesos productivos y mejorar el valor en los bienes producidos o servicios brindados. **(p. 73)**

2.1.4.1 Filosofía Kaizen

La filosofía kaizen fue creada por un japonés llamado Masaki Imai en la década de 1960. La palabra Kaizen se forma a raíz de los prefijos Kai y Zen, el significado de estos es cambio y mejora respectivamente. Esta filosofía establece que mediante una serie de mejoras pequeñas se puede llegar a tener un impacto bastante significativo en una organización. **(Gelves y Guarín, 2025)**

González (2024) menciona con respecto a la filosofía kaizen que las mejoras que se realizan deben de ser diarias, sin embargo, cuando se dan problemas un poco más

grandes que no pueden ser solucionados de un día para el otro se compone un pequeño equipo de personas que por lo general enfocan su total atención por alrededor de tres a cinco días con el fin de mejorar o arreglar el problema que se está presentando. (p. 74)

2.1.4.2 Metodología 5S

La metodología de las 5S es una herramienta de la mejora continua, este método de origen japonés se compone de 5 fundamentos basados en palabras japonesas.

Estas son: Seiri (clasificación), Seiton (orden), Seiso (limpieza), Seiketsu (estandarizar) y Shitsuke (disciplina). (Gelves y Guarín, 2025, p. 17)

Figura 5 Flujo de Metodología 5S



Fuente: ¿Qué es y cómo aplicar la metodología 5S en su empresa? (Pérez, 2020) <https://www.leanconstructionmexico.com.mx/post/qu%C3%A9-es-y-c%C3%B3mo-aplicar-la-metodolog%C3%ADa-5s-en-su-empresa>

2.1.4.2.1 Seiri

La primera parte de las 5S es la clasificación, durante esta etapa se busca eliminar cualquier elemento innecesario del lugar de trabajo, por lo que es primordial poder identificar los elementos que son estrictamente necesarios y controlar cualquier flujo de materiales o elementos que puedan llegar a estorbar en el área de trabajo.

(Gelves y Guarín, 2025, p. 17)

2.1.4.2.2 Seiton

En segundo lugar, se encuentra el orden, donde se deben acomodar los elementos que se clasificaron previamente como necesarios con el fin de encontrarlos con una mayor facilidad, para esto se pueden tomar acciones como demarcar las áreas de trabajo, los almacenamientos, las zonas de paso, etc. Cabe destacar que se deben de evitar duplicidades, por lo que cada elemento debe de estar acomodado en un lugar específico únicamente. **(Gelves y Guarín, 2025, p. 17)**

2.1.4.2.3 Seiso

La limpieza es una parte esencial a la hora de trabajar, por lo que la limpieza debe de ser frecuente en el área de trabajo, es una operación necesaria, que aunque tal vez no agregue valor a la operación, puede a futuro mejorar la calidad del producto o servicio y también deben de determinarse focos de contaminación en el área de trabajo con el fin de buscar soluciones que disminuyan la suciedad y por tanto los tiempos de limpieza en el área de trabajo. **(Gelves y Guarín, 2025, p. 18)**

2.1.4.2.4 Seiketsu

La cuarta S corresponde a la estandarización de las acciones realizadas en las 3S anteriores. Para esto se deben de establecer y documentar métodos para los

procesos de manera que se mantengan los niveles alcanzados en las 3S previas, cumplir con estándares de limpieza definidos y constantemente revisar el cumplimiento de estos, y expandir la metodología al resto de la organización. La importancia de esta “S” radica en que esta busca que se generen mecanismos para el cumplimiento de las primeras 3S y evitar que se vuelvan casos aislados. **(Gelves y Guarín, 2025, p. 19)**

2.1.4.2.5 Shitsuke

La última S corresponde a la disciplina necesaria para mantener las acciones de las primeras 4S, esta suele ser una de las etapas más complicadas de implementar, ya que puede existir cierta resistencia al cambio por parte de los colaboradores de la empresa, por lo que la dificultad de implementar esta última etapa puede variar dependiendo de la tolerancia al cambio que exista dentro de la organización. **(Gelves y Guarín, 2025, p. 20)**

2.1.4.3 Metodología Lean

La metodología lean de manufactura consiste en un proceso continuo de identificación y eliminación de residuos o actividades que no agregan valor a un bien o servicio, incluso pueden llegar a costar dinero por un mal uso de la materia prima o incurrir en costos innecesarios de mano de obra. Esta metodología de mejora continua se lleva a cabo mediante equipos de personas con cierto grado de especialidad que permiten identificar desperdicios e implementar medidas correctivas para eliminar estos problemas encontrados. Al igual que otras metodologías de mejora continua, el éxito de esta metodología consiste en buscar de forma continua

esas oportunidades de mejora con el fin de disminuir los residuos o mermas generadas por un proceso. **(Socconini, 2024, p. 22)**

2.1.5 Normas ISO

ISO corresponde a la Organización Internacional de Normalización, esta organización reúne expertos en una diversidad de áreas con el fin de acordar la mejor manera de realizar procesos y actividades. Fundada desde 1946, esta organización ha colaborado mediante las normas internacionales en una gran diversidad de áreas de aplicación a que las operaciones y la vida de las personas mejore y que sea más segura y sencilla. **(ISO, s.f.)**

ISO posee una gran cantidad de normas con el fin de estandarizar operaciones, dentro de los tipos de normas más conocidas de esta organización se encuentran las normas para la gestión de la calidad, normas de seguridad y salud ocupacional, normas para garantizar la inocuidad de los alimentos, normas para la seguridad de la información, normas para la gestión de la energía y normas para la gestión ambiental. **(ISO, s.f.)**

2.2 Marco conceptual atinente a la gestión del proyecto

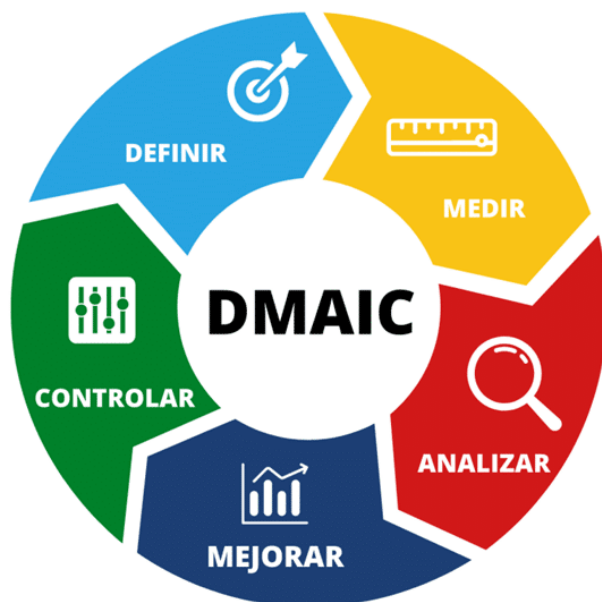
Durante esta sección se van a definir conceptos relacionados a la metodología utilizada para la gestión de este proyecto.

2.2.1 Metodología DMAIC

La metodología DMAIC es utilizada por Six Sigma y consiste en un ciclo de 5 etapas, estas son: Definir, Medir, Analizar, Implementar o Mejorar y Controlar. Estas 5 etapas tienen como fin establecer los límites del proyecto, obtener datos e información sobre

el proyecto, analizar los datos recolectados, desarrollar mejoras para ser implementadas y finalmente verificar que las mejoras implementadas funcionen acordes a lo planeado. (Socconini, 2024, p. 228)

Figura 6 Flujo de Metodología DMAIC



Fuente: Metodología DMAIC-Desarrollo Profesional SyS (Corral, 2023)
<https://academy.dpsys.com.mx/metodologia-dmaic/>

2.2.1.1 Definir

En la primera etapa del proyecto se define el proyecto, por lo que es necesario describir los objetivos del proyecto, la justificación de este, los límites del proyecto, definir los recursos a utilizar y asignar los recursos humanos que van a estar a cargo o que van a colaborar con el desarrollo del proyecto. Adicionalmente se puede desarrollar un cronograma preliminar del proyecto. (Socconini, 2024, p. 228)

Socconini (2024) describe algunas herramientas que se pueden utilizar con el fin de definir el proyecto. Dentro de estas herramientas se encuentran diagramas de matriz,

diagramas de Pareto, el mapeo de procesos y diagramas SIPOC. Para desarrollar el cronograma se pueden usar herramientas como los diagramas de Gantt o análisis de Pert. **(Socconini, 2024, pp. 228-229)**

2.2.1.2 Medir

La segunda etapa del DMAIC corresponde a la medición, durante esta etapa se busca obtener información sobre la situación actual de los procesos o actividades que se definieron en la etapa anterior. Para recolectar estos datos se pueden aplicar técnicas de muestreo estadístico, realizar lluvias de ideas o recolectar datos mediante una plantilla. **(Pons et al., 2018, p. 31)**

Socconini (2024) presenta otras herramientas que pueden utilizarse para recolectar datos, como los gráficos de control, los histogramas con respecto a las salidas de los procesos, OEE, intervalos de confianza, etc. **(pp. 229-230)**

2.2.1.3 Analizar

Según Socconini (2024), el propósito de esta etapa es evaluar los datos recolectados para poder determinar si el proceso o actividades que se están midiendo son estables y que tienen la capacidad de mantenerse dentro de los márgenes establecidos y en base en los resultados observados determinar causas raíz a las áreas problemáticas. **(p. 230)**. Sin embargo, Pons et al. (2018) establecen que los datos recolectados se pueden someter a métodos estadísticos con el fin de obtener un análisis más completo y acorde al proyecto que se esté realizando. **(p. 31)**

Algunas de las herramientas que se pueden utilizar durante esta etapa son diagramas de flujo, VSM, análisis de mudas, diagramas de Ishikawa, gráficos de Pareto, histogramas, pruebas de hipótesis, etc. **(Socconini, 2024, pp. 230-231)**

2.2.1.4 Mejorar

Durante la penúltima etapa del ciclo DMAIC, se encuentra la fase de mejorar. Con los datos recolectados, analizados y habiendo establecido causas raíz, se plantean propuestas de mejora con el fin de escoger la más acorde a la situación actual que engloba al problema e implementarla. **(Pons et al., 2018, p. 31)**

2.2.1.5 Controlar

Durante esta última etapa, se busca mantener bajo control y analizar los efectos de las mejoras implementadas, y de esta manera poder realizar cambios a las mejoras implementadas con el fin de obtener resultados más satisfactorios. Durante esta etapa se pueden utilizar gráficos de control con el fin de visualizar el efecto de las mejoras implementadas. **(Pons et al., 2018, p. 31)**

2.2.2 Herramientas del DMAIC

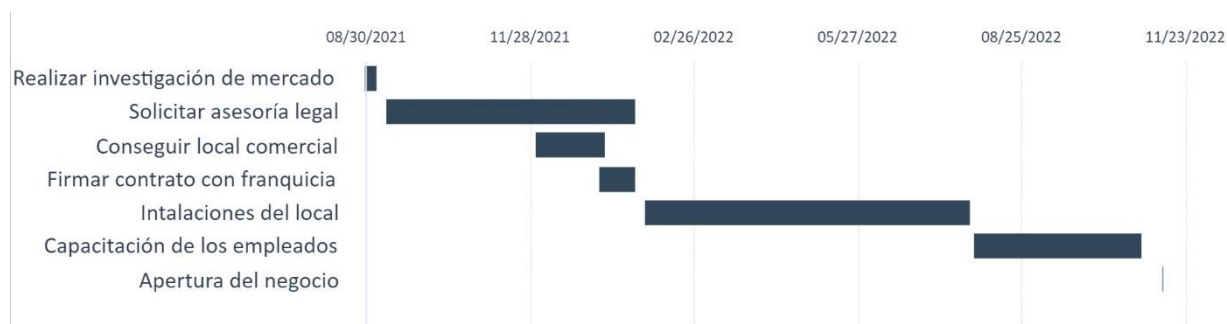
A continuación, se van a mostrar algunas de las herramientas comúnmente utilizadas a lo largo del ciclo DMAIC.

2.2.2.1 Diagrama de Gantt

Es una gráfica donde en su eje vertical se colocan las actividades, y en su eje horizontal una escala de tiempo, cada actividad va a tener una duración aproximada y se van a colocar en la secuencia que se van a ejecutar las tareas o actividades.

Este diagrama permite administrar y controlar las fases de un proyecto. (Baca, 2014, p. 147)

Figura 7 Ejemplo Diagrama de Gantt

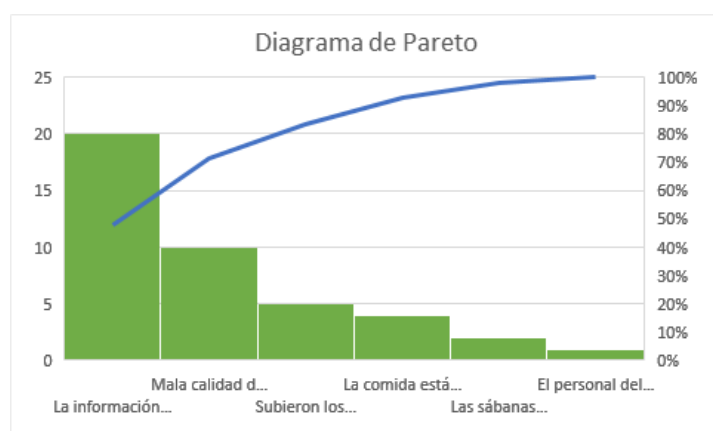


Fuente: DolarApp <https://www.dolarapp.com/es-MX/blog/freelancer-tips/que-es-diagrama-gantt-ejemplos>

2.2.2.2 Pareto

El principio de Pareto, el cual se le conoce como la regla del 80-20 consiste en que el 20% de las causas, generan el 80% del problema, por lo cual es necesario enfocarse en ese 20% de las causas. No necesariamente se va a dar en un 80-20, sin embargo, se puede llegar a determinar que una parte minoritaria de las causas corresponden a la mayoría del problema que se está estudiando. (Montoya, 2023, pp. 323-324)

Figura 8 Ejemplo Diagrama de Pareto



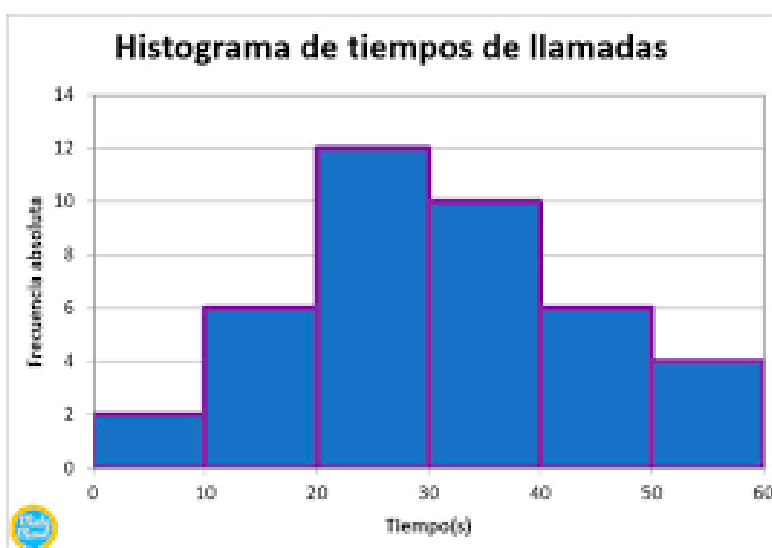
Fuente: Aprendiendo Calidad y ADR (2017)

<https://aprendiendocalidadyadr.com/diagrama-de-pareto/>

2.2.2.3 Histogramas

Los histogramas son un tipo de gráfico de barras que permite visualizar de qué manera y con qué frecuencia se distribuyen un conjunto de datos. (Baca, 2014, p. 121)

Figura 9 Ejemplo de Histograma

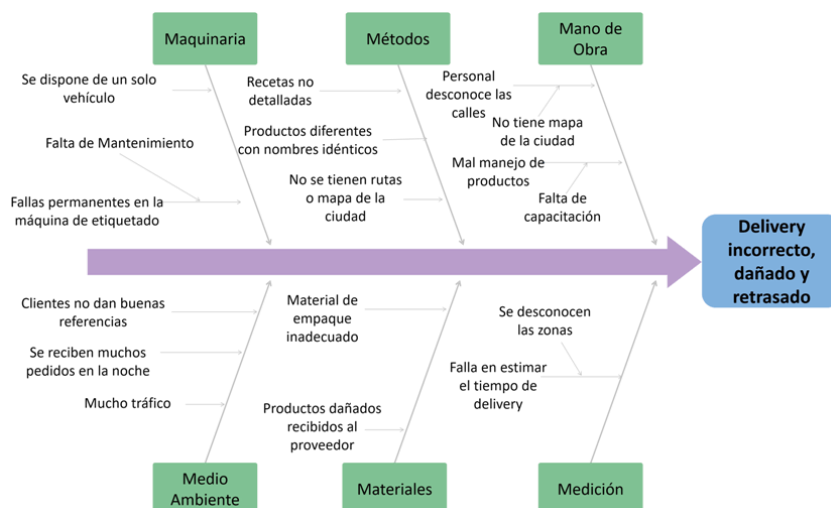


Fuente: Mate Móvil <https://matemovil.com/histogramas-ejemplos-y-ejercicios/>

2.2.2.4 Diagrama de Ishikawa

También conocido como diagrama de espina de pescado, por su forma de pez, donde a la cabeza se coloca el problema principal, y en sus espinas las posibles causas, estas causas se dividen en factores como materiales, métodos, mano de obra, maquinaria, medio ambiente y mediciones. (Montoya, 2023, pp. 320-322)

Figura 10 Ejemplo de Diagrama de Ishikawa



Fuente: Plan de Mejora (s.f) https://www.plandemejora.com/ejemplos-de-diagrama-de-ishikawa/#google_vignette

2.2.2.5 Gráficos de Control

Es una herramienta que permite visualizar el comportamiento de una variable con respecto al tiempo, poseen límites inferiores y superiores que reflejan la tolerancia que puede tener la variable, si la variable se encuentra dentro de los límites, entonces está bajo control. (Baca, 2014, p. 130)

Figura 11 Ejemplo Gráfica de Control



Fuente: Minitab (s.f) <https://support.minitab.com/es-mx/minitab/help-and-how-to/quality-and-process-improvement/control-charts/supporting-topics/understanding-variables-control-charts/variables-control-charts-in-minitab/>

2.3 Marco conceptual referente al impacto del proyecto

2.3.1 Gestión Integral de Residuos

Según Rubio (2025), la gestión de residuos ha experimentado cambios con el pasar del tiempo, donde en años anteriores se consideraba la gestión de residuos solo como el tomar los residuos y eliminarlos para evitar riesgos sanitarios, especialmente en zonas urbanas, por lo que solo se tomaban los residuos sin importar su tipo y características y se llevaban a un botadero de basura, sin embargo, el crecimiento de la población, de la industria, la creación de legislaciones y normativas para el cuidado del medio ambiente y gestión de los residuos, llevó al desarrollo de un nuevo modelo para la gestión de residuos, por lo que se dejó de lado este modelo tradicional. **(p. 1)**

El nuevo modelo para la gestión de residuos descrito por Rubio (2025), se enfoca en la economía circular, que busca que los recursos y los residuos generados sean aprovechados de forma continua, reduciendo así la cantidad de residuos y prolongando la vida útil de los recursos. En comparación con el modelo tradicional, este modelo deja de ver los residuos generados como un problema que debe de ser eliminado y se empieza a ver como valorizables, ya sea que estos sean reutilizados, reciclados o para energía. **(p. 8)**

2.3.1.1 Sostenibilidad Industrial

Gracias a la economía circular, se puede conseguir la sostenibilidad industrial de los procesos. Para esto es necesario comenzar con un diseño sostenible, tanto del proceso como del producto propiamente. La producción del bien debe de ser eficiente, evitando desperdicios de materia prima y energía. Se busca que se dé un consumo responsable de los productos, donde el cliente busque productos más

duraderos, con capacidades de reparación y que al final de su vida útil pueda ser reutilizado. En caso de que el producto al llegar el fin de su vida útil, este debería de poder ser reciclado para que se convierta el producto en nuevas materias primas, sin embargo, el reciclaje no siempre es posible debido a que puede resultar muy costoso o los procesos de reciclaje son sumamente complejos y no muy accesibles, en estos casos se insta a que se dé la valorización energética, la cual consiste en recuperar energía a través de los residuos. **(Rubio, 2025, pp. 9-10)**

En caso de que no sea posible realizar las acciones pasadas, debe de darse una eliminación controlada mediante los vertederos de basura, siempre y cuando el residuo cumpla con la legislación y normas ambientales para ser descartado en un lugar de este tipo. **(Rubio, 2025, p. 10)**

Figura 12 Economía Circular



Fuente: The Conversation <https://theconversation.com/hacia-una-economia-circular-en-europa-donde-estamos-y-cuanto-nos-falta-117274>

2.3.1.2 Clasificación de los Residuos

Los residuos son definidos en el artículo 6 de la Ley para la Gestión Integral de Residuos N°8839 (2010) como cualquier material sólido, semisólido líquido o gas, donde la entidad que generó el residuo o que lo posee debe y/o requiere desecharlo, y que puede ser valorizado o tratado de manera que sea reutilizado o reciclado o en caso de no poderse realizar las acciones anteriores, que sea manejado por sistemas de disposición final adecuados.

Cabe destacar que existe otro concepto que puede ser confundido como un residuo, este corresponde a los subproductos, los cuales no se producen de forma intencional durante un proceso productivo, sin embargo, pueden reutilizarse directamente en otro proceso siempre y cuando la manipulación sea segura, que cumpla con las legislaciones y normativas y que no requiera tratamientos adicionales para que sea utilizado. **(Rubio, 2025, p. 12)**

Rubio (2025) menciona que para que se dé una correcta gestión de los residuos se debe de utilizar un sistema que permita clasificar de forma estructurada los desechos con la finalidad de que se le pueda dar un correcto procesamiento a los desechos, por lo que una forma de clasificarlos consiste en separarlos en peligrosos y no peligrosos u ordinarios. **(p. 14)**

2.3.1.2.1 Residuos Ordinarios

El artículo 6 de la Ley n.º 8839 **(2010)** define los residuos ordinarios como todos aquellos que son generados en viviendas o en caso de que no se genere en una vivienda debe de poseer una composición parecida a los residuos residenciales.

Los residuos ordinarios o no peligrosos no representan ningún riesgo inmediato hacia el medio ambiente o la salud de las personas, sin embargo, estos deben de gestionarse de la forma adecuada, ya que de no gestionarse de manera adecuada sumado a la acumulación en grandes cantidades de este tipo de residuo puede convertirse en un riesgo ambiental y de salud. **(Rubio, 2025, p. 16)**

2.3.1.2.2 Residuos Peligrosos

Dentro del artículo 6 de definiciones en la Ley n.º8839 **(2010)** se hace referencia a los residuos peligrosos como todo aquel que por su capacidad de reaccionar químicamente y sus características tóxicas, corrosivas, radioactivas, biológicas, bio infecciosas y/o inflamables que puedan ocasionar daños a la salud de las personas o causar daños medioambientales. Debido a esto también puede ser necesario que estos residuos por las características previamente mencionadas requieren un manejo especial.

Por lo general los residuos peligrosos requieren estar almacenados en lugares específicos bajo ciertas condiciones, que estén depositados en envases seguros para contener ese tipo de desecho y que esté etiquetado claramente con los riesgos que este puede representar. Sumado a esto el procesamiento de los residuos peligrosos debe de tener trazabilidad con el fin de evitar manejos incorrectos.

(Rubio, 2025, pp. 16-17)

2.3.1.3 Ley para la Gestión Integral de Residuos n.º8839

Costa Rica posee desde el año 2010 una legislación dedicada a la gestión integral de residuos. La ley número 8839 para la Gestión Integral de los Residuos publicada en el diario la Gaceta n.º135 el día 13 de julio del año 2010 con el fin de regular la gestión integral de los residuos y el uso eficiente de los recursos mediante la planificación y ejecución de una serie de acciones de carácter regulatorio, operativo, financiero, administrativo, educativo y ambiental.

Los objetivos de esta ley buscan garantizar el derecho de la ciudadanía de gozar un ambiente sano y equilibrado, proteger la salud pública, definir la responsabilidad para la gestión de residuos de los distintos actores involucrados, establecer un régimen

jurídico para promover la gestión integral de residuos, fomentar nuevos mercados, promover la creación y mejoramiento de infraestructura para el proceso de residuos, promover la clasificación de los residuos, evitar que el manejo inadecuado de residuos impacte a la salud de las personas y al medio ambiente, promover la gestión de residuos en las comunidades del país, promover la producción más limpia y el consumo sostenible de bienes, involucrar a la ciudadanía para que haya una gestión de los residuos más responsable y promover la búsqueda de soluciones a los residuos generados en el país. **(Ley para la Gestión Integral de Residuos n.º8839, 2010)**

Esta ley establece un orden jerárquico para la gestión integral de los residuos, donde en primer lugar se busca evitar la generación de residuos desde el origen como forma de prevenir enfermedades y la contaminación del medio ambiente.

Posteriormente se busca reducir lo más que se pueda la generación de residuos desde el inicio. Intentar reutilizar los residuos generados en la misma cadena producción o en otros procesos. Valorizar los residuos generados, y se debe de priorizar la recuperación de la materia prima antes de que los residuos sean enviados a que se haga un aprovechamiento energético. Se deben de tratar los residuos generados previo a que se haga una disposición final. Finalmente, se debe poseer la menor cantidad de residuos posible y que los desechos se encuentren almacenados de una manera sanitaria y segura para el medio ambiente. **(Ley para la Gestión Integral de Residuos n.º8839, 2010)**

2.1.5.2.1 Reglamento General a la Ley Para la Gestión Integral de Residuos n.º37567-S-MINAET-H

Con respecto a la Ley n.º8839 para la Gestión Integral de Residuos, se elaboró un reglamento general publicado en el tomo 55 de la Gaceta 19 de marzo del año 2013 y entró en vigor a partir del 20 de mayo de 2013.

El reglamento general a la ley 8839 tiene como objetivo regular la gestión de residuos en todo el país con el fin de prevenir riesgos sanitarios que puedan poner en peligro la salud de la población y proteger la calidad del medio ambiente del país. Este reglamento tiene como fin regular la gestión de residuos sólidos, por lo cual para el vertido de aguas residuales se aplica el Reglamento de Vertido y Reuso de Aguas Residuales y el Reglamento del Canon Ambiental por Vertidos. Con respecto a las emisiones atmosféricas se aplica el Reglamento sobre Emisión de Contaminantes Atmosféricos Provenientes de Calderas y Hornos de Tipo Indirecto y el Reglamento de Control de Sustancias Agotadoras de la Capa de Ozono.

(Reglamento General a la Ley para la Gestión Integral de Residuos N° 37567-S-MINAET-H, 2013)

2.1.5.3 Norma ISO14001:2015

ISO (ISO, 2015) establece un sistema de gestión ambiental como un conjunto de elementos dentro de una organización que trabajan entre sí para establecer políticas y objetivos con el fin de gestionar aspectos relacionados al medio ambiente, y que a su vez cumpla con la legislación del país y otros requerimientos no gubernamentales. Estos sistemas deben de encontrar riesgos y oportunidades de mejora.

El objetivo de la norma ISO 14001:2015 es brindar a distintas organizaciones un marco de referencia que les permita proteger el medio ambiente y responder ante

condiciones ambientales cambiantes, y que a su vez se mantenga un balance socioeconómico. **(ISO, 2015)**

Las oportunidades que brinda esta certificación pueden ser la protección el medio ambiente, la disminución de efectos adversos relacionados a las condiciones ambientales de la organización, promover el cumplimiento de las legislaciones establecidas, el control sobre los procesos de una organización de manera que el impacto ambiental que tenga la organización no solo se traslade a otro punto, mejorar la posición de la organización en un mercado cada vez más consciente sobre el medio ambiente y la capacitación de las personas dentro de la organización en materia ambiental. **(ISO, 2015)**

Sin embargo, ISO **(2015)** menciona que, si bien existen beneficios asociados a la implementación de esta norma, la norma no garantiza que se dé una gestión de residuos óptima. Existe la posibilidad de que dos organizaciones similares puedan tener legislaciones y alcances distintos con respecto a su política ambiental y aun así ser conformes con la norma. El éxito que pueda tener la implementación de esta norma no se encuentra solo en estar conforme, si no en que tan lejos quiere llegar la organización tras la implementación de un sistema de gestión ambiental.

2.4 Antecedentes de proyectos o experiencias semejantes

Durante esta sección se mencionan proyectos realizados previamente que tienen relación o que contienen experiencias similares a las de este proyecto. Los proyectos que se muestran a continuación se escogieron debido a que se han realizado en

distintas organizaciones de Costa Rica y por tanto temas como las legislaciones bajo las cuales deben de operar estas organizaciones se mantienen similares.

2.4.1 Propuesta de mejora en el proceso de gestión de los residuos sólidos ordinarios en la municipalidad de Tarrazú en el segundo cuatrimestre de 2024

Con el fin de obtener el grado de bachillerato en ingeniería industrial, Mairena (2022) propuso mejoras al proceso de gestión de residuos sólidos en la Municipalidad de Tarrazú. **(p. 18)**

Para poder determinar el mejor curso de acción se llevaron a cabo entrevistas con los encargados de este centro de trabajo, además de utilizar otras herramientas que permitieron dar con las causas raíz de los problemas que se presentan en este lugar. **(Mairena, 2025, p. 18)**

Se encontró que no se contaba con los recursos técnicos ni la logística para poder darle una solución efectiva a los problemas, por lo cual se sugirió designar claramente los encargados y los equipos de trabajo a cargo de la gestión ambiental. Propuso implementar un centro de transferencia de residuos sólidos ordinarios en el cantón, en conjunto con un plan para reducir la cantidad de desechos sólidos mediante la clasificación de estos y de esta manera valorizar algunos de los residuos procesados. **(Mairena, 2025, pp. 18-19)**

2.4.2 Implementación de un programa de gestión de residuos en la empresa Alimentos Prosalud S.A. en el año 2020

Para obtener el grado de licenciatura en ingeniería industrial, Quesada (2020) planteó la implementación de un sistema de gestión integral de residuos en la empresa Prosalud S.A.

Para poder cumplir con este objetivo se identificaron los distintos tipos de residuos generados de acuerdo con sus características para posteriormente ser cuantificado, se clasificaron los tipos de residuos, se buscaron disminuir la cantidad de residuos no valorizables y la implementación de planes de concientización dentro de la organización. **(Quesada, 2020, pp. 14-15)**

Los resultados de las acciones realizadas debido a la implementación del programa de gestión de residuos dejaron como resultado una serie de metodologías que permitan a los involucrados a identificar y darle seguimiento a las mejoras y recomendaciones brindadas. En primer lugar se buscó la disminución de desechos, al no contar con más acciones para disminuir los desechos, los esfuerzos se centraron en métodos que permitieran reutilizar y valorizar los desechos generados. Adicionalmente se realizaron propuestas que garantizan el correcto tratamiento de los desechos con el fin de disminuir el impacto ambiental y posibles impactos a la salud humana. **(Quesada, 2020, p. 82)**

2.4.3 Propuesta de un plan de gestión ambiental institucional (PGAI) en la municipalidad de Puriscal según lo establecido en el decreto ejecutivo n.º36499-S-MINAET, durante el I semestre del 2019

De acorde al proyecto para optar por el título de bachillerato en ingeniería industrial realizado por Hernández (2019), se elaboró un plan de gestión ambiental institucional

en la Municipalidad de Puriscal, en la provincia de San José, Costa Rica. La meta del proyecto consistió en reducir el impacto ambiental que genera esta institución en su funcionamiento cotidiano, además de cumplir con reglamentos y legislaciones establecidas en el país. **(p. xix)**

Para la elaboración de este proyecto se recopiló información sobre los costos relacionados al consumo de recursos como agua, papel, electricidad y combustible. Y se estableció que la institución no contaba con un sistema de gestión ambiental, por lo que no se tenían indicadores medioambientales ni un plan de concientización dentro de la institución para promover temas medioambientales. **(Hernández, 2019, p. xix)**

Para esto se implementó programa de gestión ambiental institucional que permitiera establecer indicadores, cuantificar el impacto ambiental relacionado al funcionamiento del municipio y se desarrolló un plan de comunicación y concientización del personal de la municipalidad. Lo cual dio como resultado obtener un marco de referencia para definir lineamientos básicos para la gestión ambiental y la reducción de la huella ambiental por parte de los empleados. **(Hernández, 2019, p. xx)**

2.4.4 Propuesta para la optimización de la capacidad y rendimiento del proceso de selección y clasificación de materiales en el área de gestión ambiental en Poás de Alajuela, Costa Rica durante el II semestre del 2021

Flores (2022), elaboró un proyecto para optar por el grado de bachillerato en ingeniería industrial para la optimización y rendimiento de los procesos de selección

y clasificación de los residuos valorizables en el área de gestión ambiental de Poás en la provincia de Alajuela, Costa Rica. **(p. 16)**

El proyecto se llevó a cabo en el centro de acopio de esta comunidad de Alajuela, donde se reciben materiales reciclables o valorizables, y de los cuales aproximadamente un 20% era desechado. **(Flores, 2022, p. 16)**

Las propuestas de mejora se elaboraron con base en investigaciones de los procesos de selección y clasificación de los materiales con el fin de mejorar la productividad y el aumento de capacidad de producción. **(Flores, 2022, p. 16)**

Una de las propuestas consiste en un nuevo diseño de planta que permita mejorar el área de trabajo y con esto mejorar la productividad a la hora de procesar los materiales que ingresan a este centro de acopio. **(Flores, 2022, p. 16)**

2.4.5 Aplicación de lean manufacturing para la mejora de la productividad en el Centro de Recuperación de Residuos Valorizables, durante el primer semestre del año 2021

Rojas (2021), realizó su proyecto final de graduación mediante la aplicación de lean manufacturing para el mejoramiento de la productividad en el Centro de Recuperación de Residuos Valorizables de la Municipalidad de Santa Ana.

El proyecto se da en este centro de recuperación en el cual aproximadamente 30% del material que ingresa debe de ser desechado en rellenos sanitarios, por lo que cuentan como basura tradicional y por tanto no es valorizable. **(Rojas, 2021, p. xxiii)**

Se propusieron mejoras de productividad que incluyen la búsqueda de clientes directos que generen más ingresos a la institución, que se apliquen multas acordes a

la Ley 8839 sobre la gestión integral de residuos para impulsar la correcta separación de la basura tradicional y los residuos valorizables, establecer evaluaciones de desempeño y también una mejora a la infraestructura con respecto a la instalación de un variador de velocidades en una banda transportadora. **(Rojas, 2021, pp. xxiii-xxiv)**

CAPÍTULO III: METODOLOGÍA DE TRABAJO

Durante esta sección del proyecto se presenta el plan de acción que se compone de prácticas, procedimientos y reglas que se utilizaron para cumplir con los objetivos específicos planteados al inicio de este trabajo. En los segmentos de esta sección se van a presentar tablas que pueden contener las actividades realizadas, herramientas utilizadas y su descripción, plazos y/o responsables de ejecutar las actividades.

3.1 Metodología para la definición del problema

A continuación, se presenta la metodología utilizada para la selección del problema y que herramientas o actividades fueron utilizadas para poder establecer un problema sobre el cual gira el desarrollo del proyecto.

Tabla 1 Metodología para la Definición del Problema

Objetivo Especifico	Actividades	Herramientas	Descripción	Responsables
Definir los problemas relacionados a la gestión de residuos en el departamento de producción	Aplicar entrevistas al personal de planta	Entrevistas	Se aplicaron entrevistas al personal con el fin de comprender la situación actual.	Stefano Corazzari
	Identificar problemas en conjunto con personal de la planta	Lluvia de Ideas	Se llevó a cabo en conjunto con el personal una lluvia de ideas que permitió identificar problemas recurrentes.	Stefano Corazzari/Personal de Planta

	Realizar visitas a planta	Observación Directa	Se realizaron visitas a la planta para observar y registrar puntos en los que se generan residuos	Stefano Corazzari/Personal de Planta
--	---------------------------	---------------------	---	--------------------------------------

Fuente: Elaboración propia

Como se puede observar en la tabla anterior, para asegurar el cumplimiento del objetivo específico que busca definir los problemas relacionados a la gestión de residuos en el departamento de producción de la empresa se llevaron a cabo 3 actividades distintas. La primera actividad corresponde a las entrevistas realizadas que permitieron comprender la situación actual de la organización con respecto a la gestión de los residuos. Posteriormente se dio una lluvia de ideas que permitió encontrar problemas recurrentes relacionados a la gestión de residuos. Finalmente, se tomaron las ideas de la lluvia de ideas y se realizó una observación directa de las partes donde se generan residuos y los problemas que se enfrentan frecuentemente.

3.2 Metodología para la medición y respaldo cualitativo del proyecto

En esta subsección del marco metodológico se muestra la metodología utilizada para la recopilación, procesamiento y análisis de datos cuantitativos. De esta manera se determinaron variables medibles, la forma de recolectar los datos y se seleccionaron herramientas que posteriormente permitan identificar causas raíz.

Tabla 2 Metodología para la Medición y Respaldo Cualitativo del Proyecto

Objetivo Específico	Actividades	Herramientas	Descripción	Responsables
Medir la cantidad, tipos y la frecuencia de los residuos generados en el departamento de producción mediante tomas de datos periódicas	Revisar registros pasados sobre generación de residuos.	Revisión de Históricos	Se analizaron los datos recolectados previamente acerca de la generación de residuos.	Stefano Corazzari/Encargado de Planta
	Clasificar los residuos según su tipo	Clasificación según Ley 8839 y norma ISO 14001:2015	Se clasificaron los residuos según su tipo de acorde a la legislación presente y la norma ISO 14001:2015	Stefano Corazzari/Encargado de Planta
	Priorizar los residuos según la cantidad generada.	Pareto	Se construyó un diagrama de Pareto para identificar los tipos de residuos más significativos.	Stefano Corazzari

Fuente: Elaboración Propia

Para la fase de medición del proyecto, se utilizaron herramientas como la revisión de datos históricos para poder observar tanto la cantidad como tipos de desechos generados. Posteriormente se clasificaron los residuos según la norma

ISO14001:2015 y la legislación actual para la gestión de residuos y finalmente se construyó un Pareto que permita visualizar los residuos más significativos.

3.3 Metodología para la propuesta de mejora

En esta sección se demuestra el respaldo metodológico utilizado en el proyecto para el análisis de las causas raíz del problema percibido en la organización. Con base estas causas raíz se plantearon una serie de propuestas de mejora que permitieron darle solución al problema de este proyecto.

Tabla 3 Metodología para la propuesta de mejora

Objetivo Específico	Actividades	Herramientas	Descripción	Responsables
Analizar las causas raíz de las deficiencias en la gestión de residuos en el departamento de producción mediante el uso de herramientas para determinar causas raíz	Identificar factores que contribuyen a las deficiencias en la gestión de residuos.	Ishikawa	Se elaboró un diagrama de Ishikawa que tomara en cuenta categorías como métodos, materiales, mano de obra, maquinaria, medio ambiente y medición.	Stefano Corazzari/Encargado de Planta

	<p>Establecer el peso de cada causa raíz.</p>	<p>Multivoto</p>	<p>Se desarrolló un multivoto con las causas raíz encontradas mediante el diagrama de Ishikawa, donde distintos colaboradores le asignaron un puntaje a cada causa en una escala del 1 al 5.</p>	<p>Stefano Corazzari, colaboradores</p>
	<p>Determinar otras causas asociadas a la mala gestión de residuos.</p>	<p>Análisis de Causas</p>	<p>En conjunto con el diagrama de Ishikawa y los datos recolectados se determinaron causas raíz.</p>	<p>Stefano Corazzari/Encargado de Planta</p>

	<p>Proponer una serie de mejoras que puedan ser implementadas periódicamente.</p>	<p>Mejora Continua</p>	<p>Se aplicó una metodología de mejora continua con el fin de implementar mejoras y controlarlas.</p>	<p>Stefano Corazzari/Personal de Planta</p>
	<p>Organizar y mantener ordenado el área de trabajo.</p>	<p>5's</p>	<p>Se implementó la metodología de las 5's para mejorar el orden, limpieza, señalización y estandarización de los procesos que involucran gestión de residuos.</p>	<p>Stefano Corazzari/Personal de Planta</p>

	Generar propuestas de mejora.	Lluvia de Ideas	Se realizó una lluvia de ideas que permitiera proponer soluciones de mejora tanto en la reducción de residuos como en el manejo de estos.	Stefano Corazzari/Personal de Planta
--	-------------------------------	-----------------	---	--------------------------------------

Fuente: Elaboración Propia

Con el fin de elaborar propuestas de mejora, se llevaron a cabo actividades que permitieron dar con las causas raíz del problema, para esto se utilizaron los diagramas de Ishikawa y el análisis de causas. Posteriormente, se eligió una serie de metodologías como la mejora continua con el fin de implementar una serie de mejoras pequeñas de manera continua. Se implementó la metodología de las 5's con el fin de mejorar el orden y limpieza de las áreas de trabajo. Finalmente se llevó a cabo una lluvia de ideas que, en conjunto con personal de planta, se pudiera llegar a propuestas de mejoras para el mejor manejo de los residuos.

3.4 Metodología para la implementación del proyecto

A continuación, se presenta la metodología utilizada para la implementación del proyecto. Aquí se incluyen instrumentos que permitan estructurar e implementar las mejoras planteadas.

Tabla 4 Metodología para la Implementación del Proyecto

Objetivo Especifico	Actividades	Herramientas	Descripción	Responsables
Mejorar el proceso de gestión de residuos mediante la implementación de soluciones basadas en la metodología de mejora continua	Formular las actividades necesarias para implementar las mejoras planteadas.	Planes de Acción	Se elaboraron planes de acción con las actividades y responsables.	Stefano Corazzari/Encargado de Planta

Fuente: Elaboración Propia

Con el fin de implementar las mejoras propuestas se diseñaron planes de acción en los cuales se detallan las actividades por realizar y los responsables de ejecutar las acciones. Adicionalmente se utilizaron diagramas de Gantt que buscan visualizar el flujo de las actividades y los tiempos estimados de las actividades en los planes de acción.

3.5 Metodología para la verificación, aseguramiento, control y seguimiento de resultados

Esta última sección se enfoca en la parte de controlar de la metodología DMAIC. En esta etapa se presentan las metodologías utilizadas para poder verificar el efecto de

las propuestas de mejora, controlar las mejoras y de esta misma manera poder darles seguimiento a los resultados.

Tabla 5 Metodología para la Verificación, Aseguramiento, Control y Seguimiento de Resultados

Objetivo Específico	Actividades	Herramientas	Descripción	Responsables
Controlar el desempeño de las mejoras implementadas mediante el establecimiento de indicadores claves de rendimiento relacionados a la gestión de residuos	Definir métricas que permitan evaluar las mejoras y crear datos históricos	Indicadores	Se seleccionaron indicadores y se diseñaron nuevos indicadores que permitan visualizar cuantitativamente las mejoras.	Encargado de Planta
	Establecer criterios que permitan mantener el control de las mejoras	Cuadros de Control	Se elaboraron cuadros de control que permitan detectar la estabilidad de las mejoras implementadas.	Encargado de Planta

Fuente: Elaboración Propia

Con el fin de verificar y controlar las mejoras propuestas, se seguirán usando indicadores resultantes del sistema de gestión ambiental actual y se diseñaron otros

que permitan mejorar el control de las mejoras. Sumado a estos indicadores se establecieron cuadros de control que permitan visualizar la estabilidad de los resultados de las mejoras.

CAPÍTULO IV: ANÁLISIS DE CAUSAS RAÍZ

Durante este capítulo del proyecto se realizó un diagnóstico de la situación actual del problema dentro de la organización. A raíz de este diagnóstico se busca identificar las causas que generan el problema y que deben de ser atendidas para poder desarrollar propuestas de mejora que al implementarlas corrijan las causas encontradas durante este capítulo.

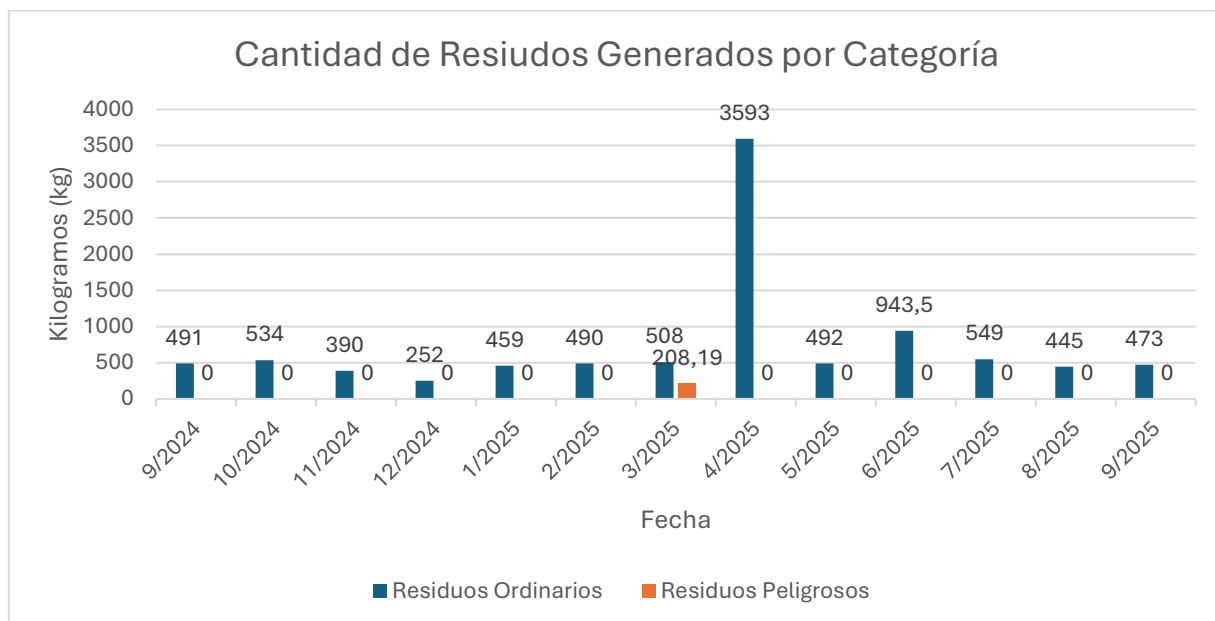
4.1 Revisión de Datos Históricos

Con el fin de establecer una línea base, se deben revisar los datos históricos que han sido recolectados desde septiembre del año 2024 hasta el final de septiembre del año 2025, los cuales pueden ser consultados en el [Anexo 8.1](#). Con los datos recopilados se observaron los distintos criterios usados para la caracterización y medición de los datos. Estos criterios muestran la categoría del residuo(ordinario, peligroso o especial), el tipo de residuo(no valorizables y valorizables como papel, cartón, plástico, aluminio, vidrio, sacos o aceites usados) y la cantidad medida en kilogramos (kg).

4.1.1 Cantidad de Residuos Generados por Categoría

A continuación, se muestra la cantidad en kilogramos de residuos generados entre septiembre del año 2024 a septiembre de 2025 clasificados en ordinarios y peligrosos.

Figura 13 Cantidad de Residuos Generados por Categoría



Fuente: Elaboración propia

De la gráfica anterior se rescata que, a lo largo del año, casi la totalidad de los residuos generados por la organización son residuos ordinarios, con picos significativos en el mes de abril donde se midieron casi 3600 kilogramos y en junio con alrededor de 950 kilogramos. Debido a que a lo largo del periodo definido solo se posee un dato relacionado a los residuos peligrosos, solo los residuos ordinarios pueden ser sometidos a un análisis estadístico.

4.1.1.1 Análisis estadístico de los residuos ordinarios

Con base en los datos obtenidos que comprenden del mes de septiembre de 2024 hasta el final de septiembre del año 2025 se obtuvieron estadísticas descriptivas sobre los residuos ordinarios generados. La figura a continuación presenta las estadísticas destacadas.

Figura 14 Estadísticas de Residuos Ordinarios**Estadísticas**

Variable	N	N*	Media	Error estándar de la media	Desv.Est.	Mínimo	Q1	Mediana	Q3	Máximo
Residuos Ordinarios	13	0	740	241	871	252	452	491	542	3593

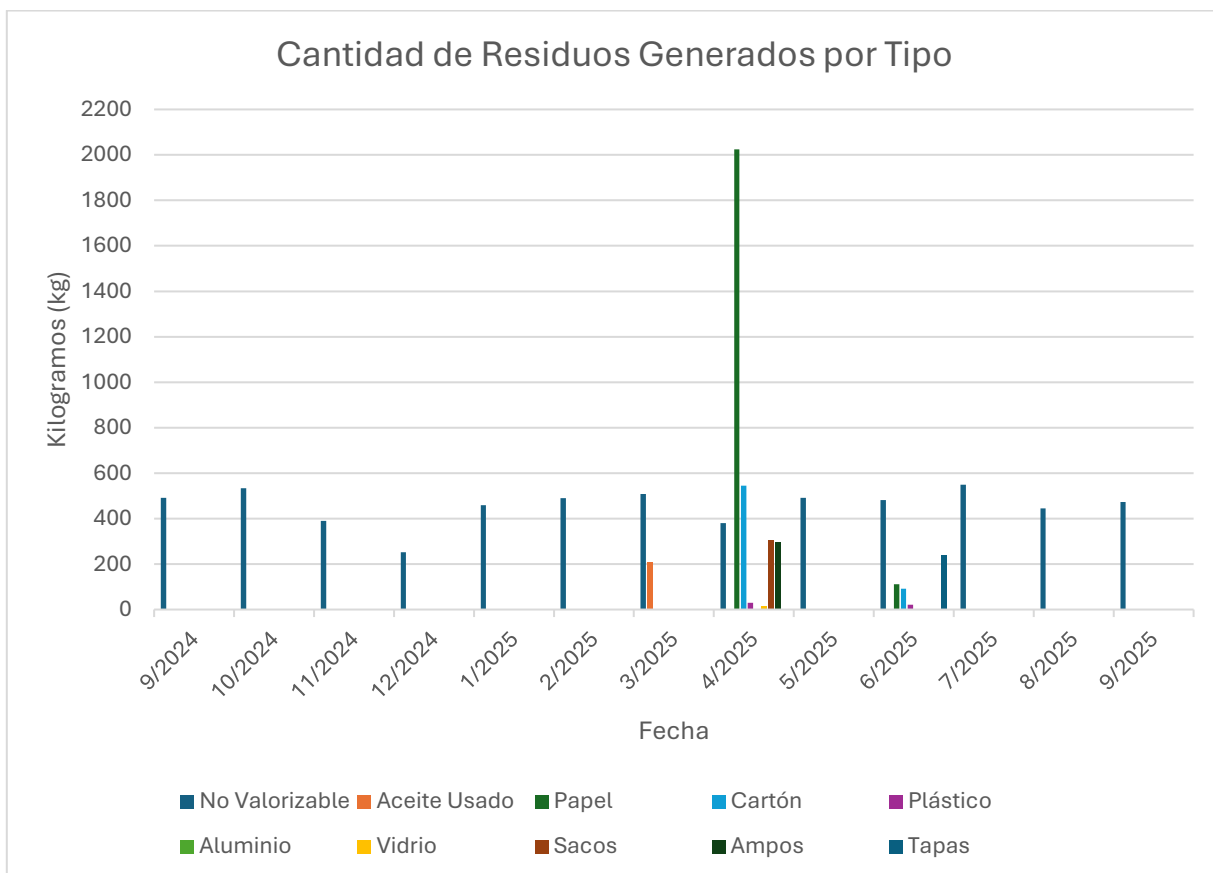
Fuente: Elaboración propia

Se cuentan con 13 mediciones de residuos ordinarios durante 13 meses, con base en estos se determinó que la media o promedio de residuos generados equivale a 740 kilogramos por mes. El error estándar indica que el promedio en este caso no es muy preciso para asumir el resto de los meses. La desviación estándar demuestra la alta variabilidad que posee la generación de residuos ordinarios a lo largo de los 13 meses demostrando nuevamente que no es constante. Esta inestabilidad se puede observar principalmente al observar los mínimos y máximos donde el mes con menor cantidad de residuos ordinarios registró 252 kilogramos y el que más tiene fueron 3593 kilogramos.

4.1.2 Cantidad de Residuos Generados por Tipo

A continuación, se muestra una gráfica la cual contiene la cantidad de residuos generada mensualmente segregados por el tipo de residuo. Los tipos de residuos que se generan en la organización corresponden a los no valorizables y los residuos valorizables que corresponden a los aceites usados, papel, cartón, plástico, aluminio, vidrio, sacos, ampos y tapas de botellas.

Figura 15 Cantidad de Residuos Generados por Tipo



Fuente: Elaboración propia

Debido a que los residuos valorizables poseen un costo asociado a la hora de ser desechados, estos se juntan a lo largo del tiempo con el fin de minimizar el costo que se incurre al contratar una organización externa para su correcto procesamiento y se entregan en un momento definido, en este caso se puede visualizar en el mes de marzo de 2025 se desecharon aproximadamente 200 kilogramos de aceite usado y en abril y junio de 2025 que se desecharon una serie de residuos reciclables, sin embargo, no se posee una medición real de la cantidad de residuos valorizables que se generan mes a mes.

4.1.2.1 Análisis Estadístico de los Residuos No Valorizables

A continuación, se presenta el análisis estadístico correspondiente a los residuos no valorizables, generando de esta manera un análisis más acertado en comparación con el realizado en la sección [4.1.1.1](#) de este documento.

Figura 16 Estadísticas de Residuos No Valorizables

Estadísticas

Variable	N	N*	Media	Error estándar de la media	Desv.Est.	Mínimo	Q1	Mediana	Q3	Máximo
No Valorizable	13	0	457,3	21,8	78,5	252,0	417,5	482,0	500,0	549,0

Fuente: Elaboración propia

De igual manera se cuentan con 13 datos correspondiente a 13 meses de registros. El promedio o media de generación de residuos no valorizables por mes corresponde a 457,3 kilogramos. Con un error estándar de 21,8, lo cual es bajo y es indicativo que el comportamiento de generación de residuos es representativo. De igual manera la desviación estándar muestra una variabilidad más moderada con respecto a los residuos ordinarios. También se puede observar mediante los mínimos y máximos que la brecha disminuye, donde se generaron 252 kilogramos de residuos no valorizables como mínimo y 549 kilogramos como máximo.

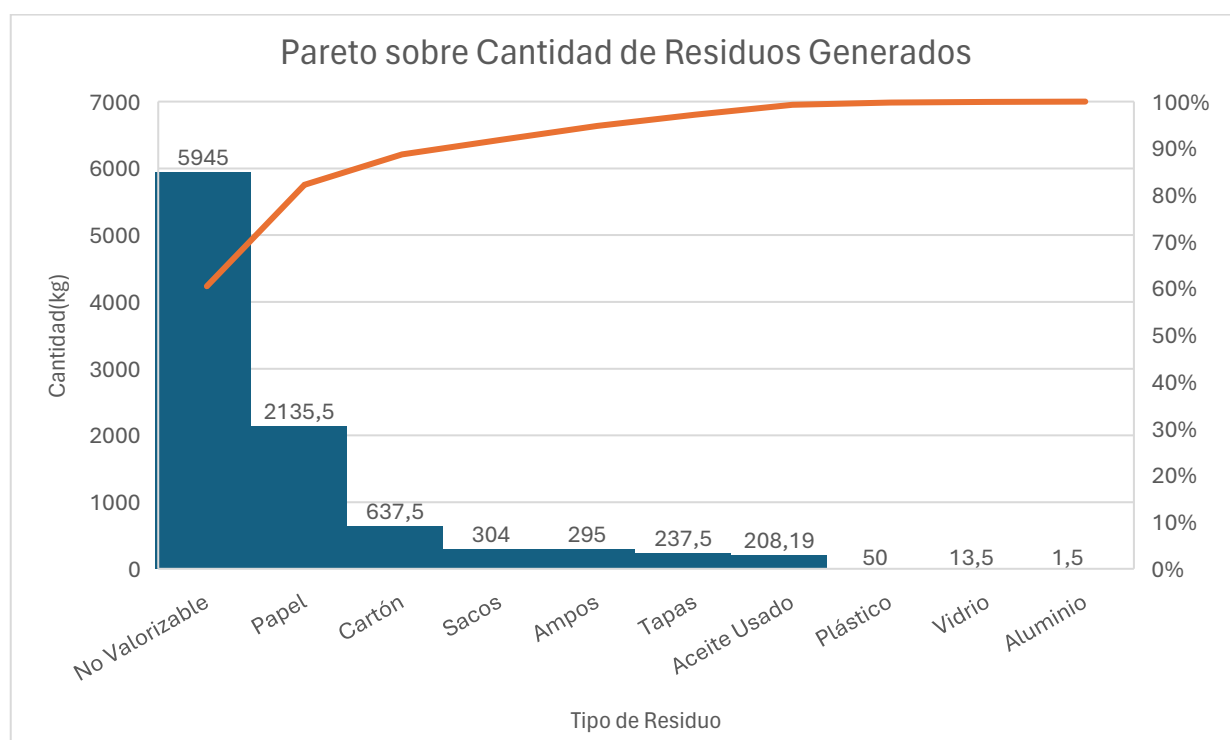
4.3 Análisis de Causas Raíz

Con el fin de establecer causas raíz al problema descrito previamente, se llevaron a cabo actividades que permitieran identificar cual debe de ser el enfoque principal y que causas afectan principalmente estos problemas.

4.3.1 Pareto

Para establecer que clase de residuos generados entre septiembre de 2024 y septiembre de 2025 poseen una mayor significancia y por tanto una atención más prioritaria, se elaboró un diagrama de Pareto o de 80-20.

Figura 17 Pareto sobre Cantidad de Residuos Generados



Fuente: Elaboración Propia

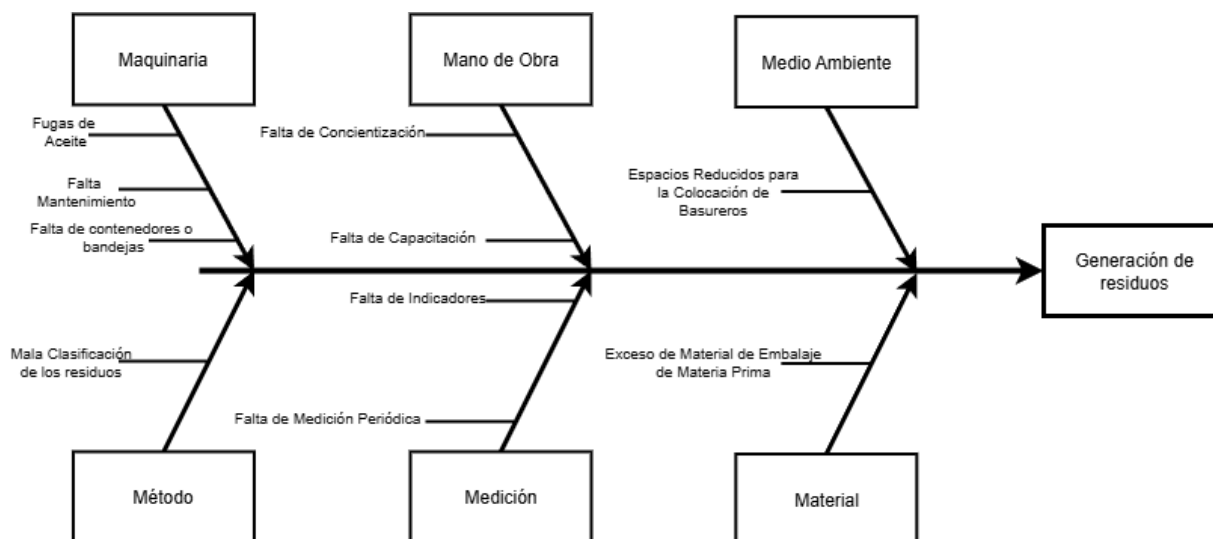
Con base en la gráfica anterior se puede observar que durante el periodo descrito los principales residuos que amontonan más del 80% de la cantidad de residuos totales corresponde a los residuos no valorizables y el papel. Sin embargo, se puede observar que la cantidad de residuos no valorizables (5945 kg) casi triplica el segundo tipo de residuo correspondiente al papel (2135,5). De esta gráfica también se puede rescatar la posición del aceite usado, que, si bien su participación es menor, es de suma significancia debido a que este como un residuo peligroso, debe

de ser almacenado y tratado de una manera más cuidadosa con el fin de evitar daños medio ambientales severos.

4.3.2 Ishikawa

Con el fin de identificar causas raíz del problema, se elaboró un diagrama de Ishikawa o de espina de pescado en conjunto con los responsables de la planta de producción donde se procesan los residuos. El diagrama se divide en 6 categorías, las cuales son: maquinaria, mano de obra, medio ambiente, método, medición y material.

Figura 18 Diagrama de Ishikawa



Fuente: Elaboración propia

Se puede apreciar como cada categoría posee al menos una causa que contribuye al problema principal.

4.3.2.1 Maquinaria

Debido a los procesos de metalmecánica que se llevan a cabo en esta organización, donde se fabrica la malla para los gaviones, se requiere el uso de aceite tanto para la

fabricación de la malla, como para lubricar la maquinaria. Debido a algunos a la periodicidad con la que se lleva a cabo el mantenimiento de la maquinaria, se pueden dar fugas de aceite, de igual manera se pueden dar fallos que provoquen fallas de aceite. Estos equipos carecen de contenedores o bandejas que puedan contener el aceite en caso de que se provoque un derrame, ocasionando que se deban de contaminar paños y otros elementos de limpieza con aceite cuando se recoge el aceite que cae al suelo.

4.3.2.2 Mano de Obra

El personal carece de concientización ambiental, por lo que no se utilizan los contenedores de residuos correctamente, mezclando y contaminando residuos valorizables con no valorizables. Esta falta de concientización puede darse a raíz de la falta de capacitación del personal respecto a temas medioambientales. La falta de capacitación se puede observar también al encontrar residuos de comidas dentro de contenedores de residuos dentro de la planta, lugar en el cual no se deberían de consumir alimentos.

4.3.2.3 Medio Ambiente

En algunos lugares de la planta de producción existen espacios reducidos que no permiten colocar los recipientes de residuos más al alcance de los trabajadores. También se presenciaron lugares en los cuales los recipientes para residuos eran obstruidos por materia prima o productos terminados, ocasionando que para desechar los residuos se colocaran en el recipiente que estaba al alcance del trabajador y no necesariamente en el correspondiente.

4.3.2.4 Método

Los residuos no son clasificados correctamente previamente de ser colocados en sus recipientes. En caso de que los recipientes de residuos valorizables como el cartón, papel, o plásticos contuvieran al menos un residuo no valorizable, estos deben de ser tratados como no valorizables, y por tanto contribuyendo al aumento de los residuos no valorizables.

4.3.2.5 Medición

De la sección [4.1.2](#) se puede observar un pico en ciertos residuos durante un par de meses en específico, sin embargo, durante el resto de los meses no se observa nada más que residuos no valorizables. Esto deja en evidencia que la medición de los residuos solo se realiza en el momento que van a ser desechados, pero no en el momento que son desechados. Adicionalmente se carecen de indicadores que permitan identificar cuantos residuos valorizables son contaminados y pasados por no valorizables o cuantos desechos ordinarios se convierten en peligrosos al ser contaminados.

4.3.2.6 Material

Finalmente, la materia prima utilizada en esta organización posee material de embalaje. Por ejemplo, se utilizan sacos llenos de pellets de PVC, todos estos sacos deben de ser desechados, por lo que se pueden buscar opciones en las cuales esta materia prima contenga menos material de embalaje.

4.3.3 Multivoto

Con el fin de otorgarle un grado de significancia a las causas encontradas mediante el diagrama de Ishikawa realizado anteriormente, se realizó un multivoto que permitiría posteriormente darle prioridad a las propuestas de mejora que serán planteadas en el siguiente capítulo de este documento.

El multivoto posee una evaluación del 1 al 5 según el impacto percibido para cada causa, donde 1 representa un impacto muy bajo y 5 un impacto muy alto. Se llevó a cabo en conjunto con encargados de las áreas de producción y ambiental de la empresa.

Tabla 6 Multivoto sobre Causas Raíz

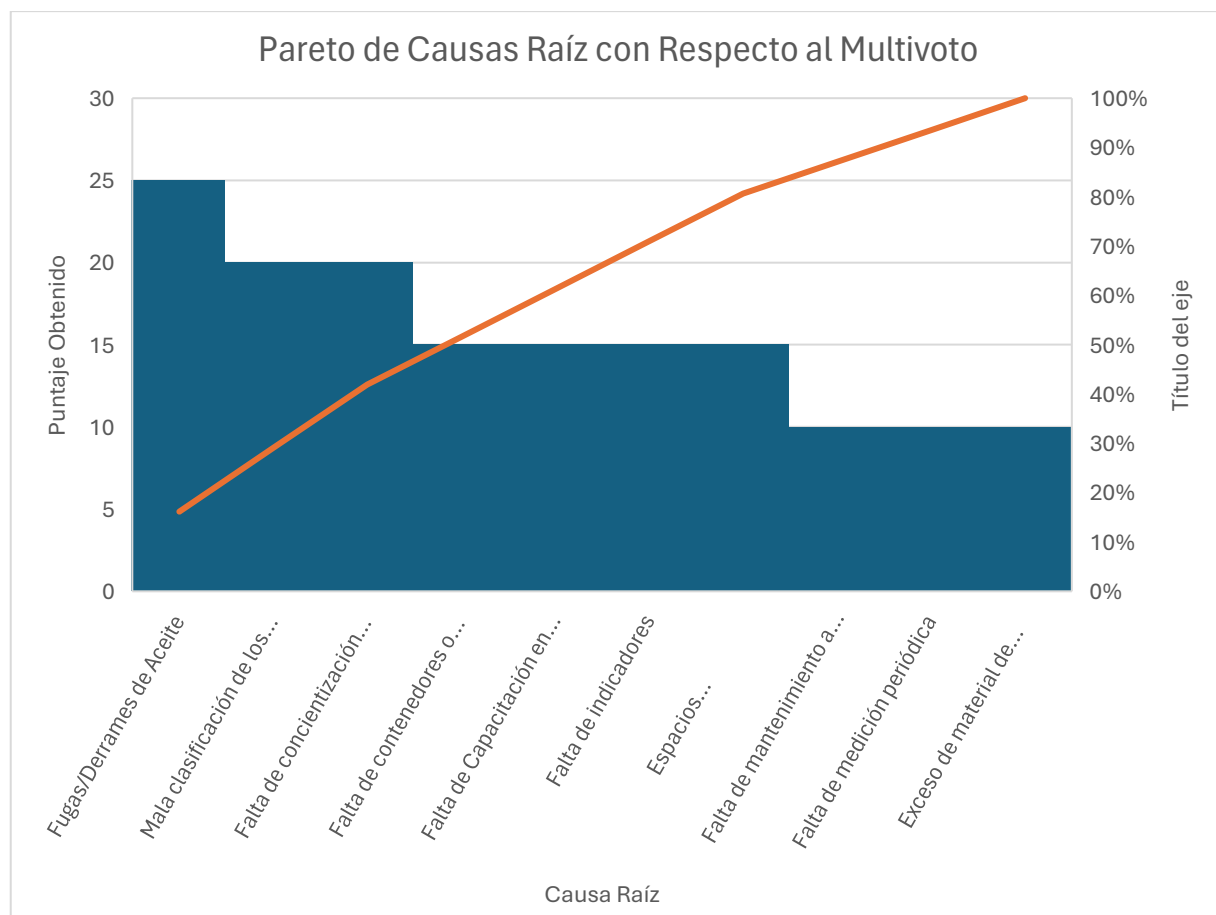
Causa	P1	P2	P3	P4	P5	TOTAL
Fugas/Derrames de Aceite	5	5	5	5	5	25
Mala clasificación de los residuos	4	4	4	4	4	20
Falta de concientización en materia ambiental	4	4	4	4	4	20
Falta de contenedores o bandejas para el aceite de las máquinas	3	3	3	3	3	15
Falta de Capacitación en materia ambiental	3	3	3	3	3	15
Falta de indicadores	3	3	3	3	3	15
Espacios reducidos/obstruidos para la colocación de basureros	3	3	3	3	3	15
Falta de mantenimiento a la maquinaria	2	2	2	2	2	10
Falta de medición periódica	2	2	2	2	2	10
Exceso de material de embalaje	2	2	2	2	2	10
Total						155

Fuente: Elaboración propia.

En la tabla anterior se pueden observar los puntajes asignados a cada causa raíz por 5 personas que contribuyeron a la construcción del multivoto, donde se logra percibir que las 3 causas que tienen un impacto más alto corresponden a las fugas o derrames de aceite, la mala clasificación de los residuos y la falta de concientización ambiental que posee el personal de la organización.

Con el fin de otorgarle un orden prioritario y poder visualizar el peso de cada causa según su impacto, se elaboró un diagrama de Pareto que ayudará en la siguiente sección a elaborar propuestas de mejora más acertadas para las causas raíz que se observaron.

Figura 19 Pareto de Causas Raíz con Respecto al Multivoto



Fuente: Elaboración propia.

En la gráfica anterior se puede observar cómo el 80% de los problemas se encuentran en las primeras 7 causas, por lo que es necesario poner especial atención a estas causas. Si bien estas representan el mayor peso percibido por los colaboradores de la organización, no es estrictamente necesario que todas se ataquen al mismo tiempo, si no que se vayan priorizando según su impacto, por lo

que de primera entrada se deberían de enfocar los esfuerzos en solucionar problemas relacionados a las fugas y/o derrames de aceite, la mala clasificación de los residuos y la falta de concientización del personal con respecto al cuidado del medio ambiente.

A continuación, se muestran ilustraciones de situaciones observadas y espacios destinados para la gestión de residuos en la organización.

Figura 20 Residuos Contaminados



Fuente: Elaboración propia

Figura 21 Contenedores de Residuos



Fuente: Elaboración propia

Figura 22 Faltante de Contenedores



Fuente: Elaboración propia

Figura 23 Almacén de Residuos



Fuente: Elaboración propia

4.4 Conclusiones de la Situación Actual

A partir de la revisión de datos históricos relacionados a la generación de residuos en la organización, y mediante los análisis de causas raíz realizados mediante un diagrama de Pareto y un diagrama de Ishikawa se logra establecer la situación actual de la organización respecto a la generación de residuos y con base en esta proponer próximamente propuestas que permitan disminuir la cantidad de residuos generados.

Durante la revisión de datos históricos se pueden clasificar los residuos de dos formas, en primera instancia como ordinarios y peligrosos o como no valorizables y valorizables los cuales son todos aquellos residuos de los cuales se puede obtener algún beneficio. Aquí se pudo demostrar que los residuos ordinarios como los no valorizables y el papel corresponden a la mayor cantidad de residuos generados en el periodo que comprende entre septiembre de 2024 y septiembre de 2025. Se observa al mismo tiempo que los residuos peligrosos correspondientes al aceite

usado si bien no son mayoría, de no ser tratados correctamente pueden incurrir en riesgos ambientales que no solo incumplan con la norma si no con las legislaciones actuales. Los análisis realizados permiten identificar que existen oportunidades de mejora.

Mediante el diagrama de Pareto se puede visualizar que solo dos tipos de residuos concentran la mayor cantidad de residuos, demostrando de esta manera los residuos que deben ser priorizados son los no valorizables y el papel, sin embargo, la cantidad de papel desechada durante este período es anormal y corresponde a un evento extraordinario en el cual se hizo una limpieza de documentos físicos los cuales ya no eran de importancia y debían ser desechados para liberar espacio.

La otra parte del análisis de causas raíz corresponde al empleo de un diagrama de Ishikawa que en conjunto con el encargado de la planta permitió identificar una serie de causas del problema en factores como métodos de trabajo, mano de obra, la medición, los materiales, la maquinaria y los métodos. Las causas detectadas demuestran deficiencias en la concientización del personal, la medición constante, métodos de prevención de derrames, los recipientes para el desecho de los residuos y las prácticas de producción que contribuyen al aumento de los residuos.

Se puede concluir que existen oportunidades de mejora, las cuales serán abordadas en el próximo capítulo de este documento en el cual se busca plantear , diseñar e implementar mejoras que logren corregir los problemas encontrados no solo con el fin de reducir la cantidad de residuos generados sino también para tener una gestión ambiental más sostenible, cumplir con las legislaciones vigentes , cumplir con la

norma ISO14001:2015 y crear una cultura de mejora continua que permita disminuir con el paso del tiempo al máximo los residuos generados.

CAPÍTULO V: DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE LA SOLUCIÓN

Este capítulo tiene como fin desarrollar propuestas de mejora que al ser implementadas puedan ser controladas y medidas de manera que se le de una solución al problema planteado y sus causas raíz establecidas en capítulos anteriores.

Las propuestas de mejora que se van a desarrollar durante este capítulo estarán enfocadas principalmente en la capacitación del personal, sin embargo, se podrán apreciar otras propuestas que estarán fuera de este enfoque. Adicionalmente todas las mejoras planteadas se relacionan al multivoto elaborado en la sección anterior.

5.1 Propuesta de Programa de Capacitaciones Sobre Gestión Ambiental

Gran parte de las causas raíz apuntan hacia el personal, principalmente relacionadas a la falta de concientización ambiental, falta de conocimiento y una falta en los criterios para la separación y correcto desecho de los residuos que se generan.

5.1.1 Capacitación para el Manejo Correcto de Derrames de Aceite

Esta capacitación tiene como objetivo que el personal del área de producción pueda identificar fugas o derrames de aceite y responder correctamente ante estos eventos, donde se utilicen los recursos correctos y al mismo tiempo que se evite el desperdicio de materiales de contención.

5.1.1.1 Contenidos

La primera sección de esta capacitación se compone de la identificación de derrames de acorde a su volumen, estos podrán ser leves como lo son salpicaduras, luego moderado como goteos y finalmente crítico como flujos constantes. La siguiente

sección consiste en la respuesta a los derrames, aquí será necesario identificar la fuente del derrame, contener el derrame, utilizar el material absorbente adecuado, disponer correctamente de los residuos generados y finalmente generar un reporte sobre el derrame. Adicionalmente se buscan otras maneras de evitar que se tengan que utilizar materiales de contención desechables. Finalmente se deben de prevenir los derrames y tratarse lo más pronto posible, sumado a esto se sugiere fortalecer programas de mantenimiento preventivo que eviten fugas de aceite.

5.1.1.2 Metodología para la Implementación

Mediante una capacitación presencial con el apoyo de una presentación de estilo Power Point, la cual se va a poder encontrar en el [Anexo 8.2](#).

5.1.1.3 Frecuencia y duración de capacitaciones

Esta capacitación se llevaría a cabo durante las reuniones de personal que se realizan mensualmente, sería esperable que dure alrededor de 30 minutos. Con refuerzos periódicos en reuniones próximas.

5.1.2 Capacitación para la Gestión Integral de Residuos

Esta capacitación tiene como objetivo lograr que el personal comprenda que la gestión integral de residuos no solo es una sugerencia, si no una ley establecida en el país para la reducción de los residuos mediante la valorización de estos. Sumado a esto se buscaría que el personal tenga presente lineamientos definidos tanto por la ley como por la organización para la gestión de residuos.

5.1.2.1 Contenidos

Los contenidos de esta capacitación incluyen la descripción general de la ley 8839 y la norma ISO 14001:2015. Posteriormente demostrar las clasificaciones definidas en la ley para los residuos(ordinarios o no valorizables, reciclables o valorizables y peligrosos). Las consecuencias ambientales, legales y económicas de no tener una gestión correcta de los residuos. Y finalmente definir la responsabilidad de los colaboradores para que se logre dar una correcta gestión de los residuos.

5.1.2.2 Metodología para la Implementación

Mediante una capacitación presencial del personal y con una presentación de estilo Power Point que se podrá visualizar en el [Anexo 8.3](#), se buscaría demostrar con ejemplos dentro de la organización a los participantes de la organización la situación actual sumado a las definiciones anteriormente mencionadas.

5.1.2.2 Frecuencia y duración de capacitaciones

Se realizaría durante las reuniones de personal que se realizan mensualmente, tomando aproximadamente 15 minutos para realizar la capacitación. Posteriormente se pueden llevar a cabo recordatorios dentro de estas mismas reuniones de manera periódica.

5.1.3 Capacitación sobre la Correcta Segregación de Residuos y Puntos de Desecho

La segunda capacitación que se busca realizar está enfocada propiamente en la reducción de errores a la hora de desechar los residuos, utilizando la infraestructura actual para la disposición de residuos en la planta de producción.

5.1.3.1 Contenidos

Esta capacitación contiene el uso adecuado de los contenedores de residuos que se ubican a lo largo de toda la planta, y ejemplificando visualmente que tipo de residuos se pueden desechar en cada tipo de contenedor. Sumado a esto recordar al personal los distintos puntos donde se encuentran los contenedores y de que tipo hay. Mostrar con ejemplos propios y visuales de la organización demostrar errores que se han detectado y que están directamente relacionados a la mala separación de los residuos.

5.1.3.2 Metodología para la Implementación

Al igual que la capacitación anterior, será de manera presencial y se realizará una presentación de estilo Power Point con el fin de poder crear un ejemplo más visual y llamativo de la situación actual y como se podría mejorar. Esta presentación se puede observar en el [Anexo 8.4](#).

5.1.3.3 Frecuencia y duración de capacitaciones

Esta capacitación se llevará a cabo durante las reuniones mensuales de personal, de igual manera se espera que tenga una extensión de alrededor de 15 minutos.

También es importante crear recordatorios cortos en próximas reuniones.

5.1.4 Capacitación sobre mejora continua y 5S

Esta capacitación tiene como finalidad introducir al personal los conceptos de mejora continua y 5S de manera tal que serán aplicados a la gestión ambiental y como una forma de crear la cultura organizacional con la visión de que se expanda más allá de los aspectos ambientales.

5.1.4.1 Contenidos

Los contenidos de esta capacitación se centran en los conceptos generales de la mejora continua y 5S. Como se pueden relacionar estos conceptos con la ley 8839, norma ISO14001:2015. Darle el rol a los empleados de manera que se les permita identificar oportunidades de mejora y al mismo tiempo que puedan promover ideas que permitan reducir la cantidad de residuos que se generan en la organización. Promover la eliminación de materiales innecesarios, el orden y limpieza como método de reducción de residuos y la estandarización de procesos y disciplina con el fin de poder mantener y mejorar los resultados.

5.1.4.2 Metodología para la Implementación

Al igual que la capacitación anterior, será de manera presencial y se realizará una presentación de estilo Power Point que contenga los conceptos, se puede observar en el [Anexo 8.5](#). Posteriormente se les daría espacio a los participantes de generar una lluvia de ideas con el fin de promover este tipo de pensamiento y que posteriormente pueda ser utilizado para mejorar la gestión ambiental

5.1.4.3 Frecuencia y duración de capacitaciones

La duración de esta capacitación puede tomar un poco más de tiempo, entre 20 y 30 minutos. Posiblemente se extienda un poco del tiempo definido para las reuniones mensuales. Y se buscaría destinar mensualmente tiempo de las reuniones a ideas que se pudieran dar para mejorar la gestión ambiental.

5.1.5 Capacitación sobre el consumo de alimentos

Como tal esta no sería una capacitación, si no un recordatorio acerca de la prohibición que existe acerca del consumo de alimentos dentro de la planta de producción. Esta medida es necesaria ya que durante las visitas a la planta y la inspección de los distintos puntos de disposición de residuos se pudieron observar envolturas de comida, lo cual contamina residuos potencialmente valorizables y viola normas que prohíben el consumo de alimentos dentro de la planta debido a que no es un lugar con las condiciones de salubridad necesarias para el consumo de alimentos.

Estos recordatorios se llevarán a cabo durante las reuniones mensuales.

5.1.6 Análisis de Costos de Propuesta de Capacitación

Debido a que era necesario el acceso de datos sensibles de la organización con el fin de calcular el costo de las capacitaciones. Se decidió tomar como referencia la Lista de Salarios Mínimos por Ocupación del 2026 elaborada por el Ministerio de Trabajo y Seguridad Social.

Para cada capacitación se contempla una hora y media para preparar el material y realizar la investigación. Este será elaborado por un trabajador en ocupación especializada (TOE), según el Ministerio de Trabajo y Seguridad Social (**2026**) esta clase de trabajador gana \$16.244,50 por día.

$$\text{Salario por Hora} = 16244,50/8$$

$$\text{Salario por Hora} = 2030,56$$

$$\text{Costo de Preparación} = \text{Salario por Hora} * 1,5$$

Costo de Preparación = 3045,84

El cálculo anterior muestra que la preparación del material para la capacitación por parte del encargado de la capacitación tendría un costo mínimo estimado de ¢3045,84.

Por otro lado, los capacitados serán definidos como trabajadores en ocupación semicalificada(TOSC), los cuales poseen un salario mínimo según el Ministerio de Trabajo y Seguridad Social de ¢13.523,69 por día. **(Ministerio de Trabajo y Seguridad Social, 2026)**

Salario por Hora = 13523,69/8

Salario por Hora = 1690,46

Anteriormente se definió que dos de las capacitaciones son de 15 minutos y otras dos que se puede extender hasta 30 minutos, sumando así 1,5 horas.

Costo de Capacitación = Salario por Hora * 1,5

Costo de Capacitación = 2940,69

Este calculo anterior muestra el costo de la capacitación con respecto al salario mínimo de cada trabajador. Para poder determinar el costo total de las capacitaciones se debería aplicar la siguiente formula:

Costo Total de Capacitaciones = 3045,84 * 4 + 2940,69 * Cant. Capacitados

5.2 Propuesta para la Estandarización para la Separación de Residuos

Es necesario definir y estandarizar los procedimientos con el fin de eliminar la subjetividad que pueda existir a la hora de disponer de los residuos en los distintos recipientes designados. Para esto se buscaría generar una guía sobre la separación de residuos que contenga instrucciones visuales de que residuo se debería de colocar en cada tipo de recipiente, haciendo un énfasis que, si a la hora de disponer un residuo el recipiente necesario no se encuentra cerca, evitar echarlo en el primero que se encuentre el colaborador.

Esta guía podría ser utilizada para las capacitaciones, para el entrenamiento del personal entrante con el fin de disminuir los errores de separación de residuos y con esto lograr reducir los residuos mal clasificados y disminuir la cantidad de residuos no valorizables. La guía se podrá visualizar en el [Anexo 8.6](#).

Para cada establecer el costo de realizar esta guía se estiman al menos 3 horas. Este será elaborado por un trabajador en ocupación especializada (TOE) cuyo salario es como mínimo \$16.244,50 por día. **(Ministerio de Trabajo y Seguridad Social, 2026)**

Salario por Hora = 16244,50/8

Salario por Hora = 2030,56

Costo de Preparación = Salario por Hora * 3

Costo de Preparación = 6091,68

Se puede presenciar del cálculo anterior que el costo de elaboración de esta guía es de mínimo \$6091,68.

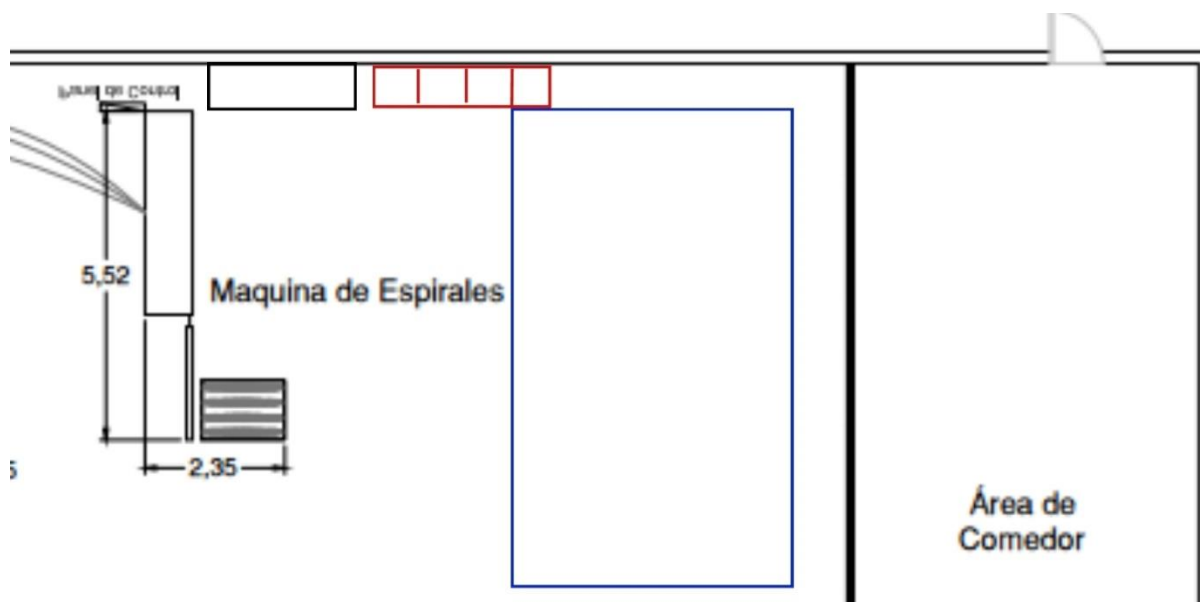
5.3 Propuesta Sobre los Contenedores de Residuos y Ubicación

Tanto la ubicación como la disponibilidad de contenedores para disponer de los residuos influye en la correcta separación de estos.

5.3.1 Reubicación de contenedores

Como se pudo observar durante visitas a planta, algunos contenedores de residuos eran inaccesibles debido a que estaban obstruidos por producto terminado, semiterminado o materia prima. Debido a esto se colocaban residuos en contenedores incorrectos, contaminando los contenidos de este contenedor.

Figura 24 Contenedores de Residuos Bloqueados



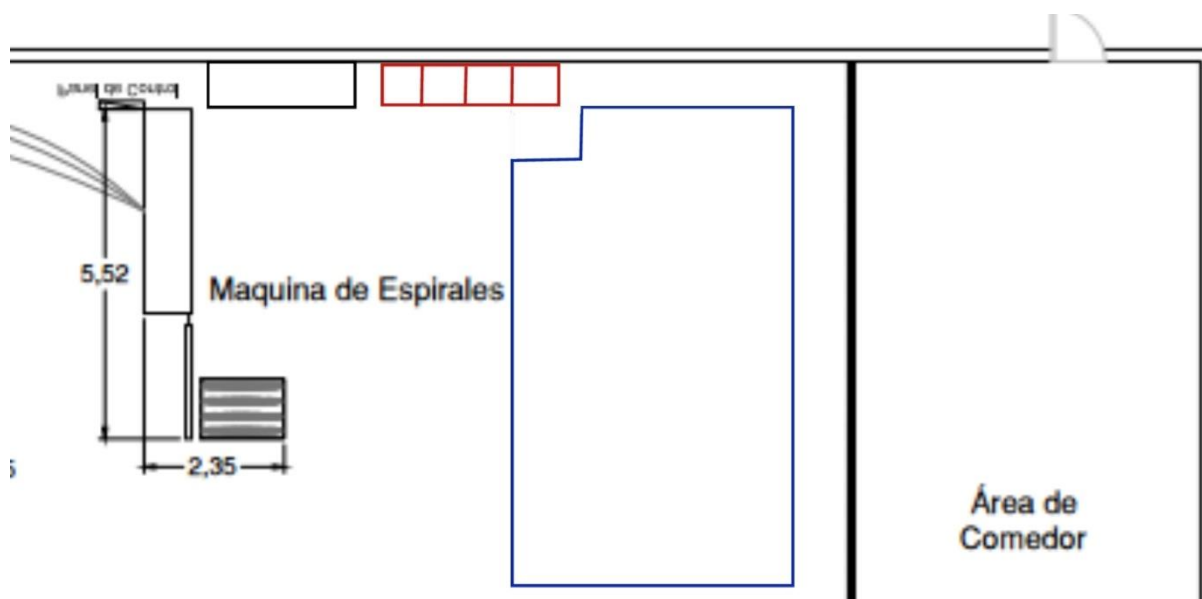
Fuente: Maccaferri

De la figura anterior se pueden observar los cuadros rojos que corresponden a contenedores de residuos, sin embargo, el área demarcada de azul corresponde a

material que se almacena en el espacio vacío que existe en el área, ocasionando que no se coloque el contenedor donde debería de estar o que por falta de acceso los residuos correspondientes a ese contenedor se desechen en otro contenedor no apto.

Como solución se propone reubicar los contenedores de manera que no lleguen a ser obstruidos sin dejar de tomar en cuenta la distancia de estos a las estaciones de trabajo donde están ubicados. O demarcar áreas que no puedan ser ocupadas por ningún tipo de material con el fin de evitar obstrucciones. A continuación, se muestra un ejemplo de esto.

Figura 25 Propuesta de mejora ante contenedores bloqueados



Fuente: Maccaferri

5.3.2 Bandejas para Aceite

Con el fin de reducir la cantidad de insumos utilizados para la limpieza de aceite de superficies y que complementa al plan de capacitación para el manejo de derrames de aceite planteado previamente, se propuso colocar bandejas que permitan recoger

o redireccionar el aceite que cae al suelo o sobre otras superficies a un contenedor sellado.

Esta acción permitiría reducir la cantidad de residuos peligrosos que no son valorizables. Estos residuos corresponden a trapos con aceite, cartón con aceite, etc.

5.3.3 Colocación de Composteras

Con el fin de reducir la cantidad de residuos ordinarios no valorizables, se busca instalar composteras que permitan procesar residuos orgánicos provenientes del área de comedor de la planta de producción.

Mediante esta acción se puede desarrollar abono orgánico que puede ser valorizado y vendido o ser utilizado para el mantenimiento de las áreas verdes de la organización.

Al comparar precios de composteras de 160 litros de capacidad con tres distintos proveedores, las 3 arrojaron un precio de \$69.900,00.

5.4 Propuesta para la Reducción de Residuos desde el Origen

Una parte de los residuos observados en el análisis de causas raíz corresponde al material de empaque de la materia prima. La mayor parte del material de empaque proviene de los sacos de pellets de PVC, estos podrían sustituirse, en vez de utilizar un pallet compuesto de sacos, se podrían utilizar sacos de estilo Big Bag o FIBC, que son sacos flexibles de grandes dimensiones y diseñados para el transporte de elementos como los pellets de PVC.

Los pellets de PVC se despachan desde su origen en tarimas de 55 sacos de 25 kilos, donde cada saco vacío pesa aproximadamente 0,07 kg, sin contar material adicional de embalaje como el plástico de embalar, se llega a un total de 3,85 kg en material de embalaje. Al utilizar otros métodos de almacenaje como los descritos anteriormente pueden pesar entre 1,5 kg a 2,5 kg según la densidad y construcción del saco estilo FIBC. Teniendo esto en cuenta puede existir una diferencia por pallet de hasta 2,35 kg por pallet, es decir, puede darse una reducción de hasta 61%. Estos sacos de gran tamaño pueden ser reutilizados y/o revendidos para ser utilizados en otro lugar, dándole así valor a los residuos generados.

Teniendo este análisis de insta a establecer soluciones logísticas con el proveedor de los pellets de PVC de manera que se pueda llegar a un compromiso para que el peso del material de embalaje se reduzca.

5.5 Propuesta para el Control de las Mejoras

Toda mejora implementada debe de poder arrojar resultados medibles, por lo que se deben de implementar indicadores que permitan evaluar la efectividad de las acciones empleadas.

Los métodos de medición actuales deberán ser utilizados de una forma más periódica y otros indicadores deberán ser implementados con el fin de darle un mejor seguimiento a las mejoras. Estos serán los siguientes:

- **Peso de Residuos Ordinarios:** Este corresponde al pesaje semanal que ya se realiza a los residuos ordinarios no valorizables generados dentro de la

empresa. Se esperaría que esta cantidad que muestre este indicador vaya en decadencia con el pasar del tiempo.

- **Porcentaje de Errores de Separación:** Este indicador corresponde a todo residuo valorizable que fue contaminado y por tanto se convirtió en un residuo peligroso o no valorizable. Permitirá cuantificar cuantos residuos valorizables se están perdiendo.
- **Consumo de Material Absorbente:** Este indicador corresponde al peso del material absorbente utilizado por mes para la contención de derrames de aceite. Este permitiría visualizar si se está utilizando eficientemente el material absorbente.
- **Porcentaje de Personal Capacitado:** Este indicador será de uso exclusivo para las capacitaciones, demostrando que cantidad de trabajadores formaron parte de las capacitaciones propuestas anteriormente.

De igual manera se deberá medir cada tipo de residuo generado al menos una vez al mes.

La implementación de estos indicadores se dará dentro del sistema de gestión ambiental establecido en la organización y se podrán visualizar en el registro de control de residuos. El encargado de medirlos dependerá de quien pesa y registra los resultados en el sistema. Los indicadores descritos deberán de ser medidos al menos una vez al mes, con excepción del indicador de personal capacitado que se medirá posterior a cada capacitación. Los indicadores descritos buscan cumplir con exigencias de la compañía de reducir al año al menos un 5% de los residuos no

valorizables, sin embargo, se esperaría que la reducción sobrepase este porcentaje requerido. Sumado a esto se esperaría que la conciencia ambiental crezca dentro de la organización y se convierta en una cultura de la organización

CAPÍTULO VI: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

6.1 Conclusiones

Este proyecto permitió evaluar la gestión ambiental del departamento de producción de Maccaferri de Centroamérica. De esta manera se lograron identificar distintos puntos de mejora relacionadas a la gestión ambiental. Con base en datos históricos y observaciones realizadas durante visitas de campo se lograron definir una serie de problemas relacionados a la separación de residuos, falta de estandarización de prácticas medioambientales y problemas relacionados al manejo de los residuos.

Se contó con datos históricos sobre la medición de la cantidad de residuos generados, los cuales contienen la clasificación de estos, lo que permitió posteriormente realizar análisis estadísticos.

Durante la fase de análisis de causas raíz se utilizaron diversas herramientas como diagramas de Pareto, Ishikawa y multivoto. Con la aplicación de estas herramientas se determinó que los problemas relacionados a residuos generados correspondían a falta de capacitación en la gestión de residuos, problemas de ubicación de contenedores y derrames de fluidos.

Con base en las causas raíz se diseñaron propuestas de mejora que contienen programas de capacitación para mejorar la conciencia ambiental y la gestión de residuos, reubicación de contenedores y disminución del material de embalaje. Estas serán controladas mediante la utilización de indicadores como el peso de los residuos generados, el porcentaje de errores de separación, cantidad de personal capacitado y cantidad de material absorbente utilizado. De esta manera se cierra el ciclo DMAIC, permitiendo que se pueda dar seguimiento y realizar cambios en caso de ser necesario.

Se puede concluir que mediante la aplicación de herramientas y técnicas de la ingeniería industrial se puede abordar de manera efectiva problemáticas ambientales dentro de la organización no solo mediante mejoras técnicas, sino que también impulsa cambios en la cultura organizacional con el fin de operar de manera más sostenible. Estas herramientas y mejoras también contribuyen al cumplimiento de la Ley 8839 y permiten fortalecer la certificación ISO 14001:2015 con la que cuenta la organización actualmente.

6.2 Recomendaciones

Con el fin de asegurar buenos resultados, se recomienda seguir el orden establecido por los pesos establecidos para cada causa raíz, de manera que se logren atacar los problemas percibidos como más importantes, sumado a esto mantener el monitoreo periódico de los indicadores establecidos para poder evaluar las acciones implementadas y tomar decisiones correctivas cuando corresponda.

Adicionalmente se recomienda establecer un programa de auditorías internas que permitan identificar si se está dando una correcta separación de los residuos y el cumplimiento de los puntos establecidos durante las capacitaciones cada 6 meses que devuelvan una retroalimentación al personal operativo con el fin de establecer acciones correctivas en caso de ser necesario.

Finalmente, se recomienda evaluar la posibilidad de expandir las propuestas de mejora a otras áreas de la empresa cuando sean aplicables con el fin de disminuir el impacto ambiental de toda la operación en la organización y mejorar la conciencia ambiental a todo el personal de la organización.

Mediante este proyecto y propuestas se espera una disminución de al menos 5% en la cantidad de residuos generados, sin embargo, es esperable que la cifra pueda ser mayor.

CAPÍTULO VII: BIBLIOGRAFÍA

Baca, G. (2014). *Introducción a la ingeniería industrial*. Grupo Editorial Patria.

<https://elibro-net-uh.knimbus.com/es/ereader/bibliouh/39448>

Flores, Ó. (2022). *Propuesta para la optimización de la capacidad y rendimiento del proceso de selección y clasificación de materiales en el área de gestión ambiental. En Poás de Alajuela, costa rica durante el II semestre del 2021.*

<https://dspace-uh-tmp.igniteonline.la/handle/123456789/7093>

Gelves, O., & Guarín, N. (2025). *Estrategias Avanzadas para la Gestión de la Producción*. Editorial Neogranadina.

<https://ebookcentral.una.elogim.com/lib/sidunalibro->

[ebooks/reader.action?docID=32189974&ppg=2&c=UERG](https://ebookcentral.una.elogim.com/lib/sidunalibro-ebooks/reader.action?docID=32189974&ppg=2&c=UERG)

González, O. (2024). *Fundamentos de Ingeniería Industrial : Una Visión Actualizada Desde Su Definición, Currículo, Estudio y Aplicaciones*. Ecoe Ediciones

México. <https://ebookcentral.una.elogim.com/lib/sidunalibro->

[ebooks/detail.action?docID=31735216](https://ebookcentral.una.elogim.com/lib/sidunalibro-ebooks/detail.action?docID=31735216)

Hernández, M. (2019). *Propuesta De Un Plan De Gestión Ambiental Institucional (Pgai) En La Municipalidad De Puriscal, Según Lo Establecido En El Decreto Ejecutivo N.º 36499-S-Minaet, Durante El I Semestre Del 2019.* <https://dspace-uh-tmp.igniteonline.la/handle/cenit/5572>

ISO. (2015). *ISO 14001:2015(es)*. <https://www.iso.org/obp/ui#iso:std:iso:14001:ed-3:v1:es>

ISO. (s.f.). *ISO-Normas*. <https://www.iso.org/es/normas>

ISO. (s.f.). *ISO-Sobre Nosotros*. <https://www.iso.org/es/sobre>

Ley para la Gestión Integral de Residuos n.°8839. (13 de Julio de 2010). *La Gaceta n.°135 del 13 de Julio de 2010*.

https://pgrweb.go.cr/scij/Busqueda/Normativa/Normas/nrm_texto_completo.aspx?nValor1=1&nValor2=68300

Maccaferri. (s.f.). *Maccaferri*.

https://www.maccaferri.com/latam/?gad_source=1&gad_campaignid=17153573491&gbraid=0AAAAABtpH2WFqG0h-B1yW2Cg-E-x2g--2&gclid=Cj0KCQjwo63HBhCKARIsAHOHV_VtDNRW7ymCqHbOySoYOY-RPPVMKz3jyouuqQatHXA7W1t52u5ntywaAgs2EALw_wcB

Maccaferri. (s.f.). *Maccaferri*. <https://www.maccaferri.com/latam/vision-mision/>

Mairena, J. (2025). *Propuesta de mejora en el proceso de gestión de los residuos sólidos ordinarios en la municipalidad de Tarrazú en el segundo cuatrimestre 2024*. <https://dspace-uh-tmp.igniteonline.la/handle/123456789/9033>

Ministerio de Trabajo y Seguridad Social. (2026). Lista de Salarios Mínimos por Ocupación:

https://drive.google.com/file/d/1hTlXhJuf73bi58CdZvA2FyJxmDM9m9U_/view

Montoya, C. (2023). *Fundamentos de ingeniería industrial*.

<https://repositorio.unal.edu.co/handle/unal/84710>

Pons, B., Gisbert, V., & Pérez, A. (2018). Metodología Six Sigma. Comparación entre ciclo PDCA y DMAIC. *Cuadernos de Investigación Aplicada*(2), 27-34.

<https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=7173589>

Quesada, M. (2020). *Implementación de un Programa de Gestión de Residuos en la Empresa Alimentos Prosalud S.A en el año 2020*. <https://dspace-uh-tmp.igniteonline.la/handle/cenit/6177>

Reglamento General a la Ley para la Gestión Integral de Residuos N° 37567-S-MINAET-H. (20 de Mayo de 2013).
https://pgrweb.go.cr/scij/Busqueda/Normativa/Normas/nrm_texto_completo.aspx?param1=NRTC&nValor1=1&nValor2=74462&nValor3=0&strTipM=TC

Rojas, K. (2021). *Aplicación de lean manufacturing, para la mejora de la productividad en el Centro de Recuperación de Residuos Valorizables; durante el primer semestre del año 2021*. <https://dspace-uh-tmp.igniteonline.la/handle/123456789/6563>

Rubio, E. (2025). *Gestión integral de residuos*. RA-MA Editorial. <https://elibro-net-uh.knimbus.com/es/ereader/bibliouh/285281>

Socconini, L. (2024). *Lean Manufacturing: Step by Step*. Marge Books. <https://elibro-net-uh.knimbus.com/es/ereader/bibliouh/260274>

CAPÍTULO VIII: ANEXOS

8.1 Datos Históricos de Residuos de Septiembre del 2024 a Final de Septiembre del 2025

Fecha	Categoría residuo	Tipo de residuo	Cantidad (kg)
2/9/2024	Ordinario	No valorizable	65
5/9/2024	Ordinario	No valorizable	45
9/9/2024	Ordinario	No valorizable	51
12/9/2024	Ordinario	No valorizable	45
16/9/2024	Ordinario	No valorizable	59
19/9/2024	Ordinario	No valorizable	60
23/9/2024	Ordinario	No valorizable	55
26/9/2024	Ordinario	No valorizable	75
30/9/2024	Ordinario	No valorizable	36
3/10/2024	Ordinario	No valorizable	43
7/10/2024	Ordinario	No valorizable	56
10/10/2024	Ordinario	No valorizable	45
14/10/2024	Ordinario	No valorizable	53
17/10/2024	Ordinario	No valorizable	85
21/10/2024	Ordinario	No valorizable	63
24/10/2024	Ordinario	No valorizable	70
28/10/2024	Ordinario	No valorizable	71
31/10/2024	Ordinario	No valorizable	48
4/11/2024	Ordinario	No valorizable	58
7/11/2024	Ordinario	No valorizable	70
11/11/2024	Ordinario	No valorizable	35
14/11/2024	Ordinario	No valorizable	55
18/11/2024	Ordinario	No valorizable	49
21/11/2024	Ordinario	No valorizable	44
25/11/2024	Ordinario	No valorizable	34
28/11/2024	Ordinario	No valorizable	45
2/12/2024	Ordinario	No valorizable	51
5/12/2024	Ordinario	No valorizable	39
9/12/2024	Ordinario	No valorizable	49
12/12/2024	Ordinario	No valorizable	52
16/12/2024	Ordinario	No valorizable	36
19/12/2024	Ordinario	No valorizable	25
2/1/2025	Ordinario	No valorizable	55
6/1/2025	Ordinario	No valorizable	40

9/1/2025	Ordinario	No valorizable	68
13/1/2025	Ordinario	No valorizable	62
16/1/2025	Ordinario	No valorizable	45
20/1/2025	Ordinario	No valorizable	60
23/1/2025	Ordinario	No valorizable	50
27/1/2025	Ordinario	No valorizable	35
30/1/2025	Ordinario	No valorizable	44
3/2/2025	Ordinario	No valorizable	48
6/2/2025	Ordinario	No valorizable	70
10/2/2025	Ordinario	No valorizable	83
13/2/2025	Ordinario	No valorizable	60
17/2/2025	Ordinario	No valorizable	52
20/2/2025	Ordinario	No valorizable	68
24/2/2025	Ordinario	No valorizable	60
27/2/2025	Ordinario	No valorizable	49
3/3/2025	Ordinario	No valorizable	58
6/3/2025	Ordinario	No valorizable	65
10/3/2025	Ordinario	No valorizable	65
13/3/2025	Ordinario	No valorizable	55
13/3/2025	Peligroso	Aceite usado	208,19
17/3/2025	Ordinario	No valorizable	57
20/3/2025	Ordinario	No valorizable	66
24/3/2025	Ordinario	No valorizable	57
27/3/2025	Ordinario	No valorizable	40
31/3/2025	Ordinario	No valorizable	45
2/4/2025	Ordinario	Papel	2024
2/4/2025	Ordinario	Cartón	545,5
2/4/2025	Ordinario	Plástico	29,5
2/4/2025	Ordinario	Aluminio	1,5
2/4/2025	Ordinario	Vidrio	13,5
2/4/2025	Ordinario	Sacos	304
2/4/2025	Ordinario	Ampos	295
3/4/2025	Ordinario	No valorizable	43
7/4/2025	Ordinario	No valorizable	39
10/4/2025	Ordinario	No valorizable	46
14/4/2025	Ordinario	No valorizable	57
17/4/2025	Ordinario	No valorizable	42
21/4/2025	Ordinario	No valorizable	37
24/4/2025	Ordinario	No valorizable	44
28/4/2025	Ordinario	No valorizable	72
1/5/2025	Ordinario	No valorizable	46
5/5/2025	Ordinario	No valorizable	59

8/5/2025	Ordinario	No valorizable	51
12/5/2025	Ordinario	No valorizable	53
15/5/2025	Ordinario	No valorizable	59
19/5/2025	Ordinario	No valorizable	60
22/5/2025	Ordinario	No valorizable	55
26/5/2025	Ordinario	No valorizable	49
29/5/2025	Ordinario	No valorizable	60
2/6/2025	Ordinario	No valorizable	48
5/6/2025	Ordinario	No valorizable	51
9/6/2025	Ordinario	No valorizable	45
12/6/2025	Ordinario	No valorizable	57
12/6/2025	Ordinario	Cartón	92
12/6/2025	Ordinario	Plástico	20,5
12/6/2025	Ordinario	Tapas	237,5
12/6/2025	Ordinario	Papel	111,5
16/6/2025	Ordinario	No valorizable	55
19/6/2025	Ordinario	No valorizable	40
23/6/2025	Ordinario	No valorizable	68
26/6/2025	Ordinario	No valorizable	48
30/6/2025	Ordinario	No valorizable	70
3/7/2025	Ordinario	No valorizable	83
7/7/2025	Ordinario	No valorizable	60
10/7/2025	Ordinario	No valorizable	52
14/7/2025	Ordinario	No valorizable	68
17/7/2025	Ordinario	No valorizable	49
21/7/2025	Ordinario	No valorizable	58
24/7/2025	Ordinario	No valorizable	65
28/7/2025	Ordinario	No valorizable	57
31/7/2025	Ordinario	No valorizable	57
4/8/2025	Ordinario	No valorizable	45
7/8/2025	Ordinario	No valorizable	55
11/8/2025	Ordinario	No valorizable	40
14/8/2025	Ordinario	No valorizable	83
18/8/2025	Ordinario	No valorizable	65
21/8/2025	Ordinario	No valorizable	39
25/8/2025	Ordinario	No valorizable	46
28/8/2025	Ordinario	No valorizable	72
1/9/2025	Ordinario	No valorizable	59
4/9/2025	Ordinario	No valorizable	49
8/9/2025	Ordinario	No valorizable	48
11/9/2025	Ordinario	No valorizable	57
15/9/2025	Ordinario	No valorizable	48

18/9/2025	Ordinario	No valorizable	52
22/9/2025	Ordinario	No valorizable	58
25/9/2025	Ordinario	No valorizable	57
29/9/2025	Ordinario	No valorizable	45

8.2 Presentación para Capacitación para el Manejo Correcto de Derrames de Aceite

Capacitación para el Manejo Correcto de Derrames de Aceite

Maccaferri de Centroamérica Ltda.
2026

Características de la Capacitación:

Objetivo: La primera sección de esta capacitación se compone de la identificación de derrames de acorde a su volumen, estos podrán ser leves como lo son salpicaduras, luego moderado como goteos y finalmente crítico como flujos constantes. La siguiente sección consiste en la respuesta a los derrames, aquí será necesario identificar la fuente del derrame, contener el derrame, utilizar el material absorbente adecuado, disponer correctamente de los residuos generados y finalmente generar un reporte sobre el derrame. La próxima sección contiene aspectos relacionados al uso racional de recursos como lo son los materiales absorbentes como lo pueden ser paños o arena absorbente y analizar si el material utilizado puede ser reutilizado. Adicionalmente se buscan otras maneras de evitar que se tengan que utilizar materiales de contención desechables. Finalmente se deben de prevenir los derrames y tratarse lo más pronto posible, sumado a esto se sugiere fortalecer programas de mantenimiento preventivo que eviten fugas de aceite.

Dirigido a: Colaboradores de Planta de Producción

Duración: 30 minutos

Metodología: Presencial

Recursos: Sala de reuniones con acceso a computadora, proyector o pantalla.

Importancia del Manejo Correcto de Derrames de Aceite

Los derrames de aceite presentan un riesgo ambiental debido a su capacidad para contaminar superficies, agua, generar residuos peligrosos y aumentar la posibilidad de accidentes laborales. El correcto manejo busca reducir impactos ambientales y mejorar el desempeño de la organización, disminuir riesgos laborales y minimizar desperdicios.

3

Principales Causas

Salpicaduras

- Debido a la naturaleza del proceso productivo es normal que máquinas y equipos puedan salpicar aceite en los suelos y superficies.

Mala manipulación

- La mala manipulación de aceites tanto nuevos como usados pueden ocasionar derrames

Falta de Mantenimiento

- La falta de mantenimiento preventivo puede ocasionar fallas en los sistemas de las máquinas encargados de la entrega de aceite resultando en grandes derrames de aceite.

4

Tipos de Derrames

Leves

- Se pueden clasificar como leves aquellos derrames que consistan en salpicaduras.

Moderados

- Los derrames moderados se pueden clasificar como aquellos que con el pasar del tiempo se puede acumular el fluido. Un ejemplo de esto son goteos constantes.

Críticos

- Esta ultima clasificación consiste en flujos constantes de aceite que se derraman.

5

Materiales de Contención

Para contener derrames de aceite se van a utilizar distintos productos:

- Material absorbente granular será utilizado siempre y cuando sean derrames de gran tamaño que deban ser controlados rápidamente.
- Paños o almohadillas absorbentes podrán ser utilizados en derrames moderados y para limpiar salpicaduras.
- Bandejas de contención serán utilizadas en áreas de las máquinas propensas a salpicaduras y derrames de aceites.

6

Prevención de Derrames

Las salpicaduras muchas veces pueden ser inevitables, sin embargo, hay situaciones que pueden prevenirse con tal de evitar derrames. Para esto se busca que ante la presencia de cualquier fuga de aceite se alerte y se registre ante el personal de mantenimiento con tal de evitar fugas de mayor tamaño.

Los programas de mantenimiento preventivo podrán modificarse acorde a la periodicidad de fugas de aceite detectadas.

7

Gracias

Espacio para Consultas

8

8.3 Presentación para Capacitación para la Gestión Integral de Residuos

Capacitación para la Gestión Integral de Residuos

Maccaferri de Centroamérica Ltda.
2026

Características de la Capacitación:

Objetivo: Los contenidos de esta capacitación incluyen la descripción general de la ley 8839 y la norma ISO 14001:2015. Posteriormente demostrar las clasificaciones definidas en la ley para los residuos (ordinarios o no valorizables, reciclables o valorizables y peligrosos). Las consecuencias ambientales, legales y económicas de no tener una gestión correcta de los residuos. Y finalmente definir la responsabilidad de los colaboradores para que se logre dar una correcta gestión de los residuos.

Dirigido a: Colaboradores de Planta de Producción

Duración: 20-30 minutos

Metodología: Presencial

Recursos: Sala de reuniones con acceso a computadora, proyector o pantalla.

¿Qué es la Gestión Integral de Residuos y su Importancia?

La gestión integral de residuos tiene como meta darle un manejo a los residuos de tal manera que se dé en una economía circular, en donde los residuos generados sean aprovechados de forma continua, es decir, dándoles valor. Mediante este modelo se busca reducir la cantidad de residuos que terminan en rellenos sanitarios y que más bien logren adquirir algún valor.

3

Legislación y Normativa

Ley para la Gestión Integral de Residuos n.º8839

- Esta ley busca la gestión integral de residuos para garantizar el derecho de la población de gozar de un ambiente sano en el que la salud pública no peligre. La ley busca evitar un mal manejo de los residuos, una producción más limpia y un consumo sostenible de bienes.

Norma ISO14001:2015

- Esta norma brinda un marco de referencia a la organización para establecer un sistema de gestión ambiental que permita proteger el medio ambiente y responder ante condiciones cambiantes. Sin embargo, esta norma no garantiza una gestión óptima, pero sí brinda herramientas para monitorear la gestión de los residuos y tomar decisiones con base en estos datos.

4

Tipos de Residuos Generados en la Organización

Ordinarios o No Valorizables

- Todos aquellos que son generados en viviendas o en caso de que no se genere en una vivienda debe de poseer una composición parecida a los residuos residenciales

Reciclables o Valorizables

- Todos aquellos que pueden ser reutilizados, reciclados o valorizados tales como papelería, plásticos, aluminio, etc.

Peligrosos

- Todo aquel que por su capacidad de reaccionar químicamente y sus características tóxicas, corrosivas, radioactivas, biológicas, bio infecciosas y/o inflamables que puedan ocasionar daños a la salud de las personas o causar daños medioambientales

5

Consecuencias de la Mala Gestión Ambiental

Contaminación

- La mala gestión ambiental puede causar daños severos a los ecosistemas.

Riesgos

- No solo existe la posibilidad de contaminar el medio ambiente, el mal manejo de residuos puede ocasionar problemas de salud en las personas, tanto por el contacto con sustancias tóxicas como por el riesgo biológico que se puede dar a raíz de la acumulación de residuos.

Costos

- La mala gestión ambiental puede ocasionar un incremento de costos a la hora de contratar servicios para el tratamiento de los residuos, sumado a esto, se pueden percibir menos ingresos por parte de los residuos valorizables si estos terminan en los residuos ordinarios.

Incumplimiento de la Legislación

- El incumplimiento de la legislación puede resultar en multas económicas, obligaciones de reparar daños, suspensión de permisos y hasta consecuencias penales.

6

Responsabilidades Individuales

Cada persona tiene una responsabilidad individual de cuidar el medio ambiente mediante una gestión integral de los residuos, por lo que las personas deben comprometerse a darle un correcto manejo de los residuos, es decir, desechar los residuos en sus correspondientes lugares y según su clasificación, buscar reducir los residuos generados, en conjunto se puede llegar a obtener resultados positivos.

7

Gracias

Espacio para Consultas

8

8.4 Presentación para Capacitación sobre la Correcta Segregación de Residuos y Puntos de Desecho

Capacitación Sobre la Correcta Segregación de Residuos y Puntos de Desecho

Maccaferri de Centroamérica Ltda.
2026

Características de la Capacitación:

Objetivo: Esta capacitación contiene el uso adecuado de los contenedores de residuos que se ubican a lo largo de toda la planta, y ejemplificando visualmente que tipo de residuos se pueden desechar en cada tipo de contenedor. Sumado a esto recordar al personal los distintos puntos donde se encuentran los contenedores y de que tipo hay. Mostrar con ejemplos propios y visuales de la organización demostrar errores que se han detectado y que están directamente relacionados a la mala separación de los residuos.

Dirigido a: Colaboradores de Planta de Producción

Duración: 15 minutos

Metodología: Presencial

Recursos: Sala de reuniones con acceso a computadora, proyector o pantalla.

Importancia de la Segregación de Residuos

La importancia de la correcta separación de los residuos consiste en la reducción de residuos ordinarios, facilitando el reciclaje de residuos que pueden ser valorizados. La correcta segregación no solo significa que se reduce el impacto ambiental de los residuos, si no que puede existir una reducción de los costos asociados a la valorización de los residuos reciclables.

3

Clasificación de los Residuos en la Planta y sus Contenedores

Peligrosos

- Aceites
- Trapos, guantes y otros residuos que contengan aceites.
- Envases de productos contaminados con otros químicos.

Reciclables

- Residuos Orgánicos
- Envases plásticos, de tetra pack, aluminio y papel o cartón.

Ordinarios

- Envases contaminados con comida
- Basura común

4

Ejemplo de Mala Clasificación

Residuos Contaminados

- Se puede observar la presencia de un vaso desechable contaminado con alguna bebida en el contenedor diseñado para papel o cartón limpio, por lo cual los contenidos de este contenedor deben de catalogarse como residuos ordinarios y no como reciclables y por tanto ya no son valorizables.



5

Buenas Prácticas

- Uso correcto de los contenedores según su clasificación y su descripción.
- Evitar disponer residuos contaminados con aceite en contenedores para residuos ordinarios y/o reutilizables.
- Mantener los contenedores en sus posiciones asignadas.
- No bloquear ni limitar el acceso a los contenedores de para residuos.
- Trasladar los residuos a su zona asignada una vez que estos están llenos.

6

Gracias

Espacio para Consultas

8.5 Presentación para Capacitación sobre Mejora Continua y 5S

Capacitación sobre Mejora Continua y 5S

Maccaferri de Centroamérica Ltda.
2026

Características de la Capacitación:

Objetivo: Esta capacitación tiene como finalidad introducir al personal los conceptos de mejora continua y 5S de manera tal que serán aplicados a la gestión ambiental y como una forma de crear la cultura organizacional con la visión de que se expanda más allá de los aspectos ambientales.

Dirigido a: Colaboradores de Planta de Producción

Duración: 20-30 minutos

Metodología: Presencial

Recursos: Sala de reuniones con acceso a computadora, proyector o pantalla.

¿Qué es la Mejora Continua?

Consiste en una filosofía que surge a partir del ideal de que siempre existe una manera mejor de realizar las cosas. El objetivo de la mejora continua consiste en la utilización de una serie de herramientas que busca mejorar la eficiencia de los procesos productivos y mejorar el valor de bienes o servicios brindados.

3

Beneficios de la Mejora Continua

Productividad

- Mejora la productividad debido a la búsqueda de mejoras pequeñas que en conjunto logran mejorar la productividad.

Ambiente Laboral

- La mejora continua ayuda a mejorar el ambiente laboral, de manera que se le da la capacidad a los colaboradores de trabajar en conjunto para mejorar los procesos de la organización.

Orden

- Los procesos se vuelven más metódicos y ordenados. Estos deben ser documentados con el fin de estandarizar los procesos y documentar sus mejoras.

Contribución a la Gestión de Residuos

- Las mejoras propuestas en materia ambiental permitirán que el desempeño ambiental y la huella ambiental de cada colaborador mejore, de manera que se reduzcan los residuos generados.

4

¿Qué es la metodología de las 5S?

La metodología de las 5S es una herramienta de la mejora continua, este método de origen japonés se compone de 5 fundamentos basados en palabras japonesas. Estas son: Seiri (clasificación), Seiton (orden), Seiso (limpieza), Seiketsu (estandarizar) y Shitsuke (disciplina). (Gelves y Guarín, 2025, p. 17)



Las 5S

- Busca eliminar cualquier elemento innecesario del espacio de trabajo

Seiri

- Se acomoda los elementos necesarios para ser accedidos con mayor facilidad.

Seiton

- Se debe mantener limpia el área de trabajo

Seiso

- Estandarización de las acciones tomadas previamente

Seiketsu

- Es la disciplina necesaria para mantener los cambios realizados durante las primeras 4S.

Shitsuke

Importancia de la Participación de los Colaboradores

- La importancia de los colaboradores radica en que todos viven el día a día en ambientes productivos, donde a diario encuentran una serie de problemas que podrían ser resueltos de distintas maneras. Los colaboradores pueden colaborar a la encontrar estos problemas, documentarlos y proponer ideas que permitan corregir estos problemas de una manera sencilla y económica mediante pequeños cambios.

7

Gracias

Espacio para Consultas

8

8.6 Guía para Estandarización para la Separación de Residuos

GUÍA VISUAL PARA LA CORRECTA SEPARACIÓN DE LOS RESIDUOS

I. Objetivo:

Brindar una referencia visual estandarizada para la correcta segregación de residuos dentro del área de producción para disminuir errores de clasificación de residuos y mejorar la gestión ambiental de la organización.

II. Instrucciones generales:

- Colocar los residuos en su respectivo recipiente según el tipo de residuo.
- No colocar residuos contaminados en recipientes que contengan residuos valorizables o reciclables.
- Reportar recipientes llenos con el fin de que puedan ser vaciados en el área designada al almacenaje de residuos.
- Reportar recipientes faltantes o dañados.

III. Clasificación de Residuos:

Tipo de Residuo	Color de Recipiente / Clasificación	Contenidos	Observaciones
Ordinarios	Negro	Empaques de comida sucios, residuos de barrido, residuos no valorizables	No mezclar con reciclables, orgánicos ni peligrosos.
Reciclables	Gris	Papel, cartón, cajas limpias	Mantener secos y libres de grasas y aceites.
	Amarillo	Latas de aluminio y otros envases metálicos	Limpiar y vaciar los envases antes de desecharlos
	Azul	Envases plásticos, bolsas	Limpiar y vaciar los envases antes de desecharlos

		plásticas limpias y envases Tetrapak	
Orgánicos	Verde	Restos de comida y residuos biodegradables	No depositar otro tipo de residuo
Peligrosos	Trapos y Guantes con Aceite	Trapos y guantes de tela impregnados con aceite	No mezclar con ningún otro tipo de residuo
	Latas en Spray	Latas de aerosol vacías	No exponer al calor, no perforarlas
	Envases de Productos Contaminados	Envases de químicos, solventes o lubricantes	Mantener cerrados e identificados
	Guantes de Cuero con Aceite	Guantes de cuero impregnados con aceites	Desechar hasta que no se puedan utilizar más

IV. Ejemplos Visuales

4.1. Residuos Ordinarios:

Ilustración 1 Empaques de comida sucios



Fuente: 123RF https://es.123rf.com/photo_58909211_contenedores-de-alimentos-de-espuma-en-el-dep%C3%B3sito-problemas-ambientales-y-para-llevar-la-comida.html

Ilustración 2 Residuos de Barrido



Fuente: 123RF https://es.123rf.com/photo_197480079_barrido-de-basura-con-escoba-de-pl%C3%A1stico-de-cerca.html

4.2. Residuos Reciclables:

4.2.1. Recipiente Gris:

Ilustración 3 Papel y Cartón



Fuente: Regusa CR <https://regusa-cr.com/estrategia-nacional-de-reciclaje/>

4.2.2. Recipiente Amarillo:

Ilustración 4 Latas de Aluminio



Fuente: Gadisa Retail <https://www.gadisaretail.es/blog/reciclaje-de-aluminio/>

4.2.3. Recipiente Azul:

Ilustración 5 Botellas Plásticas



Fuente: BBC <https://www.bbc.com/mundo/noticias-40664725>

Ilustración 6 Bolsas Plásticas



Fuente: Residuos Profesional <https://www.residuosprofesional.com/senegal-prohibe-bolsas-plastico/>

Ilustración 7 Residuos de Tetra Pak



Fuente: Reciclando en tu Planeta
<http://reciclandoentuplaneta.blogspot.com/2013/11/productos-obtenidos-partir-de-envases.html>

4.3. Residuos Orgánicos:

Ilustración 8 Residuos Orgánicos



Fuente: Encolombia <https://encolombia.com/medio-ambiente/interes-a/residuos-organicos/>

4.4. Residuos Peligrosos:

4.4.1. Trapos y Guantes con Aceite:

Ilustración 9 Trapos con Aceite



Fuente: Dreamstime <https://es.dreamstime.com/foto-de-archivo-trapos-sucios-en-aceite-como-fondo-image97846054>

Ilustración 10 Guantes de Tela con Aceite



Fuente: [Dreamstime https://es.dreamstime.com/un-mec%C3%A1nico-que-lleva-guantes-blancos-de-tela-manchados-con-aceite-en-una-bicicleta-monta%C3%B1a-retira-el-equipo-para-repararlo-usa-image241295142](https://es.dreamstime.com/un-mec%C3%A1nico-que-lleva-guantes-blancos-de-tela-manchados-con-aceite-en-una-bicicleta-monta%C3%B1a-retira-el-equipo-para-repararlo-usa-image241295142)

4.4.2. Latas de Spray:

Ilustración 11 Latas en Spray Usadas



Fuente: [iStock https://www.istockphoto.com/es/foto/latas-de-spray-pintura-en-aerosol-y-latas-de-aerosol-gm1488962621-513985865](https://www.istockphoto.com/es/foto/latas-de-spray-pintura-en-aerosol-y-latas-de-aerosol-gm1488962621-513985865)

4.4.3. Envases de Productos Contaminados:

Ilustración 12 Envases de Productos Químicos Contaminados



Fuente: Intagri <https://www.intagri.com/articulos/fitosanidad/tecnica-del-triple-lavado-de-envases-de-plaguicidas>

4.4.4. Guantes de Cuero con Aceite:

Ilustración 13 Guantes de Cuero con Aceite

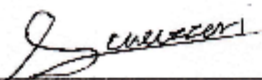


Fuente: Dreamstime <https://es.dreamstime.com/ci%C3%A9rese-para-arriba-de-guantes-cuero-gastados-del-trabajo-en-el-fondo-madera-manchado-con-la-grasa-y-aceite-industrial-e-image149713976>

8.7 Declaración Jurada de la originalidad del proyecto

DECLARACIÓN JURADA

Yo Stefano Corazzari Herrera mayor de edad, portador de la cédula de identidad número 1-1865-0339 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 Bachillerato, juro solemnemente que mi trabajo de investigación titulado: IMPLEMENTACIÓN DE METODOLOGÍA DE MEJORA CONTINUA PARA LA GESTIÓN AMBIENTAL DEL DEPARTAMENTO DE PRODUCCIÓN DE MACCAFERRI DE CENTROAMÉRICA DURANTE EL PRIMER CUATRIMESTRE DE 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 tres días del mes de Marzo del año dos mil veintiséis.



Firma del estudiante

Cédula | -1865-0339

8.8 Evaluación del proyecto por parte del responsable de la organización

Señores
Escuela de Ingeniería Industrial
Universidad Hispanoamericana

Estimados señores:

Me permito saludarle y a la vez comunicarle que el estudiante Stefano Corazzari Herrera, cédula 1-1865-0339, ha concluido exitosamente el proyecto de graduación para optar por el nivel de bachillerato en Ingeniería Industrial de la Universidad Hispanoamericana, en modalidad bimodal denominado: IMPLEMENTACIÓN DE METODOLOGÍA DE MEJORA CONTINUA PARA LA GESTIÓN AMBIENTAL DEL DEPARTAMENTO DE PRODUCCIÓN DE MACCAFERRI DE CENTROAMÉRICA DURANTE EL PRIMER CUATRIMESTRE DE 2026, a continuación, se presenta el desglose de la nota obtenida:

	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	N/A
1. Regularidad en la asistencia al trabajo y cumplimiento con el horario establecido										✓	
2. Cumplimiento de tareas que el desarrollo de su trabajo demanda										✓	
3. Cumplimiento de los reglamentos y normas existentes en la organización										✓	
4. Capacidad de proponer y/o aprender por sí mismo acciones tendientes a la mejora de su trabajo										✓	
5. Capacidad para identificar y analizar los problemas que se presentan										✓	
6. Capacidad para sacar conclusiones y recomendaciones										✓	
7. Capacidad para aplicar los conocimientos teóricos al trabajo práctico desarrollado										✓	
8. Capacidad para expresar sus ideas										✓	
9. Presentación personal adecuada a las exigencias de la organización										✓	
10. Capacidad para establecer y mantener relaciones adecuadas con otras personas										✓	
11. Capacidad para comunicar sus ideas, sugerencias y conocimientos de la organización									✓		
12. Grado de contribución del trabajo a la mejora de las actividades de la organización										✓	
13. Grado en que se cumplieron los objetivos planteados al inicio del desarrollo del proyecto										✓	
Sumatoria de puntos:	Nota: $\frac{\text{sumatoria de puntos}}{1300} = \frac{1290}{1300} = 99,23$										
Comentarios adicionales:											

Atentamente,

Carlos Joaquín Araya Ramírez
Gerente de Producción
Maccaferri de Centroamérica Ltda.
+506 7051 2832



8.9 Evaluación del proyecto por parte del tutor

CARTA DEL TUTOR

San José, 02 de marzo de 2026

Destinatario
Carrera
Universidad Hispanoamericana

Estimado señor:

El estudiante Stefano Corazzari Herrera, cédula de identidad número 1-1865-0339, me ha presentado, para efectos de revisión y aprobación, el trabajo de investigación denominado "**IMPLEMENTACIÓN DE METODOLOGÍA DE MEJORA CONTINUA PARA LA GESTIÓN AMBIENTAL DEL DEPARTAMENTO DE PRODUCCIÓN DE MACCAFERRI DE CENTROAMÉRICA DURANTE EL PRIMER CUATRIMESTRE DE 2026**", el cual ha elaborado para optar por el grado académico de Bachillerato en 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; conclusiones y recomendaciones.

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

a)	ORIGINAL DEL TEMA	10%	8%
b)	CUMPLIMIENTO DE ENTREGA DE AVANCES	20%	20%
C)	COHERENCIA ENTRE LOS OBJETIVOS, LOS INSTRUMENTOS APLICADOS Y LOS RESULTADOS DE LA INVESTIGACION	30%	28%
d)	RELEVANCIA DE LAS CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	20%	18%
e)	CALIDAD, DETALLE DEL MARCO TEORICO	20%	20%
	TOTAL		94%

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

Atentamente, **ELMER ZEPEDA ROMERO**
 (FIRMA)

Firmado digitalmente
 por ELMER ZEPEDA
 ROMERO (FIRMA)
 Fecha: 2026.03.02
 21:13:55 -06'00'

Nombre ELMER ZEPEDA ROMERO
Cédula identidad: 1-1181-0978

8.10 Evaluación del proyecto por parte del lector

San José, 12 de mayo de 2026

Señores

Registro

Universidad Hispanoamericana

Estimados señores:

El estudiante CORAZZARI HERRERA STEFANO, cédula de identidad 1-1865-0339, me ha presentado, para efectos de revisión y aprobación, el trabajo de investigación denominado: "IMPLEMENTACIÓN DE METODOLOGÍA DE MEJORA CONTINUA PARA LA GESTIÓN AMBIENTAL DEL DEPARTAMENTO DE PRODUCCIÓN DE MACCAFERRI DE CENTROAMÉRICA DURANTE EL PRIMER CUATRIMESTRE DE 2026", el cual ha elaborado para optar por el grado de Bachillerato en Ingeniería Industrial.

He revisado y he hecho las observaciones relativas al contenido analizado, particularmente, lo relativo al planteamiento de las propuestas y la estructura del documento. He verificado que se han hecho las modificaciones correspondientes a las observaciones indicadas.

Por consiguiente, este trabajo cuenta con mi aval para ser presentado en la defensa pública posterior a la revisión del Filólogo establecida.

Atentamente,



Johan Castro Vásquez

Cédula 1-1228-0842

8.11 Carta de Autorización de los Autores para la Consulta, la Reproducción Parcial o Total y Publicación Electrónica de los Trabajos Finales de Graduación

**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, 19 de mayo de 2026

Señores:


Universidad Hispanoamericana
Centro de Información Tecnológico (CENIT)

Estimados Señores:

El suscrito (a) Stefano Corazzari Herrera con número de identificación 118650339 autor (a) del trabajo de graduación titulado IMPLEMENTACIÓN DE METODOLOGÍA DE MEJORA CONTINUA PARA LA GESTIÓN AMBIENTAL DEL DEPARTAMENTO DE PRODUCCIÓN DE MAGCAFERRI DE CENTROAMÉRICA, DURANTE EL PRIMER CUATRIMESTRE DE 2026, presentado y aprobado en el año 2026 como requisito para optar por el título de Bachillerato SI 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,

 1-1865-0339

Firma y Documento de Identidad

**ANEXO 1 (Versión en línea dentro del Repositorio)
LICENCIA Y AUTORIZACIÓN DE LOS AUTORES PARA PUBLICAR Y
PERMITIR LA CONSULTA Y USO**

Parte 1. Términos de la licencia general para publicación de obras en el repositorio institucional

Como titular del derecho de autor, confiero al Centro de Información Tecnológico (CENIT) una licencia no exclusiva, limitada y gratuita sobre la obra que se integrará en el Repositorio Institucional, que se ajusta a las siguientes características:

- a) Estará vigente a partir de la fecha de inclusión en el repositorio, el autor podrá dar por terminada la licencia solicitándolo a la Universidad por escrito.
- b) Autoriza al Centro de Información Tecnológico (CENIT) a publicar la obra en digital, los usuarios puedan consultar el contenido de su Trabajo Final de Graduación en la página Web de la Biblioteca Digital de la Universidad Hispanoamericana
- c) Los autores aceptan que la autorización se hace a título gratuito, por lo tanto, renuncian a recibir beneficio alguno por la publicación, distribución, comunicación pública y cualquier otro uso que se haga en los términos de la presente licencia y de la licencia de uso con que se publica.
- d) Los autores manifiestan que se trata de una obra original sobre la que tienen los derechos que autorizan y que son ellos quienes asumen total responsabilidad por el contenido de su obra ante el Centro de Información Tecnológico (CENIT) y ante terceros. En todo caso el Centro de Información Tecnológico (CENIT) se compromete a indicar siempre la autoría incluyendo el nombre del autor y la fecha de publicación.
- e) Autorizo al Centro de Información Tecnológica (CENIT) para incluir la obra en los índices y buscadores que estimen necesarios para promover su difusión.
- f) Acepto que el Centro de Información Tecnológico (CENIT) pueda convertir el documento a cualquier medio o formato para propósitos de preservación digital.
- g) Autorizo que la obra sea puesta a disposición de la comunidad universitaria en los términos autorizados en los literales anteriores bajo los límites definidos por la universidad en las "Condiciones de uso de estricto cumplimiento" de los recursos publicados en Repositorio Institucional.

SI EL DOCUMENTO SE BASA EN UN TRABAJO QUE HA SIDO PATROCINADO O APOYADO POR UNA AGENCIA O UNA ORGANIZACIÓN, CON EXCEPCIÓN DEL CENTRO DE INFORMACIÓN TECNOLÓGICO (CENIT), EL AUTOR GARANTIZA QUE SE HA CUMPLIDO CON LOS DERECHOS Y OBLIGACIONES REQUERIDOS POR EL RESPECTIVO CONTRATO O ACUERDO.

8.12 Registros de tutorías

Universidad Hispanoamericana										
SEDE	HEREDIA									
FECHA	30/9/2025									
LUGAR	MICROSOFT TEAMS									
REGISTRO DE TUTORÍAS PARA TESINA										
SESIÓN	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
	X									
HORA DE INICIO				HORA DE CIERRE				PUNTUALIDAD		
5:30 pm				6:30				Sí		
TEMAS TRATADOS										
Presentación personal. Uso de las bitácoras para las tutorías. Tiempos estimados y plazos finales para la entrega de documentos y defensa de trabajo. Uso de la herramienta turn it in. Utilización de la Guía 02 para la elaboración del trabajo.										
ACUERDOS										
Completar capítulo 1 de la Guía 02 antes de la siguiente reunión.										
AVANCES										
N/A										
LIMITACIONES										
N/A										
PRÓXIMA SESIÓN:	14/10/2025	HORA	5:30	LUGAR	TEAMS					
FIRMA ESTUDIANTE:										
FIRMA TUTOR:	ELMER ZEPEDA ROMERO (FIRMA) <small>Firmado digitalmente por ELMER ZEPEDA ROMERO (FIRMA) Fecha: 2026.03.03 21:11:44 -06'00'</small>									

Universidad Hispanoamericana

SEDE	HEREDIA
FECHA	14/10/2025
LUGAR	MICROSOFT TEAMS

REGISTRO DE TUTORÍAS PARA TESINA

SESIÓN	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
		X								

HORA DE INICIO
5:30

HORA DE CIERRE
6:10

PUNTUALIDAD
Sí

TEMAS TRATADOS

Se hizo la revisión del Capítulo 1 y se explicó sobre la realización del Capítulo 2 de la Guía 02.

ACUERDOS

Se acordó realizar correcciones a distintos aspectos del Capítulo 1 y avanzar el Capítulo 2 para la próxima sesión de tutorías.

AVANCES

El capítulo 1 está casi terminado, sin embargo, requiere algunas correcciones.

LIMITACIONES

N/A

PRÓXIMA SESIÓN:	30/10/2025	HORA	11:00 am	LUGAR	TEAMS
------------------------	------------	-------------	----------	--------------	-------

FIRMA ESTUDIANTE:	
FIRMA TUTOR:	ELMER ZEPEDA ROMERO (FIRMA) <small>Firmado digitalmente por ELMER ZEPEDA ROMERO (FIRMA) Fecha: 2026.03.03 21:12:46 -06'00'</small>

Universidad Hispanoamericana

SEDE	HEREDIA
FECHA	30/10/2025
LUGAR	MICROSOFT TEAMS

REGISTRO DE TUTORÍAS PARA TESINA

SESIÓN	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
			X							

HORA DE INICIO
5:30

HORA DE CIERRE
6:10

PUNTUALIDAD
Sí

TEMAS TRATADOS

Se presenta un avance del capítulo 2 y correcciones del capítulo 1

ACUERDOS

Se acordó completar el Capítulo 2 para la próxima sesión de tutorías.

AVANCES

El capítulo 1 queda completado, el capítulo 2 presenta avances, se requieren algunas correcciones

LIMITACIONES

N/A

PRÓXIMA SESIÓN:	15/11/2025	HORA	11:00 am	LUGAR	TEAMS
------------------------	------------	-------------	----------	--------------	-------

FIRMA ESTUDIANTE:	
FIRMA TUTOR:	ELMER ZEPEDA ROMERO (FIRMA) <small>Firmado digitalmente por ELMER ZEPEDA ROMERO (FIRMA) Fecha: 2026.03.03 21:14:24 -06'00'</small>

Universidad Hispanoamericana

SEDE	HEREDIA
FECHA	15/11/2025
LUGAR	MICROSOFT TEAMS

REGISTRO DE TUTORÍAS PARA TESINA

SESIÓN	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
				X						

HORA DE INICIO
11:00 am

HORA DE CIERRE
11:30 am

PUNTUALIDAD
Sí

TEMAS TRATADOS

Se muestra completo el capítulo 2 y se explica marco metodológico

ACUERDOS

Se acordó completar el marco metodológico para la próxima reunión.


AVANCES

Se da el visto bueno a capítulos 1 y 2. Se deben de realizar ajustes al formato del documento.

LIMITACIONES

N/A

PRÓXIMA SESIÓN:	28/11/2025	HORA	5:30 pm	LUGAR	TEAMS
------------------------	------------	-------------	---------	--------------	-------

FIRMA ESTUDIANTE:	
FIRMA TUTOR:	ELMER ZEPEDA ROMERO (FIRMA) <small>Firmado digitalmente por ELMER ZEPEDA ROMERO (FIRMA) Fecha: 2026.03.03 21:15:11 -06'00'</small>

Universidad Hispanoamericana

SEDE	HEREDIA
FECHA	28/11/2025
LUGAR	MICROSOFT TEAMS

REGISTRO DE TUTORÍAS PARA TESINA

SESIÓN	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
					X					

HORA DE INICIO
5:30 pm

HORA DE CIERRE
6:00 pm

PUNTUALIDAD
Sí

TEMAS TRATADOS

Se muestra y se explica elaboración del marco metodológico. Se explica el capítulo 4 correspondiente al análisis de causas raíz.

ACUERDOS

Se acuerda iniciar el capítulo de análisis de causas raíz y realizar correcciones al marco metodológico.

AVANCES

Se da el visto bueno al marco metodológico siempre y cuando se realicen las correcciones mencionadas.

LIMITACIONES

N/A

PRÓXIMA SESIÓN:	18/12/2025	HORA	5:30	LUGAR	TEAMS
------------------------	------------	-------------	------	--------------	-------

FIRMA ESTUDIANTE:	
FIRMA TUTOR:	ELMER ZEPEDA ROMERO (FIRMA) <small>Firmado digitalmente por ELMER ZEPEDA ROMERO (FIRMA) Fecha: 2026.03.03 21:16:43 -06'00'</small>

Universidad Hispanoamericana

SEDE	HEREDIA
FECHA	18/12/2025
LUGAR	MICROSOFT TEAMS

REGISTRO DE TUTORÍAS PARA TESINA

SESIÓN	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
						X				

HORA DE INICIO
5:30 pm

HORA DE CIERRE
6:30 pm

PUNTUALIDAD
Sí

TEMAS TRATADOS

Se hace la revisión de correcciones al capítulo 3 y se presenta el capítulo 4 terminado. Se explica el capítulo 5.

ACUERDOS

Se compromete a presentar un avance del capítulo 5 para la próxima sesión.

AVANCES

Se da el visto bueno a capítulos 3 y 4.

LIMITACIONES

N/A

PRÓXIMA SESIÓN:	12/01/2026	HORA	5:30 pm	LUGAR	TEAMS
------------------------	------------	-------------	---------	--------------	-------

FIRMA ESTUDIANTE:	
FIRMA TUTOR:	ELMER ZEPEDA ROMERO (FIRMA) <small>Firmado digitalmente por ELMER ZEPEDA ROMERO (FIRMA) Fecha: 2026.03.03 21:17:23 -06'00'</small>

Universidad Hispanoamericana

SEDE	HEREDIA
FECHA	12/01/2026
LUGAR	MICROSOFT TEAMS

REGISTRO DE TUTORÍAS PARA TESINA

SESIÓN	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
							X			

HORA DE INICIO
5:30

HORA DE CIERRE
6:15

PUNTUALIDAD
Sí

TEMAS TRATADOS

Se presenta un avance al capítulo 5.

ACUERDOS

Se compromete a la finalización del capítulo 5 previo a la reunión próxima

AVANCES

Se da el visto bueno al avance presentado.

LIMITACIONES

N/A

PRÓXIMA SESIÓN:	22/01/2026	HORA	6:00 pm	LUGAR	TEAMS
------------------------	------------	-------------	---------	--------------	-------

FIRMA ESTUDIANTE:	
FIRMA TUTOR:	ELMER ZEPEDA ROMERO (FIRMA) <small>Firmado digitalmente por ELMER ZEPEDA ROMERO (FIRMA) Fecha: 2026.03.03 21:18:21 -06'00'</small>

Universidad Hispanoamericana

SEDE	HEREDIA
FECHA	22/01/2026
LUGAR	MICROSOFT TEAMS

REGISTRO DE TUTORÍAS PARA TESINA

SESIÓN	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
								X		

HORA DE INICIO
6:00 pm

HORA DE CIERRE
7:00 pm

PUNTUALIDAD
Si

TEMAS TRATADOS

Se revisa el capítulo 5 del proyecto y se explica importancia del multivoto.

ACUERDOS

Realizar multivoto para la siguiente sesión.

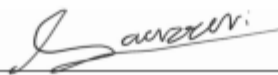
AVANCES

Se da un visto bueno a propuestas, sin embargo, se ocupa apoyo del multivoto

LIMITACIONES

N/A

PRÓXIMA SESIÓN:	23/02/2026	HORA	5:30 pm	LUGAR	TEAMS
------------------------	------------	-------------	---------	--------------	-------

FIRMA ESTUDIANTE:	
FIRMA TUTOR:	ELMER ZEPEDA ROMERO (FIRMA) <small>Firmado digitalmente por ELMER ZEPEDA ROMERO (FIRMA) Fecha: 2026.03.03 21:19:03 -06'00'</small>

Universidad Hispanoamericana

SEDE	HEREDIA
FECHA	23/02/2026
LUGAR	MICROSOFT TEAMS

REGISTRO DE TUTORÍAS PARA TESINA

SESIÓN	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
									X	

HORA DE INICIO
5:30

HORA DE CIERRE
6:30 pm

PUNTUALIDAD
Si

TEMAS TRATADOS

Se presenta el multivoto y las propuestas de mejora de acorde a los resultados del multivoto. Se presenta completa la sección de conclusiones y recomendaciones.

ACUERDOS

Completar secciones faltantes(resumen ejecutivo y anexos), se da el visto bueno de los temas tratados.

AVANCES

El trabajo está casi listo para revisiones finales

LIMITACIONES

N/A

PRÓXIMA SESIÓN:	26/02/2026	HORA	5:30 pm	LUGAR	TEAMS
------------------------	------------	-------------	---------	--------------	-------

FIRMA ESTUDIANTE:	
FIRMA TUTOR:	ELMER ZEPEDA ROMERO (FIRMA) <small>Firmado digitalmente por ELMER ZEPEDA ROMERO (FIRMA) Fecha: 2026.03.03 21:19:46 -06'00'</small>

Universidad Hispanoamericana

SEDE	HEREDIA
FECHA	26/02/2026
LUGAR	MICROSOFT TEAMS

REGISTRO DE TUTORÍAS PARA TESINA

SESIÓN	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
										X

HORA DE INICIO
5:30 pm

HORA DE CIERRE
6:30 pm

PUNTUALIDAD
Si

TEMAS TRATADOS

Se presenta el trabajo completo

ACUERDOS

Posteriormente se revisará por el tutor y lo pasará por el detector de plagio.

AVANCES

El trabajo está completo.

LIMITACIONES

N/A

PRÓXIMA SESIÓN:		HORA		LUGAR	
------------------------	--	-------------	--	--------------	--

FIRMA ESTUDIANTE:	
FIRMA TUTOR:	ELMER ZEPEDA ROMERO (FIRMA) <small>Firmado digitalmente por ELMER ZEPEDA ROMERO (FIRMA) Fecha: 2026.03.03 21:20:28 -06'00'</small>