



UNIVERSIDAD ESTATAL PENÍNSULA DE SANTA ELENA
FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA
CARRERA INGENIERÍA INDUSTRIAL

TEMA:

“MODELO DE LOGÍSTICA INVERSA PARA LA
SUSTENTABILIDAD AMBIENTAL DE LA EMPRESA DINAMO
CONSULTING S.A., UBICADA EN LA CIUDAD DE GUAYAQUIL -
ECUADOR”

TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR

Previo a la obtención del título de:

INGENIERO(A) INDUSTRIAL

AUTORA:

RODRÍGUEZ CORTEZ IVETTE ESTEFANÍA

TUTOR:

ING. MUYULEMA ALLAICA JUAN CARLOS MEng.

LA LIBERTAD - ECUADOR

2024

UNIVERSIDAD ESTATAL PENÍNSULA DE SANTA ELENA
FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA
CARRERA DE INGENIERÍA DE INDUSTRIAL

TEMA:

“MODELO DE LOGÍSTICA INVERSA PARA LA
SUSTENTABILIDAD AMBIENTAL DE LA EMPRESA DINAMO
CONSULTING S.A., UBICADA EN LA CIUDAD DE GUAYAQUIL -
ECUADOR”

TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR

AUTORA:

RODRÍGUEZ CORTEZ IVETTE ESTEFANÍA

TUTOR:

ING. MUYULEMA ALLAICA JUAN CARLOS MEng.

LA LIBERTAD – ECUADOR

2024

UPSE

CERTIFICACIÓN

Certificamos que el presente trabajo de titulación, fue realizado en su totalidad por **RODRÍGUEZ CORTEZ IVETTE ESTEFANÍA**, como requerimiento para la obtención del título de **Ingeniera Industrial**.

TUTOR (A)

f. 
Ing. Muyulema Allacia Juan Carlos MEng.

DIRECTOR DE LA CARRERA

f. 
Ing. Moreno Alcívar Lucrecia Cristina. PhD.

La Libertad, a los 26 días del mes de noviembre del año 2024

APROBACIÓN DEL TUTOR

Ing. Muyulema Allaica Juan Carlos MEng.
TUTOR DE PROYECTO DE INVESTIGACIÓN.
Universidad Estatal Península de Santa Elena

En mi calidad de Tutor del Trabajo de Titulación, modalidad Proyecto de Investigación “MODELO DE LOGÍSTICA INVERSA PARA LA SUSTENTABILIDAD AMBIENTAL DE LA EMPRESA DINAMO CONSULTING S.A., UBICADA EN LA CIUDAD DE GUAYAQUIL - ECUADOR”, elaborado por la Srta. RODRÍGUEZ CORTEZ IVETTE ESTEFANÍA, estudiante de la carrera de Ingeniería Industrial, Facultad de Ciencias de la Ingeniería de la Universidad Estatal Península de Santa Elena, previo a la obtención del título de Ingeniera Industrial, me permito declarar que luego de haberla dirigido, estudiado y revisado, apruebo en su totalidad el presente trabajo..

TUTOR (A):

f. 

Ing. Muyulema Allaica Juan Carlos MEng.

La Libertad, a los 26 días del mes de noviembre del año 2024

DECLARACIÓN DE RESPONSABILIDAD

Yo, **Rodríguez Cortez Ivette Estefanía**

DECLARO QUE:

El Trabajo de Titulación, “**MODELO DE LOGÍSTICA INVERSA PARA LA SUSTENTABILIDAD AMBIENTAL DE LA EMPRESA DINAMO CONSULTING S.A., UBICADA EN LA CIUDAD DE GUAYAQUIL - ECUADOR**” previo a la obtención del título de **Ingeniera Industrial**, ha sido desarrollado respetando derechos intelectuales de terceros conforme las citas que constan en el documento, cuyas fuentes se incorporan en las referencias o bibliografías. Consecuentemente este trabajo es de mi total autoría.

En virtud de esta declaración, me responsabilizo del contenido, veracidad y alcance del Trabajo de Titulación referido.

LA AUTORA:

f. Ivette Rodríguez C
Rodríguez Cortez Ivette Estefanía

La Libertad, a los 26 días del mes de noviembre del año 2024

AUTORIZACIÓN

Yo, **Rodríguez Cortez Ivette Estefanía**

Autorizo a la Universidad Península de Santa Elena la **publicación** en la biblioteca de la Institución del Trabajo de Titulación, “**MODELO DE LOGÍSTICA INVERSA PARA LA SUSTENTABILIDAD AMBIENTAL DE LA EMPRESA DINAMO CONSULTING S.A., UBICADA EN LA CIUDAD DE GUAYAQUIL - ECUADOR**”, cuyo contenido, ideas y criterios son de mi exclusiva responsabilidad y total autoría.

La Libertad, a los 26 días del mes de noviembre del año 2024

AUTORA:

f. Ivette Rodríguez C

Rodríguez Cortez Ivette Estefanía

CERTIFICADO DE ANTIPLAGIO

En calidad de tutor del trabajo de investigación para titulación del tema “**MODELO DE LOGÍSTICA INVERSA PARA LA SUSTENTABILIDAD AMBIENTAL DE LA EMPRESA DINAMO CONSULTING S.A., UBICADA EN LA CIUDAD DE GUAYAQUIL - ECUADOR**”, elaborado por la Srta. **RODRÍGUEZ CORTEZ IVETTE ESTEFANÍA**, egresada de la carrera de Ingeniería de Industrial, de la Facultad de Ciencias de la Ingeniería, previo a la obtención del Título de Ingeniera Industrial me permito declarar que una vez analizado en el sistema antiplagio: Compilatio Magister, luego de haber cumplido con los requerimientos exigidos de valoración, la presente tesis, se encuentra con un 1% de la valoración permitida, por consiguiente, se procede a emitir el presente informe.

Adjunto reporte de similitud.

 **CERTIFICADO DE ANÁLISIS**
magister

Trabajo de integración curricular - Ivette Rodríguez

< 1%
Textos sospechosos

5% Similitudes (ignorado)
< 1% similitudes entre comillas
2% entre las fuentes mencionadas
< 1% Idiomas no reconocidos
< 1% Textos potencialmente generados por la IA

Nombre del documento: Trabajo de integración curricular - Ivette Rodríguez.docx ID del documento: 7603cd83ae01388032de85a30ed9e84eb6ae57cb Tamaño del documento original: 5,24 MB Autores: []	Depositante: JUAN CARLOS MUYULEMA ALLAICA Fecha de depósito: 23/11/2024 Tipo de carga: interface fecha de fin de análisis: 23/11/2024	Número de palabras: 31.092 Número de caracteres: 208.220
--	--	---

Atentamente,

TUTOR (A)

f. 

Ing. Muyulema Allaica Juan Carlos MEng.

C.C: 0603932450

CERTIFICADO DE GRAMATOLOGÍA

Que, he revisado el trabajo de Integración Curricular de título: "MODELO DE LOGÍSTICA INVERSA PARA LA SUSTENTABILIDAD AMBIENTAL DE LA EMPRESA DINAMO CONSULTING S.A., UBICADA EN LA CIUDAD DE GUAYAQUIL - ECUADOR" elaborado por la estudiante de la Carrera de Ingeniería Industrial de la Universidad Estatal Península de Santa Elena: **RODRÍGUEZ CORTEZ IVETTE ESTEFANÍA**, previo a la obtención del título de Ingeniera.

Que, he realizado las observaciones pertinentes en los ámbitos de la gramática, ortografía y puntuación del documento, mismas que han sido acogidas proactivamente por la mencionada señorita, corroborando así, que han sido introducidos los ajustes correspondientes en el trabajo en mención.

Por lo expuesto, autorizo a la peticionaria, hacer uso de este certificado como a bien convengan.

Atentamente,

Lcd. *Especialización Literatura y Castellano*
 Magister en *Gerencia Educativa*
 CC. *0706825831*
 Registro SENESCYT *1006-06-725133*
 Teléfono *0993398816*

Información Personal							
Identificación:	09049824						
Nombre:	VILLAD LAYTEL LAYRA JACQUELINE						
Género:	FEMENINO						
Nacionalidad:	ECUADOR						

Títulos de cuarto nivel o posgrado							
Título	Institución de Educación Superior	Tipo	Reconocido Por	Número de Registro	Fecha de Registro	Área o Campo de Conocimiento	Observación
MAESTRÍA EN GERENCIA EDUCATIVA	UNIVERSIDAD ESTATAL DE BOLÍVAR	Nacional		8111-0882816	2010-10-18	EDUCACIÓN	
DIPLOMA SUPERIOR EN GERENCIA DE INSTITUCIONES EDUCATIVAS	UNIVERSIDAD ESTATAL DE BOLÍVAR	Nacional		8111-0518816	2010-10-14	CIENCIAS SOCIALES EDUCACIÓN TERCIARIA Y DERECHO	
DOCTORA EN EDUCACIÓN	UNIVERSIDAD NACIONAL MARCA DE SAN MARCOS - PERÚ	Extranjera		81118177	2018-11-27		TÍTULO DE DOCTOR O PhD. VÁLIDO PARA EL EJERCICIO DE LA DOCENCIA, INVESTIGACIÓN Y SERVICIO EN EDUCACIÓN SUPERIOR
DIPLOMA SUPERIOR EN METODOLOGÍA PROFESIONAL	INSTITUTO VECTER ALFREDO FLORES ZAVALA	Extranjera	UNIVERSIDAD ESTATAL PENÍNSULA DE SANTA ELENA	80218-4128	2008-08-18		

Títulos de tercer nivel de grado							
Título	Institución de Educación Superior	Tipo	Reconocido Por	Número de Registro	Fecha de Registro	Área o Campo de Conocimiento	Observación
LICENCIATURA EN ESPECIALIZACIÓN EN LINGÜÍSTICA Y LENGUAJE	UNIVERSIDAD DE BAHÍA SOLAR	Nacional		80548-12812	2009-12-12	EDUCACIÓN	
PROFESORADO DE BACHILLERATO EN ESPECIALIZACIÓN EN LINGÜÍSTICA Y CASTELLANO	UNIVERSIDAD DE BAHÍA SOLAR	Nacional		80548-722124	2009-12-12	EDUCACIÓN	
LICENCIATURA EN BACHILLERATO DE LA EDUCACIÓN ESPECIALIZACIÓN EN LINGÜÍSTICA Y CASTELLANO	UNIVERSIDAD DE BAHÍA SOLAR	Nacional		80548-10412	2009-09-18	EDUCACIÓN	

AGRADECIMIENTOS

La elaboración de esta tesis no hubiera sido posible sin la orientación, apoyo y aliento de muchas personas e incluso instituciones a lo largo de esta maravillosa etapa. A través de este apartado quiero expresar mi más sincero agradecimiento a todas aquellas personas que de una u otra forma fueron partícipes de este proyecto y su culminación.

En primer lugar, agradezco profundamente a mi director de tesis, Ing. Juan Carlos Muyulema, quien con dedicación, conocimientos y paciencia me direccionó en cada instancia de este trabajo. Sus críticas constructivas y apoyo me permitieron aprender y mejorar de tal forma que no lo hubiera imaginado.

A mis padres, hermano y abuelita, quienes han estado conmigo desde el primer momento, me brindaron su respaldo incondicional y creyeron en mí. Su amor, valores y sacrificios han sido mi inspiración de forma constante en mi vida y les agradezco desde lo más profundo de mi corazón por siempre haber estado a mi lado impulsándome y no dejar que nunca flaquee ante cualquier adversidad que aconteciera en este camino.

A mi enamorado quien siempre estuvo a mi lado brindándome su apoyo, dándome aliento y ánimo para seguir. Sus ideas y perspectivas fueron de gran ayuda en el enriquecimiento para mis planteamientos y en diversos momentos su compañía fue una gran fuente inagotable.

Por último y no menos importante agradezco a la empresa Dinamo Consulting S.A., por haberme permitido acceder a sus herramientas y recursos fundamentales para llevar a cabo el estudio de investigación. Sin su recopilación de datos y apoyo el desarrollo de este trabajo no hubiera sido posible.

Gracias a todos por hacer de esta meta anhelada una realidad.

Ivette Estefanía Rodríguez Cortez

DEDICATORIA

El presente trabajo de integración curricular está dedicado a mis padres, mi hermano y mi abuelita, quienes han sido mi motor, fuente de inspiración y apoyo incondicional. Su amor, esfuerzo y enseñanzas han sido una guía hasta este momento y me han dado la fuerza para la superación de cada desafío o adversidad. Este trabajo es un reflejo de todo lo aprendido por ustedes y se la dedico con toda mi gratitud y amor.

A Fabricio mi enamorado por estar en este proceso tan significativo para mí, por su paciencia, comprensión y apoyo constante en las circunstancias difíciles en este camino complicado pero maravilloso. Gracias por siempre estar a mi lado y nunca dejar de creer en mí incluso cuando surgieron momentos en que yo dudaba.

Finalmente, dedico este logro a todas aquellas personas que me inspiraron alguna vez a seguir soñando y nunca rendirme en el proceso. Este trabajo representa el fruto de todo lo recibido y aprendido de parte de ustedes.

Ivette Estefanía Rodríguez Cortez

TRIBUNAL DE SUSTENTACIÓN

f. 

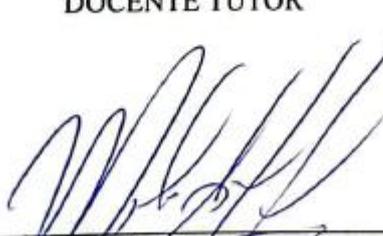
Ing. MORENO ALCÍVAR LUCRECIA CRISTINA, PhD.
DIRECTORA DE CARRERA

f. 

Ing. JAQUE PUCA DARWIN, MSc.
DOCENTE ESPECIALISTA

f. 

Ing. MUYULEMA ALLAICA JUAN CARLOS MEng.
DOCENTE TUTOR

f. 

Ing. MUYULEMA ALLAICA JUAN CARLOS MEng.
DOCENTE DE LA UIC

ÍNDICE GENERAL

PORTADA.....	i
CERTIFICACIÓN.....	iii
APROBACIÓN DEL TUTOR.....	iv
DECLARACIÓN DE RESPONSABILIDAD	v
AUTORIZACIÓN	vi
CERTIFICADO DE ANTIPLAGIO.....	vii
CERTIFICADO DE GRAMATOLOGÍA.....	viii
AGRADECIMIENTOS.....	ix
DEDICATORIA.....	x
TRIBUNAL DE SUSTENTACIÓN	xi
ÍNDICE DE TABLAS	xv
ÍNDICE DE FIGURAS	xvii
ÍNDICE DE ANEXOS.....	xix
LISTA DE ABREVIATURAS Y TABLA DE SÍMBOLOS	xx
RESUMEN	xxi
ABSTRACT.....	xxii
INTRODUCCIÓN	23
CAPÍTULO I.....	34
MARCO TEÓRICO	34
1.1. Antecedentes investigativos.....	34
1.2. Estado del Arte.....	35
1.2.1. Etapa 1: Planificación.....	37
1.2.2. Etapa 2: Implementación	40

1.2.3. Etapa 3: Informe de resultados	53
1.2.3.1. Análisis bibliométrico de revistas científicas	54
1.2.3.2. Red bibliométrica de universidades.....	55
1.2.3.3. Red bibliométrica de países	57
1.2.4. Delineación del protocolo	63
1.2.5. Discusión del protocolo.....	64
1.3. Fundamentos teóricos.....	64
1.3.1. Descripción de la recuperación de residuos	65
1.3.2. Características de la gestión de residuos	67
1.4. Recapitulación del Capítulo I	69
 CAPÍTULO II	 70
 MARCO METODOLÓGICO	 70
2.1. Enfoque de investigación.....	70
2.2. Diseño de investigación.....	70
2.3. Procedimiento metodológico	71
2.4. Población y Muestra	73
2.4.1. Población.....	73
2.4.2. Muestra	74
2.5. Métodos, técnicas e instrumentos de recolección de los datos	75
2.5.1. Métodos de recolección de los datos	75
2.5.2. Técnicas de recolección de los datos	75
2.5.3. Instrumentos de recolección de los datos	76
2.6. Variables del estudio.....	77
2.7. Procedimiento para la recolección de los datos.....	78
2.8. Plan de análisis e interpretación de los resultados.....	79
2.9. Recapitulación del Capítulo II.....	81
 CAPÍTULO III.....	 82
 MARCO DE RESULTADOS Y DISCUSIÓN	 82
3.1. Marco de resultados.....	82
3.1.1. Validación del instrumento de recolección de datos.....	82
3.1.2. Verificación de la hipótesis o fundamentación de las preguntas de investigación.	100

3.1.2.1.	Definición de hipótesis.....	100
3.1.2.2.	Comprobación de hipótesis mediante análisis de varianza ANOVA...	100
3.2.	Propuesta de implementación.....	105
3.2.1.	Tema.....	105
3.2.2.	Introducción	105
3.2.3.	Metodología	107
3.2.4.	Descripción del modelo basado en agentes	109
3.2.4.1.	Intención	110
3.2.4.2.	Simplificación	110
3.2.4.2.1.	Desarrollo del sistema real	110
3.2.4.2.2.	Modelo conceptual	111
3.2.4.2.3.	Modelo analítico	112
3.2.4.3.	Validación del modelo computacional	113
3.2.5.	Análisis de escenarios y resultados.....	125
3.3.	Presupuesto.....	127
3.4.	Recapitulación del Capítulo III	130
3.5.	Marco de discusión de resultados	131
	CONCLUSIONES	133
	RECOMENDACIONES	134
	BIBLIOGRAFÍA	135
	ANEXOS.....	147

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Objetivos propuestos.....	38
Tabla 2. Preguntas de investigación.....	38
Tabla 3. Cadena de búsqueda en base de datos.	39
Tabla 4. Líneas de investigación propuestas.....	43
Tabla 5. Líneas de investigación propuestas.....	44
Tabla 6. Propuestas de investigación.	57
Tabla 7. Metodologías empleadas en las investigaciones.....	59
Tabla 8. Población del estudio.	73
Tabla 9. Población del estudio.	74
Tabla 10. Proceso de recolección de datos.	78
Tabla 11. Plan de análisis con interpretación de resultados.....	80
Tabla 12. Validación por expertos del cuestionario.....	83
Tabla 13. Valor del Alfa Cronbach (α) con grado de confiabilidad.....	84
Tabla 14. Confiabilidad Alfa de Cronbach.	85
Tabla 15. Valor Kaiser - Mayer - Olkin (KMO).	85
Tabla 16. Prueba Komo y Barlett.	86
Tabla 17. Validez de concordancia Kendall.	87
Tabla 18. Lista de preguntas con su escala de medición y respuesta.	98
Tabla 19. Condición de decisión para análisis de varianza ANOVA.	100
Tabla 20. Criterios en base a los escenarios de varianza ANOVA.....	101

Tabla 21. Indicadores en base a los escenarios de varianza ANOVA.	101
Tabla 22. Fisher calculado mediante ANOVA.	103
Tabla 23. Agentes de contibución.	113
Tabla 24. Categoría de los agentes.	115
Tabla 25. Factores claves para el diseño.	116
Tabla 26. Presupuesto del proyecto.	127
Tabla 27. Cálculos para VAN, TIR y PR.	128

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Flujograma del problema a investigar.....	126
Figura 2. Procedimiento RSL.	37
Figura 3. Criterios de inclusión.	39
Figura 4. Criterios de exclusión.....	40
Figura 5. Método de mapeo sistemático.	42
Figura 6. Tendencia de los artículos publicados.....	53
Figura 7. Red correlacional de revistas en base a las variables.	55
Figura 8. Red de correlación de universidades con información científica.....	56
Figura 9. Red de correlación de países con información científica.	57
Figura 10. Protocolo de logística inversa.	63
Figura 11. Diagrama SCM de logística inversa.....	65
Figura 12. Diagrama de gestión de residuos.....	68
Figura 13. Etapas de la metodología.....	71
Figura 14. Plan de recolección de datos.	75
Figura 15. Fases de la metodología para validación del instrumento.....	76
Figura 16. Criterios de exclusión e inclusión (juicios de expertos).....	77
Figura 17. Manejo de logística	88
Figura 18. Importancia de un programa de reciclaje.	89
Figura 19. Diferencia de sus competidores.....	90
Figura 20. Responsabilidad de la empresa.	91

Figura 21. Medidas ambientales.....	92
Figura 22. Acciones ambientales.....	93
Figura 23. Certificaciones ambientales.....	94
Figura 24. Mecanismos para disminuir la contaminación.	95
Figura 25. Compromiso con prácticas sostenibles.	96
Figura 26. Contribución para la gestión de recursos.	97
Figura 27. Satisfacción del cliente.....	97
Figura 28. Representación simplificada y fundamental del proceso del modelado. ...	108
Figura 29. Flujograma para simulación.	109
Figura 30. Sistema Real.....	110
Figura 31. Modelo conceptual.	111
Figura 32. Modelo Analítico.....	112
Figura 33. Protocolo ODD.....	113
Figura 34. Centro de acopio y tratamiento.	117
Figura 35. Logística inversa.	117
Figura 36. Fases.	118
Figura 37. Modelo en conjunto.....	119
Figura 38. Bucle Causal.....	122
Figura 39. Modelo Forrester.....	124

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexos 1. Cuestionario para recolección de datos.	147
Anexos 2. Formato para la validación de instrumento para expertos.....	149
Anexos 3. Tabulación de los datos en el software IBM SPSS Statistics 25.....	150
Anexos 4. Tabla de valores F de la distribución de Fisher.....	151
Anexos 5. Coeficiente de concordancia Kendall.....	152
Anexos 6. Alfa de cronbach	152
Anexos 7. Modelo Forrester en software Vensim.....	153
Anexos 8. Bucle causal en software Vensim.....	153
Anexos 9. Cálculo de presupuesto.....	154

LISTA DE ABREVIATURAS Y TABLA DE SÍMBOLOS

ANOVA = Análisis de Varianza

CCK = Coeficiente de concordancia Kendall

EC = Economía Circular

KMO = Kaiser - Meyer – Olkin

MBA = Modelo Basado en Agentes

OMS = Organización Mundial de la Salud

ONU = Organización de Naciones Unidas

RAEE = Residuos de Aparatos Eléctricos y Electrónicos

RL = Logística Inversa

RSL = Revisión Sistemática de Literatura

SC = Cadena de Suministro

SCM = Gestión de la Cadena de Suministro

VD = Variable Dependiente

VI = Variable Independiente

“MODELO DE LOGÍSTICA INVERSA PARA LA SUSTENTABILIDAD AMBIENTAL DE LA EMPRESA DINAMO CONSULTING S.A., UBICADA EN LA CIUDAD DE GUAYAQUIL - ECUADOR”

Autor (a): Rodríguez Cortez Ivette Estefanía

Tutor: Ing. Muyulema Allaica Juan Carlos MEng.

RESUMEN

La logística inversa en conjunto de la sustentabilidad ambiental, implica un gran aporte para el medio ambiente ya que, a través de nuevas prácticas para el tratamiento de los equipos electrónicos, esto implicaría el uso de insumos menos perjudiciales al ecosistema por lo que se los podría reutilizar o reciclar al final de su vida útil. Por lo tanto, se ha observado una mejora por la introducción de un diseño de modelo de logística inversa para la sustentabilidad ambiental en la empresa Dinamo Consulting S.A, ubicada en la ciudad de Guayaquil – Ecuador. A partir de una revisión sistemática de literatura en conjunto de un análisis bibliométrico se ha resaltado la importancia sobre esta investigación correspondiente a este campo de estudio, identificando las diferentes herramientas que pueden aplicarse en una perspectiva sustentable. El estudio se expone bajo una metodología que se fundamenta en un enfoque mixto lo que aborda tanto cuantitativo como cualitativo, la encuesta se llevó a cabo como técnica de recopilación de datos, y se validó el instrumento para asegurar la credibilidad de la investigación. Los resultados analizados mediante el software IBM SPSS Statistics 25, permitió observar una alta consistencia de los datos recolectados, se respaldó mediante el coeficiente Alfa de Cronbach de 0,960. En base a estos datos se pudo aplicar un modelo de logística inversa para la sustentabilidad ambiental usando un enfoque basado en agentes con una simulación aplicando la logística inversa en el software VENSIM. La inversión para la aplicación de un modelo de logística inversa estaría valorada en \$7.018,75 dólares estadounidenses, con la capacidad de recuperar la inversión en un lapso de 5 años.

Palabras Claves: (Logística inversa, sustentabilidad ambiental, validación, encuesta, modelado basado en agentes)

“REVERSE LOGISTICS MODEL FOR THE ENVIRONMENTAL SUSTAINABILITY OF THE COMPANY DINAMO CONSULTING S.A., LOCATED IN THE CITY OF GUAYAQUIL - ECUADOR”.

Author (a): Rodríguez Cortez Ivette Estefanía

Tutor: Ing. Muyulema Allaica Juan Carlos MEng.

ABSTRACT

Reverse logistics as part of environmental sustainability implies a great contribution to the environment since, through new practices for the treatment of electronic equipment, this would imply the use of inputs less harmful to the ecosystem so they could be reused or recycled at the end of their useful life. Therefore, an improvement has been observed by the introduction of a reverse logistics model designed for environmental sustainability in the company Dinamo Consulting S.A., located in the city of Guayaquil – Ecuador. From a systematic literature review together with a bibliometric analysis the importance of this research corresponding to this field of study has been highlighted, identifying the different tools that can be applied in a sustainable perspective. The study is exposed under a methodology that is based on a mixed approach which addresses both qualitative, the survey was conducted as a data collection technique, and the instrument was validated to ensure the credibility of the research. The results analyzed using IBM SPSS Statistics 25 software, allowed observing a high consistency of the data collected supported by the Cronbach's Alpha coefficient of 0.960. Based on these data it was possible to apply an inverse logistics model for environmental sustainability using an agent – based approach with a simulation applying inverse logistics in VENSIM software. The investment for the application of reverse logistics model would be valued at \$7,018.75 US dollars, with the ability to recover the investment within 5 years.

Keywords: (Reverse logistics, environmental sustainability, validation, survey, agent – based modeling).

INTRODUCCIÓN

El avance de la tecnología y los residuos o desechos de los aparatos electrónicos no utilizados se ha incrementado, el desperdicio de estos dispositivos tiene efectos nocivos para el medio ambiente, la reutilización de estos residuos de aparatos eléctricos y electrónicos (RAEE) se considera una buena opción al final de su ciclo de vida en términos de impacto ambiental y beneficios económicos (Donthu et al., 2021). La Organización Mundial de la Salud - OMS (2023), muestra cada año millones de equipos electrónicos y eléctricos son desechados porque cumplen su ciclo de vida es decir obsoletos o sufren algún daño, estos se convierten en una amenaza para el medio ambiente y la salud de la humanidad si no se los tratan o reciclan de la forma correcta, entre los desechos más habituales son los computadores, móviles e incluso diferentes tipos de electrodomésticos y en algunas ocasiones equipos médicos. Para implementar el proceso de logística inversa en el proceso de producción, las empresas necesitan saber qué partes de sus productos tienen problemas o averías cuando son utilizadas, reparación o reciclaje de las piezas del producto devuelto (Ahmadi et al., 2024).

En Iberoamérica la gestión de residuos electrónicos está lejos de alcanzar niveles óptimos según uno de los últimos análisis de la Organización de Naciones Unidas (ONU), también se destaca que solamente un 3% de desechos electrónicos se recogen a través de conductos formales y se los tratan de una manera que respete al medio ambiente sin embargo se destaca que pese a eso el 97% restante se gestiona de forma inadecuada, este informe concluye que entre 2010 y 2019 estos desechos han incrementado un 49% en Iberoamérica (ONU, 2022). Entre las sustancias peligrosas que se encuentra en los desechos electrónicos tenemos 2200 kilos de mercurio, 600 de cadmio, 4.4 millones de plomo, 4 millones de retardantes de llama de bromados y 5.6 megatoneladas de gases de efecto invernadero que pertenecen a refrigerantes, al estar fabricados con alta tecnología estos residuos pueden ser muy tóxicos ya que pueden contaminar el suelo, el agua, los alimentos y por ende lo que repercute al medio ambiente pasa a la salud humana (Govindan et al., 2016).

La sostenibilidad junto con la logística hace referencia a una implementación de procesos sostenibles en varias etapas de la cadena de suministro ya sea desde su producción hasta su entrega final del producto, esto implica la reducción de impacto ambiental, promover

equidad y viabilidad, sin embargo, el incremento de estos residuos de aparatos electrónicos contribuye a la degradación del medio ambiente así también causa una grave amenaza al equilibrio ecológico del planeta por ello es indispensable hablar sobre sustentabilidad ambiental (Yu & Sun et al., 2024). Desde un ámbito de logística inversa en este caso la reutilización, reciclaje o tratamiento óptimo de aquellos residuos, el objetivo de este estudio incluye estudiar y evaluar el impacto ambiental total de las operaciones que se puedan aplicar en estos desechos electrónicos (Derse et al., 2024). Las empresas manufactureras de la industria electrónica han adoptado una política de desarrollo sostenible a través de la logística, la logística inversa es la forma sistemática de redirigir las mercancías desde su punto de entrega original para obtener valor o disponer de ellas adecuadamente (Ahmadi et al., 2024).

En el Ecuador al año se genera 87,575 toneladas de residuos electrónicos o 5.1 kilos por habitantes y solo se llega a recopilar un 4% según datos más reciente en informes por el Monitor Mundial de Residuos Electrónicos de Naciones Unidas que fue publicado en el año 2022, los desechos electrónicos o más conocidos como RAE se consideran todos aquellos productos de tecnología que ya finalizaron su ciclo de vida, tales como computadoras, celulares, cables, baterías, televisores, electrodomésticos, entre otros (Carranza et al., 2024). Se prevé que cada ecuatoriano genera aproximadamente 5.3 kg en este tipo de desechos al año y aparentemente solo el 3 % y 5% se gestiona, el gestor de residuos, destacó la importancia de crear conciencia sobre la responsabilidad que cada uno tiene en el manejo de residuos electrónicos, se expresó que reciclar y darles una nueva vida a estos desechos es una acción que ha impulsado desde varios años y esta ha permitido ser parte de la cadena económica circular que beneficia a muchas familias en la provincia de El Oro (Ministerio Del Ambiente, Agua y Transición Ecológica et al., 2022).

A medida que va pasando el tiempo con la creciente de esta problemática que son los RAEE se llega a plantear preguntas sobre si la logística inversa aportaría en la reducción de este fenómeno y cuáles serían los procedimientos óptimos que se debería implementar para tratar estos desechos, así también si se observará u obtendrá beneficio que contrarresten al impacto tan grande que esta causa al medio ambiente.

En la Provincia del Guayas como en otras provincias del país existe un gran índice de desechos de aparatos tecnológicos o más conocidos como RAEE, tanto así, que produce

un gran impacto al medio ambiente, el gobierno espera reciclar 700 toneladas de estos residuos con la implantación de la nueva normativa, en la Ciudad de Guayaquil más de 600 productores entre importadores, ensambladores y fabricantes aportan aproximadamente el 90% del mercado de dichos productos serán regulados a través de instructivos ya que esto beneficiara a más de 50 mil recicladores en el país quienes tendrán capacitación sobre este reciclaje (Pérez et al., 2022). Dando respuesta se plantea la implementación de la logística inversa en las organizaciones de dichos aparatos electrónicos, la elaboración de un caso de estudio direccionado a la sustentabilidad ambiental es crucial para la investigación, el aumento de los desechos y las emisiones que estos provocan se tornan en un grado elevado de preocupación por lo tanto se necesita abordar ese campo, la responsabilidad de las empresas con respecto al medio ambiente necesitan un régimen de métodos ecológicos para sus procesos a lo largo de su cadena de suministro (Budak et al., 2020).

Como solución se propone el objetivo de aportar a la disminución de los desechos de aparatos electrónicos obtenidos de Dinamo Consulting S.A., a través de un modelo basado en logística inversa, mediante el cual se observará una ayuda en alargar el ciclo de vida de dichos dispositivos por lo tanto se cumplirán las políticas en relación al medio ambiente. Esta propuesta no solo se considera un aporte al ecosistema sino también se implementa un nuevo servicio a los clientes y se expande la imagen empresarial de forma significativa. Así también bajo estos contextos y según Plakas et al., (2020) afirma que la implementación de la logística inversa implica el movimiento de productos desde su destino final hacia el origen para reciclar, reutilizar o eliminar responsablemente los productos al final de su vida útil en donde se observaría un beneficio para la empresa.

Planteamiento del Problema:

Córdova et al., (2021) cuestionó acerca del tema diciendo que los residuos de aparatos eléctricos y electrónicos (RAEE) constituyen actualmente el flujo de desechos de más rápido crecimiento, y su tratamiento es peligroso, complejo y costoso, un reciclaje adecuado puede contribuir a una economía ambientalmente sostenible, pero requiere mejor calidad de los trabajos y mejores ingresos. La mayor parte de los residuos electrónicos de todo el mundo acaban en los países en desarrollo para ser tratados por trabajadores informales, en su mayoría provienen de diversos sectores y llegan a estar compuestos por sustancias tóxicas como diferentes metales, los residuos de aparatos

eléctricos y electrónicos se consideran una amenaza en gran magnitud a nivel global (Calpa & Oliva et al., 2020).

En Iberoamérica el constante aumento de los productos en relación a los aparatos electrónicos es cada año más notorio, la población desconoce de prácticas sostenibles en relación a esta problemática, los dispositivos al final de su ciclo de vida no cuentan con el debido tratamiento para favorecer al ecosistema puesto que sus componentes son desechados de una forma inadecuada sin experiencia alguna. La preocupación por el medio ambiente se ha convertido en un tema central tanto en la esfera pública como en el ámbito empresarial. En este contexto, las empresas enfrentan el desafío de encontrar formas efectivas de reducir su impacto ambiental y promover la sustentabilidad en sus operaciones (Calpa et al., 2020).

En el Ecuador como en otros países los dispositivos electrónicos se han convertido en una herramienta fundamental para el crecimiento de la vida diaria, tanto así que al final de su vida útil la chatarra electrónica está aumentando en miles de toneladas anualmente, en 2030 se estima 40 millones de toneladas, un 33% en aumento comparado para otros años, la mayor parte de los residuos van a parar en vertederos sin un reciclaje apropiado (Oria et al., 2024). En la conmemoración del Día Mundial del Ambiente se expresó un plan sobre la economía circular, consumo responsable em conjunto del impacto que tienen los residuos electrónicos, este busca revertir el impacto negativo del modelo que se ha tenido hasta el momento ya que al extraer los recursos que estos residuos tienen se puede lograr minorizar el impacto ambiental que se ha venido observando a causa de esta problemática (Soria et al., 2021).

En Guayaquil una de las ciudades más importantes de la provincia del Guayas, la gestión de estos residuos se consideran un gran desafío de forma crítica que necesita urgente atención, los residuos electrónicos son acumulados cada vez más, esto no solo se toma como un problema ambiental, sino también observamos mayores riesgos en la salud y sustentabilidad de lo que corresponde a recursos naturales (Carrasco et al., 2024). Se cree que los más afectados por este problema serán los menos ya que son más vulnerables, Recicla Electronic fue propuesta por la alcaldía del Guayas para que sea la empresa que se encargue de la disposición de estos desechos, el directivo de dicha empresa considera que comprender las materias primas y recursos naturales no son infinitos, son finitos, y

que es importante recuperar los equipos para ponerlos nuevamente en procesos productivos (Contreras et al., 2024).

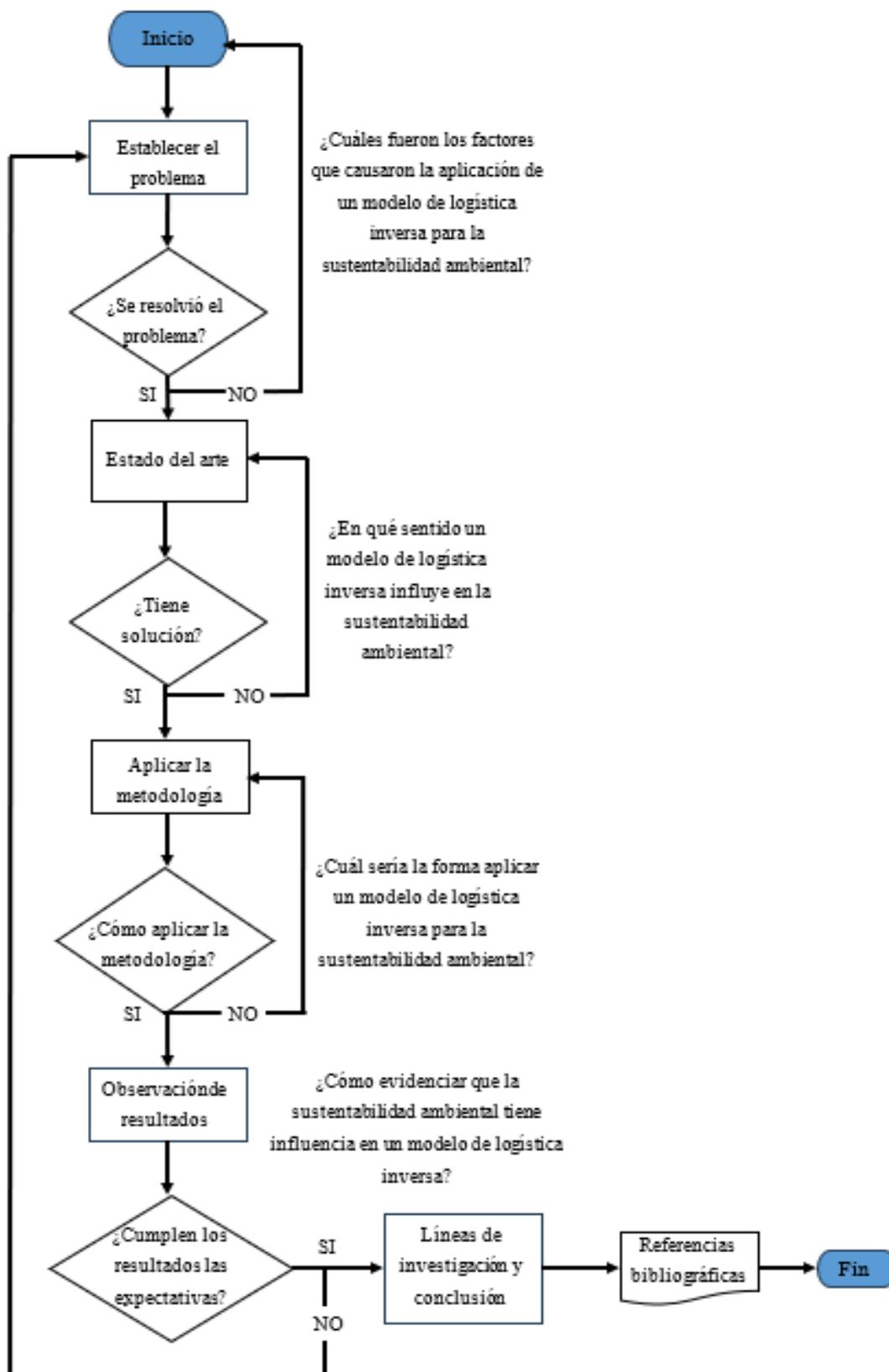
Dinamo Consulting S.A., es una empresa la cual esta posicionada en la Ciudad de Guayaquil, no obstante, se presentan los desafíos antes mencionados, sin embargo, está en búsqueda de seguir con su posicionamiento en el mercado de la industria electrónica siendo responsable y consiente con el medio ambiente, se considera importante implementar nuevos procesos o gestiones para los artículos que lleguen al fin de su ciclo de vida. La problemática se direcciona hacia la aplicación de la logística inversa en Dinamo Consulting S.A., ya que se desea manejar sus productos después de su consumo para aportar con el medio ambiente.

Formulación del problema de investigación

¿Cómo el modelo de logística inversa aportará a la sustentabilidad ambiental de la empresa Dinamo Consulting S.A., ubicada en Guayaquil – Ecuador?

Bajo estos contextos en relación a la pregunta propuesta se determinó la falta de un modelo de logística inversa que ayude en el accionar hacia los desafíos negativos presentados en Dinamo Consulting S.A., la organización atraviesa riesgos por falta de cumplimiento de normas ambientales, por lo que se presentan amonestaciones que pueden significar decadencia en lo que corresponde a su posicionamiento en el mercado electrónico. Además, la falta de un enfoque sistemático para la gestión de productos al final de su vida útil puede resultar en un desperdicio de recursos naturales y oportunidades perdidas para la reutilización y el reciclaje, a empresa se encuentra en una encrucijada donde necesita abordar esta problemática como se muestra en la Figura 1.

Figura 1. Flujograma del problema a investigar.



Nota: Elaborado por la autora.

Alcance de la Investigación

El estudio tiene con finalidad implementar un modelo de logística inversa para la sustentabilidad ambiental en Dinamo Consulting S.A., a través de planificar, implementar, diseñar y analizar, su objetivo es lograr una mejora de los productos al cumplir su ciclo de vida y elevar las practicas sostenibles en las empresas que abarcan este mercado para lograr aportar al medio ambiente. Se prevé determinar procesos de recolección, reciclaje, reutilización o reparación de los dispositivos al final de su vida útil. Este estudio se enfocará en el contexto específico de la empresa, aunque los resultados podrían ser aplicables a otras empresas similares, el campo de aplicación del estudio incluirá aspectos operativos, estratégicos y de colaboración relacionados con la implementación del sistema de logística inversa.

Los resultados del estudio podrán ser utilizados satisfactoriamente por la dirección y personal de la empresa, para guiar todas las actividades relacionadas con la implementación del sistema para mejorar la gestión ambiental y la competitividad empresarial en el mercado. En resumen, el alcance del estudio se centra en proponer un modelo de logística inversa en Dinamo Consulting S.A., se tomará en cuenta herramientas para expertos en las diferentes evaluaciones de gestión para los desechos que se encuentran en el ecosistema, a través de cálculos de flujos, impacto ambiental y costos. El modelo abarca tanto residuos orgánicos como inorgánicos y los submodelos se pueden combinar para el diseño completo de los residuos en la práctica.

Justificación de la investigación

Las investigaciones más relevantes en esta área sobre la logística inversa han planteado puntos importantes sobre preocupaciones para el medio ambiente, diferentes países establecen políticas industriales destinadas a la sustentabilidad del medio ambiente, el reciclaje de los RAEE pueden aliviar la escasez de recursos y reducir la contaminación ambiental, sin embargo métodos y modelos de reciclaje que existen en la actualidad no cumplen los requisitos de rentabilidad y medio ambiente (He et al., 2024). La importancia de la logística inversa (RL) es evidente cada vez más, lo que ha surgido un avance más extenso en este campo, RL ayuda a la reducción de costos, mejorar la recuperación de los recursos y la sustentabilidad o sostenibilidad, esto a su vez mejorara la satisfacción en los clientes ya que se garantizara el cumplimiento de normativa, se implica devoluciones

iniciadas por los clientes, evaluación de productos, reacondicionamiento o reparación, reciclaje, eliminación adecuada, supervisión de inventario y análisis de datos para la mejora de procesos y productos (Bhowmik et al., 2024)

La implementación de un modelo de logística inversa con los residuos de los aparatos eléctricos y electrónicos al final de su ciclo de vida o de los equipos obsoletos se presenta como una propuesta de beneficio (Irimia - Diéguez et al., 2016). El uso de estos aparatos en conjunto con la gestión adecuada de productos al final de su vida útil puede tener un impacto significativo en el medio ambiente, contribuyendo a la minimización de contaminación, degradación de los recursos naturales y el cambio climático (Xin et al., 2025). Bajo estos contextos la importancia de este estudio es fundamental ya que el implemento de un sistema de logística inversa que aporte a la sustentabilidad ambiental en las empresas, es esencial para abordar los desafíos ambientales cada vez más urgentes que enfrentan las organizaciones y la sociedad en general (Olivos et al., 2015).

La OMS (2023), muestra cada año un incremento en lo que corresponde a los residuos de equipos electrónicos y eléctricos, ya que estos son desechados inadecuadamente porque cumplen su ciclo de vida es decir obsoletos o sufren algún daño, estos se convierten en una amenaza para el medio ambiente y la salud de la humanidad. En este sentido contar con un modelo de logística inversa contrarrestaría las amenazas hacia el ecosistema en general por medio de su sistema de recolectar los desechos y brindar una gestión viable (Pérez et al., 2024). Por lo tanto, la trascendencia dentro de este estudio es necesario para ayudar a las empresas a adoptar prácticas más responsables sobre el tratamiento óptimo que deben tener estos residuos de aparatos eléctricos o electrónicos (RAEE) para posteriormente obtener una reducción en su huella ambiental, las redes de logística inversa permiten una gestión adecuada económica y ecológicamente (Campos-Aranda, 2013).

El incremento de estos residuos contribuye a la degradación del medio ambiente así también causa una grave amenaza al equilibrio ecológico del planeta por ello es indispensable hablar sobre sustentabilidad ambiental (Martínez et al., 2024). La sostenibilidad junto con la logística hace referencia a una implementación de procesos sostenibles en varias etapas de la cadena de suministro ya sea desde su producción hasta su entrega final del producto, esto implica la reducción de impacto ambiental, promover equidad y viabilidad (Cespón et al., 2015). La viabilidad o posibilidad de obtener un buen

resultado ha sido comprobado por otros investigadores, por ejemplo, quienes han demostrado que el reciclaje de metales de los residuos de aparatos electrónicos (RAE) genera alrededor de USD 8,000/t. Esto hace que el proceso sea financieramente viable. Se ha verificado que una tonelada de RAEE desechados puede contener hasta 150 g o más de oro (valorado en 40,81 USD/g), un 10% en peso de cobre (valorado en 7,03 USD/kg) y un 0,3% en peso de plata (valorado en 0,36 USD/g), respectivamente (Santana et al., 2021).

La reutilización, reciclaje o tratamiento óptimo de aquellos residuos, en base a estudios incluye la evaluación del impacto ambiental total de las operaciones que se puedan aplicar en estos desechos electrónicos (Balza et al., 2016) . Las empresas manufactureras de la industria electrónica han adoptado una política de desarrollo sostenible a través de la logística, la logística inversa es la forma sistemática de redirigir las mercancías desde su punto de entrega original para obtener valor o disponer de ellas adecuadamente (Martínez Pérez & Pérez Martín et al, 2024). Al promover prácticas empresariales más responsables, la empresa puede ser original e incluso inspirar a otras empresas a seguir su ejemplo y contribuir a la construcción de un mundo más sustentable y equitativo. En cuanto a los problemas técnicos a los que este estudio contribuye a solucionar, abordar estos desafíos técnicos, el estudio contribuirá a mejorar la gestión de recursos y residuos. (Zhou et al., 2023).

El incremento de estos desechos está asociados a pequeñas prácticas de gestión ambiental o desarrollo sostenible para el correcto tratamiento de equipos obsoletos, tanto como tablets, celulares, computadoras, entre otros que siguen el mismo curso poco considerable hacia el medio ambiente (Cervero et al., 2016). La preocupación por el medio ambiente se ha planteado como una necesidad para todo el mundo en general es por ello que una buenas prácticas o gestión de los residuos de aquellos aparatos va a satisfacer y contrarrestar el impacto ambiental (Samaniego et al., 2024). El impacto social de este estudio es significativo a través de un sistema de logística inversa no solo beneficiará al medio ambiente, sino que también puede generar impactos positivos en la sociedad en su conjunto, podrían abrir plazas de trabajo con respecto a recicladores cuya gestión sea adecuada aportando al ecosistema, por otra parte, se mejorará la calidad de vida de diferentes personas (Fonollos et al., 2023).

Se presentan diferentes beneficiarios con esta investigación, la organización de forma directa ya que implementa el modelo de logística inversa de manera efectiva y por otro lado el medio ambiente disminuye las emisiones que la amenazan. Además, los empleados de la empresa también pueden beneficiarse al participar en la implementación del sistema y contribuir al éxito de la iniciativa. Los clientes y la comunidad en general también se beneficiarán al ver a Dínamo Consulting S.A. como una empresa comprometida con la sustentabilidad ambiental y el bienestar de la sociedad.

Preguntas Directrices

Pregunta General: ¿Cómo un modelo de logística inversa en Dinamo Consulting S.A. mejorará la sustentabilidad ambiental de la empresa ubicada en Guayaquil, Ecuador?

Preguntas de investigación

- ¿Cuáles fueron los factores que causaron la aplicación de un modelo de logística inversa para la sustentabilidad ambiental?
- ¿En qué sentido un modelo de logística inversa influye en la sustentabilidad ambiental?
- ¿Cuál sería la forma aplicar un modelo de logística inversa para la sustentabilidad ambiental?
- ¿Cómo evidenciar que la sustentabilidad ambiental tiene influencia en un modelo de logística inversa?

Objetivos

Objetivos General

- Diseñar un modelo de logística inversa para la sustentabilidad ambiental de la Empresa Dinamo Consulting S.A., ubicada en la ciudad de Guayaquil-Ecuador.

Objetivos Específicos

- Desarrollar el estado del arte, a través de un mapeo sistemático en conjunto de un análisis bibliométrico para un modelo de logística inversa que mejore la sustentabilidad ambiental de la empresa.

- Realizar el marco metodológico, por medio de estudios sobre la viabilidad de un modelo de logística inversa que aporte a la sustentabilidad ambiental.
- Valorar el impacto que genera la sustentabilidad ambiental a través de un modelo de logística inversa en la Empresa Dinamo Consulting S.A.

CAPÍTULO I

MARCO TEÓRICO

1.1. Antecedentes investigativos

Integrar un concepto de logística inversa que aporte a la sustentabilidad del medio ambiente en un mundo que cada vez es menos inconsciente del impacto que genera, además se espera que en el futuro esta tendencia aumente aún más es por ello que dicha propuesta se posiciona como una solución importante mas no una alternativa, ya que esta estrategia da resultados a la gran demanda y se prevé ser más amigable con el planeta con respecto a la industria y su responsabilidad social (Velasco-Muñoz et al., 2021).

El tema sobre la gestión de residuos eléctricos o aparatos electrónicos (RAEE o e-waste) en los últimos años ha ido incrementando su importancia por su gestión compleja, se ha explorado diversos aspectos sobre esta gestión, la reducción de huella de carbono, la minimización de las emisiones de CO₂ y el uso de energías renovables serian prioridad en la cadena de suministro, es por ello que se requiere de una logística sostenible siempre buscando la disminución del impacto ambiental (Ismail & Hanafiah et al., 2019).

Un estudio presento un nuevo marco de evaluaciones de riesgo el mismo que es diseñado para evaluar los desafíos de la gestión de residuos de envases de plástico en contexto de logística inversa, aquí se aplicó un análisis de efecto de modo falla (FMEA) para la toma de decisiones en un entorno difuso, para aumentar los criterios de riesgo, abarcan la gravedad, la ocurrencia y la detección, se empleó AHP Y LOPCOW y por ultimo ARAS para priorizar modos de fallo para reconocer la imprecisión y la incertidumbre (Sumrit & Keeratibhubordee et al., 2025).

Otro enfoque importante ha sido la formulación de una red de recursos – tarea (RTN), donde los procesos transforman aquellos recursos o materiales y/o energéticos en otros recursos y estos podrían ser comprados, consumidos, generados, en este concepto se plantea un modelo y optimización de multiescala usando energiapy, es una herramienta basada en Python para toma de decisiones, análisis de riesgos y cuantificación de errores (Iakovou et al., 2024).

La logística inversa sería un gran aporte a la sustentabilidad del medio ambiente, en un

estudio reciente se cuantifica el impacto de la logística entre minoristas y proveedores, se elaboró un cuestionario autoadministrativo usando la escala de Likert de cinco puntos para la medición de las respuestas, usando un análisis para los procesos con el fin de evaluar un modelo de mediación de manera moderada (Haq et al., 2023).

Otros expertos han preferido dividir en tres secciones, la primera parte se revisa la literatura existente sobre el tema abordado en este caso de logística inversa de manera multiperíodo, la segunda fase brindara una breve redacción de la literatura sobre la segunda variable de estudio y por ende en la última sección se van a presentar las aportaciones investigativas correspondientes al trabajo (Li & Alumur, 2024).

En este sentido, el presente trabajo de integración curricular con objetivo de estudio en la ciudad de Guayaquil, siendo la implementación de un modelo de logística inversa para la sustentabilidad ambiental, a través de este modelo se obtendría una minimización del impacto ambiental que causa esta problemática de los desechos de aparatos electrónicos o eléctricos, por lo que beneficiaría a la empresa y a la sociedad en conjunto. En estos contextos y bajo investigaciones o estudios anteriores se desarrollará el estado del arte mediante un análisis y revisión exhaustiva sistemática con la finalidad que sustente la viabilidad de nuestra propuesta.

1.2. Estado del Arte

El agotamiento de recursos a nivel mundial y deterioro del medio, la implementación de un modelo de logística inversa se considera un medio necesario, ya que es un método cuyo objetivo es mejorar la reutilización de recursos en este caso aparatos o equipos para proteger el medio ambiente ya que a su vez promoverá el desarrollo sustentable y se considera muy importante en la sociedad junto con la economía (Wu & Zhao et al., 2022) La logística inversa se basa en la recuperación del valor de los productos y en su tratamiento adecuado no reciclables, esta consiste en la recogida de productos fuera de uso de los clientes para su respectiva inspección, clasificación, desmontaje y preprocesamiento adecuado (Sun et al., 2022).

Diferentes expertos y profesionales dedican gran parte de su tiempo en la implementación de un sistema de logística inversa, para una gestión eficaz de estos procesos se necesita tomar decisiones de nivel estratégico, táctico y operativo, durante las tres últimas décadas varios investigadores se han dedicado a el mejoramiento del desarrollo, formular modelos

matemáticos y algoritmos avanzados, proporcionar estudios empíricos y elaborar otros métodos cualitativos y cuantitativos que apoyen las decisiones sobre la logística inversa (Dowlatshahi et al., 2000).

La motivación de implementar la logística inversa comienza con dos aspectos, desde la perspectiva ecológica, la logística inversa puede mejorar la utilización de diversos productos elaborados con diferentes tipos de materiales por lo que se considera una ayuda para la solución de problemas a nivel mundial por la escasez de recursos, y a diferencia podría ofrecer a las organizaciones oportunidades para mejorar en la reducción de costos y de rentabilidad a través de la reutilización de sus mismos productos (Fleischmann et al., 1997).

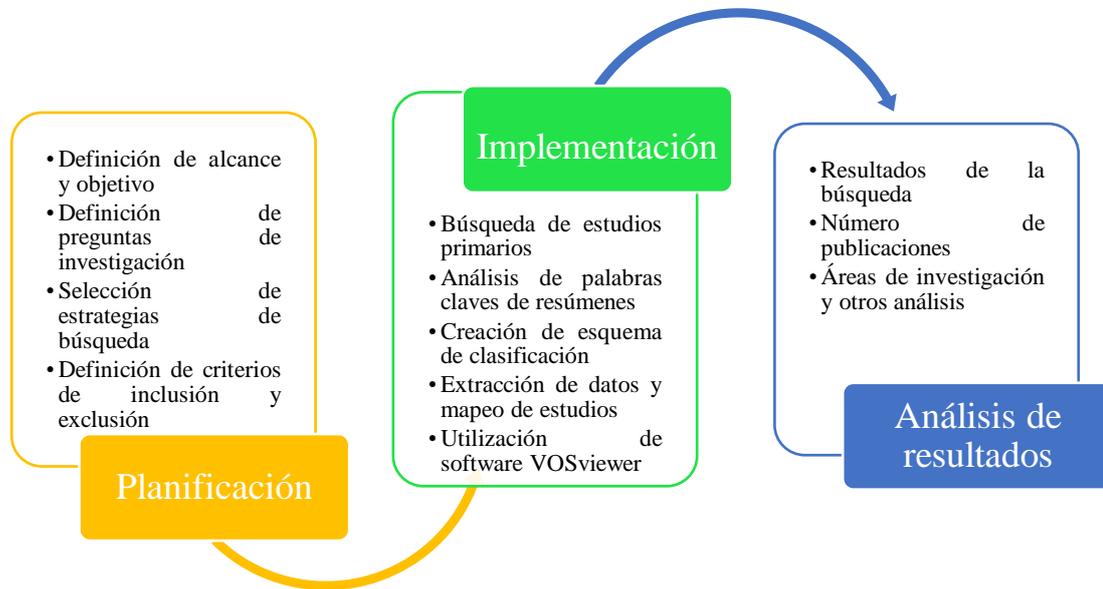
Las investigaciones más recientes acerca de la logística inversa se han concentrado en diferentes tipos de productos fuera de uso a través de diversas opciones sociales y ecológicas, existen diferentes métodos usados como la toma de decisiones multicriterio (Senthil et al., 2018), la simulación (Beiler et al., 2020), entre otros la técnica más usada es la optimización para la solución de problemas complejos en la toma de decisiones en logística inversa, por otra parte otro tipo de estudios hacen referencia al equilibrio sustentable con los modelos para la optimización multiobjetivo (Govindan et al., 2016)

El análisis de redes adoptado a través de un estudio bibliométrico sería primordial para recopilar resultados sobre mas investigaciones, puede ayudar a la identificación de grupos de investigadores que nos permitan acercarnos más a la solución de este problema ya que surgirán diferentes áreas de pensamientos referentes a características institucionales o del autor. De tal manera que, el análisis bibliométrico es un tipo de revisión que podría utilizarse para evaluar diferentes y muy importantes áreas de modo investigativo para obtener una sinopsis en un entorno global de literaturas ya antes publicadas (Donthu et al., 2021).

En este sentido, la investigación tiene como finalidad exponer un panorama bibliométrico y de revisión sistemática de literatura (RSL) sobre la logística inversa para la sustentabilidad ambiental en artículos académicos anexados en base de datos Scopus y Dimensions entre los años 2019 a 2024, Por lo tanto, se utilizó el proceso de análisis bibliométrico en conjunto de una evaluación del mapeo sistemático, por lo tanto el procedimiento de este análisis cuenta con 3 fases principales: la planificación,

implementación y el análisis de los resultados, se seguirá un protocolo investigativo que detallaremos en la figura 2. Para el reporte de los hallazgos primordiales se utilizará indicadores bibliométricos y el software VOSviewer.

Figura 2. Procedimiento RSL.



Nota: Elaborado por la autora.

A continuación, se detalla cada una de las etapas que forman parte del protocolo de investigación utilizado para llevar a cabo la RSL.

1.2.1. Etapa 1: Planificación

En esta etapa de la investigación comenzó mediante conceptos, que presentan de manera explícita y formal sobre el tema a tratar. Posteriormente se presentaron los estudios cuyo material tiene información de gran importancia que provee evidencia acerca del tema específico de la investigación, durante la etapa de planificación se tomó decisiones relevantes para iniciar el estudio de mapeo. Se presentaron las siguientes tareas:

- **Definición, alcance y objetivo:** Esta investigación se llevó a cabo con el fin de proporcionar una visión global sobre la producción de literatura científica relacionada a la logística inversa para la sustentabilidad ambiental sobre residuos de aparatos eléctricos y electrónicos, a su vez la identificación de varias perspectivas relacionadas a este tema de estudio.

- Definición de preguntas de investigación: Las preguntas de investigación se presentaron en la tabla 2, que se relacionan de los objetivos expuestos en la tabla 1.

Se toman en consideración únicamente aspectos conceptuales para definir cuyos objetivos a revisión, para determinar las preguntas que ayudaran a cumplir los objetivos.

Objetivos:

Tabla 1. Objetivos propuestos.

OB	Objetivos
OB1	Determinar el grado de interés expuesto por los diferentes científicos en años recientes que se relacionen a las variables de estudio mediante clasificación.
OB2	Recoger la información de las definiciones conceptuales, propuestas, procesos, enfoques y validaciones de expertos.

Nota: Elaborado por la autora.

Las preguntas de investigación que a continuación se presentan en la tabla 3 se elaboraron únicamente en base a los objetivos que fueron presentados anteriormente en la tabla 2.

Tabla 2. Preguntas de investigación.

Número	Pregunta	OB
P1	¿Cómo se distribuyen los artículos relacionados a la logística inversa para la sustentabilidad ambiental sobre aparatos electrónicos y eléctricos?	OB1
P2	¿Qué propuestas de soluciones han presentado?	OB2
P3	¿Cuál fue el método para la recopilación de datos?	OB2

Nota: Elaborado por la autora.

- Selección de estrategia de búsqueda: Se utiliza una estrategia de búsqueda en bases de datos destacadas en línea como Scopus y Dimensions, estas se seleccionaron por su destacada capacidad de correlacionar el número de

documentos con citas de acuerdo a los países. Los detalles de la Cadena de búsqueda se muestran en la tabla 3.

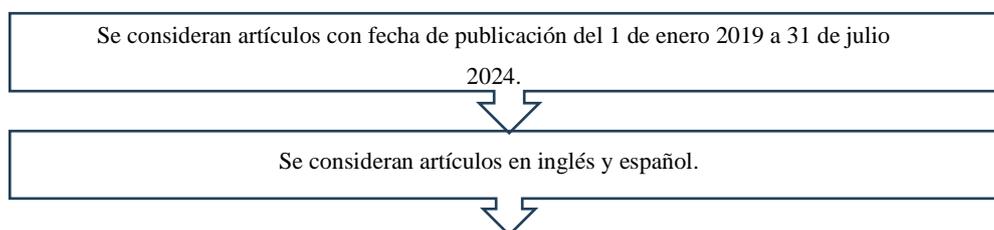
Tabla 3. Cadena de búsqueda en base de datos.

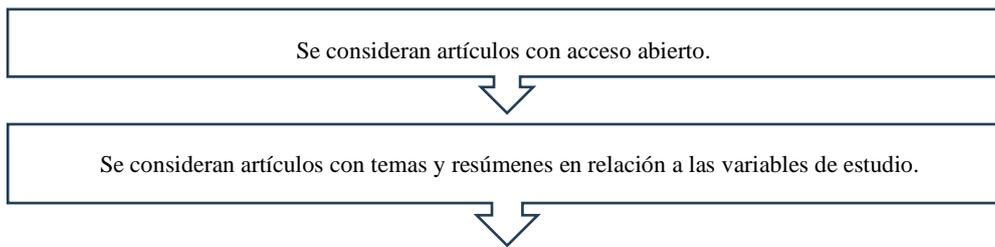
Base de datos web	Cadena de búsqueda
Scopus	TITLE-ABS-KEY (reverse logistics model OR reverse logistics) AND TITLE-ABS-KEY: (environmental sustainability) AND: (waste electronic and electrical equipment). AND PUBYEAR > 2019
Dimensions	TITLE: (reverse logistics model OR reverse logistics) AND TITLE: (environmental sustainability) AND: (waste electronic and electrical equipment). Refined by: YEARS OF PUBLICATION: (2024 OR 2023 OR 2022 OR 2021 OR 2020 OR 2019) Time period: all years.

Nota: Elaborado por la autora.

- Definición de criterios de inclusión y exclusión: Los criterios fueron establecidos teniendo en cuenta el tiempo (fecha exacta), el tipo de documento (artículos científicos), el idioma y la relevancia del artículo como se detalla en las figuras 3 y 4.
- Dicho todo lo anterior con la intención de examinar para la comprensión más a fondo sobre la importancia que conlleva este campo de estudio como la logística inversa para la sustentabilidad ambiental, este estudio adopta un análisis bibliométrico, en este sentido se crearon criterios de inclusión (Figura 3) y exclusión (Figura 4).

Figura 3. Criterios de inclusión.

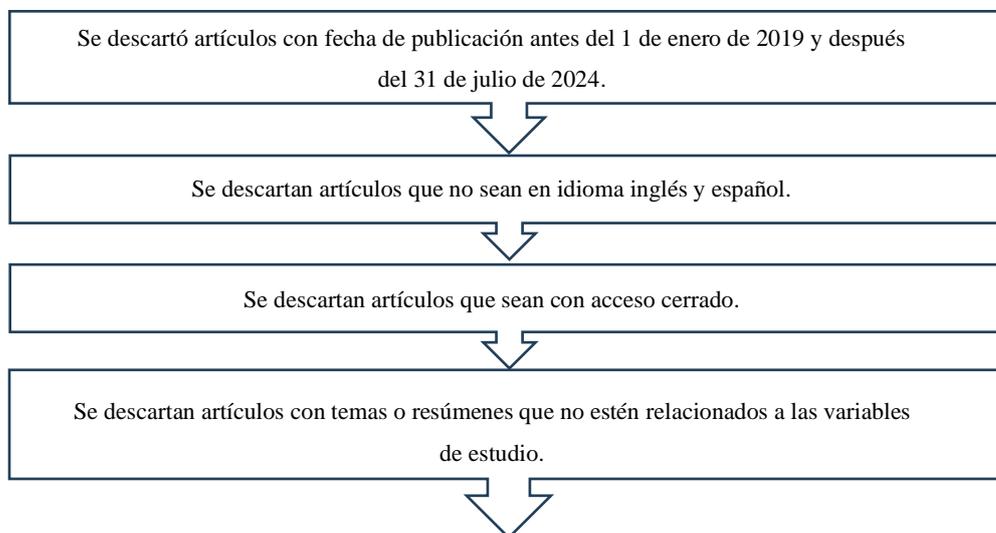




Nota: Elaborado por la autora.

Para los criterios de inclusión se considerará artículos publicados con la fecha del 1 de enero del 2019 hasta el 31 de julio del 2024, así también se tomará artículos solo en inglés y español con acceso abierto y que cuenten con los títulos o resúmenes en dirección a las variables de estudio como son la logística inversa o sustentabilidad ambiental.

Figura 4. *Criterios de exclusión.*



Nota: Elaborado por la autora.

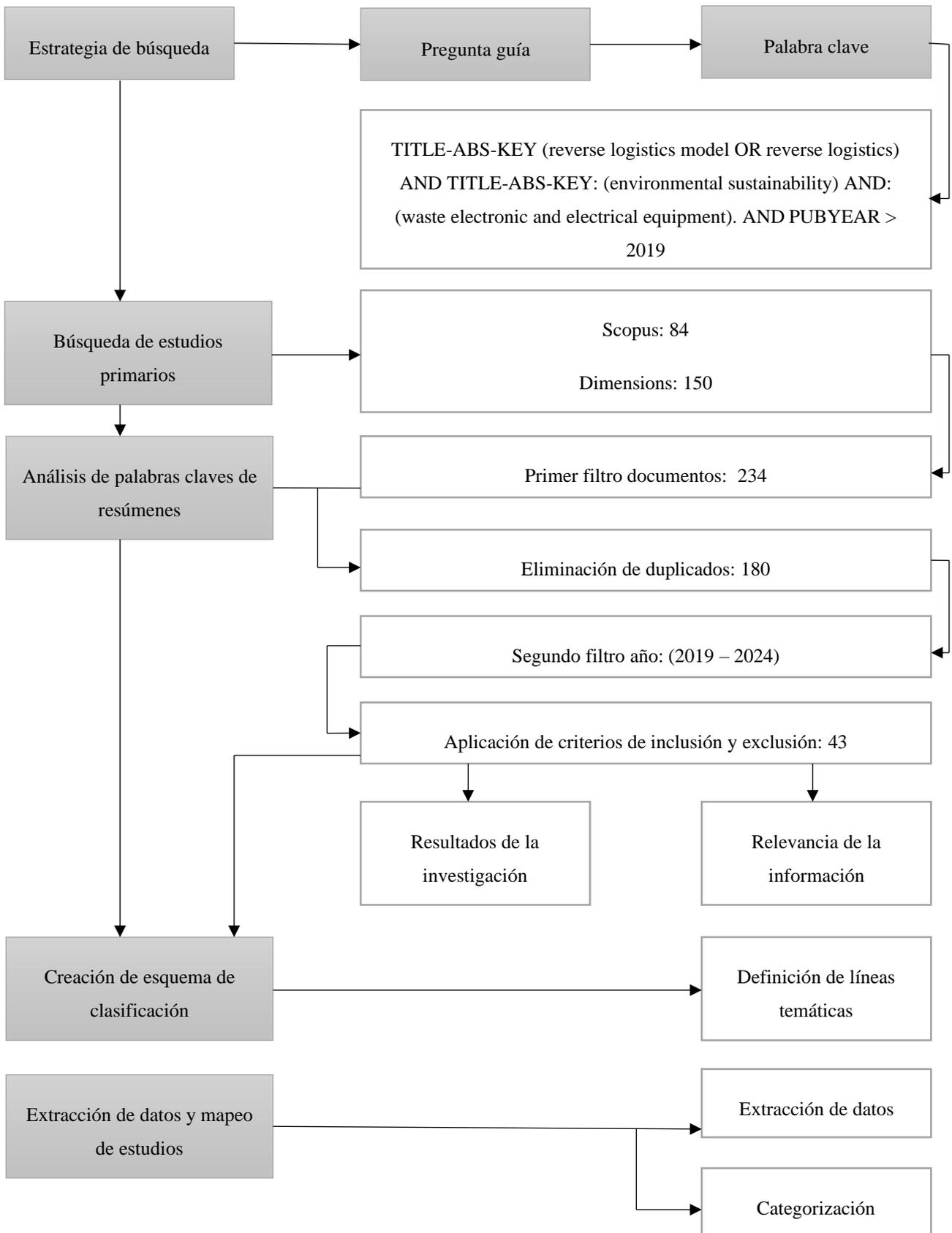
En los criterios de exclusión se descartan artículos con fecha de publicación inferior al 1 de enero del 2019 y después del 31 de julio del 2024, también aquellos artículos que no correspondan al idioma inglés y español, los que no se encuentren con acceso abierto y para finalizar los que no estén relacionados a las variables del estudio.

1.2.2. Etapa 2: Implementación

Se realizó una búsqueda profunda en base a estudios primarios, a través de dos bases de datos destacadas. Por otra parte, se siguió un análisis de palabras claves expuestas en los resúmenes de los artículos previamente elegidos, cuyas características eran significativas

para la investigación. A partir de lo antes mencionado y con la información obtenida se realizó un diagrama donde se presentó los estudios más destacados para el mapeo sistemático, así también se facilitó el orden de los datos recopilados, esto permitió visualizar de forma general y organizada el campo que abarca el estudio (Figura 5).

Figura 5. Método de mapeo sistemático.



Nota: Elaborado por la autora.

- **Búsqueda de estudios primarios:** Se implemento la búsqueda planificada previamente. En primer lugar, se llevó a cabo la búsqueda de estudios primarios relacionados con el modelo de logística inversa, logística inversa, sustentabilidad ambiental, residuos de aparatos electrónicos y eléctricos. Los términos de búsqueda se asignaron en los campos de título, resumen y palabra clave en las bases de datos relevantes, y se aplicaron todos los criterios de inclusión y exclusión. Después se hizo la exportación de los metadatos de ambas bases de datos a un archivo CSV para su análisis posterior en Microsoft Excel.
- **Análisis de palabras claves de resúmenes:** Este procedimiento se basó en tres etapas: a) revisar los resúmenes para confirmar la relevancia de los artículos respecto al tema de logística inversa, logística inversa para la sustentabilidad ambiental, b) identificar palabras claves y conceptos que muestren contribución al tema, así como un enfoque de investigación que comprende este estudio; y c) identificar palabras claves que resalten los principales resultados de las investigaciones. La tabla 4, ilustra el proceso llevado a cabo durante la fase de implementación.
- **Creación del esquema de clasificación:** Se definieron categorías para las preguntas de investigación con la única finalidad de ordenar estudios que cumplen con los criterios de exclusión e inclusión.

Tabla 4. Líneas de investigación propuestas.

Líneas	Modelo de logística inversa
	Logística inversa
	Sustentabilidad ambiental
	Residuos de aparatos electrónicos y eléctricos
	Reciclaje

Nota: Elaborado por la autora.

- **Extracción de datos y mapeo de estudios:** Cada artículo es etiquetado con un código específico para la documentación del proceso. Para la facilidad de este proceso, se encuentran artículos y los metadatos necesarios para abordar las preguntas de investigaciones, se empleó una matriz referencial, Tabla 5.

Tabla 5. Líneas de investigación propuestas.

Código	Base	Año	Variable de estudio	Hallazgos claves
A1	Scopus	2024	Diseño de redes de gestión de desechos electrónicos.	Desarrollo de una red de gestión de residuos electrónicos que integren canales formales e informales para la optimización de la cadena de suministro tanto económico como social.
A2	Scopus	2024	Economía circular a partir de la logística inversa de residuos.	Estudio para la investigación de residuos electrónicos y eléctricos, cierre de ciclos a través del reciclaje por medio de la estrategia de economía circular.
A3	Scopus	2023	Gestión de residuos electrónicos: análisis de conflictos y responsabilidad.	Se usa un modelo gráfico para la resolución de conflictos (GMCR) para la disimulación de los análisis y solución de conflictos realistas en gestión de residuos.
A4	Scopus	2020	Análisis del ciclo de vida de tecnologías emergentes para la recuperación de valores.	Comparación de tecnologías novedosas, incluida la reutilización directa y recuperación de RAEE.

A5	Scopus	2023	Uso de materias primas secundarias para la industria del cobre.	Desarrollo de una economía circular, examinar la posibilidad de un mayor uso de residuos para reutilización.
A6	Scopus	2022	Gestión de residuos electrónicos, desafíos y oportunidades de un modelo de logística inversa.	La aplicación del nuevo reglamento requiere la integración de diferentes partes de interés para superar dificultades.
A7	Scopus	2022	Comparación entre líneas blanca, verde, marrón y azul, para el análisis de residuos electrónicos	Análisis de diferencias en hábitos de consumo de las cuatro líneas de electricidad y electrónica, alteraciones en hábitos.
A8	Scopus	2021	Simulación de dinámica de sistemas enfocado en optimización de diseño de políticas sustentables en gestión de RAEE.	Enfoque de simulación basado en la optimización OBS que establezca el diseño de políticas sustentables en gestión de RAEE.
A9	Scopus	2021	Modelo multicriterio para el apoyo de gestión de sistemas en recolección de residuos eléctricos.	Revisión sistemática de literatura y análisis bibliométrico, para la observación de una tendencia creciente con respecto a residuos.

A10	Scopus	2021	Sistema inteligente de RAEE que intervenga la cadena de suministro y mapas interactivos en línea.	Gestión eficiente de residuos eléctricos como estrategia vital para el ahorro de materiales.
A11	Scopus	2021	Modelo matemático para localizar los puntos de recolección de RAEE.	Definir la ubicación para la instalación de puntos estratégicos de recogida de RAEE a través de un análisis matemático.
A12	Scopus	2020	Evaluación de logística inversa de RAEE a partir de un modelo de multicriterio.	La aplicación de la logística inversa es bien consolidada en diversos países ya que aumentan los RAEE.
A13	Scopus	2020	Servicios de recolección, análisis conjunto basándose en la elección.	Aplicación de la economía circular de los aparatos eléctricos y electrónicos para la reutilización de materiales.
A14	Scopus	2020	Marco legal y tecnología al servicio de la logística inversa.	Aumento de la población de RAEE se convirtió en un amplio tema en constante crecimiento, prevenir los riesgos del medio ambiente.

A15	Scopus	2019	Sistema de logística inversa con una modalidad de multicompetitiva con una teoría de juegos.	Con un sistema de logística inversa de fabricantes y recicladores para un modo de devolución que sea competitivo.
A16	Scopus	2019	Marco de economía circular, cadena de suministro inversa de procesos de gestión de residuos.	Gestión de la cadena de suministro de RAEE ha generado una mayor atención del desarrollo de conciencia ambiental.
A17	Scopus	2021	Análisis econométrico para los hogares que separan sus residuos eléctricos.	Mejoramiento de la tasa de recolección selectiva de RAEE es muy importante para el alcance de metas medioambientales
A18	Scopus	2023	Valoración de gestión sustentables de RAEE usando el método de criterio base y solución basada en números difusos Z.	Diversos factores contribuyen al aumento de la producción y diversidad de desechos, esto es en base a la población.
A19	Scopus	2022	Modelo sustentable para el rediseño y enrutamiento de multiviaje en redes de recolección para residuos sólidos.	Transporte para recolección de desechos por los aspectos ambientales, financieros y sociales, se considera un problema complicado en sistemas de gestión.

A20	Dimensions	2020	Enfoque sistemático que comprenda los desafíos que logre la economía circular.	La economía circular se plantea en todo el mundo, la importancia de lograr los beneficios asociados a ella y diversas barreras que rodean son debatidas.
A21	Dimensions	2020	La sostenibilidad a través de una investigación sobre potencial económico de residuos sólidos.	Agotamiento de recursos naturales, fin de su vida útil en vertederos y acumulación de basura estos desafían la gestión de los RAEE
A22	Dimensions	2023	Economía circular, concepto general y áreas relacionadas.	Servicios de economía circular ayudan a la comprensión de flujos que aporten al medio ambiente y su incidencia.
A23	Dimensions	2021	Gestión sustentable de residuos para fabricación de pisos en la Ciudad.	Estudio de gestión integrada y sustentable de residuos dentro de clúster para la fabricación de pisos.
A24	Dimensions	2020	Productos básicos basados en los RAEE, para los países de Suecia y Brasil.	La convención de residuos en energía, esto describe a una alternativa a vertederos hace desaparecer los residuos.

A25	Dimensions	2020	Modelado de logística actual, caso de estudio.	Nuevo sistema de distribución de mercaderías en el casco histórico, usando metodología de logística inversa.
A26	Dimensions	2021	Modelo de optimización de un diseño de red de logística sustentable.	A través de programación de objetivos se busca optimizar la inversión de una infraestructura de logística.
A27	Dimensions	2023	Recolección de residuos electrónicos basado en blockchain.	Estudio de investigación para solución de problemas en gestión de residuos eléctricos en un sentido básico.
A28	Dimensions	2024	Análisis exhaustivo para una evaluación híbrida de sostenibilidad para la cadena de suministro.	Mitigar el riesgo mediante establecimientos de redes sólidas en la cadena de suministro es importante desde una perspectiva empresarial.
A29	Dimensions	2021	Economía circular: Revisión de literatura desde una perspectiva sostenible en el sector urbano.	La reducción de emisiones de los transportes y eliminación de fósiles de los vehículos, es una pieza fundamental para el medio ambiente.

A30	Dimensions	2020	Evaluación multicriterio desde objetivos sostenibles.	El uso de redes verdes es una estrategia opcional pero excepcional e inevitable que satisface las necesidades de una población
A31	Dimensions	2024	Gestión de residuos de demolición en las redes de construcción de Pakistán.	Un manejo adecuado es esencial para la gestión sostenible en los residuos de construcción para beneficio ambiental.
A32	Dimensions	2019	Revisión sistemática exhaustiva sobre el desarrollo sostenible.	El desarrollo del medio ambiente sustentable es primordial a través de diferentes aspectos se demuestran las técnicas utilizadas.
A33	Dimensions	2020	Revisión sistemática de literatura hacia un desarrollo sostenible.	Objetivo de identificar la sociedad que existe en los conceptos de sostenibilidad y excelencia de operación, desarrollo del estado del arte.
A34	Dimensions	2021	Transformación de medios digitales para la sostenibilidad del medio ambiente.	La transformación de estos aparatos en las organizaciones es fundamental para el desarrollo sustentable y aporte del ecosistema.

A35	Dimensions	2024	Oportunidades de aplicación del método de compostaje para municipios de Brasil.	La gestión de residuos sólidos del sector urbano más conocido como RSU se considera un reto a nivel global, por ende, esta práctica es primordial en aquellos países que sufren de la problemática.
A36	Dimensions	2023	Impacto de tecnologías de la industria 4.0 es un punto clave para la cadena de suministro 4.0.	Las tecnologías de la industria 4.0 depende de una practicas sostenible para una mejor gestión de la cadena de suministro 4.0, lo que corresponde a un aporte al medio ambiente.
A37	Dimensions	2023	Revisión sistemática de literatura para la aplicación sostenible a través de métodos de operación.	Resumir los métodos para un funcionamiento inteligente en el sector público correspondiente a edificios y su aplicación de prácticas sustentables.
A38	Dimensions	2020	Análisis para convertir aldeas urbanas sustentables con relación al medio ambiente.	La sostenibilidad en las zonas urbanas se considera deficientes por ello se analiza la forma o método de lograr este objetivo.
A39	Dimensions	2021	Estudio de caso: Impacto de los vehículos en el medio ambiente.	Se presentan aglomeraciones de vehículos obsoletos, y se busca una solución que

				contrarreste el problema con el medio ambiente a partir de prácticas sustentables.
A40	Dimensions	2020	Planificación sobre los vehículos de manera eficiente en el sector urbano.	El sector público aporta a la contaminación del medio ambiente, por ello la búsqueda exhaustiva de un método que ayude al desarrollo de prácticas sostenibles.
A41	Dimensions	2021	Priorización de nuevas tecnologías utilizadas en los vehículos modernos y su apreciación en un enfoque sostenible.	En esta época la crisis medioambiental y económica se considera creciente con el pasar del tiempo, sin embargo, se plantean alternativas que contrarresten este problema y sea un aporte para la sociedad.
A42	Dimensions	2021	Revisión sistemática: Investigación en base a enfoques BIM, IoT y gestión para la renovación de edificios	Importancia de proporcionar un análisis profesional sobre la aplicación de estos enfoques.
A43	Dimensions	2023	Transformación digital sostenible para el desarrollo del medio ambiente.	La aplicación de un método sostenible que aporte al medio ambiente con respecto a residuos digitales es importante.

Nota: Elaborado por la autora.

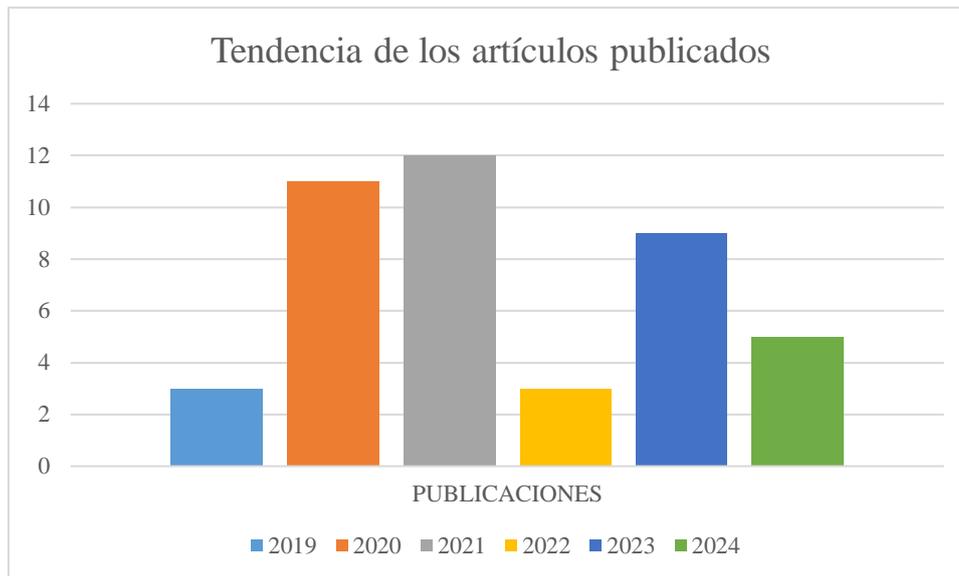
1.2.3. Etapa 3: Informe de resultados

Se empleó un formulario estándar para exponer los resultados, el cual parte de una introducción que aborda los antecedentes del tema, la necesidad y utilidad de un mapeo sistemático, así como documentos relacionados; el método de investigación; los resultados organizados según las preguntas de investigación y su discusión; conclusiones y una sección de referencias. A continuación, se resumen los principales descubrimientos basados en preguntas de investigación establecidas en la fase de planificación y detalladas previamente en la tabla 1. Por lo tanto, se procede a realizar una evaluación de las respuestas vinculadas a las preguntas de investigación.

P1. ¿Cómo se distribuyen los artículos relacionados a la logística inversa para la sustentabilidad ambiental sobre aparatos electrónicos y eléctricos?

Según los datos presentados en la figura 6, se observa una clara tendencia en la elaboración científica a lo largo de los años en base a las variables de estudio. El análisis revela que en el 2019 se obtiene un número total de 3 artículos publicados (A15, A16, A32). Para el año 2020 se obtienen 12 artículos publicados (A4, A12, A13, A14, A20, A21, A24, A25, A30, A33, A38, A40). Con respecto al 2021 se registró un número de artículos publicados con un total de 12 aportaciones (A8, A9, A10, A11, A17, A23, A26, A29, A34, A39, A41, A42). Por otra parte, en lo que corresponde al 2022 se llegó a 3 artículos publicados (A6, A7, A19). En el año 2023 se obtiene 8 artículos (A3, A5, A18, A22, A27, A36, A37, A43). Finalmente, en el año 2024 se obtuvo 5 artículos publicados (A1, A2, A28, A31, A35). Este análisis resalta las variaciones en la producción científica en el lapso de este tiempo y existe cambios y enfoques en la comunidad investigadora.

Figura 6. Tendencia de los artículos publicados.



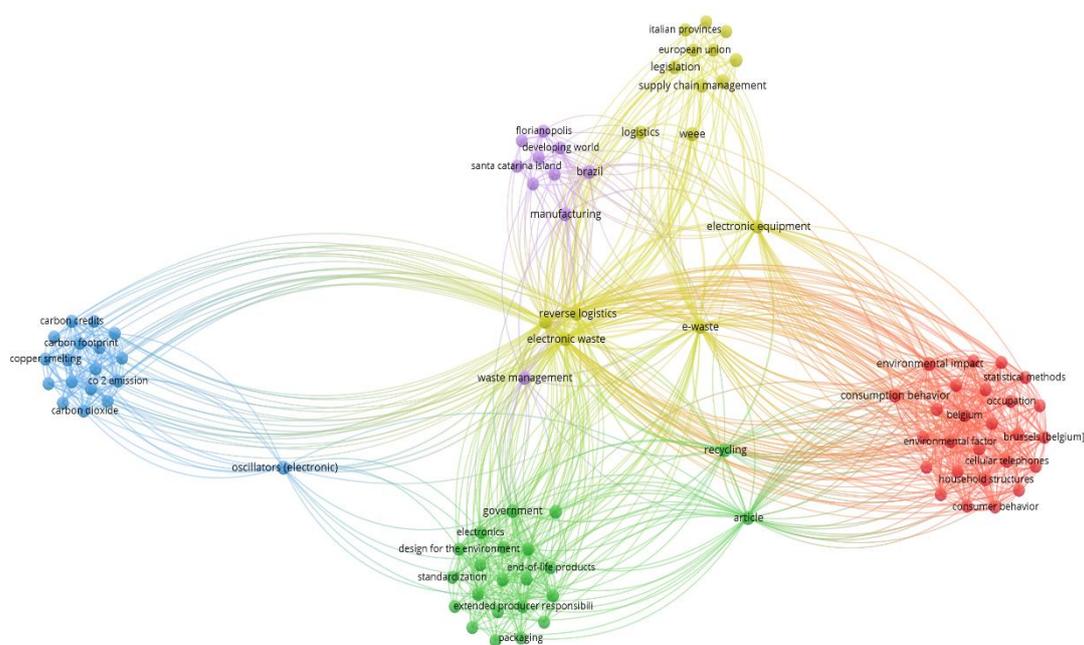
Nota: Elaborado por la autora.

1.2.3.1. Análisis bibliométrico de revistas científicas

A través del software VOSviewer se elaboró un mapeo de datos de la red como se muestra en la figura 9, el cual generó 5 clúster con respecto a revistas científicas relacionados a las variables de estudio, lo que generó clústers con una interacción de relación entre sí, lo que se distinguen por colores diferentes.

En el primer clúster representado por el color rojo dando a conocer sobre el medio ambiente un amplio índice o mayor nivel de fuerza con respecto al resto en la red. Para el segundo clúster se presenta con el color verde siendo los residuos electrónicos con mayor fuerza de correlación con respecto al resto de las revistas mostradas en la red, por otro lado, este clúster implica mucho las investigaciones de los osciladores, recuperadores, recicladores y la cadena de suministro. El tercer clúster que tiene color azul mostró que la mayor fuerza de relación en este caso de red correlacional corresponde al dióxido de carbono CO₂. En el cuarto clúster que tiene de rasgo distintivo el color amarillo representa que la logística tiene el mismo índice con respecto a la red de revistas. El quinto clúster tiene como distintivo el color lila el cual nos permite observar que entre las palabras claves sobresale los residuos de equipos electrónicos en la red de correlación. (Figura 7).

Figura 7. Red correlacional de revistas en base a las variables.



Nota: Elaborado por la autora.

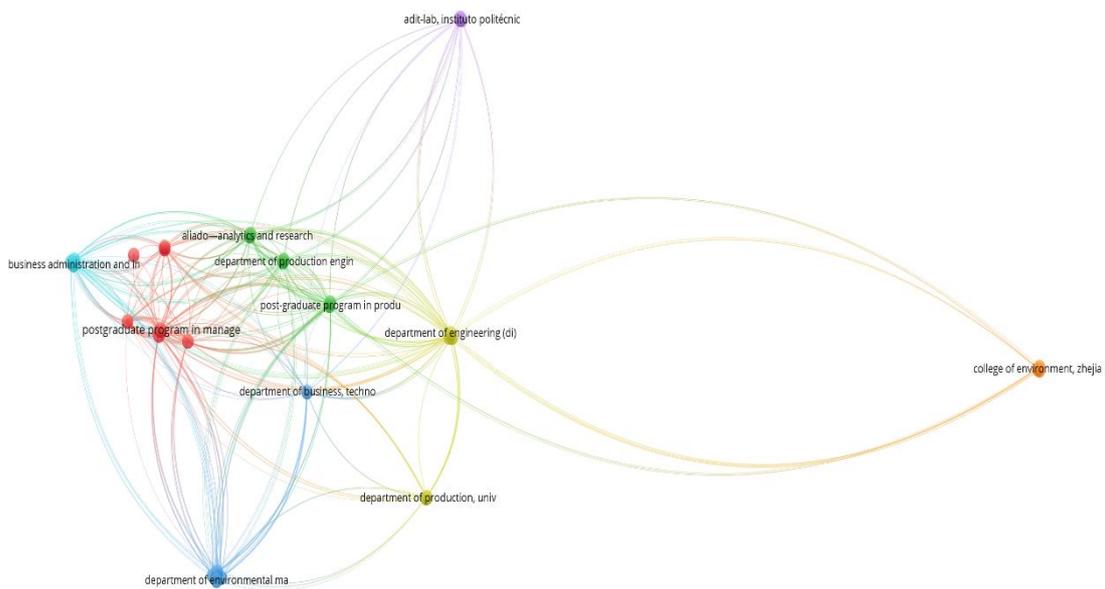
La creación de la red sobre la clasificación de revistas permitió conocer la información científica de la logística inversa para la sustentabilidad ambiental tendría como finalidad mostrarnos un esquema o estructura jerárquica sobre el panorama académico en este campo de estudio. Por lo tanto, se desea demostrar a través de esta red los diferentes temas de prioridad por una categorización de las revistas de acuerdo a sus contenidos ya que nos mostrara las interconexiones sobre el tema abordado, esta herramienta se considera una guía de gran importancia para lo conlleva la investigación porque facilita la exploración sobre la literatura científica en este contexto, no solo nos brinda la opción de evaluar sino también analizar las diferentes áreas de estudios, autores, líneas de investigación el consumo de publicaciones científicas, entre otras cosas de suma importancia.

1.2.3.2. Red bibliométrica de universidades

En la figura 8 se expuso la red bibliométrica de acuerdo a universidades cuya investigación científica se ha basado en el campo de estudio sobre la logística inversa y la sustentabilidad ambiental, esta red de acuerdo al estudio en base de datos se rige mediante 7 clústers. El primer clúster con el color rojo representa una red de correlación en la cual se observó 5 universidades con una gran interconexión. En el segundo clúster cuya representación arroja un color verde mostró índice de 3 universidades con relación

al tema de estudio. En el tercer clúster con color azul permitió visualizar 2 universidades en relación con respecto a la investigación. En el cuarto clúster presentado con color amarillo se visualizó 2 universidades. En el quinto clúster de color morado se obtuvo 1 instituto politécnico. En el sexto clúster de color celeste se manifestó 1 universidad. Por último, en el séptimo clúster de color naranja se pudo percatar una universidad de medio ambiente. (Figura 8).

Figura 8. Red de correlación de universidades con información científica.



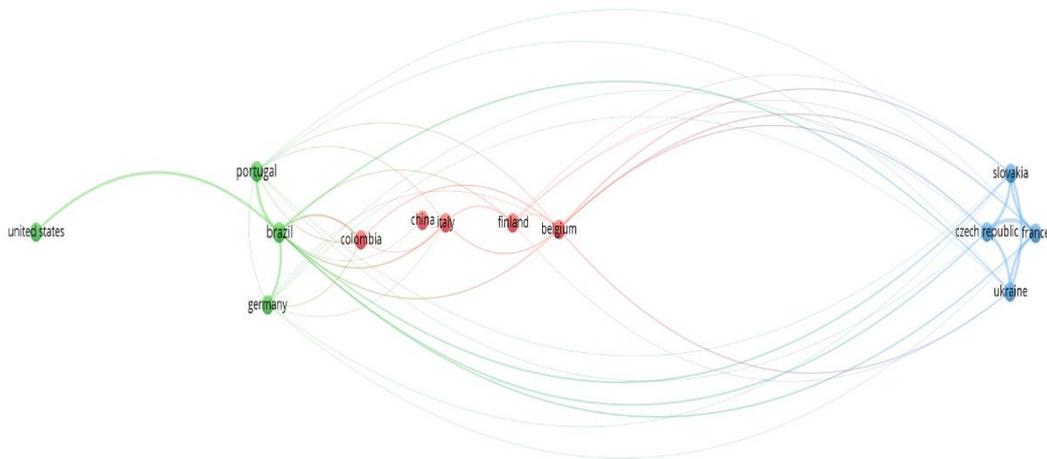
Nota: Elaborado por la autora.

La creación de la red de clasificación de universidades sobre la logística inversa para la sustentabilidad ambiental tiene la finalidad de hacer una visualización de la interconexiones y enlaces académicos en diversas instituciones, resaltando los centros de investigaciones y aquellos grupos que contribuyen al desarrollo sustentable. El objetivo de este estudio es evidenciar el intercambio de conocimientos y la colaboración del mismo, a través de una observación sobre la influencia que cada universidad tiene a partir de sus aportes científicos, esta interconexión no solo clasifica o propone líderes académicos, sino que plantea una colaboración que impulse la logística inversa en conjunto de la sustentabilidad ambiental.

1.2.3.3. Red bibliométrica de países

La figura 9, presentó la red bibliométrica que corresponde a los diferentes países cuya investigación científica tiene como principal estudio la logística inversa para la sustentabilidad ambiental, en esta red de interconexión el campo a estudiar se plantea 3 clústers. En el primer clúster con color rojo para identificarlo nos presenta red de interconexión de 5 resultados de acuerdo al tema a estudio. En el segundo clúster con el pertinente color verde nos da como resultado 4 países con revistas científicas de acuerdo a este estudio sobre la logística inversa. El tercer y último clúster con color azul nos da un total de 4 aportes con estudios científicos de acuerdo a las revistas.

Figura 9. Red de correlación de países con información científica.



Nota: Elaborado por la autora.

La creación de la red de correlación entre países sobre la logística inversa para la sustentabilidad ambiental tiene la finalidad de hacer una visualización de la interconexiones y enlaces académicos en diversos lugares, resaltando los centros de investigaciones y aquellos grupos que contribuyen al desarrollo sustentable. El objetivo de este estudio es evidenciar los diversos conocimientos y la colaboración del mismo, a través una observación sobre la influencia que cada país tiene a partir de sus aportes científicos.

P2. ¿Qué propuestas de solución han presentado?

Según los datos presentados en la tabla 6, los autores de los artículos (A2, A5, A13, A14, A16, A20, A22, A25, A29, A31, A33, A34, A37, A38, A39, A42, A43) proponen un

Modelo Basado en Agentes (MBA), este es una herramienta de gestión imprescindible para las empresas de cualquier sector y tamaño, las políticas o estrategias de sostenibilidad empresarial abarcan todos los retos globales a los que se enfrenta la organización, desde el medio ambiente hacia la protección de datos, pasando por los derechos humanos, la transparencia o responsabilidad fiscal.

La aplicación de un Modelo Matemático plantea los artículos (A1, A8, A9, A11, A15, A17, A18, A19, A23, A26) el tratamiento correcto de los productos devueltos en diferentes puntos correspondiente en la cadena de suministro logra ser eficiente a partir de un modelo matemático, al aplicar la logística inversa cuyo fin es devolver los productos obsoletos a su punto de partida para una adecuada disposición. No obstante, se consideró al producto en devolución el motivo por el cual regresó para poder entrar en el proceso de la cadena de suministro hasta llegar a un nuevo destino y alargar su ciclo de vida.

El Modelo GMCR lo prefieren los artículos (A3, A6, A7, A21, A24, A40, A41) este es una representación simplificada de la relación entre variables. Unos artículos prefieren un Modelo Multicriterio son (A12, A30, A32, A35, A36) con una amplitud en metodologías. El artículo (A4) prefiere un Modelo de Ciclo de Vida, el artículo (A27) plantea un Modelo blockchain, El artículo (A10) expone un Modelo de Mapas Interactivos en Línea y finalmente el Artículo (A28) implementa una Evaluación híbrida

Tabla 6. *Propuestas de investigación.*

N. de Artículo	Propuesta de aplicación
A1	Diseño de redes (modelo matemático)
A2	Economía circular (Modelo basado en agentes)
A3	Modelo gráfico para resolución de conflictos (GMCR)
A4	Análisis de ciclo de vida (ACV)
A5	Economía circular (Modelo basado en agentes)
A6	Gestión de residuos (GMCR)
A7	Análisis y comparación de líneas (GMCR)
A8	Simulación dinámica (modelo matemático)
A9	Diseño de redes (modelo matemático)
A10	Mapas interactivos en línea
A11	Modelo matemático
A12	Modelo multicriterio
A13	Economía circular (Modelo basado en agentes)
A14	Logística inversa (Modelo basado en agentes)

A15	Teoría de juegos (Modelo matemático)
A16	Economía circular (Modelo basado en agentes)
A17	Análisis econométrico (modelo matemático)
A18	Método de criterio base y números z difusos (modelo matemático)
A19	Modelo sostenible de rediseño multiviaje (modelo matemático)
A20	Economía circular (Modelo basado en agentes)
A21	Modelo gráfico (GMCR)
A22	Economía circular (Modelo basado en agentes)
A23	Cadena de suministro inteligente (modelo matemático)
A24	Modelo de resolución de conflictos (GMCR)
A25	Modelo de logística inversa (Modelo basado en agentes)
A26	Diseño de redes (modelo matemático)
A27	Modelo de bloques (blockchain)
A28	Evaluación híbrida
A29	Economía circular (Modelo basado en agentes)
A30	Modelo multicriterio
A31	Economía circular (Modelo basado en agentes)
A32	Modelo multicriterio
A33	Economía circular (Modelo basado en agentes)
A34	Economía circular (Modelo basado en agentes)
A35	Modelo multicriterio
A36	Modelo multicriterio
A37	Economía circular (Modelo basado en agentes)
A38	Economía circular (Modelo basado en agentes)
A39	Economía circular (Modelo basado en agentes)
A40	Metodología GMCR
A41	Metodología GMCR
A42	Economía circular (Modelo basado en agentes)
A43	Economía circular (Modelo basado en agentes)

Nota: Elaborado por la autora.

P3. ¿Cuál fue el método para la recopilación de datos?

Para la determinación de la metodología comúnmente utilizada por los diferentes autores en las investigaciones de la matriz referencial, se recopilaron los datos pertinentes de la tabla 7. Este análisis de datos permitió ordenar la información, esto facilita la identificación de patrones y diversas tendencias.

Tabla 7. Metodologías empleadas en las investigaciones.

N. de Artículo	Técnica analítica, enfoque y diseño	Método	Técnica	Instrumento
A1	Enfoque cuantitativo	Deductivo	Encuesta, selección de documentos	Cuestionario
A2	Enfoque cuantitativo	Inductivo	Análisis de documentos, Encuesta	Cuestionario
A3	Enfoque cualitativo	Inductivo	Análisis de documentos	Cuestionario
A4	Enfoque cualitativo	Inductivo	Análisis de documentos	Ficha de observación, cuestionario
A5	Enfoque cuantitativo	Inductivo	Análisis de documentos, Encuesta	Cuestionario
A6	Enfoque cualitativo	Inductivo	Análisis de documentos	Cuestionario
A7	Enfoque cualitativo	Inductivo	Análisis de documentos	Cuestionario
A8	Enfoque cuantitativo	Deductivo	Encuesta, selección de documentos	Cuestionario
A9	Enfoque cuantitativo	Deductivo	Encuesta, selección de documentos	Cuestionario
A10	Enfoque cualitativo	Inductivo	Análisis de documentos	Cuestionario, ficha de observación
A11	Enfoque cuantitativo	Deductivo	Encuesta, selección de documentos	Cuestionario
A12	Enfoque cuantitativo	Deductivo	Selección de documentos, observación	Ficha de observación, cuestionario
A13	Enfoque cuantitativo	Inductivo	Análisis de documentos, Encuesta	Cuestionario
A14	Enfoque cuantitativo	Deductivo	Análisis de documentos, Encuesta	Cuestionario
A15	Enfoque cuantitativo	Deductivo	Encuesta, selección de documentos	Cuestionario
A16	Enfoque cuantitativo	Deductivo	Encuesta, observación, selección de documentos	Cuestionario
A17	Enfoque cuantitativo	Deductivo	Encuesta, selección de documentos	Cuestionario
A18	Enfoque cuantitativo	Deductivo	Encuesta, selección de documentos	Cuestionario
A19	Enfoque cuantitativo	Deductivo	Encuesta, selección de documentos	Cuestionario
A20	Enfoque cuantitativo	Inductivo	Análisis de documentos, Encuesta	Cuestionario

A21	Enfoque cualitativo	Inductivo	Análisis de documentos	Cuestionario
A22	Enfoque cuantitativo	Inductivo	Análisis de documentos, Encuesta	Cuestionario
A23	Enfoque cuantitativo	Deductivo	Encuesta, selección de documentos	Cuestionario
A24	Enfoque cualitativo	Inductivo	Análisis de documentos	Cuestionario
A25	Enfoque cuantitativo	Inductivo	Análisis de documentos, Encuesta	Cuestionario
A26	Enfoque cuantitativo	Deductivo	Encuesta, selección de documentos	Cuestionario
A27	Enfoque cualitativo	Inductivo	Análisis de documentos	Ficha de observación, diagrama de flujo de procesos
A28	Enfoque cualitativo	Inductivo	Análisis de documentos	Ficha de observación, diagrama de flujo
A29	Enfoque cuantitativo	Inductivo	Análisis de documentos, Encuesta	Cuestionario
A30	Enfoque cuantitativo	Deductivo	Selección de documentos, observación	Ficha de observación, cuestionario
A31	Enfoque cuantitativo	Inductivo	Análisis de documentos, Encuesta	Cuestionario
A32	Enfoque cuantitativo	Deductivo	Selección de documentos, observación	Ficha de observación, cuestionario
A33	Enfoque cuantitativo	Inductivo	Análisis de documentos, Encuesta	Cuestionario
A34	Enfoque cuantitativo	Inductivo	Análisis de documentos, Encuesta	Cuestionario
A35	Enfoque cuantitativo	Deductivo	Selección de documentos, observación	Ficha de observación, cuestionario
A36	Enfoque cuantitativo	Deductivo	Selección de documentos, observación	Ficha de observación, cuestionario
A37	Enfoque cuantitativo	Inductivo	Análisis de documentos, Encuesta	Cuestionario
A38	Enfoque cuantitativo	Inductivo	Análisis de documentos, Encuesta	Cuestionario
A39	Enfoque cuantitativo	Inductivo	Análisis de documentos, Encuesta	Cuestionario

A40	Enfoque cualitativo	Inductivo	Análisis de documentos	Cuestionario
A41	Enfoque cualitativo	Inductivo	Análisis de documentos	Ficha de observación
A42	Enfoque cuantitativo	Inductivo	Análisis de documentos, Encuesta	Cuestionario
A43	Enfoque cuantitativo	Inductivo	Análisis de documentos, Encuesta	Cuestionario

Nota: Elaborado por la autora.

La gran mayoría de los documentos revisados adoptaron un enfoque cuantitativo, sin embargo, se considera que se implemente también un enfoque cualitativo por lo tanto indica que prefieren una medición objetiva de los resultados, durante el análisis del estado del arte se observa claramente que han adoptado el método deductivo y un poco el inductivo, especialmente los artículos científicos lo que corresponde al uso de la lógica y la inferencia de la investigación.

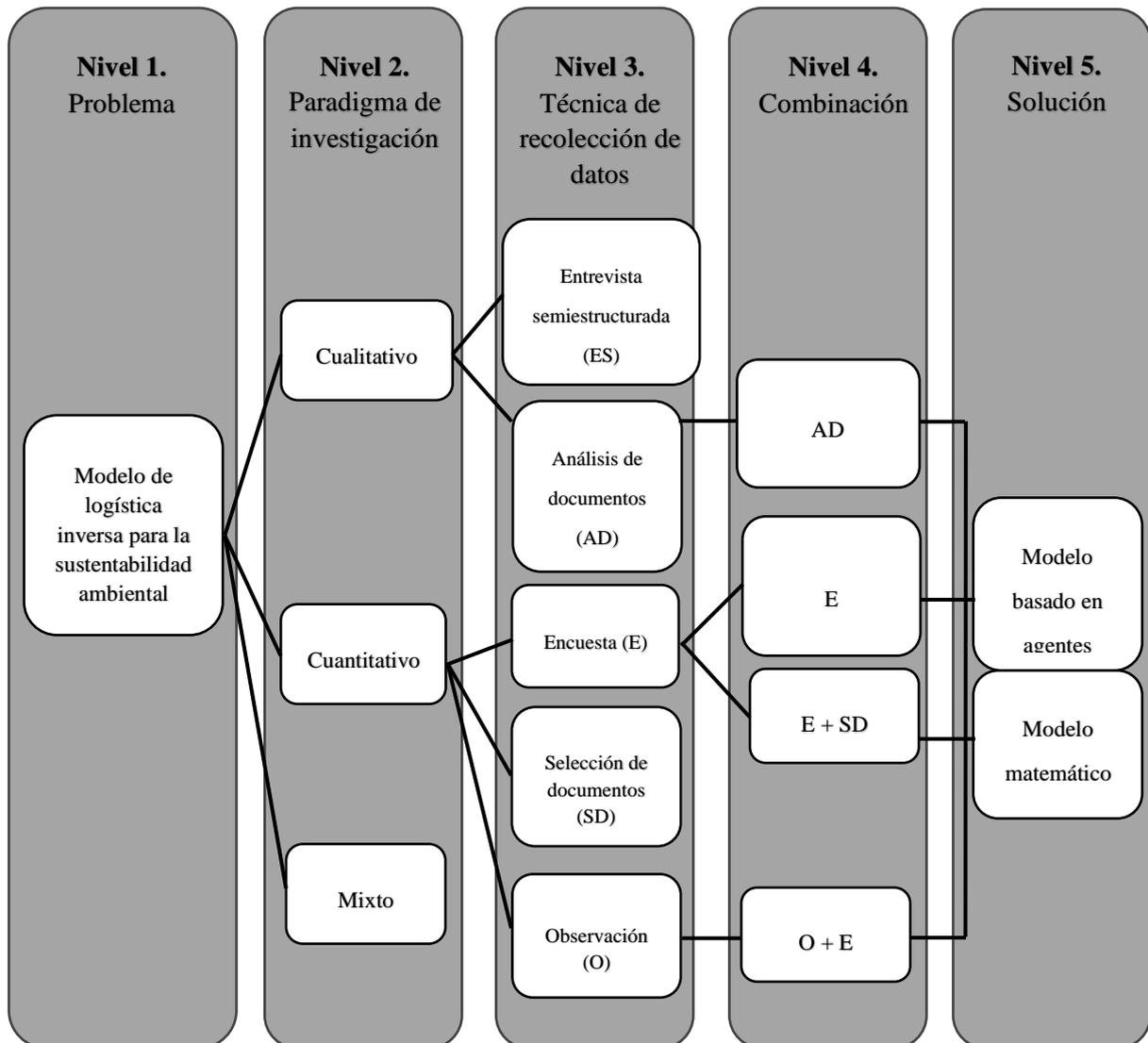
Al examinar cuidadosamente los estudios por los expertos se observó que las encuestas se consideran un punto importante para la recolección y toma de datos para el estudio en conjunto de la observación y la selección de documentos por otra parte el análisis de datos fue la técnica más usada especialmente por lo que corresponde a los métodos inductivos así también le sigue las entrevistas semiestructuradas que podría ser una segunda opción. En este sentido, ambos enfoques se enfatizaron en usar y recolectar datos de primera mano para el concepto de estudio. Además, las encuestas fueron crucial para el respaldo de investigación de fuentes históricas y bases teóricas.

El análisis del estado del arte determinó que las metodologías más usadas por los expertos fueron el Modelo Basado en Agentes (MBA), Modelo matemático, Métodos para resolución de conflictos (GMCR) y de multicriterio. Tanto como en enfoque deductivo e inductivo se sugieren como prácticas de investigación de este campo. En cuanto a las técnicas de recolección de datos se sugiere el uso de encuestas, observación y la selección de documentos, lo que corresponde a una intervención directamente en el entorno de estudio.

1.2.4. Delineación del protocolo

La delineación del protocolo para el modelo de logística inversa es fundamental para la observación de las técnicas empleadas en este estudio, la aplicación de dicho modelo con relación a un enfoque de sustentabilidad ambiental comprende amplios aspectos, ambientales, económicos, sociales y políticos. En esta propuesta se detallan los métodos utilizados, las técnicas cuantitativas y cualitativas, los instrumentos expuestos anteriormente por expertos.

Figura 10. Protocolo de logística inversa.



Nota: Elaborado por la autora.

1.2.5. Discusión del protocolo

Después de una exhaustiva revisión de literatura y un análisis bibliométrico en sentido de las variables tanto como logística inversa y sustentabilidad ambiental, estudiando minuciosamente investigaciones anteriores realizadas por expertos, se determinó el uso de enfoques cualitativo y cuantitativo, el cualitativo se basa en el análisis de documentos es decir investigaciones pasadas por otro lado la parte cuantitativa se basa en implementar un instrumento como es la encuesta, ambos enfoques nos dieron la solución de llegar a un modelo basado en agentes en conjunto de modelo matemático, estos dos modelos encontrados se aplicarán para la elaboración de este estudio.

1.3. Fundamentos teóricos

La logística inversa se ha reconocido como un área de la logística empresarial cuyo fin es la planificación, implementación y controlar el flujo y aquella información de logística correspondiente al retorno de los productos al final de su ciclo de vida hacia su productor o distribuidos original (José Crespo et al., 2020). Los productos pueden devolverse de forma original como postventa o en forma de residuos o desechos como se denomina devolución postconsumo, al hablar de posventa se debe a problemas de calidad, defectos de fabricación, errores de diseño, problemas comerciales, entre otros, mientras que las de postconsumo se producen principalmente por la incapacidad del consumidor por deshacerse adecuadamente de los equipos (Bigum et al., 2012).

En la última década, diversos factores económicos, legislativos y ciudadanos han contribuido al desarrollo de teorías, estudios de casos y modelos cuantitativos sobre SCM en sentido contrario al tradicional, es decir, la logística inversa (Cao et al., 2016). La misión de la logística inversa consiste en recuperar los residuos, abogando por la reducción del consumo de materias primas utilizando medios como reciclaje, sustitución y reutilización de materiales, eliminación, reparación y refabricación de productos cerrando el círculo de la cadena de suministro (Jeong et al., 2012). Dias expone que la logística inversa es un sentido amplio, ya que entiende todas las operaciones relacionadas con reutilización de productos y todas las operaciones relacionadas con la reutilización de productos y materiales (Carlos Dias et al., 2005).

Martin Christopher por su parte considera que, en la actualidad la logística inversa es un factor de competitividad y ocupa una posición estratégica dentro de organizaciones, ya

que la sociedad está cada vez más preocupada por el volumen de residuos y desechos industriales es por ello que la logística inversa propone el uso de SCM (Schinckus et al., 2019). En cualquier flujo inverso uno de los objetivos cruciales es recuperar el mayor valor posible de los productos, para lograrlo deben realizarse secuencialmente las siguientes etapas recogidas, inspección / separación, reprocesado, eliminación y redistribución (Schinckus et al., 2019).

Figura 11. Diagrama SCM de logística inversa.



Nota: Elaborado por la autora.

1.3.1. Descripción de la recuperación de residuos

En las últimas décadas, la industria de la tecnología ha revolucionado al mundo entero con los dispositivos electrónicos y eléctricos ya que se han convertido en piezas fundamentales en la vida cotidiana, el número de productos que se han lanzado al mercado cada año aumenta tanto en países industrializados como en vías de industria, la vida en

los países industrializados no sería posible sin algunos de estos productos porque su función beneficia en diversas áreas tales como la medicina, movilidad, educación, comunicación, seguridad, entre otras (EU Law - EUR-Lex et al., 2024). Los aparatos al final de su vida útil constituyen un problema para la sociedad moderna, en la actualidad existen datos elevados sobre los residuos electrónicos a nivel regional o mundial, son un área de rápido crecimiento aumenta a un ritmo mayor que el resto, la rápida obsolescencia de los productos y la falta de opciones de gestión al final de su vida.

La Universidad de las Naciones Unidas, creada en 1973, es el brazo académico y de investigación, las estimaciones indican que los desechos de dichos aparatos de los 27 miembros de la UE ascienden actualmente a 13.4 millones de toneladas anuales, la cantidad de residuos electrónicos en todo el mundo se estima en unos 53,6 millones de toneladas al año 2019, y podría alcanzar unos 74.75 millones en 2030 (Adrián et al., 2020) Aunque la información disponible sobre la capacidad de tratamiento de los RAEE se ignoran en gran medida tienen una enorme repercusión (Islam & Huda, 2018). En resumen, la falta de estrategias durante el ciclo de vida de los dispositivos electrónicos y eléctricos no solo provoca importantes problemas medioambientales, sino que también afecta a la gestión sostenible y a la reducción sistemática de recursos disponibles de materiales secundarios, en la electrónica moderna podemos encontrar hasta 60 elementos diferentes, muchos de los cuales son valiosos, algunos son peligrosos y otros tanto valiosos como peligrosos (Charles et al., 2017).

La mayoría de los valiosos recursos presentes en los residuos electrónicos y eléctricos se pierden, se pueden identificar varias causas, como que los esfuerzos de recogida son insuficientes, o que las tecnologías de reciclado son parte de inadecuadas, pero sobre todo porque existe un elevado flujo de exportación de residuos electrónicos a países sin infraestructuras de reciclajes adecuadas, ahora los países en desarrollo se están esforzando por implantar tecnologías que permitan el reciclaje de residuos electrónicos y establecer una economía de flujo circular a lo largo de la cadena de suministro (Brooks et al., 2019). Además del impacto directo del reciclado eficaz en la base de recursos de metales reciclados, las operaciones de este pueden contribuir considerablemente a reducir las emisiones de gases de efecto invernadero, la producción primaria tiene un impacto negativo al medio ambiente (Laurmaa et al., 2011).

Un teléfono móvil por ejemplo, puede contener varios elementos de la tabla periódica

incluidos metales básicos como el cobre (Cu) y el estaño (Sn), también incluye metales importantes como el cobalto (Co), el indio (In) y el antimonio (Sb) y metales preciosos como la plata (Ag), el oro (Au) y el cobre (Cu), teniendo en cuenta el elevado dinamismo de los dispositivos electrónicos como las pantallas de cristal líquido (LCD) – televisores y monitores, MP3, juguetes electrónicos y cámaras digitales, es evidente que los AEE desempeñan un papel importante en la evolución de la demanda y precios (De Sousa Filho et al., 2008). Los recursos metálicos utilizados en la construcción de AEE se sumarán a los recursos metálicos existentes en los aparatos que se utilizan en la actualidad, estos recursos vuelven a estar disponibles al final de la vida útil y se redirigen a través de la logística inversa de nuevo a las cadenas de producción como ya se ha dicho, representan un potencial de unos 53.6 millones de toneladas de recursos al año (GEM 2020 - E-Waste Monitor et al., 2020)

El reciclaje eficiente y eficaz de metales y materiales es clave para mantenerlos disponibles para la fabricación de nuevos productos ya sean electrónicos, aplicaciones de energías renovables o nuevas aplicaciones de este modo los recursos primarios pueden salvaguardarse para las generaciones venideras (Martínez - Ballesteros et al., 2021).

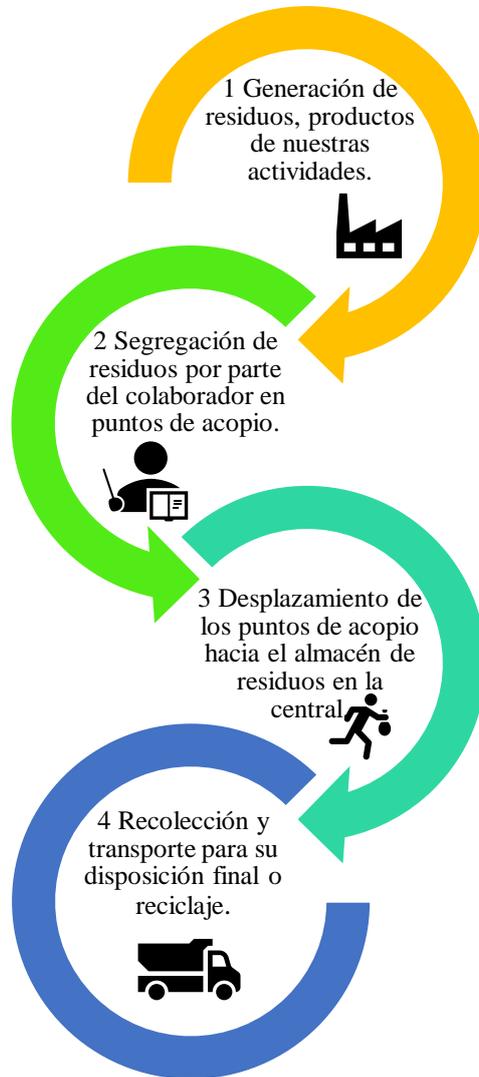
1.3.2. Características de la gestión de residuos

El concepto de la gestión de logística de residuos o conocida también como logística inversa se centra en la operación de recogida, transporte, almacenamiento, tratamiento, valorización y eliminación de residuos, su objetivo es prevenir o reducir la producción o nocividad de los residuos a saber mediante la reutilización y los cambios en los procesos de producción adoptando tecnologías más limpias, contribuyendo a la reducción y preservación de los recursos naturales, lo que refleja la importancia de este sector (Thürer et al., 2019). Este sector de actividad es muy relevante para la economía (micro/macro), los retos a los que se enfrentan los responsables de la aplicación de estas políticas y todos los agentes de la cadena de gestión desde la administración pública al sector privado (Raja Santhi & Muthuswamy et al., 2022).

Debemos seguir reforzando la prevención de la producción de residuos de AEE y fomentar su reutilización y reciclaje, promoviendo el pleno aprovechamiento para un nuevo mercado de residuos, como forma de consolidar su valorización y estimular el uso de residuos específicos con alto potencial, en este momento hay países aprobando

programas de prevención y se están estableciendo objetivos de reutilización, reciclaje y otras formas de valorización de RAEE en 2020 se reciclaron 16,702 toneladas de RAEE que aumentaron un 2% en 2021 (Grigorescu et al., 2019).

Figura 12. Diagrama de gestión de residuos.



Nota: Elaborado por la autora.

1.4. Recapitulación del Capítulo I

En los últimos años investigadores han adoptado las practicas sostenibles que se relacionan a la logística inversa para favorecer al medio ambiente generando una solución hacia un enfoque que evoluciona a través de la sustentabilidad haciendo relevante la logística en relación a lo antes mencionado. Entre las diferentes secciones de importancia en una empresa se destaca la cadena de suministro.

El mencionar la logística inversa (RL), es un tema que va en constante crecimiento, sobresale una cadena de suministro sostenible. Sin embargo, los problemas medioambientales se consideran otros efectos relacionados a las deficiencias de una logística inversa de los productos al final de su vida útil, debido a la falta de una eficiente planificación, es por ello que se ocasionan daños extremadamente notorios al medio ambiente a nivel nacional e internacional.

Generar un modelo de logística inversa es primordial para el desarrollo sustentable del medio ambiente y porque no decir favorecer al rendimiento de la empresa, esto aporta a la toma de decisiones de manera general, incluyendo principalmente la empresa con el medio ambiente. En este contexto a partir de un análisis exhaustivo de investigaciones respaldadas por la logística inversa (RL) se plantea una pregunta: ¿La generación de un modelo de logística inversa incide en la sustentabilidad ambiental? La búsqueda minuciosa respaldada por los antecedentes de investigación nos permitió observar la viabilidad de un modelo de logística inversa para la sustentabilidad ambiental en la empresa Dinamo Consulting S.A, ubicada en la ciudad de Guayaquil.

CAPÍTULO II

MARCO METODOLÓGICO

2.1. Enfoque de investigación

En el Capítulo I, la metodología empleada se basó en el estado del arte donde se pudo demostrar la viabilidad de implementar un modelo de logística inversa para la sustentabilidad ambiental. El enfoque metodológico propuesto implica la implementación de una revisión sistemática de literatura (RSL) para la logística inversa (RL) utilizando un análisis bibliométrico con el software VOSviewer para obtener los resultados deseados en la adopción del modelo de logística inversa en Dinamo Consulting S.A. De tal manera, se logró obtener un resultado positivo que confirme el desarrollo del estudio bajo una metodología mixta con el objetivo de alcanzar un estudio cualitativo investigativo, y un estudio cuantitativo no experimental.

El enfoque mixto es el método que vamos a utilizar combinando tanto el enfoque cualitativo como cuantitativo para el aprovechamiento de los beneficios de ambas partes, gracias a esto obtendremos una comprensión más completa y profunda acerca del tema a tratar ya que utilizaremos diferentes datos y análisis. Para la parte cuantitativa utilizaremos datos numéricos y técnicas estadísticas para el análisis de la aprobación de hipótesis y encontrar la relación de las variables ya que así también podremos medir y generalizar los resultados. Por otra parte, lo que es el enfoque cualitativo se utiliza técnicas que permita explorar en profundidad en lo que corresponde a percepciones o experiencias, en este caso la técnica empleada será el análisis documental vamos a estudiar las investigaciones acerca del tema de estudio.

2.2. Diseño de investigación

Una vez establecido el tipo de estudio utilizado y dada la naturaleza mixta, la investigación se basa en un tipo de diseño no experimental, se delimitará a describir y analizar las variables, a diferencia de los experimentos no se controlará ni manipularán las variables para obtener otros efectos. Bajo estos contextos según Kilic et al., (2015) menciona que este diseño nos permitirá capturar el fenómeno en su estado actual.

Una vez dicho lo anterior se conoció que, al no ser un diseño experimental se necesita un tipo de estudio, en este caso será descriptivo y correlacional, según Cruz-Rivera & Ertel et al., (2009) nos dice que este enfoque nos va a permitir describir el fenómeno y estudiar la correlación entre las variables. Figueiredo & Mayerle et al., (2008) nos plantea información sobre el estudio descriptivo y el correlacional, de acuerdo a la parte descriptiva se va a centrar en la descripción de las características del fenómeno, por otro lado, la parte correlacional va a explorar la relación entre las variables.

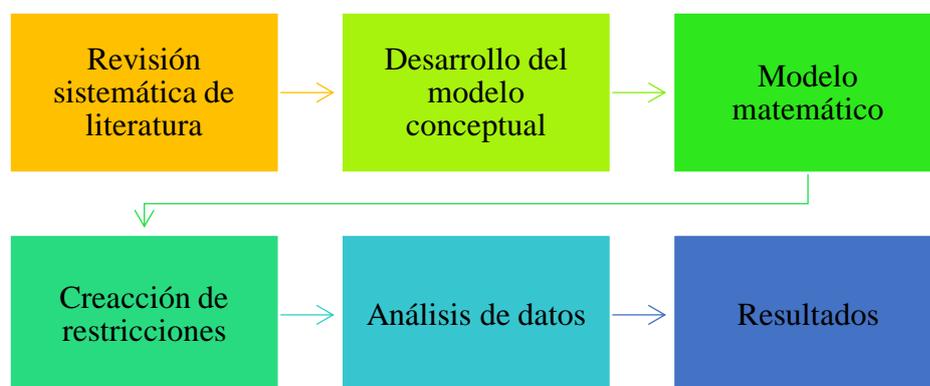
Investigación descriptiva: Se examinará el impacto de las variables independientes y dependientes, destacando las características específicas de las actividades y procesos en relación al campo de estudio en este caso sobre la logística inversa para la sustentabilidad ambiental.

Investigación correlacional: Se delimita el grado de reciprocidad entre las variables (independiente y dependiente), este tipo de estudio va a evidenciar la probabilidad para implementar un modelo de logística inversa para la sustentabilidad ambiental de la empresa en cuestión.

2.3. Procedimiento metodológico

Pereira et al., (2024) explica que el procedimiento metodológico se basa en la elaboración de un modelo de logística inversa, cuya investigación se fundamenta en el campo lógico para realizar modelos y simulaciones (Figura 13). El procedimiento a seguir se detalla de forma específica y concreta.

Figura 13. Etapas de la metodología.



Nota: Elaborado por la autora, modificado de (Pereira et al., 2024)

Fase 1: Se realizó un análisis de documentos o investigaciones anteriores donde se seleccionaron investigaciones científicas con respecto al campo de estudio y variables. Scopus y Dimensions fueron las dos bases de datos utilizadas para proporcionar la información, las mismas que nos ayudaron a comprender y tener más conocimiento acerca del tema, en el proceso se obtuvieron resultados favorables.

Fase 2: En esta fase se desarrolla el modelo operativo de un modelo de logística inversa que incluye 3 eslabones: productor, centro de distribución y consumidor. Este enfoque se centra con la etapa inicial de la revisión sistemática de literatura (RSL), representando aquellos criterios que guíen el funcionamiento de logística inversa (RL). Dicha estructura tiene el fin de abarcar aspectos claves que estén relacionados con la sustentabilidad ambiental a partir de un modelo de logística inversa, estableciendo siempre un ámbito de responsabilidad de la empresa con el medio ambiente y la sociedad.

Fase 3: Esta fase se implementó de acuerdo al marco conceptual estudiado y analizado, usando un modelo práctico que formulen ecuaciones matemáticas que demuestren el funcionamiento de la logística inversa (RL). Este enfoque permitió una representación mixta del comportamiento estableciendo un modelo matemático para comprender sus dinámicas y evaluando la eficiencia dentro del contexto conceptual antes definido.

Fase 4: En este punto se llevó a cabo la alineación con los datos recopilados a través del instrumento de recolección de datos, la información obtenida con el instrumento facilitó la identificación de restricciones, por ende, permitió la minimización de costos en dichos factores. De tal manera se utilizó la información recopilada para obtener delimitaciones y optimizar costos en dichos aspectos.

Fase 5: Para llevar a cabo este punto se debió estudiar los parámetros primarios del modelo matemático que se va a implementar en este estudio para posteriormente, se efectúe la resolución de los modelos propuestos en diversos escenarios, se procedió al análisis de resultados.

Fase 6: Durante esta fase se presentan los resultados obtenidos a través del análisis de acuerdo a las diferentes fases expuestas anteriormente, las mismas que sustentarán la eficiencia del modelo que se lleva a cabo en este estudio.

2.4. Población y Muestra

2.4.1. Población

Universo o población indicó la totalidad de casos que cumplen con especificaciones anteriormente definidas y corresponden a la colección englobada de los elementos o personas (mediciones, sujetos, puntuaciones u otros) que son para la finalidad de estudios para una investigación (Guerrero-Leiva et al., 2024).

En Ecuador, Dinamo Consulting S.A., se clasifica en función a sus ventas, capital social, empleados y su nivel de activos en conjunto con lo que ofrece al mercado, de tal manera que se considera una empresa con características específicas de manera propia en base a sus criterios. En el proceso metodológico de este trabajo de investigación, se utilizó como estudio a la empresa Dinamo Consulting ubicada en la Ciudad de Guayaquil.

En este sentido, se estableció una población de tipo censal, que se lleva a cabo para estudiar todos los elementos que se encuentran dentro de esa población. La implementación del censo involucra la consideración de varios aspectos, como el diseño, las técnicas de metodologías, así como la presentación y el análisis de datos recopilados. En este contexto, el personal de Dinamo Consulting S.A., que participan tanto como el Gerente General, jefes de área, técnicos y también involucramos a los proveedores, se considera la población de este estudio.

Tabla 8. Población del estudio.

	Área	Cantidad de personal
Administración	Gerencia	2
	Jefe de talento humano	2
	Jefe de compras y ventas	2
Calidad	Control de calidad	2
Mantenimiento	jefe de mantenimiento	1
Despacho	Técnicos	5
	Jefe de Bodega	1
	Proveedores	7
Ventas	Vendedores	5
	Caja	3
	Total	30

Nota: Elaborado por la autora.

La población se calificó como finita debido a que, al iniciar la recopilación de información, se pudo calcular detenidamente el número de participantes en cada área de trabajo investigado. Por ende, se visualizó que solo un pequeño número de individuos poseía el conocimiento requerido sobre el tema de la investigación por lo que se llevó a cabo el censo selectivo usando la técnica de evaluación.

2.4.2. Muestra

Para esta investigación, se empleó un muestreo no probabilístico por conveniencia, donde las personas del estudio son seleccionadas según la conveniencia del investigador (Lozada, 2014). Este método se llevó a cabo a través de una evaluación tipo censo para proporcionar información directa de la empresa Dinamo Consulting S.A. La selección de esta muestra se consideró más práctica y útil para este tipo de investigación que busca lograr un “Modelo de logística inversa para la sustentabilidad ambiental de la empresa Dinamo Consulting S.A., ubicada en la Ciudad de Guayaquil – Ecuador”.

En la Tabla 9, se expuso el criterio estadístico por conveniencia, el cual determinó que las áreas de administración, calidad, mantenimiento y despacho de la población de la empresa Dinamo Consulting S.A., serían adecuadas para la aplicación de la encuesta. Esta decisión se debe a la falta de conocimiento sobre las preguntas, operatividad y deseo de participación.

Tabla 9. Población del estudio.

N.	Área	N. de personas	Criterios de inclusión y exclusión	Diferencia
1	Administración	6		4
2	Calidad	2		2
3	Mantenimiento	6		6
4	Despacho	8	Falta de colaboración y funciones	8
TOTAL		22		20

Nota: Elaborado por la autora.

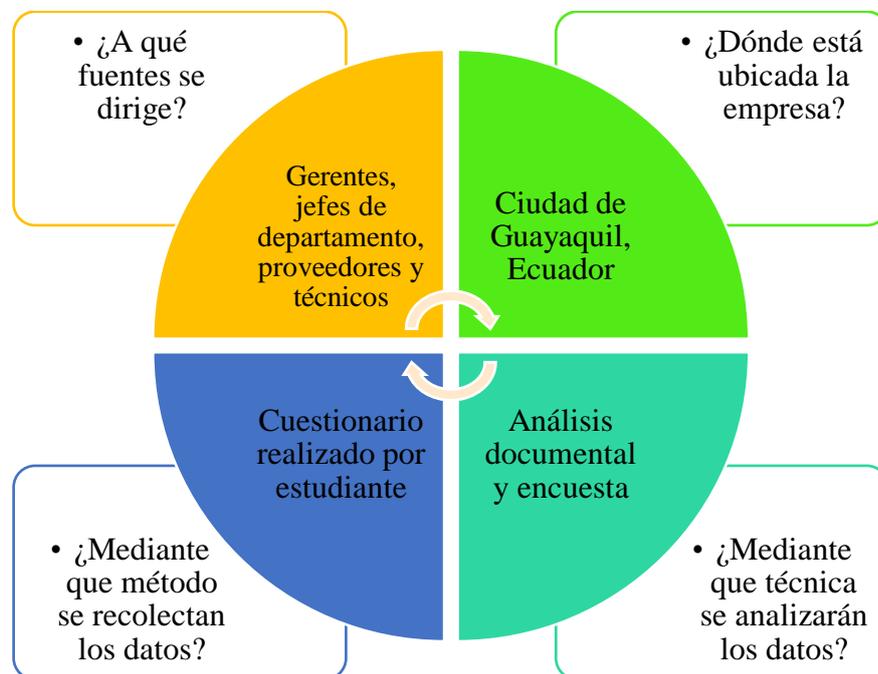
Las personas encuestadas corresponden a un total de 20 personas, las cuales se seleccionaron de acuerdo a su disposición y cargos dentro de la empresa, gracias a esto se logró interpretar los diferentes conocimientos acerca del tema de estudio. La disposición de los encuestados brindó información importante que aportó a la investigación y corroboró la necesidad de la implementación del modelado hacia la logística inversa.

2.5. Métodos, técnicas e instrumentos de recolección de los datos

2.5.1. Métodos de recolección de los datos

Para elaborar una correcta recolección de datos, es esencial el diseño de un plan que describa todas aquellas etapas importantes para obtener el objetivo, En la Figura 14., se expone un esquema que nos muestra el plan diseñado a la recolección de datos.

Figura 14. Plan de recolección de datos.



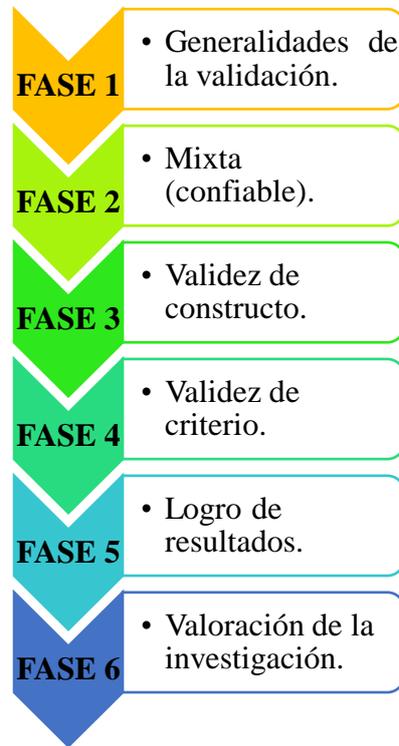
Nota: Elaborado por la autora.

2.5.2. Técnicas de recolección de los datos

En este apartado se da a conocer lo esencial de la obtención y registro de datos necesarios para el trabajo, se utiliza la técnica de análisis documental y la encuesta. Esta técnica se evaluó a través del método de validación de instrumentos propuesto por (López

Fernández et al., 2019), con la finalidad de aprobar que sean seguros los datos en las investigaciones científicas. El propósito de esta metodología es ratificar que el instrumento se confiable en la investigación, para la aplicación de este método se siguen los siguientes pasos o etapas que se detallan en la figura 15.

Figura 15. Fases de la metodología para validación del instrumento.



Nota: Elaborado por la autora.

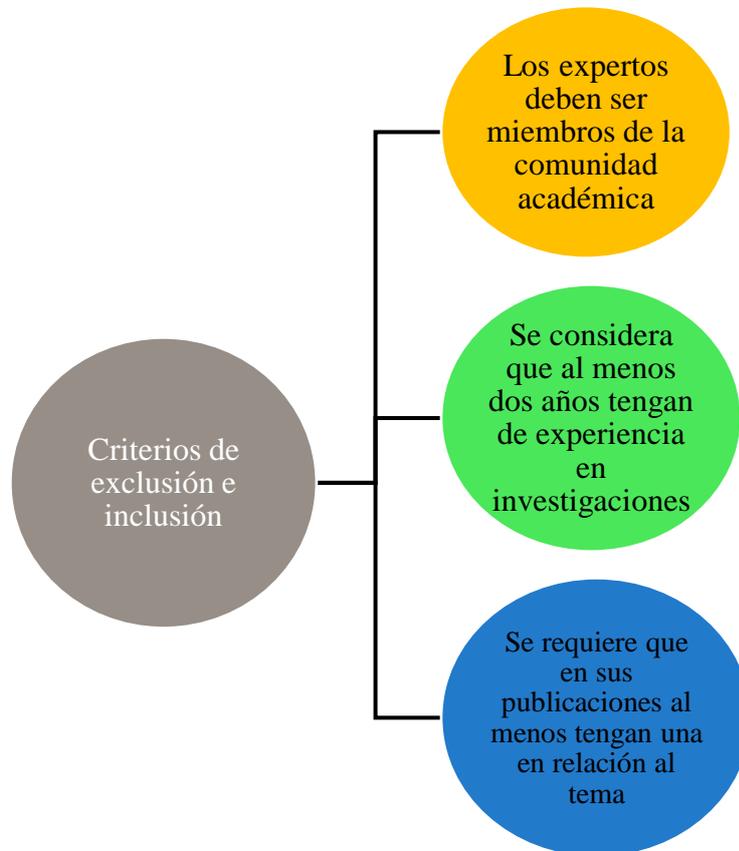
2.5.3. Instrumentos de recolección de los datos

La utilización de los diferentes instrumentos para la recolección de información es importante en la investigación ya que se considera crucial la búsqueda de información exacta para elaborar el estudio y posteriormente la evaluación (Del Cid et al., 2011). Es por ello que los expertos cuentan con una amplia variedad de instrumentos de recolección de datos las mismas que pueden ser cualitativas, cuantitativas y mixtas.

Con el fin de recolectar la información de la muestra de forma ordenada y sistemática, se implementa la encuesta para la recolección de los datos. Se realizó y aplicó un cuestionario con preguntas claves que se direccionen tanto a la variable independiente (Modelo de logística inversa) y también a la dependiente (Sustentabilidad ambiental) para la recolección de datos estadísticos que ayuden al Modelo de logística inversa para la

sustentabilidad ambiental de la empresa Dinamo Consulting S.A, ubicada en la Ciudad de Guayaquil, a través de la confiabilidad de los expertos. Para los investigadores se integraron los siguientes criterios de inclusión y exclusión que se detallan en la Figura 16.

Figura 16. Criterios de exclusión e inclusión (juicios de expertos).



Nota: Elaborado por la autora.

2.6. Variables del estudio

En una investigación mixta las variables (Dependiente e Independiente) son fundamentales de tal forma que se exponen los conceptos de las variables:

- **Variable Independiente (VI):** Hace referencia a la causa (procedimiento específico).
- **Variable Dependiente (VD):** Se refiere al efecto procedente a la causa.

En este sentido, se definen las variables del estudio:

- **VI:** Logística Inversa.
- **VD:** Sustentabilidad ambiental.

2.7. Procedimiento para la recolección de los datos

En la investigación, se utilizaron encuestas para la recolección de datos, las encuestas fueron dirigidas a los gerentes, jefes de departamentos en relación, técnicos y proveedores para el estudio y los datos recabados se procesaron y realizaron su análisis en el software IBM SPSS Statistics 25 para llevar el respectivo análisis.

De tal forma que la recopilación de los datos implica recolección y estructuración de hallazgos importantes a partir de las variables, eventos, comunidades y categorías en relación con la investigación. En la tabla 9, se presenta un plan detallado para el procesamiento de los datos y las acciones que se llevaron a cabo.

Tabla 10. Proceso de recolección de datos.

N.	Plan	Actuaciones
1	Entorno de observación	El investigador identifica la variable a estudiar, acompañado de metodología y teorías
2	Determinación de técnica de colección de datos	Se escoge el instrumento que se utilizara para acercarse a la realidad y obtener información para medir la variable estudiada
3	Aplicación del instrumento	Actividades realizadas por el autor del trabajo de campo para aplicar el instrumento que se implementará para la recolección de datos para el estudio

Nota: Elaborado por la autora, modificado de (Useche et al., 2019).

2.8. Plan de análisis e interpretación de los resultados

Se comprobó la relevancia de llegar a los objetivos específicos planteados en la investigación. Por lo tanto, se estructuró un plan en el que se detalló que era para el cumplimiento de objetivos.

En la sección 2.5.2, se llevó a cabo la recolección de datos, usando un instrumento de recolección, en cuanto al cuestionario de aplicación, se formuló un plan que valide, siguiendo el método propuesto por (López Fernández et al., 2019) para la validación de instrumentos para garantizar la confiabilidad de las investigaciones científicas, Figura 16.

Ahora se explica la técnica empleada para la recolección de datos, el instrumento validado por los investigadores, se implementó en el ámbito para recolectar la información. Además, se presenta el análisis de los datos obtenidos a partir de un cuestionario utilizando el software IBM SPSS Statistics 25, el cual nos permitió observar que es un herramienta viable y confiable para medir la concordancia.

Para una mejor comprensión de la investigación, se expone en la tabla 11, una descripción de la estructura del plan de análisis en conjunto de la interpretación de los datos recabados, en la tabla observamos los objetivos específicos, procesos relacionados con cada objetivo, instrumentos involucrados y por último tenemos la obtención de resultados esperado como producto final.

Tabla 11. Plan de análisis con interpretación de resultados.

N.	OBJETIVOS ESPECÍFICOS	TÉCNICA	INSTRUMENTO	PRODUCTO PREVISIBLE
1	OE1: Desarrollar el estado del arte, a través de un mapeo sistemático en conjunto de un análisis bibliométrico para un modelo de logística inversa que mejore la sustentabilidad ambiental de la empresa.	1. Revisión de literatura.	MSL y Análisis Bibliométrico	Sinergia entre variables
		2. Mapeo sistemático de literatura (MSL).	Revisión sistemática de literatura (RSL)	Detección de método a usar para el modelo de logística inversa
		3. Análisis bibliométrico (red).	Base de datos web - Software VOSviewer	
2	OE2: Realizar el marco metodológico, por medio de estudios sobre la viabilidad de un modelo de logística inversa que aporte a la sustentabilidad ambiental.	1. Planeación de datos para obtención de datos.	Técnica metodológica para recolección de datos.	Resolución metodológica.
		2. Planeación para validación de cuestionario (encuesta).	Método de validación de instrumentos como garantía de credibilidad en investigaciones científicas.	Estratificación poblacional y muestra.
		3. Fases del desarrollo de un modelado.	Etapas para desarrollo de modelado en bases teóricas.	Etapas estructurales para modelar.
3	OE3: Valorar el impacto que genera la sustentabilidad ambiental a través de un modelo de logística inversa en la Empresa Dinamo Consulting S.A.	1. Ejecución de técnicas de recolección de datos.	Software SPSS - 25.	Exposición de datos en tabulaciones.
		2. Análisis de fiabilidad de los datos.	Análisis de varianza ANOVA y FISHER	Exhibición de modelado de logística inversa.
		3. Elaboración de modelado.	Software VENSIM	Determinación de conclusiones del estudio.

Nota: Elaborado por la autora.

2.9. Recapitulación del Capítulo II

El enfoque metodológico de esta investigación se centra en un análisis mediante la investigación identificando que pertenecen a un grupo de tipo mixto. Se determinó el alcance a través del uso del método de censo en lo que corresponde a población y muestra. Se describió el plan de evaluación y actuación para la recolección de datos en este estudio, en base a esto se definieron las variables (dependiente e independiente).

Para la técnica de recolección de los datos se determinó la técnica encuesta usando un cuestionario válido, el cual involucra un grupo de expertos seleccionados mediante criterios específicos. Para finalizar este análisis se lleva a cabo utilizando el software IBM SPSS Statistics 25 como credibilidad, ya que esta herramienta demuestra viabilidad y confiabilidad al medir el grado de concordancia.

CAPÍTULO III

MARCO DE RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1. Marco de resultados

Este apartado es una herramienta de planificación y evaluación en la que se define de forma clara lo que se va a lograr de acuerdo al campo de estudio a través de diversas actividades y resultados que serán medibles, se enfoca en cambios específicos que se desean alcanzar como medir el éxito de dichos cambios para facilitar el seguimiento y la evaluación del progreso.

3.1.1. Validación del instrumento de recolección de datos

Fase 1: Generalidades de la validación

Construcción del cuestionario

Se elaboró el respectivo cuestionario para la recolección de datos (ANEXO 1). El cuestionario obtuvo un total de 11 preguntas de diferentes criterios en base al tema, en las cuales todas las preguntas fueron de carácter cerrado con las únicas opciones de respuestas (Sí y No), se aseguró que los datos tengan una forma apropiada, factible, entendible y se respete la confiabilidad de la empresa.

Juicio de expertos

Con la finalidad de que las preguntas sean claras, concisas, efectivas y precisas para que los encuestados tengan la facilidad de comprender el tema a tratar, se consideró un grupo de 3 expertos cuyos perfiles se examinaron previamente en relación al estudio, usando criterios de inclusión y exclusión (Sección 2.5.3.). A los expertos se los localizó vía telefónica o correo y presencialmente, se les envió la documentación por correo electrónico a unos y otros pudieron visualizar físicamente (ANEXO 2), unos expertos proporcionaron observaciones a dos de las preguntas del cuestionario. Estos comentarios expuestos se tomaron en cuenta y se procedió a realizar todas las correcciones necesarias para la mejora del cuestionario tanto gramaticalmente y técnico.

Se detallan las puntuaciones obtenidas por los expertos (Tabla 12) en cuanto a la adecuación y pertinencia de las preguntas, se utilizó una escala tipo Likert ya que se consideró muy puntual para el trabajo, donde: 1= muy en desacuerdo; 2= en desacuerdo;

3= en desacuerdo más que en acuerdo; 4= de acuerdo; 5= muy de acuerdo. De tal manera que, si una pregunta obtuvo una calificación igual o mayor a 4 se demostró válida, de lo contrario si se obtuvo el puntaje inferior a 4 se consideró deficiente el cuestionario.

Tabla 12. Validación por expertos del cuestionario.

PREGUNTA		PUNTUACIÓN DE EXPERTOS					VALIDACIÓN
N.	Evaluación	1 ¹	2 ¹	3 ¹	SUMA puntuaciones	PROMEDIO puntuaciones	pregunta (SÍ/NO)
1	Adecuación	4	5	4	13	5	Sí (5)
	Pertinencia	5	5	4	14	5	
2	Adecuación	4	4	5	13	5	Sí (5)
	Pertinencia	5	5	5	15	5	
3	Adecuación	3	4	4	11	4	Sí (4)
	Pertinencia	4	3	4	11	4	
4	Adecuación	5	3	4	12	4	Sí (4)
	Pertinencia	4	4	4	12	4	
5	Adecuación	5	4	4	13	5	Sí (5)
	Pertinencia	4	5	4	13	5	
6	Adecuación	5	5	5	15	5	Sí (5)
	Pertinencia	4	5	4	13	5	
7	Adecuación	5	5	4	14	5	Sí (5)
	Pertinencia	4	4	5	13	5	
8	Adecuación	5	5	5	15	5	Sí (5)
	Pertinencia	5	4	4	13	5	
9	Adecuación	5	4	4	13	5	Sí (5)
	Pertinencia	5	4	4	13	5	
10	Adecuación	4	4	5	13	5	Sí (5)
	Pertinencia	5	4	4	13	5	
11	Adecuación	5	4	4	13	5	Sí (5)
	Pertinencia	5	5	5	15	5	

Nota: Elaborado por la autora.

Fase 2: Mixta (confiable)

Existen métodos para la medición de la confiabilidad de un instrumento, todos estos usan fórmulas para el cálculo de coeficientes de confiabilidad. Uno de los más confiables y utilizados coeficientes es el Alfa de Cronbach, desarrollado por (Cronbach, 1951), siendo un indicador altamente aceptado por la confiabilidad, de esta forma solo se requiere una administración del instrumento de medición.

Según recomendaciones de los especialistas, el coeficiente de Alfa Cronbach debería ser al menos 0.70 para la indicación que el cuestionario tiene una adecuada consistencia, de tal manera que, si el valor es inferior, es decir, bajo el 0.70 corresponde a que la consistencia del cuestionario es muy deficiente, lo que implica una mala relación de las preguntas. Se observó que el valor del coeficiente Alfa de Cronbach está ligado a la magnitud del cuestionario, es decir el número de preguntas que lo constituyen, puesto que aumenta la longitud del cuestionario y por ende el número de las preguntas, el valor del coeficiente Alfa Cronbach también aumenta (Ispayeva et al., 2024).

En este sentido la Tabla 13, proporcionó toda la información sobre el coeficiente de Alfa Cronbach, sus valores y el grado de confiabilidad de cada uno de forma detallada, el cual refleja la consistencia interna que se debe tener en un cuestionario y su confiabilidad.

Tabla 13. Valor del Alfa Cronbach (α) con grado de confiabilidad.

N.	Valor del Alfa Cronbach (α)	Grado de confiabilidad
1	$\alpha \leq 0$	Se trata de un problema serio en el diseño del cuestionario, por lo que el investigador debería hacer una valoración del formato para la encuesta.
2	$0 < \alpha < 0.5$	Poca consistencia y, por lo tanto, mínima relación entre las preguntas. Debería revisarse.
3	$0.5 < \alpha < 0.7$	Coherencia interna y confiabilidad exacta para el cuestionario determinado.
4	$\alpha = 0.7$	Coherencia interna y confiabilidad exacta para el cuestionario determinado. Se podría realizar una revisión.
5	$0.7 < \alpha < 0.9$	Gran consistencia interna y confiabilidad en un cuestionario determinado. Se podría realizar una revisión.

6	$0.9 < \alpha < 1.0$	Gran consistencia interna y confiabilidad en un cuestionario determinado.
7	$\alpha = 1.0$	Coherencia interna adecuada y perfecta en el cuestionario determinado.

Nota: Elaborado por la autora, modificado de (Malkewitz et al., 2023).

A través del análisis pertinente de las preguntas del cuestionario en el software IBM SPSS Statistics 25, nos permite observar que el cuestionario cuenta con una alta consistencia interna correcta de acuerdo con el coeficiente Alfa de Cronbach de 0.960 como se muestra en la Tabla 14.

Tabla 14. Confiabilidad Alfa de Cronbach.

Estadística de fiabilidad		
Alfa de Cronbach	Alfa de Cronbach basada en elementos estandarizados	N. de elementos
0.960	1.000	11

Nota: Elaborado por la autora.

Fase 3: Validez de constructo

El análisis de factor ordena las variables con similitud unidas para obtener las variables subyacentes, usando la matriz correlacional de los datos, de manera que se presentan dos medidas estadísticas para la evaluación de la exactitud de los datos para el respectivo análisis factorial: el índice de adecuación muestral de Kaiser – Meyer – Olkin (KMO) y la prueba de esfericidad de Bartlett. La Tabla 15, proporciona información sobre el valor KMO para el siguiente análisis factorial del cuestionario.

Tabla 15. Valor Kaiser - Mayer - Olkin (KMO).

Valor Kaiser – Kaiser – Mayer – Olkin (KMO)	Análisis factorial
KMO < 0.5	Los resultados del análisis factorial sin duda no serán adecuados para los datos.
KMO < 0.6	Indican que el muestreo no es adecuado y debe tomarse medidas correctoras.
0.6 < KMO < 0.7	Son valores mediocres.
0.7 < KMO < 1.0	Son valores medios.
0.8 < KMO < 1.0	Indican que el muestreo es adecuado.
KMO = 1.0	Indican que el muestreo es perfecto.

Nota: Elaborado por la autora, modificado de (Malkewitz et al., 2023).

En este contexto, la siguiente tabla (Tabla 16), se presentó el resultado obtenido de la prueba KOMO y Bartlett. El examen reveló un porcentaje de muestreo correcto de un 0.8, indicando la adecuación de la matriz de datos.

Tabla 16. Prueba Komo y Barlett.

Prueba de KMO y Bartlett		
Medida Kaiser – Meyer – Olkin de adecuación de muestreo		0.820
Prueba de esfericidad de Bartlett	Aprox. Chi - cuadrado	0.449
	gl	24
	Sig.	0.000

Nota: Elaborado por la autora.

Fase 4: Validez de criterio

La validez de criterio es una evaluación asociada a medir las respuestas de un cuestionario, por medio de esta se obtiene el resultado, para este estudio se midió el Coeficiente de Concordancia Kendall (CCK), el mismo que se considera una prueba estadística que nos brinda el establecimiento del grado de igualdad en un grupo de variables, en este sentido la magnitud se muestra expresada en rangos o números ordinales. Los números varían entre 0 y 1, donde el número 1 hace relación a un perfecto

acuerdo de concordancia y 0 nos indica un desacuerdo entre las muestras (García-Villar et al., 2023).

Dicho lo anterior, en la Tabla 17, se observó el coeficiente Kendall con un porcentaje de 0.944, esto nos indica un gran grado de aceptación de acuerdo con los expertos, lo que nos permite llegar a la conclusión que el instrumento empleado tiene una máxima validez.

Tabla 17. Validez de concordancia Kendall.

Estadísticos de prueba	
N.	5
W de Kendall ^a	0.944

a. Coeficiente de concordancia Kendall

Nota: Elaborado por la autora.

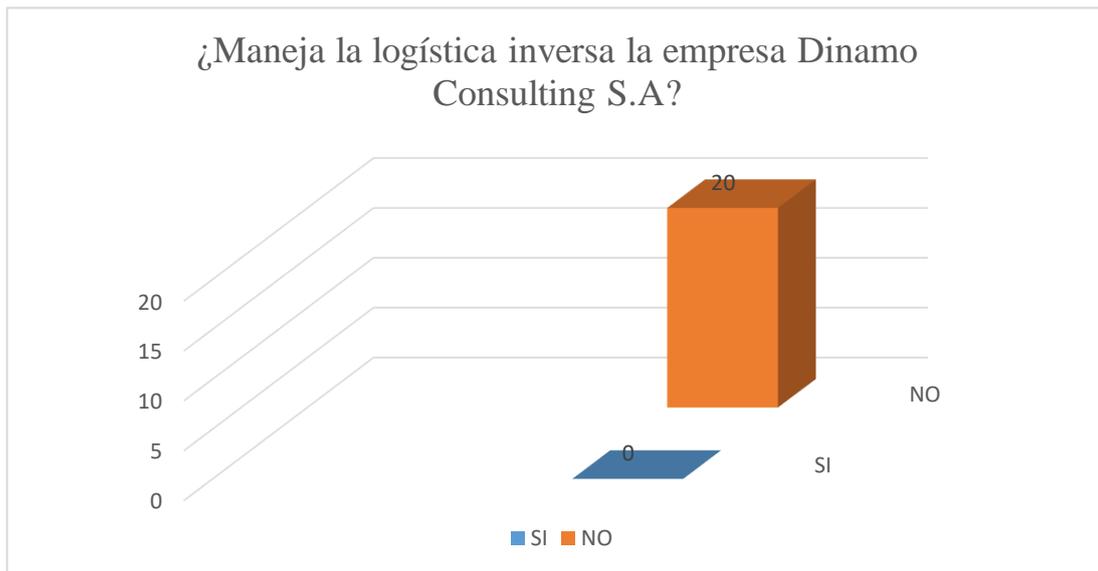
Fase 5: Logro de resultados

Para la recopilación de los datos, se optó por un muestreo, como se detalla en el Capítulo II, Sección 2.4.2., dando una aplicación de 20 personas relacionadas para encuestar en la Empresa Dinamo Consulting, de tal forma que observaremos en las siguientes figuras.

Pregunta 1: ¿Maneja la logística inversa la empresa Dinamo Consulting S.A?

En la Figura 17., se visualizó que, según la información recopilada de la encuesta, no se cumple con un manejo de la logística inversa dentro de la empresa, los datos arrojados corresponden a un 100% de los encuestados votando por la respuesta NO y en relación a la respuesta y SI, no se obtiene ni un solo voto es decir un 0%.

Figura 17. Manejo de logística



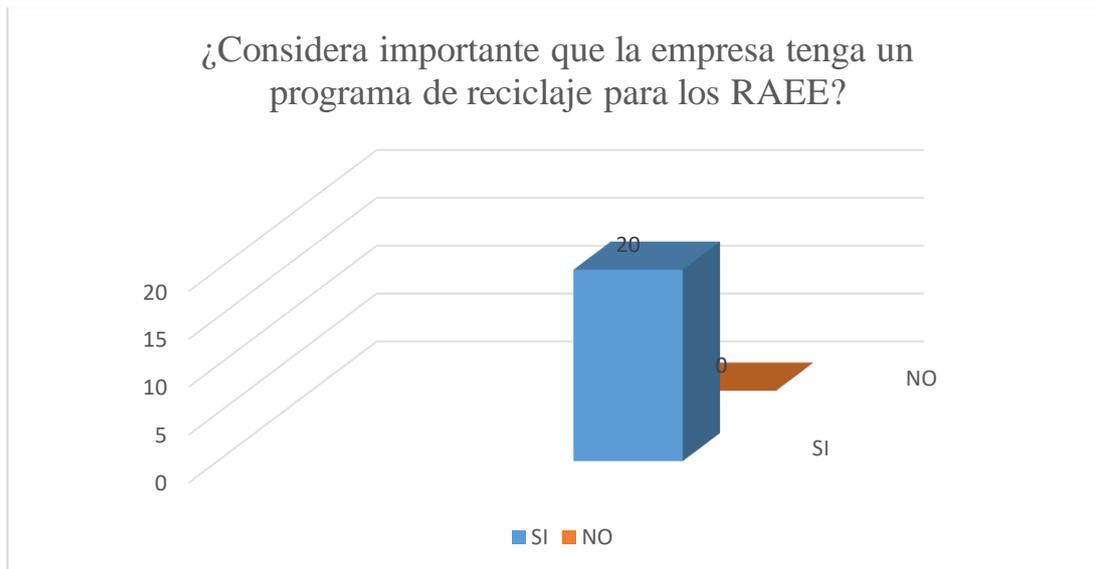
Nota: Elaborado por la autora.

Análisis pregunta 1: El manejo de la logística inversa en una empresa es importante para Dinamo Consulting durante su tiempo de funcionamiento no ha sido tomado con el grado de relevancia que debería tener de acuerdo a la pregunta propuesta sobre si la empresa maneja la logística inversa el total de la muestra encuestada que corresponde al 100% nos dio como respuesta que no, no lo manejan, pero no obstante consideran que si es de urgencia que se aplique.

Pregunta 2: ¿Considera importante que la empresa tenga un programa de reciclaje para los RAEE?

Las respuestas recabadas sobre si se considera importante que la empresa tenga un programa de reciclaje para los residuos de aparatos electrónicos y eléctricos (RAEE) dió como respuesta que el 100% de los encuestados consideran que SI es necesario que se cuente con ello, mientras tanto no se apreció ningún voto por la alternativa NO , gracias a esto se logró observar que los encuestados aprueban que se implemente un programa. Para mayor observación se muestran los resultados analizados en la Figura 18.

Figura 18. Importancia de un programa de reciclaje.



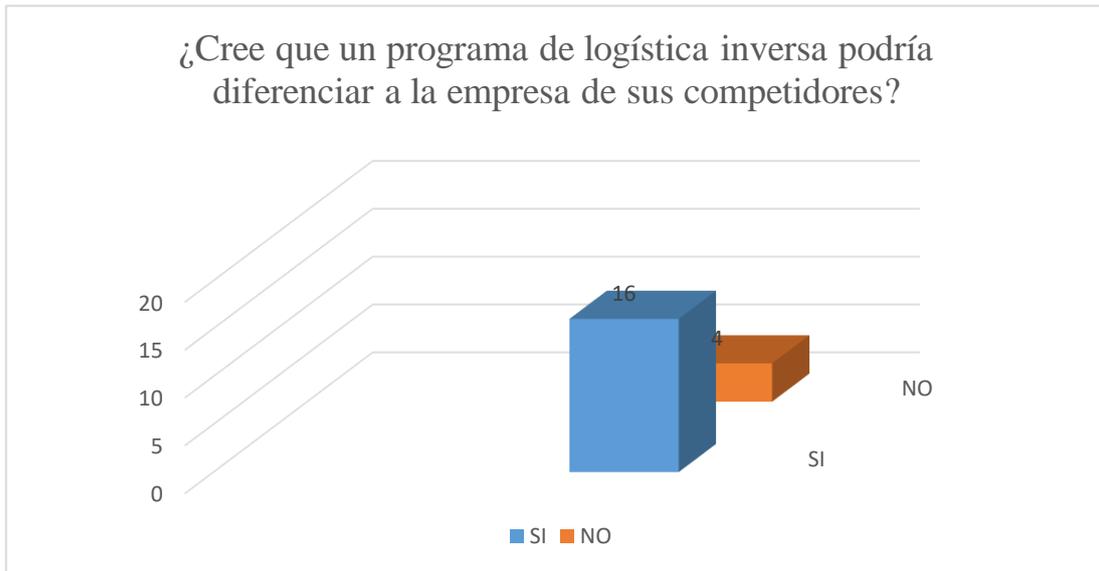
Nota: Elaborado por la autora.

Análisis pregunta 2: El que una empresa cuente con un programa de reciclaje con respecto a residuos, es fundamental para el bienestar y desarrollo de la misma, es por ello el planteamiento de la pregunta, el 100% de la muestra encuestada considera que Dinamo Consulting S.A., debería adoptar esta práctica para salvaguardar y aportar al medio ambiente.

Pregunta 3: ¿Cree que un programa de logística inversa podría diferenciar a la empresa de sus competidores?

En base a los datos analizados sobre si un programa de logística inversa ayudaría a diferenciar a la empresa de sus competidores, esta arrojó los resultados de que el 80% de los encuestados optó como respuesta una afirmación (SI), y el 20% su respuesta fue negativa (NO). A continuación, se expusieron los resultados detallados en la siguiente Figura 19.

Figura 19. Diferencia de sus competidores.



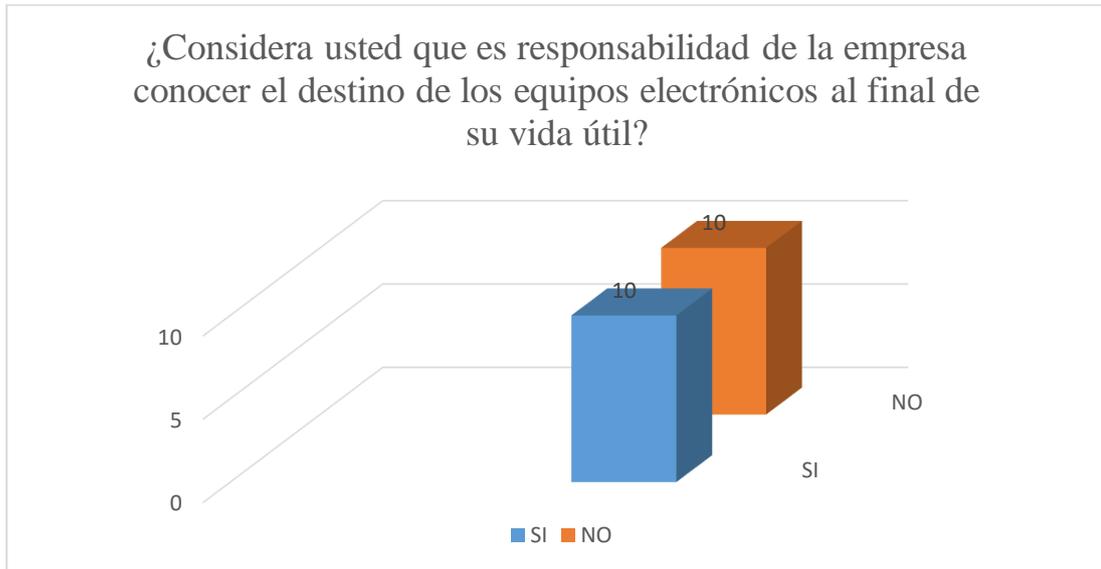
Nota: Elaborado por la autora.

Análisis pregunta 3: En esta pregunta se planteó la interrogante si creían que la logística inversa puede aportar a que la empresa se diferencie de sus competidores, el 80% de la muestra encuestada considera que adoptar un programa de logística inversa beneficia a la empresa en muchos aspectos en este caso se habló sobre la diferenciación de sus competidores, sin embargo, el 20% consideró que es irrelevante implementar esta práctica.

Pregunta 4: ¿Considera usted que es responsabilidad de la empresa conocer el destino de los equipos electrónicos al final de su vida útil?

En la Figura 20, se presentó los datos recabados acerca de que, si la empresa tiene responsabilidad de conocer el destino de los RAEE al final de su vida útil en base a esto se obtuvo resultados donde un 50% expuso la respuesta de que, SI es responsabilidad de la empresa y debería asumirla, mientras que el otro 50% brindó la contra es decir un NO con respecto a la pregunta expuesta. En base a lo anteriormente mencionado se asumió estar de acuerdo que es responsabilidad social y moral de la empresa conocer esos destinos para salvaguardar al medio ambiente e incluso a la comunidad que los rodea.

Figura 20. Responsabilidad de la empresa.



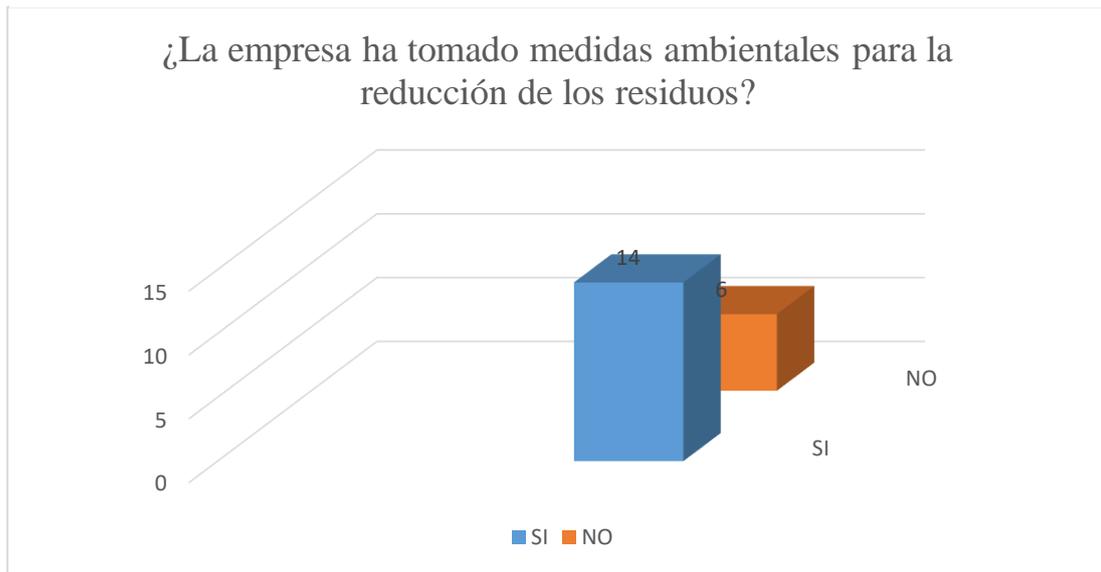
Nota: Elaborado por la autora.

Análisis pregunta 4: La pregunta fue muy debatida ya que por parte de los encuestados el 50% consideró que no es responsabilidad de la empresa conocer el destino de los equipos electrónicos al momento de ser obsoletos, por otra parte, el 50% restante si optó que es responsabilidad de la empresa ya que colaborarían a contrarrestar la gran amenaza que esos dispositivos causan al medio ambiente.

Pregunta 5: ¿La empresa ha tomado medidas ambientales para la reducción de los residuos?

Con el objetivo de conocer si la empresa ha tomado medidas ambientales para reducir residuos se presentó la pregunta y se analizó las respuestas que brindaron los trabajadores de Dinamo Consulting S.A., el 70% afirmó con un SI a la pregunta, mientras que el 30% enfatizó en el voto NO. Tal y como se detalló en la Figura 21.

Figura 21. Medidas ambientales.



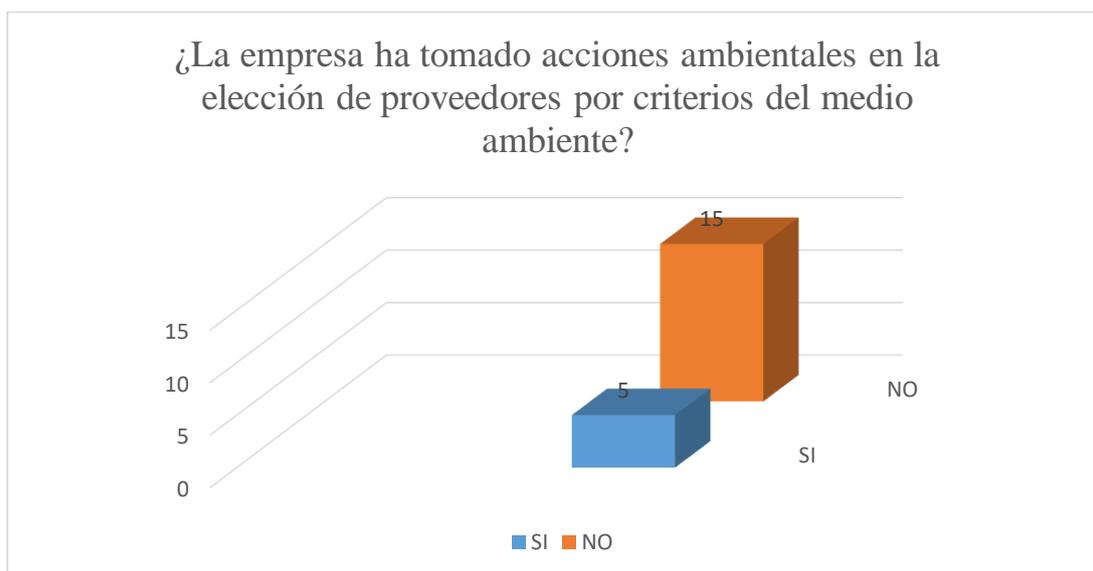
Nota: Elaborado por la autora.

Análisis pregunta 5: El 70% de los encuestados dio como respuesta que, si se han adoptado medidas ambientales para disminuir los residuos, sin embargo, no se obtuvo una respuesta concreta o con exactitud cuales han sido, por otro lado, el 30% consideró que no se han implementado medidas o no las que hayan sido correctas para beneficio del medio ambiente.

Pregunta 6: ¿La empresa ha tomado acciones ambientales en la elección de proveedores por criterios del medio ambiente?

La Figura 22, en constancia con las respuestas de los encuestados reveló que un 75% está en desacuerdo, es decir que la respuesta fue negativa ya que no se han adoptado acciones ambientales para la elección de los proveedores, sin embargo, un 25% está a favor de que SI se lo ha hecho.

Figura 22. Acciones ambientales



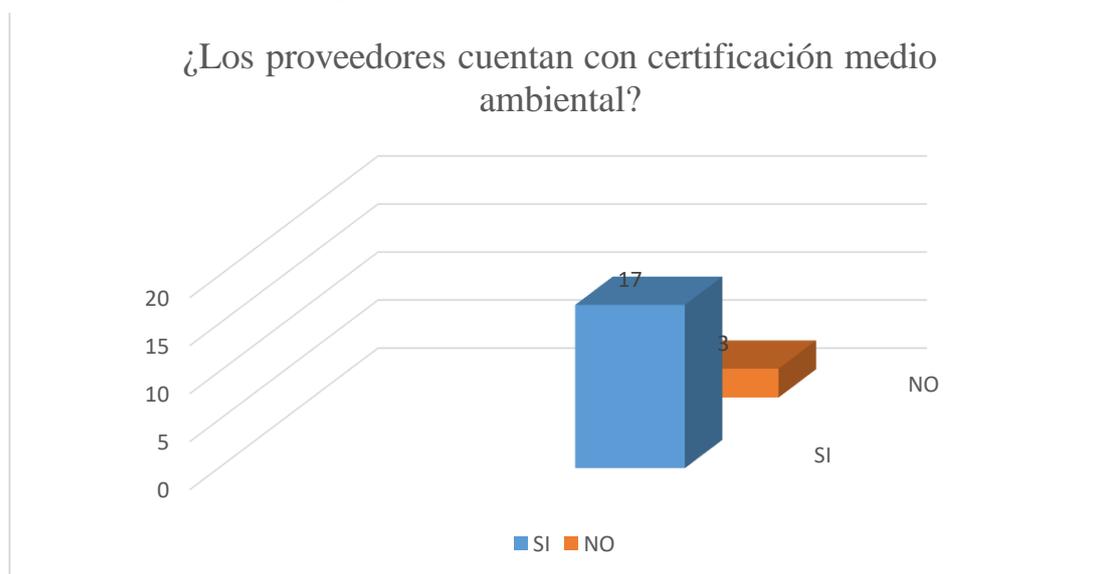
Nota: Elaborado por la autora.

Análisis pregunta 6: El 75% de los encuestados se planteó la respuesta de que no se toma acciones de acuerdo a los proveedores en lo que relaciona al medio ambiente, y el 25% que, si se ha tomado ciertos criterios, sin embargo, no ha sido algo concreto sino muy poco relevante.

Pregunta 7: ¿Los proveedores cuentan con certificación medio ambiental?

En la Figura 23, se analizó si los proveedores cuentan con certificaciones ambientales y de los datos recabados por los encuestados se obtuvo como resultado que el 85% consideró que los proveedores SI cuentan con las certificaciones correspondientes emitidas por el ministerio del ambiente, pero el 15% brindó la información que desconocen dicha información, es decir, votaron NO a la pregunta. Por esto se considera que es muy importante conocer todo sobre los proveedores ya que deben contar con todas las normas, certificados, entre otros documentos que respalden su aporte al medio ambiente.

Figura 23. Certificaciones ambientales.



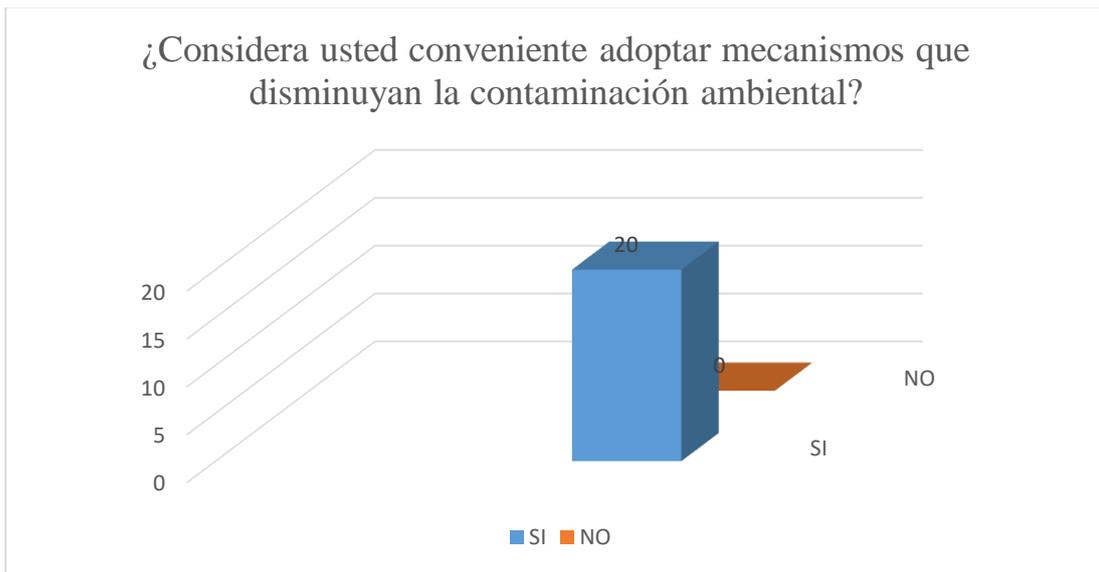
Nota: Elaborado por la autora.

Análisis pregunta 7: El 85% de los encuestados brindó la información que los proveedores si cuentan con registros de certificaciones del medio ambiente, mientras tanto el 15% respondió negativamente porque el motivo que desconocían del tema.

Pregunta 8: ¿Considera usted conveniente adoptar mecanismos que disminuyan la contaminación ambiental?

En la Figura 24, con las respuestas correspondientes de los encuestados en base a la pregunta expuesta se arrojó como datos que un 100% considera que, si se debe adoptar mecanismos para lograr disminuir la contaminación ambiental de la empresa, por otro lado, un 0% se obtuvo en la votación negativa.

Figura 24. Mecanismos para disminuir la contaminación.



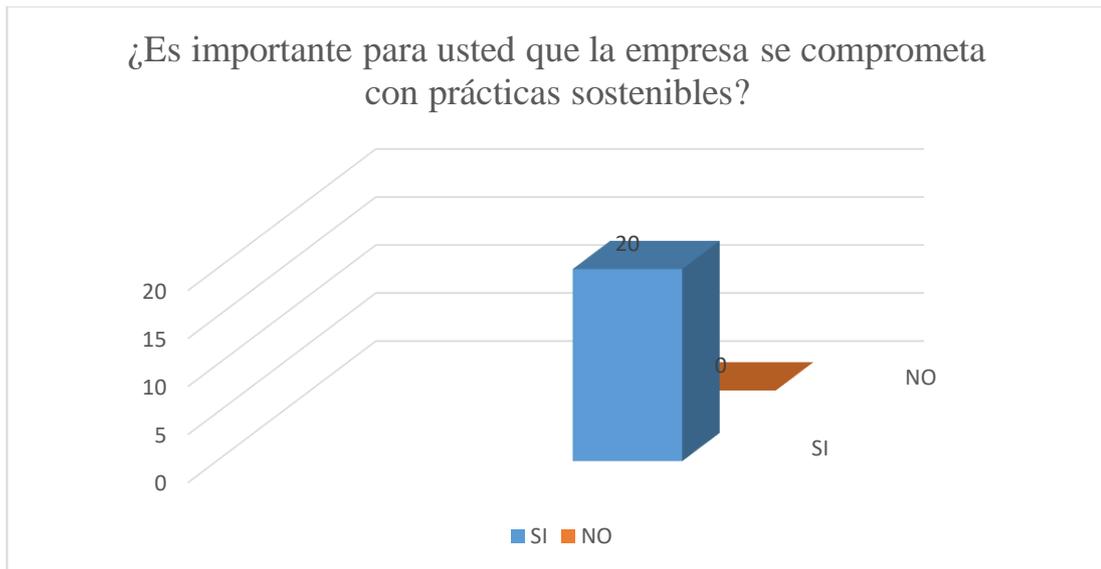
Nota: Elaborado por la autora.

Análisis pregunta 8: El total de la muestra encuestada es decir el 100% le llamo la atención la pregunta y se consideró que es fundamental adoptar mecanismos que aporten a la minimización de la contaminación del medio ambiente ya que es responsabilidad social de la empresa.

Pregunta 9: ¿Es importante para usted que la empresa se comprometa con prácticas sostenibles?

Con concordancia a las respuestas extraídas por el análisis de esta pregunta se obtuvo un 100% en el cual se consideró de importancia que la empresa busque el compromiso con las prácticas sostenibles ya que sería un gran aporte a la sociedad, mientras que de la respuesta NO, se obtuvo un 0%. En la Figura 25, se detalló la información.

Figura 25. Compromiso con prácticas sostenibles.



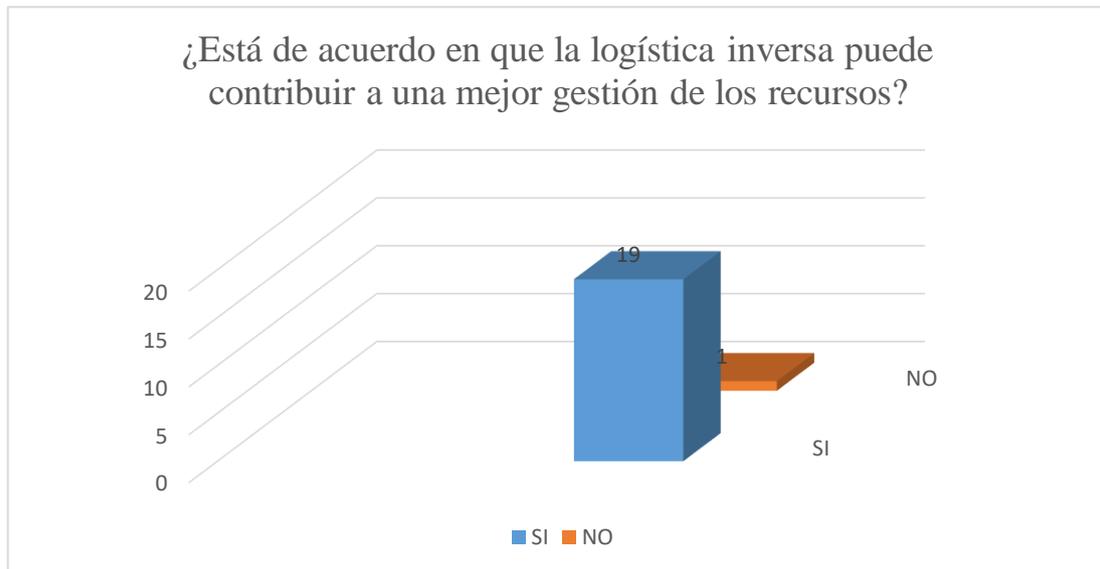
Nota: Elaborado por la autora.

Análisis pregunta 9: El total de la muestra encuestada es decir el 100% consideró que es primordial que la empresa sea comprometida con el medio ambiente a través de la adopción de prácticas sostenibles con el único fin de salvaguardar al ecosistema y todo lo que lo rodea e incluso al bienestar humano.

Pregunta 10: ¿Está de acuerdo en que la logística inversa puede contribuir a una mejor gestión de los recursos?

En la figura 26, se observó las respuestas dadas por los encuestados donde como resultados se tuvo que el 95% optó por la alternativa SI con respecto a que la logística inversa contribuirá a una mejora en la gestión de los recursos. Por otra parte, se obtuvo un 5% con relación a la negación de acuerdo a la pregunta planteada. Partiendo de estos resultados sabemos que es óptimo la recuperación y reutilización de los materiales, hasta el momento se tiene un gran nivel de aceptación para el modelo propuesto.

Figura 26. Contribución para la gestión de recursos.



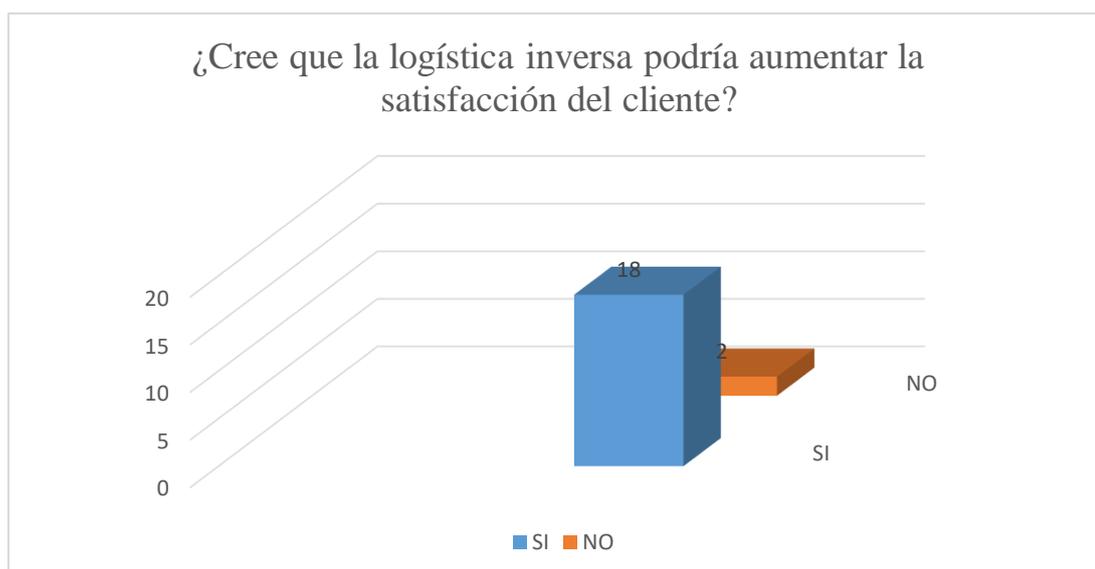
Nota: Elaborado por la autora.

Análisis pregunta 10: El 95% de los encuestados están de acuerdo en que la logística inversa va a contribuir para mejorar la gestión de los recursos, en este caso se les explicó la propuesta y se abarcó los temas de la reutilización de recursos que se puedan extraer de los RAEE, sin embargo, el 5% se quedó con inquietudes y consideró más factible no estar de acuerdo.

Pregunta 11: ¿Cree que la logística inversa podría aumentar la satisfacción del cliente?

Finalmente, se concluyó con la última pregunta de la encuesta en donde se obtuvo un 90% con relación a la respuesta SI donde los encuestados consideraron que la implementación de la logística inversa aumentaría la satisfacción del cliente, mientras que con un 10% siendo muy inferior brindaron la respuesta NO.

Figura 27. Satisfacción del cliente.



Nota: Elaborado por la autora.

Análisis pregunta 11: El 90% de los encuestados están de acuerdo en que la logística inversa va a contribuir para mejorar satisfacción de los clientes, ya que se implementará un nuevo servicio y será un aporte al medio ambiente, por otra parte, el 10% considera que no es un beneficio en lo que corresponde al crecimiento de la demanda en relación a los clientes.

Fase 6: Valoración de la investigación

A partir de la encuesta, se realizó una investigación para determinar la presencia de prácticas ambientales en la empresa Dinamo Consulting S.A. Se analizaron distintos aspectos que conlleven a una gestión ambiental interna, prácticas de reducción de residuos, entre otras en el nivel operativo. La Tabla 18, expone de manera detallada las preguntas que se formularon, la escala empleada para analizarlas y el total de respuestas obtenidas.

Tabla 18. Lista de preguntas con su escala de medición y respuesta.

N. de pregunta	Pregunta	Escenario estratégico	Respuesta		Total (personas encuestadas)
			Valido		
			SI	NO	
1	¿Maneja la logística inversa la empresa Dinamo Consulting S.A.?	Administración	0	20	20
2	¿Considera importante que la empresa tenga un programa de reciclaje para los RAEE?	Administración	20	0	20
3	¿Cree que un programa de logística inversa podría diferenciar a la empresa de sus competidores?	Administración	16	4	20
4	¿Considera usted que es responsabilidad de la empresa conocer el destino de los equipos electrónicos al final de su vida útil?	Mantenimiento	10	10	20
5	¿La empresa ha tomado medidas ambientales para la reducción de los residuos?	Mantenimiento	14	6	20
6	¿La empresa ha tomado acciones ambientales en la elección de proveedores por criterios del medio ambiente?	Despacho	5	15	20
7	¿Los proveedores cuentan con certificación medio ambiental?	Despacho	17	3	20
8	¿Considera usted conveniente adoptar mecanismos que disminuyan la contaminación ambiental?	Administración	20	0	20
9	¿Es importante para usted que la empresa se comprometa con prácticas sostenibles?	Administración	20	0	20
10	¿Está de acuerdo en que la logística inversa puede contribuir a una mejor gestión de los recursos?	Administración	19	1	20
11	¿Cree que la logística inversa podría aumentar la satisfacción del cliente?	Administración	18	2	20

Nota: Elaborado por la autora.

A través de la implementación del cuestionario con los datos obtenidos de la muestra utilizando el criterio estadístico de conveniencia en Dinamo Consulting S.A., se logró identificar que no se cuenta con un modelo de logística inversa o un programa de reciclaje que aporte al medio ambiente. Por otro lado, nuestra propuesta tiene un gran índice de aceptación en base a los datos arrojados por las encuestas, donde consideran importante la implementación de la logística inversa en la empresa.

3.1.2. Verificación de la hipótesis o fundamentación de las preguntas de investigación.

En este apartado se realiza el proceso a partir el cual el investigador pone a prueba la hipótesis en base a la recopilación y el análisis respectivo de los datos, este punto es fundamental para la validación o refutar la hipótesis estructurada. Lo que indica seguir un método riguroso que consta de varias fases.

3.1.2.1. Definición de hipótesis

Hipótesis nula (H0)

El modelado de logística inversa no incide en la sustentabilidad ambiental de la empresa Dinamo Consulting S.A., ubicada en la Ciudad de Guayaquil – Ecuador.

Hipótesis alternativa (Ha)

El modelado de logística inversa no incide en la sustentabilidad ambiental de la empresa Dinamo Consulting S.A., ubicada en la Ciudad de Guayaquil – Ecuador.

3.1.2.2. Comprobación de hipótesis mediante análisis de varianza ANOVA

Se utilizó el análisis de varianza (ANOVA) para demostrar las hipótesis. Dicho método es empleado para el diseño de experimentos cuando se cuenta con datos cuantitativos. En la Tabla 19, se expone detalladamente la condición de decisión para el número de Fisher calculado (Fc).

Tabla 19. Condición de decisión para análisis de varianza ANOVA.

Condición de decisión	
H0 = Fc. ≥ Ft	Para considerar la H0 el número de Fisher calculado (Fc.) es igual o menor a Fisher tabulado (Ft)

Ha = Fc. ≤ Ft	Para considerar la Ha el número de Fisher calculado (Fc.) es igual o mayor a Fisher tabulado (Ft)
----------------------	---

Nota: Elaborado por la autora.

Haciendo énfasis en cómo se toma decisiones según los resultados en base a los análisis de varianza (ANOVA), en la Tabla 20, se detallan de manera explícita los siguientes criterios.

Tabla 20. Criterios en base a los escenarios de varianza ANOVA.

Criterio	
K	Número de grupos
n_i	Lado de muestra del grupo i
n	Lado de muestra general, incluye ($\sum n_i, i = l a k$)
\bar{X}_i	Promedio del grupo i
\bar{X}	Promedio general ($\sum X_i, \frac{j}{n}, i = l a k, j$)
S_i	Desviación estándar del grupo i

Nota: Elaborado por la autora.

En este sentido, los escenarios de acuerdo al análisis de varianza ANOVA, el cual compara los tipos de variabilidad para la evaluación de la diferencia de medias entre los grupos es mayor de lo que se espera, en la Tabla 21, se definen cada uno de los indicadores:

Tabla 21. Indicadores en base a los escenarios de varianza ANOVA.

Indicador	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	Estadística F
Grupos (Entre grupos)	$k - 1$	$SS = \sum_{i=1}^k n_i (\bar{X}_i - \bar{X})^2$	$MSG = \frac{SSG}{k-1}$	$F = \frac{MSG}{MSE}$
Error (Dentro de grupos)	$N - 1$	$SSG = \sum_{i=1}^k n_i (n_i - 1) s_i^2$	$MSE = \frac{SSE}{n-k}$	
TOTAL	$k - 1$	$SS(TOTAL) = SSG + SSE$	$\sigma = \frac{SS(TOTAL)}{n-1}$	

Nota: Elaborado por la autora.

Cálculo de resultados obtenidos

1) Promedio de alternativa de respuestas

$$Prom. NO = \frac{20+0+4+10+6+15+3+0+0+1+2}{11} = \frac{61}{11} = 5.55$$

$$Prom. SI = \frac{0+20+16+10+14+5+17+20+20+19+18}{11} = \frac{159}{11} = 14.46$$

$$Prom. General = \frac{5.55+14.46}{2} = \frac{20.01}{2} = 10$$

2) Suma de cuadrados

$$Prom. NO = (5.55 - 10)^2 = 19.80$$

$$Prom. SI = (14.46 - 10)^2 = 19.80$$

3) Suma de cuadrados por grupo

$$SS NO = 19.80 * 11 = 217.8$$

$$SS SI = 19.80 * 11 = 217.8$$

$$SS General = SSG = 217.8 + 217.8 = 435.6$$

4) Cálculo de varianza

$$s^2 = \frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2$$

$$S NO = 2567.45$$

$$S Si = 2567.45$$

$$\sum S = SSE = 5134.9$$

5) Cálculo de cuadrado medio

$$MSG = \frac{SSG}{K-1}$$

$$MSG = \frac{435.6}{2-1}$$

$$MSG = 435.6$$

$$MSE = \frac{SSE}{n-K}$$

$$MSE = \frac{5134.9}{22-2}$$

$$MSE = 256.745$$

$$S = \frac{SS(TOTAL)}{n-1}$$

$$S = \frac{5570.5}{22-1}$$

$$S = 265.26$$

6) Estadístico de F calculado

$$F = \frac{MSG}{MSE}$$

$$F = \frac{435.6}{256.745}$$

$$F = 1.71$$

En la Tabla 22, se demostró el resultado final que, incluye el valor calculado de Fisher obteniendo el análisis de ANOVA. Este análisis es esencial para evaluar las diferencias significativas entre grupos y proporcionar una comprensión más profunda de las variaciones investigadas en el estudio, por lo que, siendo este un enfoque analítico fortalece la credibilidad de los hallazgos y brinda información valiosa sobre las variables examinadas.

Tabla 22. Fisher calculado mediante ANOVA.

Fuentes de variación	Suma de cuadrados	Grados de Libertad	Cuadrado medio	Estadística Fc	Fa 0,95
Grupo	435,6	1	435,6	1,71	2,352
Error	5134,9	20	256,745		

Total	5570,5	21
--------------	--------	----

Nota: Elaborado por la autora.

En base a la información obtenida se puede afirmar que el valor crítico es 2.352, y esta información se encuentra en la Tabla de Fisher, específicamente En el Anexo (-), la determinación de este valor crítico implica un ajuste de los grados de libertad de acuerdo con el estadístico F_a en el grupo y el valor calculado, este proceso nos demuestra la eficiencia del análisis ANOVA.

- Si el $F_c = 1.71 > F$ de la tabla de distribución $F_t = 2,352$; se considera la H_0 excluyendo H_a .
- Si el $F_c = 1.71 < F$ de la tabla de distribución $F_t = 2,352$; se excluye la H_0 considerando H_a .

Siguiendo la línea de razonamiento previamente mencionada, el notorio valor de F_c es superior al valor crítico en la tabla de distribución de Fisher, la decisión es rechazar la hipótesis nula (H_0) y aceptar la hipótesis alternativa (H_a). Este resultado sugiere que el modelado de logística inversa tiene un impacto significativo en la sustentabilidad ambiental de la empresa Dinamo Consulting S.A.

3.2. Propuesta de implementación

3.2.1. Tema

Propuesta de modelado de logística inversa para la sustentabilidad ambiental de la empresa Dinamo Consulting S.A., ubicada en la Ciudad de Guayaquil – Ecuador.

3.2.2. Introducción

En lo que acontece a las últimas décadas, tanto como expertos y profesionales han tratado de enfocarse por abarcar el tema de desarrollo sustentable hacia el punto medio ambiental (Arroyo - López et al., 2014), esto está direccionado a la práctica para emplear un correcto trato de los residuos de aparatos electrónicos y eléctricos (RAEE) con el único fin de que se contrarreste los daños perjudiciales hacia el medio ambiente y que estos puedan ser utilizados para reusarlos, reciclarlos o darles el respectivo desecho al final de su vida útil (Celaya - Lozano et al., 2017).

Los profesionales han dedicado mucho tiempo en abordar nuevas prácticas y ejecutar otros mecanismos para solucionar preocupaciones sociales, políticas, económicas y medio ambientales de los grupos dentro de una sociedad, además los investigadores y organizaciones llegan a la conclusión que existe una necesidad de implementar prácticas que ayuden a mejorar las condiciones del medio ambiente, es por ello el uso de la logística inversa (Sumrit & Keeratibhubordee et al., 2025).

La sostenibilidad de acuerdo con la logística inversa se implementa para la finalidad de procesos sostenibles en varias etapas en la cadena de suministro, esto implica desde la producción o en este caso su distribución hasta la entre final del producto con el cliente, en base a esto se logra una reducción de impacto al medio ambiente (Efendigil et al., 2008). Las empresas manufactureras de la industria electrónica han adoptado una política de desarrollo sostenible a través de la logística, la logística inversa es la forma sistemática de redirigir las mercancías desde su punto de entrega original para obtener valor o disponer de ellas adecuadamente (Ahmadi et al., 2024).

La implementación de logística inversa y las prácticas sostenibles varían en las organizaciones debido a los diversos factores y combinaciones de las industrias, el tamaño de la organización, la cultura, regularizaciones, presiones de los stakeholders y los recursos a disposición, las economías emergentes requieren nuevos modelos que aporten

al crecimiento de la empresa, en este caso se sabe muy poco acerca de la logística inversa especialmente en Iberoamérica. De tal manera que la logística inversa implica en el desarrollo sostenible y se convierte en un enfoque poderoso para que las empresas diferencien su negocio del resto de competidores en lo que corresponde al medio ambiente (Diefenbach et al., 2023).

La gestión eficiente con respecto a la implementación de la logística inversa (RL) se ha convertido en tema crítico en la actualidad, especialmente cuando se aborda desde una perspectiva de regiones, donde los desafíos ambientales y oportunidades para la sustentabilidad pueden variar. En este contexto, la Ciudad de Guayaquil, es un claro escenario que demanda muchos enfoques de forma innovadora y se adaptan a su realidad para abordar la logística inversa en la sustentabilidad del medio ambiente.

En este sentido, diversos estudios han resaltado la importancia de implementar la logística inversa para el desarrollo sustentable del medio ambiente, la sustentabilidad ambiental no solo implica la consideración de prácticas éticas y sostenibles sino la capacidad de lidiar con el modelo de logística inversa (Chen et al., 2021). En la Ciudad de Guayaquil donde la complejidad ambiental se entrelaza, el modelado de logística inversa se presenta como una estrategia clave para fortalecer prácticas sostenibles.

El desarrollo de esta propuesta se basa netamente en la premisa de que se implemente el modelo de logística inversa no solo es una práctica sostenible, sino también potencia una capacidad de gestionar y aprovechar de una mejor manera los recursos. La incorporación de logística inversa para la sustentabilidad ambiental puede mejorar la toma de decisiones y fortalecer la resiliencia de los sistemas (Babbar & Amin, 2018).

En este sentido para ser responsables con el medio ambiente se implementan prácticas sostenibles para la sustentabilidad ambiental, en este caso la logística inversa, tomar acciones para minimizar el agotamiento de recurso está estrechamente ligado a una Economía Circular (EC). La finalidad de una EC es separar la generación de valor del residuo de un producto y el consumo de recursos, logrando mediante una transformación significativa en los sistemas de producción y consumo (Alfaro-Algaba & Ramirez et al., 2020).

Las prácticas de sostenibilidad para el medio ambiente en la Ciudad de Guayaquil, se plantean como una emergencia que aporte al ecosistema, es necesario abarcar gestiones ambientales por ello la aplicación de la logística inversa, implementando este método o estrategia se considera minimizar las emisiones negativas y resaltar o destacar la aportación de la misma. Dicha práctica ayuda a conservar el posicionamiento de Dinamo Consulting S.A., en el mercado tecnológico favoreciendo y cumpliendo su compromiso con el medio ambiente.

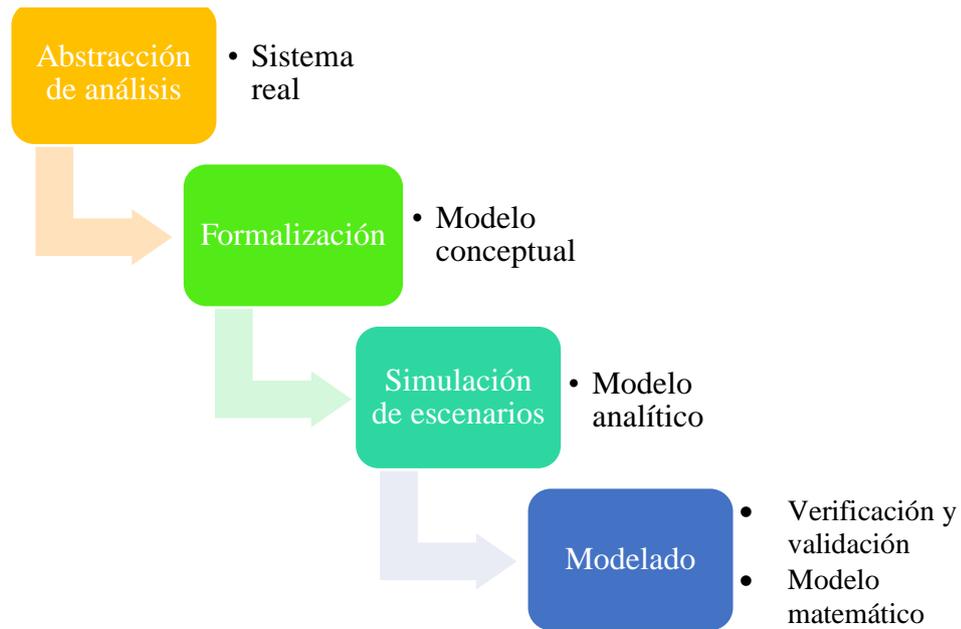
3.2.3. Metodología

Tras una minuciosa revisión de literatura e información con acceso abierto sobre un modelo de logística inversa, como se detalla en el Capítulo II (Sección 3.1), se llega a la conclusión de que el análisis de esta temática ha sido abordado desde diversas perspectivas, incluyendo una fundamentación teórica conceptual. Además, se ha empleado un enfoque analítico detallado, la observación meticulosa ha complementado estas aproximaciones, permitiendo así obtener una comprensión integral de los desafíos y oportunidades que caracterizan la implementación de la logística inversa para la sustentabilidad ambiental en la Ciudad de Guayaquil.

La metodología usada con el fin de elaborar el modelo de logística inversa para la sustentabilidad ambiental, se enfatiza hacia el modelo basado en agentes (MBA) y métodos matemáticos. El enfoque se detalla en la figura 28, se exponen 4 puntos clave como la abstracción de análisis, formalización, simulación de escenarios y finalmente el modelado. En el proceso de la metodología se presentan análisis minuciosos que corroboren la aplicación de la logística inversa satisfactoriamente.

La metodología avanza hacia la formalización de la abstracción, utilizando herramientas computacionales para representar analíticamente las dinámicas de sistemas, este enfoque integral asegura que el modelado de logística inversa desarrollado sea robusto.

Figura 28. Representación simplificada y fundamental del proceso del modelado.



Nota: Elaborado por la autora.

En primer lugar, el proceso del modelado comienza con la abstracción, análisis y síntesis del sistema real, se resaltan las características primordiales de su funcionamiento a través de la identificación de las propiedades que se reflejan en el comportamiento del modelo y parámetros que medirán la evolución del fenómeno. La abstracción necesita un examen detallado en base a los mecanismos de formación y operación de la logística, cuyo comportamiento se busca mejorar. En dicho análisis se enfatiza en las características de los objetivos del sistema del estudio.

La fase dos de la elaboración del modelo conceptual es la más creativa para el modelado, durante este proceso, se concentra en la conceptualización del sistema de estudio, apartándolo de su entorno y direccionándolo hacia sus metas, objetivos, características y factores esenciales. Dicho lo anterior el modelo analítico, las premisas direccionadas en el modelo conceptual se formulan en forma analítica a partir de ecuaciones matemáticas o expresiones que usen la lógica que describen la evolución del sistema con el tiempo.

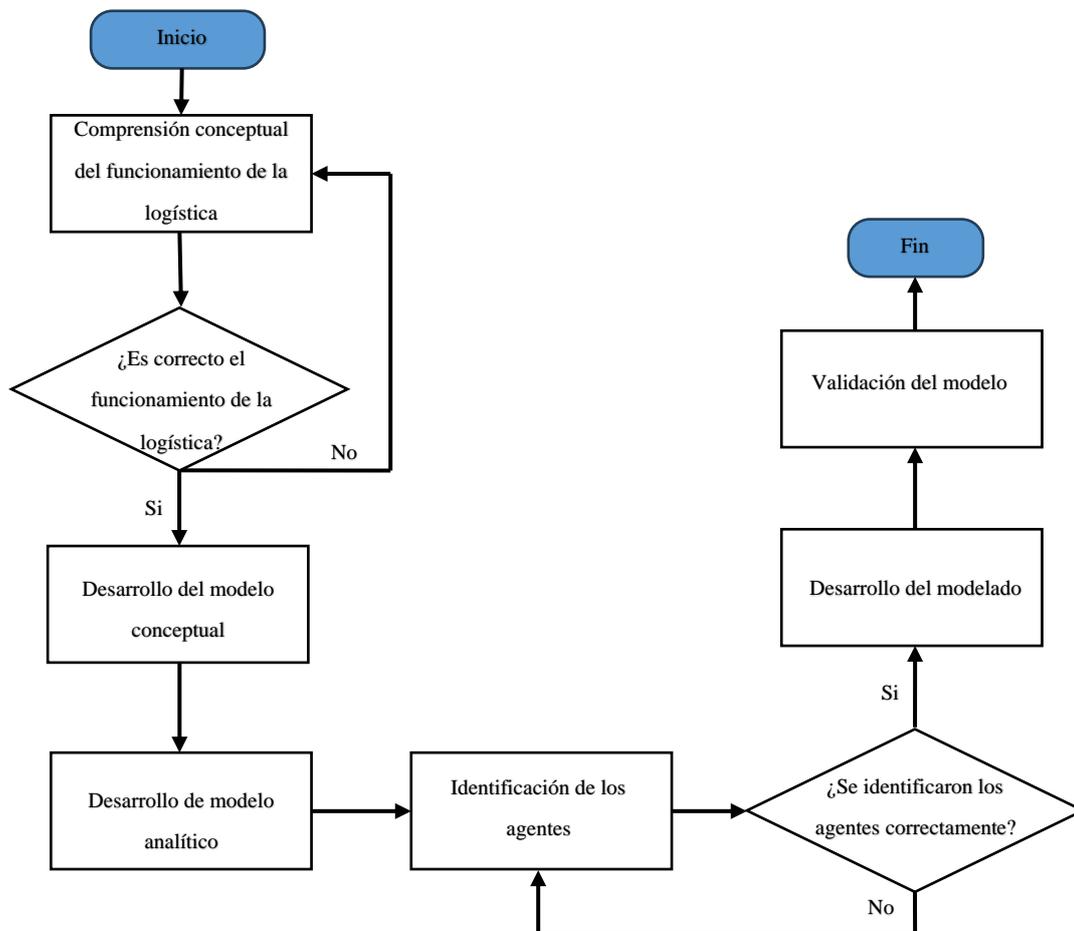
En la fase tres basándose en la anterior que corresponde al modelo analítico y su enfoque del modelo, se prosigue al modelo de la programación formal en base del modelado. Este proceso asegura que los resultados que se presentan y se obtienen sean representativos del comportamiento dinámico del sistema, permitiendo la evaluación eficiente de su desempeño en diversas condiciones.

La cuarta fase y por ende la final, aquí se presenta la verificación y validación. La verificación implica asegurarse de que el modelado final cumpla con las premisas establecidas en las fases antes mencionadas. La validación se encarga de confirmar la precisión de los resultados del modelado, si los resultados coinciden con las expectativas.

3.2.4. Descripción del modelo basado en agentes

La metodología planteada en el modelado se realizó bajo la teoría conceptual, analítica en base a la observación. Se utilizó el software VENSIM debido a su capacidad de representar el modelo de logística inversa, este enfoque siguió la estructura del flujograma del Modelo Basado en Agentes (MBA), como se detalla en la Figura 29.

Figura 29. Flujograma para simulación.



Nota: Elaborado por la autora.

El MBA para la Logística inversa nos da una información detallada de la visión de cómo es la aplicación de la teoría de los agentes para la representación de dinámica y las interacciones en este contexto específico. El modelo detalla como agentes, con roles y

comportamientos que interactúan entre sí de acuerdo con la logística, abordando puntos específicos como la toma de decisiones, adaptabilidad y respuestas.

3.2.4.1. Intención

El modelo de logística inversa diseñado para la sustentabilidad del medio ambiente en la empresa Dinamo Consulting S.A., fomenta un enfoque circular al momento de incorporar la simulación de diferentes escenarios. Esta metodología circular implica la representación detallada y una simulación en base a diversos contextos, lo que nos brinda una base robusta para la toma de decisiones sustentables en todas las etapas de la logística. Al modelar y simular la logística inversa, se fortalece la capacidad del sistema para la adaptación de diferentes condiciones, que nos implicaría un aporte y mejora en la empresa, por este motivo se analizará los siguientes aspectos:

$$\Sigma(\text{Beneficio económico})_{\text{cooperación}} > \Sigma(\text{Beneficio económico})_{\text{nocoperación}}$$

$$\Sigma(\text{Beneficio ambiental})_{\text{cooperación}} > \Sigma(\text{Beneficio ambiental})_{\text{nocoperación}}$$

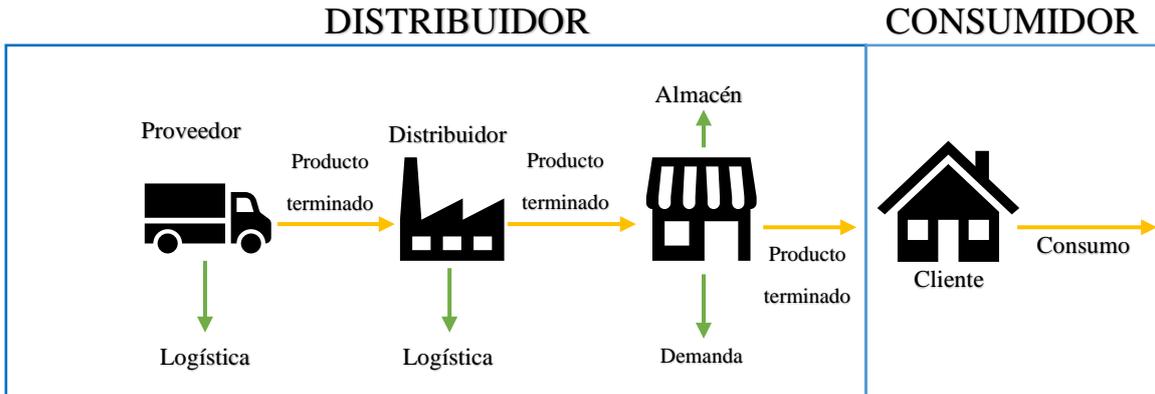
$$ISSP_{\text{cooperación}} > ISSP_{\text{no cooperación}}$$

3.2.4.2. Simplificación

3.2.4.2.1. Desarrollo del sistema real

En el inicio de construcción del modelo, se comienza simplificando el sistema real que se necesita representar. Dado que los sistemas reales tienden a ser muy complejos, el objetivo principal es elaborar sus características primordiales para conocer sus propiedades fundamentales que se analizarán. Ya que estas propiedades se implementarán en la representación junto con los parámetros necesarios para medir el cambio en el fenómeno durante el periodo específico de tiempo. En la Figura 30, se visualiza el sistema real.

Figura 30. Sistema Real

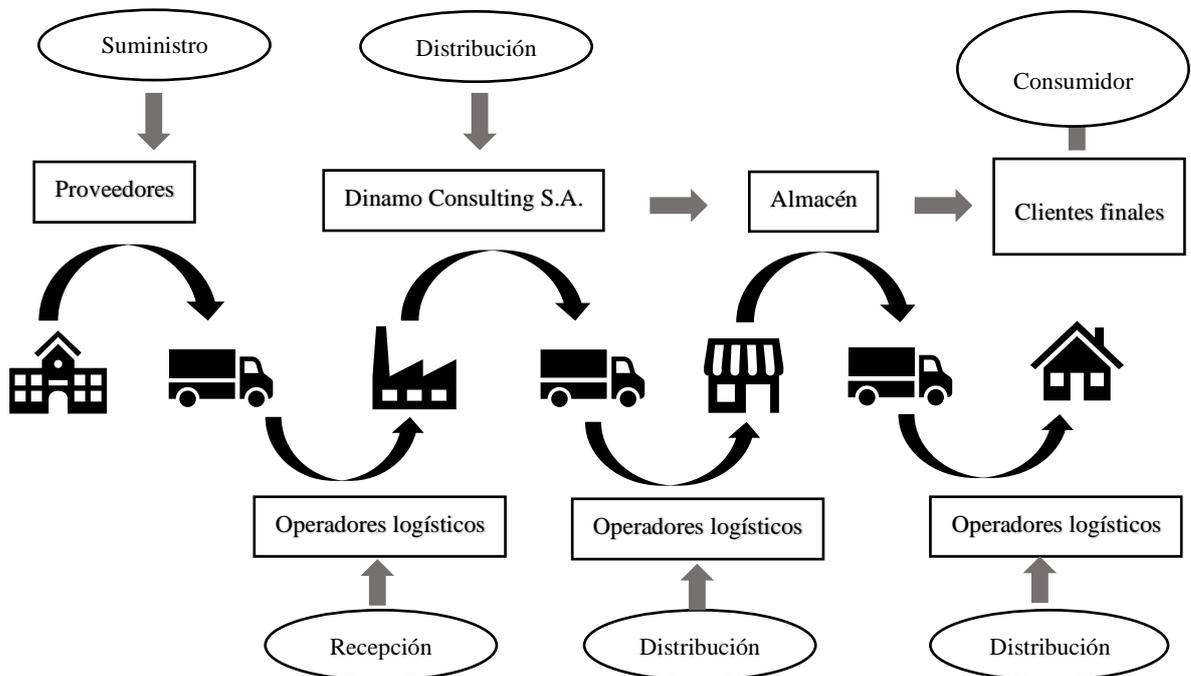


Nota: Elaborado por la autora.

3.2.4.2.2. Modelo conceptual

El modelo conceptual debe concentrarse en las especificaciones del concepto de la logística en conjunto con la sustentabilidad ambiental de acuerdo a sus prácticas, al mismo tiempo que se muestran las características de un sistema que se adapte, pero tenga un grado de complejidad. Para la recreación de un ecosistema real que involucre a todos los que participen dentro del sistema de esta simulación, se creó un modelo conceptual que influye MBA, esto requirió la aplicación de técnicas analíticas para la identificación de su desarrollo. En la Figura 31, se detalla el modelo conceptual.

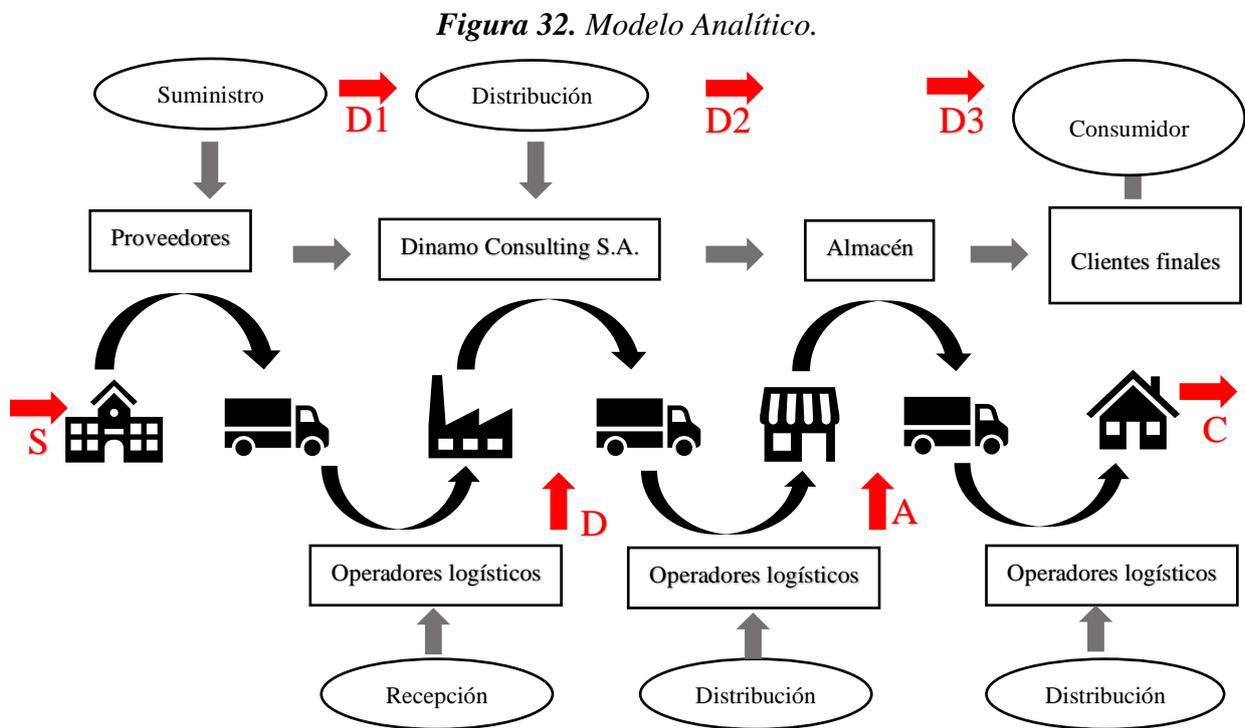
Figura 31. Modelo conceptual.



Nota: Elaborado por la autora.

3.2.4.2.3. Modelo analítico

La necesidad de elaborar el modelo analítico se hizo muy notorio debido a su incidencia en el modelo conceptual, llegando a reemplazarlo para adaptarse al entorno del modelado usando un lenguaje reconocido. En la figura 32, se expone el modelo analítico adaptado con las expresiones matemáticas necesarias asociado al modelo conceptual.



Nota: Elaborado por la autora.

Cada variable que se expuso en el modelo analítico hace referencia a:

- S: Suministro
- D: Distribución
- E: Empresa
- A: Almacén
- C: Cliente

En la Tabla 23, se detallan aquellos agentes que constituyen al sistema examinado del modelo analítico que se ha mencionado y expuesto anteriormente.

Tabla 23. Agentes de contribución.

Categoría del agente	Agente	Actividades
Proveedor	Suministro	Adquisición de mercancía
Operadores logísticos	Distribución	Distribución de productos
Dinamo Consulting S.A.	Empresa	Obtención de productos para postventa
Logística	Almacén	Área de ventas
Consumidor	Cliente final	Adquisición de productos

Nota: Elaborado por la autora.

Correspondiente al grupo de agentes y variables relacionadas a ellos, se puede establecer de forma clara como interactúan a través de las siguientes formulas:

$$\sum S + \sum D = P \quad (EC. 1)$$

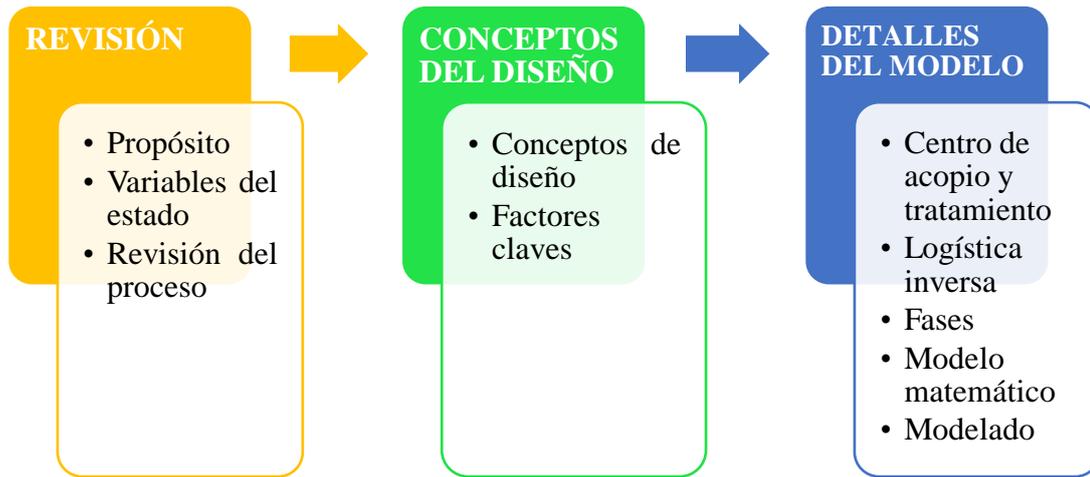
$$\sum P + \sum D = A \quad (EC. 2)$$

$$\sum A + \sum D = C \quad (EC. 3)$$

3.2.4.3. Validación del modelo computacional

La elaboración del modelado se basó en el protocolo ODD establecido por Buffa & Barrea et al., (2020). Este protocolo nos proporciona un formato organizado para documentar el Modelo Basado en Agente (MBA), esto facilita la comprensión difusión de modelos, ya que sigue una estructura que nos da una clara representación, muy por fuera de la técnica que se va a emplear para el modelado. El protocolo ODD se fundamenta en la información necesaria para la construcción o reconstrucción de modelos, de una manera estructurada como se muestra en la Figura 33.

Figura 33. Protocolo ODD.



Nota: Elaborado por la autora, basado en (Buffa & Barrea et al., 2020).

Etapa 1: Revisión

- **Propósito**

El propósito final es el diseño de un modelo de logística inversa que sea eficiente a partir de dos escenarios el primero que demuestre la logística actual con los problemas que se relacionan y el segundo basándose en la propuesta final capaz de abordar la complejidad presente, con este objetivo el modelado debe tener la capacidad de identificar cooperaciones al medio ambiente. Además, el modelo debe proporcionar la solución que responderá al impacto del medio ambiente, permitiendo una estabilidad.

- **Variables del estado**

Se presenta un análisis de dos escenarios, el primero planteándose un bucle causal donde analizamos el problema y observamos los desafíos que se presentan en la empresa con la logística normal, en el segundo exponemos el modelado final de la propuesta basándose en el diagrama Forrester de acuerdo a la logística inversa en la empresa Dinamo Consulting S.A., el entorno examinado utilizó datos obtenidos de la muestra que se detalló en el Capítulo II del estudio de la investigación.

- **Revisión del proceso**

En el modelo hay cinco agentes que se centran en la logística actual de la empresa Dinamo Consulting S.A. Los detalles específicos acerca de las variables se expusieron en la sección 3.2.4.3., de tal forma que al iniciar el modelado todos los parámetros se presentan

según la distribución. En la Tabla 24, se especifican las diferentes categorías de los agentes y sus variables, sin embargo, también se utilizó un modelo matemático que nos de mayor validez de la propuesta y aporte al diseño del modelado final.

Tabla 24. Categoría de los agentes.

Categoría del agente	Agente	Variables
Proveedor	Suministro	S
Operadores logísticos	Distribución	D
Dinamo Consulting S.A.	Empresa	E
Logística	Almacén	A
Consumidor	Cliente final	C

Nota: Elaborado por la autora.

Etapa 2: Conceptos del diseño

- **Conceptos del diseño**

Suministro (S): El abastecimiento del producto es crucial desde una perspectiva estratégica, esto implica una debida organización, llevar un buen control y planificar todas aquellas necesidades y requerimientos para el funcionamiento correcto de la empresa.

Distribución (D): La distribución abarca hacia la empresa, el almacén y clientes, la logística inversa siendo un tomador de decisiones, procesa la información de la logística actual, realizando un análisis que respalde la gestión que regrese los aparatos al final de su ciclo de vida hacia la empresa. En la Figura de sistema real se detalla.

Empresa (E): En este apartado se presenta el área de recepción del producto gracias a la eficiencia de los proveedores para asegurarse que todo esté en el correcto orden es decir el producto terminado y después poder exponerlo en el almacén de la empresa.

Almacén (A): Área receptora del producto final después del debido control por parte de la empresa, esta área es encargada de asegurarse que este el producto en lugares

estratégicos para que los consumidores finales es decir los clientes lo adquieran posteriormente.

Cliente final (C): El consumidor esta exclusivamente formado por todos aquellos clientes, que representan el consumidor final de la cadena, el componente es el que de alguna manera influye en el sistema.

- **Factores claves**

Es fundamental el desarrollo del modelado y que lleve una evaluación, después de la identificación previamente de los agentes, se procede a la descripción detallada de los factores claves que interviene en el modelado. Esto se realiza teniendo en cuenta la toma autónoma de decisiones de cada agente. El escenario principal representa visualmente con escenarios previamente definidos en la Tabla 25, como se incorpora los elementos claves y las variables identificadas, ofreciendo una visión estructurada y comprensible del entorno del modelado. Esta representación facilita la comprensión y análisis de los agentes y dinámicas de sistemas.

Tabla 25. Factores claves para el diseño.

FACTOR	CUALIDADES
TRANSPORTE	Se debe tener en cuenta su capacidad, la documentación este en orden y se tenga disponibilidad de tiempo del conductor
CENTRO DE ACOPIO	Este debe estar situado en un sitio dentro de la empresa estratégico para posteriormente los técnicos tengan acceso
CLASIFICACIÓN	Se deben recoger conociendo la naturaleza de los productos, si se los puede reciclar, reutilizar o se deben desechar de manera correcta
CONSUMIDOR	Los productos deben ser resultantes de los mantenimientos para con ello determinar que los productos se pueden regenerar y a los consumidores contribuir
DISTRIBUIDOR	Se debe definir los encargados de clasificar y trasladar los productos hacia el centro de acopio de la empresa
OPERADOR LOGÍSTICO	Se debe tener aliados como operadores logísticos puesto que estos son los encargados de buscar la rentabilidad y beneficio de las actividades ya que su fin es el aporte de su aprovechamiento
OUTSORCING	

Tener un encargado que conozca netamente del tema de la logística inversa es importante para que el proceso se ejecute de manera eficiente

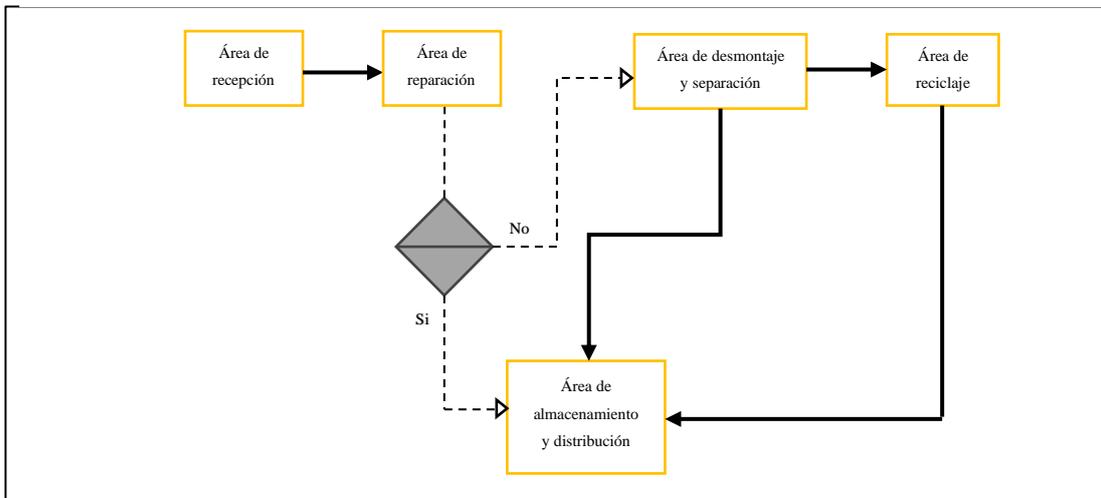
Nota: Elaborado por la autora.

Etapa 3: Detalles del modelo

- **Centro de acopio y tratamiento**

El centro de acopio y tratamiento sería el espacio dedicado a la recolección, clasificación y procesamiento de los materiales reciclajes o desechos, en este espacio se recibirán todos los productos que han llegado a su fin de ciclo de vida y evaluar el estado en el que se encuentran.

Figura 34. Centro de acopio y tratamiento.

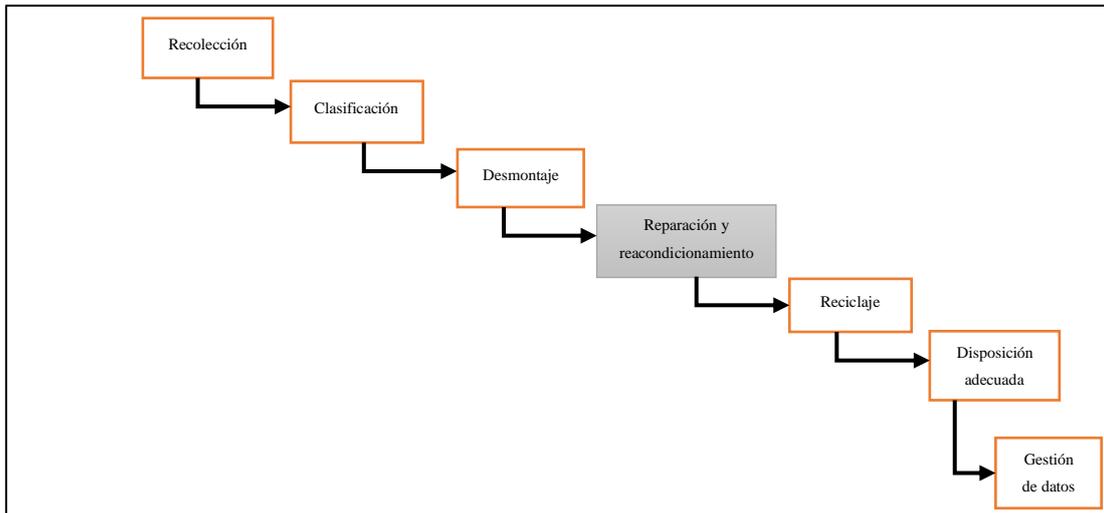


Nota: Elaborado por la autora.

- **Logística inversa**

En este punto se gestionará el retorno de los productos desde el consumidor final (clientes) hacia el punto de origen (Dinamo Consulting S.A), aquí interviene cada una de las etapas que se llevarán a cabo para el respectivo proceso, su objetivo es maximizar el valor de los productos que se los considera residuos. Para visualizar mejor se puede observar la Figura 35.

Figura 35. Logística inversa.

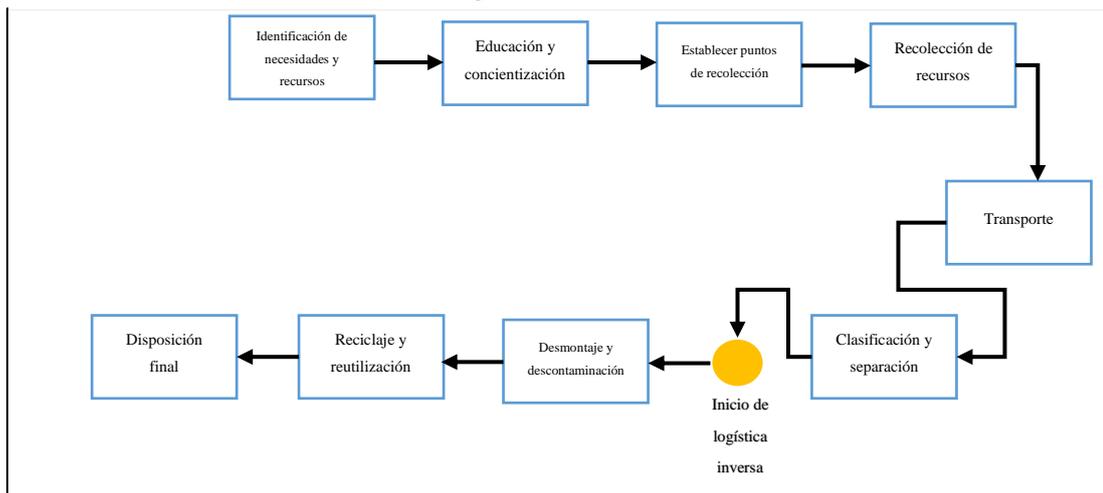


Nota: Elaborado por la autora.

- **Fases**

Se presentan todas las etapas o segmentos que dividen cada uno de los procesos, cada fase representa un determinado conjunto específico, en la logística inversa las fases ayudan a la estructura del flujo del trabajo desde la recolección de los productos hacia el punto final donde llegará.

Figura 36. Fases.

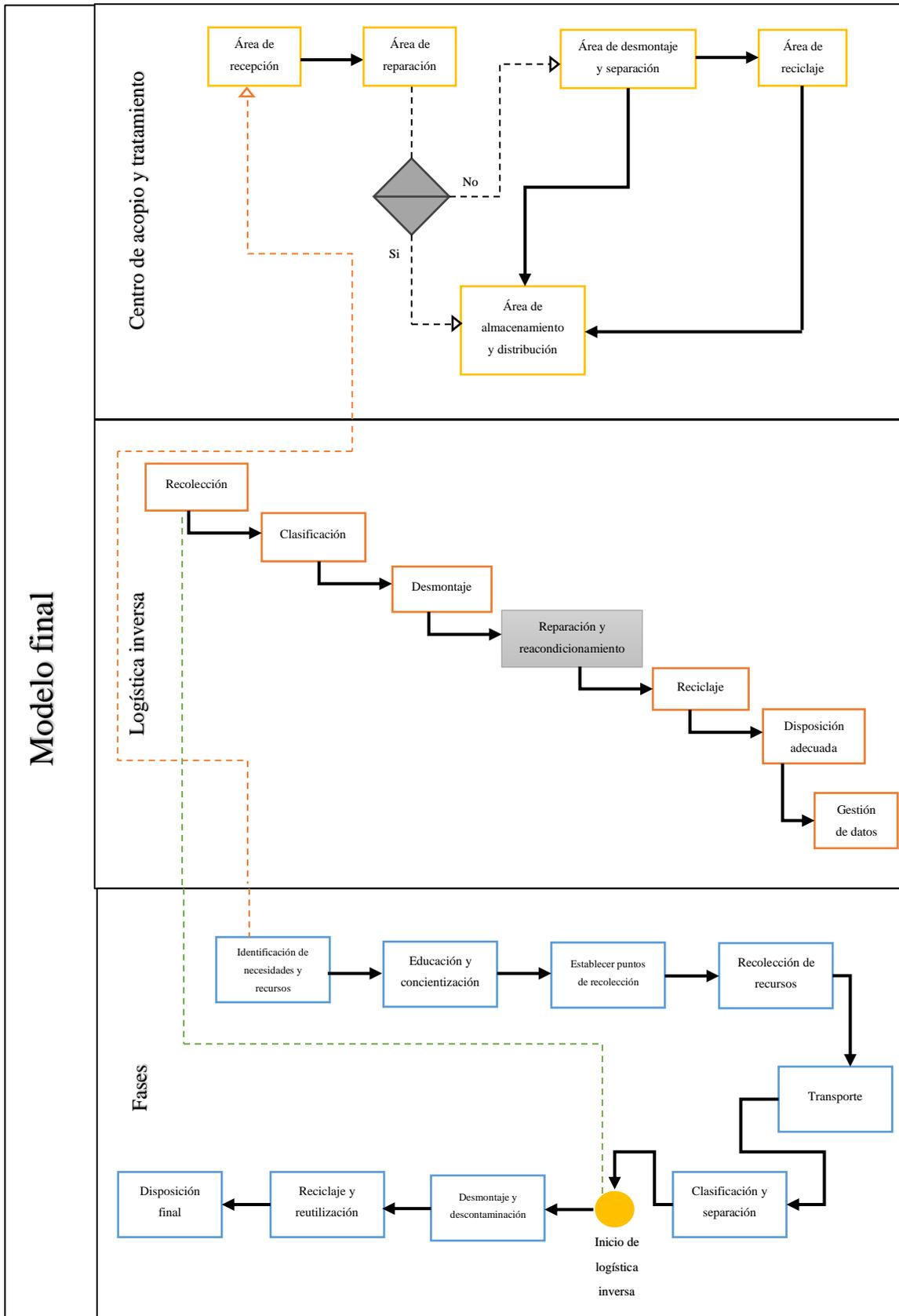


Nota: Elaborado por la autora.

- **Modelo en conjunto**

En la Figura 37. Se presenta de manera detallada los tres modelos unidos de acuerdo a su relación entre sí en base al modelo del diseño de logística inversa, antes interpretadas para una sola comprensión global.

Figura 37. Modelo en conjunto



Nota: Elaborado por la autora.

- **Modelo matemático**

El objetivo del modelo es analizar como los agentes influyen en el modelo de logística inversa lo vamos a relacionar con costos y sustentabilidad ambiental de la empresa. Se construirá el modelo tomando en cuenta las decisiones y los costos de los agentes. Al combinar el modelo matemático con el enfoque del modelo basado en agentes (MBA), en este enfoque cada agente (suministro, distribución, empresa, almacén y cliente) interactúan en el sistema y contribuye a la evaluación del beneficio y el impacto ambiental.

Variables del modelo matemático MBA

1. Suministro

Q_s : Cantidad de equipos defectuosos o al final de su vida útil que puedan devolverse.

Q_s : Costo de transporte y logística de retorno desde el cliente hacia la empresa.

2. Distribución

Q_d : Cantidad de equipos que al ser distribuidos pueden ser devueltos.

Q_d : Costo de la recolección de equipos para retornarlos a la empresa.

3. Empresa

C_p : Costo de procesamiento en la empresa, incluyendo inspección, reparación o reciclaje.

R_e : Ingreso estimado por cada equipo que puede ser revendido o reciclado.

4. Almacén

Q_a : Capacidad del almacén para recibir y gestionar equipos devueltos.

C_a : Costo de almacenamiento temporal.

5. Cliente

R_c : Incentivo para motivar a los clientes a devolver los productos (descuentos, cupones, etc)

Función de costo total

El costo total de la implementación de logística inversa en Dinamo Consulting S.A., se puede modelar como:

$$C_{total}: \sum_i (C_{si} + C_{di} + C_{pi} + C_{ai}) - \sum_i R_{ei} + \sum_i R_{ci}$$

Donde:

i : representa cada iteración o ciclo de iteración entre los agentes.

Este modelo estima el costo total de la logística inversa tomando en consideración la suma de costos de cada agente y los ingresos esperados.

Evaluación de viabilidad usando Agentes.

Con base al modelo se podría simular diversos escenarios para evaluar la viabilidad de la logística inversa. Cada agente actúa de la siguiente forma en la simulación.

1. Suministro: Evalúa la cantidad de productos recuperables y los costos de transporte desde el cliente hacia la empresa.
2. Distribución: Maneja la recolección de productos y el costo al mover productos hacia el almacén.
3. Empresa: Decide si procesa, repara o recicla cada producto y calcula los ingresos potenciales por cada producto recuperado.
4. Almacén: Controla la capacidad de almacenamiento y costos asociados
5. Cliente: Actúan como fuentes de retorno, influenciados por incentivos para devolver los productos.

Aplicación del modelo matemático

De acuerdo a lo que Dinamo Consulting S.A., desee analizar de retorno se estiman los siguientes valores por iteración de los agentes.

C_{si} : \$2 estadounidenses (recolección)

C_{di} : \$1,5 estadounidenses (procesamiento)

C_{pi} : \$5 estadounidenses (reparación)

C_{ai} : \$1 estadounidenses (almacenamiento)

R_{ei} : \$4 estadounidenses (reciclaje)

R_{ci} : \$1 estadounidenses (incentivo al cliente)

1. Cálculo de costos totales por agente: Si se estima un retorno de 100 unidades.

$$C_{total}: 100 * (2 + 1.5 + 5 + 1) - 100 * 4 + 100 * 1$$

2. Simplificamos cada término

Costo de suministro, distribución, procesamiento y almacenamiento: $100 * 9.5 = 950$ dolares estadounidenses

Ingreso por reciclaje: $100 * 4 = 400$ dolares estadounidenses

Incentivos para clientes: $100 * 1 = 100$ dolares estadounidenses

3. Resultado final

$$C_{total}: 950 - 400 + 100 = 650 \text{ dolares estadounidenses}$$

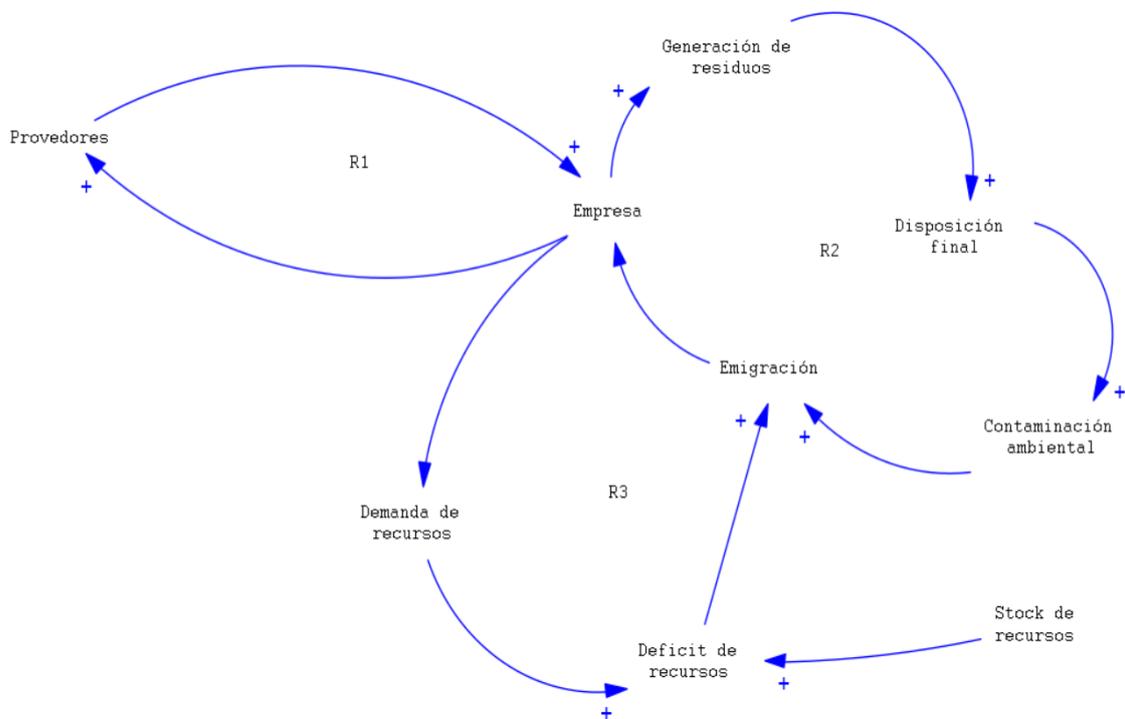
Interpretación de resultados

El costo estimado para la logística inversa en un ciclo sería el propuesto considerando las cantidades. Esta cifra se considera con beneficios esperados de reducir desechos y mejorar la imagen de la empresa, también se realizará simulaciones adicionales para optimizar costos.

- **Modelo de bucle causal**

El diagrama causal tiende en que variables relacionadas por flechas direccionan las relaciones causales entre variables, los ciclos importantes se identifican en este diagrama. La estructura del bucle causal genera los comportamientos de referencia hacia el sistema es decir la hipótesis.

Figura 38. Bucle Causal.



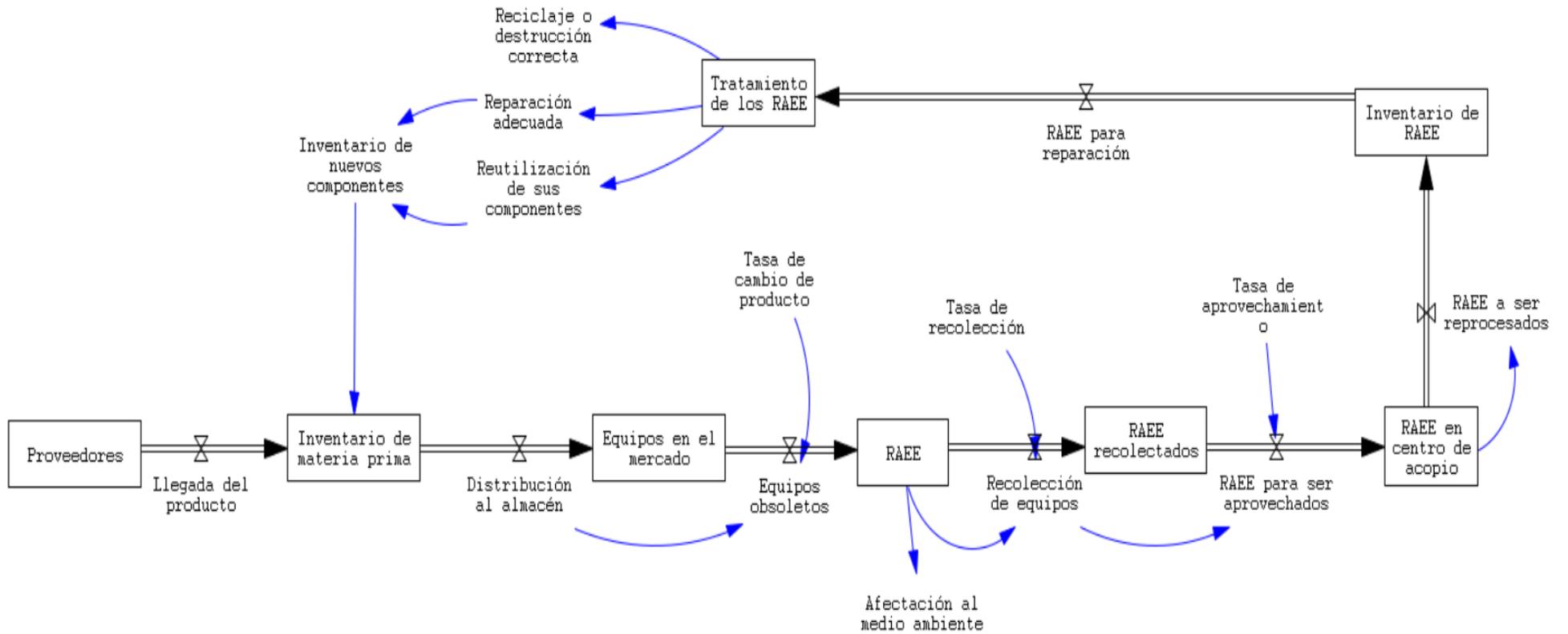
Nota: Elaborado por la autora.

Análisis de modelo de bucle causal: En la Figura 38., se observó el bucle causal donde proporciona información más detallada del proceso que actualmente se presenta en la empresa Dinamo Consulting S.A., se visualizó en el sector R1 un nivel normal donde se encuentran los proveedores cumpliendo con su cometido llevando el producto hacia la empresa, por otro lado en el R2 se observó el inicio del problema donde el producto parte de la empresa hacia sus consumidores y posteriormente tendremos un alto nivel de generación de los residuos lo que provoca un comportamiento erróneo hacia el medio ambiente por el aumento de contaminación, para concluir tenemos el sector R3 donde se interpretó la demanda de los recursos el cual mostró un déficit de los mismos y por ende en su nivel de stock o inventario.

- **Modelo Forrester**

La implementación del diagrama Forrester es crucial debido a su representación simbólica de las variables de nivel, flujo y auxiliares de un diagrama causal una vez sean identificadas, constituye a un sistema de ecuaciones diferenciales de primer orden (Frías et al., 2014). En estos contextos permitió modelar el sistema de logística inversa, mostró la descripción de su comportamiento, en base a esto se pudo construir teorías y predecir resultados de cambios favorables.

Figura 39. Modelo Forrester



Nota: Elaborado por la autora.

El diagrama Forrester elaborado en el software VENSIM, proporcionó datos positivos con respecto al modelo de logística inversa propuesto, se observó en la anterior figura el modelo a seguir de acuerdo al proceso que llevaría el producto desde su origen (proveedores), hasta su punto final (cliente) y después de su vida útil regrese hacia la empresa (Almacén) tal y como se muestra en el diagrama Forrester.

Análisis de modelo forrester: El diagrama parte de los proveedores hacia el inventario de materia prima que va en relación a la llegada del producto hacia el almacén con su correcta distribución, por ende estos equipos una vez llegados al almacén estarán en el mercado para llegar a los clientes, posteriormente se presentó los equipos obsoletos o más conocidos como RAEE, al momento de implementar la logística inversa se visualizó una tasa de recolección para contrarrestar la afectación del medio ambiente, los RAEE recolectados pasan al centro de acopio de la empresa donde se observarán los productos de acuerdo a la condición que lleguen y darles el respectivo uso o reciclaje correcto, finalmente a través del trato o la gestión eficiente se llegó a nuevos productos y por ende se tendría un crecimiento en el inventario de materia prima.

3.2.5. *Análisis de escenarios y resultados*

- **Escenario 1. Nuevos componentes:** Con el modelo de logística inversa contribuye de forma directa a la sustentabilidad de la empresa, al reutilizar los componentes y reducir costos, la empresa disminuirá su impacto ambiental y cumple con su responsabilidad con la sociedad.

Figura 40. Inventario de nuevos componentes.



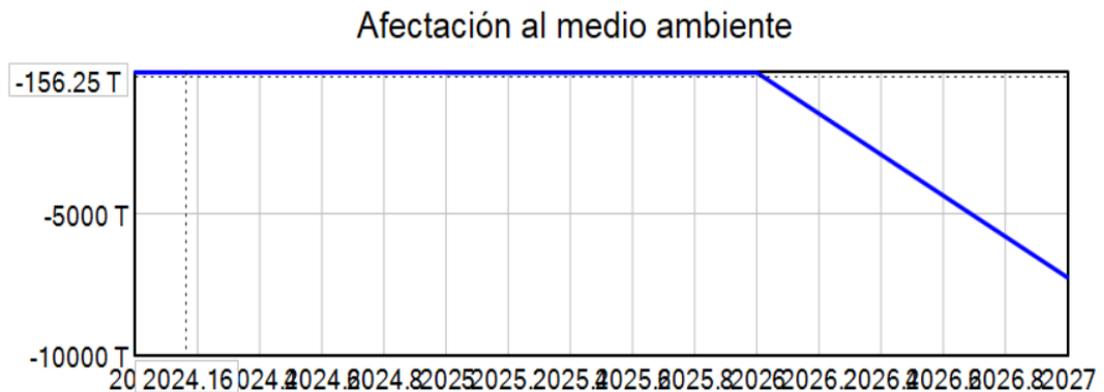
Nota: Elaborado por la autora.

Al recuperar y reutilizar los componentes o materiales de productos obtenidos que ya están obsoletos o defectuosos, la empresa no tendría gran necesidad de adquirir nuevas materias primas o productos, en base a esto se genera ahorros directos de costos, esto

mejora la rentabilidad y eficiencia operativa. Así también se optimizan los recursos al reducir gastos relacionados al manejo y almacenamiento de inventarios.

- Escenario 2. Medio Ambiente:** Los residuos de aparatos electrónicos (RAEE) son dispositivos que ya llegan a su fin de ciclo de vida, estos residuos afectan gravemente al medio ambiente por diversos motivos. El primer problema son las sustancias tóxicas que contienen los materiales que los componen ya que estos pueden filtrarse en el suelo y agua contaminándolos, son residuos tóxicos muy nocivos para la salud humana y vida silvestre. En este sentido, es fundamental saber si el modelo de logística inversa aportaría a la afectación del medio ambiente.

Figura 41. Afectación medio ambiente.



Nota: Elaborado por la autora.

En la Figura 41., se visualizó que la aplicación de la logística inversa en la empresa bajo los contextos expuestos en el diagrama Forrester (Figura 39) mostró que a partir del 2026 se tendría un grado de beneficio para el medio ambiente ya que la incidencia de los RAEE disminuirá de modo que se puede considerar el modelado eficiente y muy conveniente para la empresa.

- Escenario 3. Inventario de materia prima:** Es fundamental para la empresa porque sería los bienes que se tiene para satisfacer la demanda de los clientes, en este caso la correcta gestión de esta área es crucial para obtener un desarrollo con respecto a otras entidades en relación.

Figura 42. Inventario de materia prima.



Nota: Elaborado por la autora.

En este sentido la logística inversa aporta al inventario de materia prima en la empresa ya que se observó en la Figura 42., como hay un crecimiento, esto aportaría a la satisfacción de la demanda por parte de los clientes ya que se obtendría más aparatos electrónicos en stock, lo que ahorraría gastos. La logística inversa extiende el ciclo de vida de los productos, especialmente como repuestos o podría repararlos o reacondicionarlos, al incorporarlos se optimiza la gestión.

3.3. Presupuesto

En la Tabla 27., se obtuvo detalladamente los elementos esenciales para llevar a cabo la propuesta. Se hizo una valoración del costo de la licencia del software a partir de una cotización directa con el proveedor, por otro lado, para el gasto en la computadora se tuvo un precio estándar de computadoras de alta gama, desglosando los componentes que aporten al modelo, valor del presupuesto fue 7,018.75 dólares estadounidenses.

Tabla 26. Presupuesto del proyecto.

Rubro	Descripción	Cantidad	Costo Unitario (USD)	Costo Total
Recursos humanos	Modelador	1	\$ 693,00	\$ 693,00
Tecnológico	Internet	3	\$ 24,00	\$ 72,00
	Software	1	\$ 1.995,00	\$ 1.995,00
	Cursos de capacitación	1	\$ 300,00	\$ 300,00
	Computadora	1	\$ 890,00	\$ 890,00
Oficina	Materiales de oficina	2	\$ 20,00	\$ 20,00
Técnico	Nuevas herramientas	8	\$ 1.000,00	\$ 1.000,00

	Personal	2	\$	600,00	\$	600,00
Otros	Transporte		\$	25,00	\$	25,00
	Impresiones		\$	20,00	\$	20,00
Subtotal			\$	5.567,00	\$	5.615,00
10% de imprevistos					\$	561,50
15% de reajuste					\$	842,25
TOTAL				\$ 7.018,75		

Nota: Elaborado por la autora.

Para desarrollar un modelo de logística inversa para la sustentabilidad ambiental de la empresa se necesitó una inversión total en activos fijos de \$7.018,75 dólares estadounidenses. A lo largo de cinco años, este proyecto generó flujos de efectivo de \$1.851,53 dólares americanos anuales, con una tasa del 10%. En este sentido, se calcularon herramientas financieras como Valor Actual Neto (VAN), Tasa Interna de Retorno (TIR), y el periodo de recuperación (PR) para demostrar la confiabilidad del proyecto frente a la inversión realizada.

- **VAN (\$):** Valor Actual Neto
- **TIR (%):** Tasa Interna de retraso
- **PR (t):** Periodo de recuperación

En estos contextos, en la Tabla 28., se expusieron los cálculos específicos que sean netamente necesarios para la resolución de las herramientas financieras antes mencionadas, tales como valor Actual Neto, Tasa Interna de retraso y el Periodo de recuperación.

Tabla 27. Cálculos para VAN, TIR y PR.

CÁLCULOS DEL FLUJO DE FONDO						
	0	1	2	3	4	5
Flujo de fondo	\$ -7.018,75	\$ 1.851,53	\$ 1.851,53	\$ 1.851,53	\$ 1.851,53	\$ 1.851,53
Saldo Actual de 10%	\$ -7.018,75	\$ 1.683,21	\$ 1.530,19	\$ 1.391,08	\$ 1.264,62	\$ 1.149,65
Saldo acumulado	\$ -7.018,75	\$ -5.335,54	\$ -3.805,35	\$ -2.414,27	\$ -1.149,65	\$ 0,01

Nota: Elaborado por la autora.

Donde:

- **Tasa (%) = Valor por definición.**

$$\text{Tasa (\%)} = 10\%$$

- **VNA = (interés; flujo de caja) + desembolso final.**

$$\text{VNA (\$)} = 7.018,76$$

- **VAN (\$) = Beneficio neto actualizado (VNA) – Inversión inicial.**

$$\text{VAN (\$)} = \$0,01$$

- **TIR (%) = Se resta el valor inicial (costo) del valor final (venta o retorno de la inversión) de la operación, dividido para el valor inicial y se multiplica el resultado por 100.**

$$\text{TIR (\%)} = 10\%$$

- **PR (t) = inversión inicial / flujo de efectivo por periodo.**

$$\text{PR (t)} = 5$$

A partir del valor neto actual (VNA) de 7.018,16 dólares, se argumentó que la propuesta generó un excedente mínimo 0,01, sin embargo, se consideró una recuperación de la inversión inicial del proyecto, incluyendo el pago de la tasa de 10%. Esto respalda la afirmación de que la implementación de la propuesta agrega valor, finalmente el periodo de recuperación de la inversión se calculó en 5 años, recuperando la inversión inicial.

3.4. Recapitulación del Capítulo III

A través del análisis bibliográfico, se pudo validar el instrumento usado para la recolección de datos, medir su confiabilidad y realizar el correspondiente análisis de los datos recabados. Este proceso permitió la elaboración de un modelo conceptual y analítico sobre el funcionamiento de la logística, los cuales fueron fundamentales para el desarrollo de la propuesta en esta investigación.

En este sentido, la propuesta expuesta en este estudio se realizó a través de un modelado computacional que incluyó el análisis de escenarios y diagramas para la logística inversa en la empresa Dinamo Consulting S.A., el último diagrama elaborado nos ayudó evidenciando que es posible establecer criterios para la logística inversa a través de la colaboración de diferentes agentes involucrados. Este enfoque se caracterizó por orientar amigablemente con el medio ambiente y su contribución circular.

El modelado matemático, al estar en relación con ecuaciones lineales manejables no solo ofreció una interpretación fácil, sino también respaldó de forma sólida cada uno de los diagramas y escenarios de las simulaciones desarrolladas. Las ecuaciones lineales facilitan la comprensión y el análisis riguroso de los diversos elementos incluidos en el estudio, lo que proporcionó una representación clara y precisa de las relaciones entre variables.

3.5. Marco de discusión de resultados

Uno de los conceptos más importantes en las empresas es la logística. Este concepto ha tenido un gran avance, la gestión de la logística inversa para un entorno sustentable. De tal forma, los problemas medioambientales es uno de los efectos en relación con la deficiencia de una logística inversa debido a la falta de planeación en la disposición de recursos que aún se pueden utilizar, ocasionando contaminación al medio ambiente a nivel nacional y global.

Elaborar un modelo de logística inversa es esencial para la sustentabilidad ambiental y aporta al rendimiento de la organización, también ayuda a la toma de decisiones de gerencia, lo que incluye la relación de la empresa con el medio ambiente, en este sentido a partir del análisis de investigaciones que respaldan la logística inversa se expone la siguiente pregunta ¿Diseñar un modelo de logística inversa incide en la sustentabilidad ambiental? En este contexto a través de una búsqueda minuciosa en base a los antecedentes investigativos (Capítulo I, Sección 1.1.), se demostró la efectividad de un modelado de logística inversa para la sustentabilidad ambiental de la empresa Dinamo Consulting S.A.

Dicho lo anterior con la finalidad de realizar una exhaustiva investigación de todos los antecedentes en relación a la sustentabilidad ambiental se elaboró una revisión sistemática de literatura en conjunto de un análisis bibliométrico el cual permitió evaluar e identificar la relevancia y el campo extenso de la investigación, en el cual se examinaron aquellos factores que motivan a la sustentabilidad del medio ambiente. Este análisis contribuyó al fortalecimiento para la comprensión de herramientas usadas. No obstante, es primordial destacar que la investigación se direccionó hacia una metodología mixta.

Para la recopilación de datos se realizó un método tipo censo en la población para la obtención de la muestra por conveniencia, posteriormente se estableció el método de encuesta, diseñando un cuestionario como instrumento para recolectar datos. Este cuestionario fue validado por expertos siguientes pautas para garantizar la credibilidad en la investigación. En este proceso de validación implicó la aplicación de criterios de inclusión y exclusión. Finalmente se llevó a cabo un análisis que utilizó el software IBM SPS Statistics 25 como una herramienta que demostró viabilidad y confiabilidad al momento de medir el grado de concordancia.

La implementación digital ha sido fundamental en el desarrollo de esta investigación, porque engloba habilidades esenciales para la interpretación de la información y obtener conocimientos en entornos digitales. En este sentido la propuesta presentada de este estudio se realizó mediante un modelado computacional que incluyó un análisis de diferentes escenarios para la implementación del modelo de logística inversa y el desarrollo sustentable. En el último escenario se demostró que a través de la cooperación es posible establecer criterios para la logística inversa a través de la colaboración de diversos agentes involucrados. Este enfoque se caracterizó por su amigable orientación con el medio ambiente.

Un modelo matemático con componentes como son los valores o ecuaciones numéricas, proporciona un análisis adecuado, además plantea escenarios sólidos en base a simulaciones propuestas, lo que corresponde a una apreciación efectiva y fácil de comprender con respecto a las variables de estudio. El análisis matemático demuestra efectivamente la implementación de la logística inversa en la empresa Dinamo Consulting S.A. Por otra parte, enfatizó la importancia de aplicar este modelo a partir de herramientas fáciles de comprender los diversos escenarios.

En este estudio se establecieron escenarios y se presentaron resultados en base a la logística inversa. En el primer escenario conocido como bucle causal durante la simulación se recreó la logística actual con su incidencia sobre la afectación del medio ambiente. En el segundo escenario se observó un diagrama forrester que nos proporcionó información sobre el modelo de logística inversa que la empresa adoptaría y su aceptación en unos años tanto beneficiando al medio ambiente como a la empresa económicamente.

CONCLUSIONES

En relación con el objetivo principal de la investigación, así como respondiendo a la pregunta fundamental sobre la implementación del Modelado de logística inversa para la sustentabilidad ambiental de la empresa Dinamo Consulting S.A., ubicada en la Ciudad de Guayaquil – Ecuador, se llegó a las siguientes conclusiones.

- 1) El respaldo científico de un modelado de logística inversa para la sustentabilidad ambiental se fundamentó mediante una revisión sistemática de literatura y el análisis bibliométrico. Estos análisis examinaron diversos artículos, y la red bibliométrica respaldó la relevancia que ha obtenido, a nivel mundial en estudios de los últimos cinco años.
- 2) A través de la revisión de los artículos científicos que establecieron simulaciones en software con relación a la investigación sobre la logística inversa, se detalló un marco metodológico. En el marco se establecieron diferentes técnicas científicas que aportaron a la obtención de los resultados con alto nivel de confiabilidad y fiabilidad, dichas cualidades beneficiaron a la toma de decisiones efectivas.
- 3) La utilización de herramientas metodológicas como la validación de los instrumentos para la credibilidad de investigaciones, el software IBM SPSS Statistics 25 para el análisis de Alfa Cronbach de 0,96 y las pruebas KMO de 0,8, Barlett y W Kendall de 0,95 posibilitó la validación de la encuesta, así como el cuestionario de recolección de información. Además, a través del software VENSIM se logró observar de manera virtual el modelo de logística inversa.

RECOMENDACIONES

A partir de los resultados establecidos de la investigación sobre el Modelado de logística inversa para la sustentabilidad ambiental de la empresa Dinamo Consulting S.A., ubicada en la Ciudad de Guayaquil – Ecuador, se proponen las siguientes recomendaciones para futuros estudios y que puedan destacar aspectos claves que sean de prioridad.

- Tener una cuidadosa y rigurosa elección de los artículos científicos con el fin de aportar con el estudio y a la reducción de la metodología sistemática apropiada.
- Hacer una selección y delimitación de un grupo de expertos con antelación, para lograr la prevención de demoras en el proceso de investigar para el requerimiento de validación de técnicas e instrumentos de recolección de la información.
- En relación al modelo propuesto se recomienda utilizar el software que no limite el acceso a sus herramientas, para evitar cualquier tipo de bloqueo como licencias, ya que esto proporcionará la forma de abordar cualquier corrección, mejora u optimización.

BIBLIOGRAFÍA

- Adolfo Buffa, & Barrea. (2020). The ODD Protocol for Describing Agent-Based and Other Simulation Models: A Second Update to Improve Clarity, Replication, and Structural Realism. *2019:147:2*, 23(2). <https://doi.org/10.18564/JASSS.4259>
- Adrian, S., Drisse, M. B., Cheng, Y., Devia, L., Deubzer, O., Goldizen, F., Gorman, J., Herat, S., Honda, S., Iattoni, G., Jingwei, W., Jinhui, L., Khetriwal, D. S., Linnell, J., Magalini, F., Nnororm, I. C., Onianwa, P., Ott, D., Ramola, A., ... Zeng, X. (2020). *Quantities, flows, and the circular economy potential The Global E-waste Monitor 2020*.
- Ahmadi, S., Shokouhyar, S., Amerioun, M., & Salehi Tabrizi, N. (2024). A social media analytics-based approach to customer-centric reverse logistics management of electronic devices: A case study on notebooks. *Journal of Retailing and Consumer Services*, 76, 103540. <https://doi.org/10.1016/J.JRETCONSER.2023.103540>
- Alfaro-Algaba, M., & Ramirez, F. J. (2020). Techno-economic and environmental disassembly planning of lithium-ion electric vehicle battery packs for remanufacturing. *Resources, Conservation and Recycling*, 154, 104461. <https://doi.org/10.1016/J.RESCONREC.2019.104461>
- Arroyo López, P., Villanueva Bringas, M., Gaytán Iniestra, J., & García Vargas, M. (2014). Simulación de la tasa de reciclaje de productos electrónicos Un modelo de dinámica de sistemas para la red de logística inversa. *Contaduría y Administración*, 59(1), 9–41. [https://doi.org/10.1016/S0186-1042\(14\)71242-2](https://doi.org/10.1016/S0186-1042(14)71242-2)
- Babbar, C., & Amin, S. H. (2018). A multi-objective mathematical model integrating environmental concerns for supplier selection and order allocation based on fuzzy QFD in beverages industry. *Expert Systems with Applications*, 92, 27–38. <https://doi.org/10.1016/J.ESWA.2017.09.041>
- Balza-Franco, V. (2016). Formulación y diseño de un modelo de vigilancia tecnológica curricular en programas de ingeniería en Colombia. *Revista de La Educación Superior*, 45(179), 55–77. <https://doi.org/10.1016/J.RESU.2016.04.008>

- Beiler, B. C., Ignácio, P. S. de A., Pacagnella Júnior, A. C., Anholon, R., & Rampasso, I. S. (2020). Reverse logistics system analysis of a Brazilian beverage company: An exploratory study. *Journal of Cleaner Production*, 274, 122624. <https://doi.org/10.1016/J.JCLEPRO.2020.122624>
- Bhowmik, O., Chowdhury, S., Ashik, J. H., Mahmud, G. I., Khan, M. M., & Hossain, N. U. I. (2024). Application of artificial intelligence in reverse logistics: A bibliometric and network analysis. *Supply Chain Analytics*, 7, 100076. <https://doi.org/10.1016/J.SCA.2024.100076>
- Bigum, M., Brogaard, L., & Christensen, T. H. (2012). Metal recovery from high-grade WEEE: A life cycle assessment. *Journal of Hazardous Materials*, 207–208, 8–14. <https://doi.org/10.1016/J.JHAZMAT.2011.10.001>
- Brooks, L., Gaustad, G., Gesing, A., Mortvedt, T., & Freire, F. (2019). Ferrous and non-ferrous recycling: Challenges and potential technology solutions. *Waste Management*, 85, 519–528. <https://doi.org/10.1016/J.WASMAN.2018.12.043>
- Budak, A. (2020). Sustainable reverse logistics optimization with triple bottom line approach: An integration of disassembly line balancing. *Journal of Cleaner Production*, 270, 122475. <https://doi.org/10.1016/J.JCLEPRO.2020.122475>
- Calpa-Oliva, J. E. (2020). Validación de un modelo de logística inversa para la recuperación de los RAEE de la ciudad de Cali, basado en el Pensamiento Sistémico usando una simulación con Dinámica de Sistemas. *TecnoLógicas*, 23(48), 55–81. <https://doi.org/10.22430/22565337.1418>
- Campos-Aranda, D. F. (2013). Contraste de la distribución Logística Generalizada en 31 registros históricos de eventos máximos anuales. *Ingeniería, Investigación y Tecnología*, 14(1), 113–123. [https://doi.org/10.1016/S1405-7743\(13\)72230-3](https://doi.org/10.1016/S1405-7743(13)72230-3)
- Cao, J., Chen, Y., Shi, B., Lu, B., Zhang, X., Ye, X., Zhai, G., Zhu, C., & Zhou, G. (2016). WEEE recycling in Zhejiang Province, China: generation, treatment, and public awareness. *Journal of Cleaner Production*, 127, 311–324. <https://doi.org/10.1016/J.JCLEPRO.2016.03.147>

- Carlos Dias. (2005). *Logística Global e Macrologística | Edições Sílabo*.
<https://silabo.pt/catalogo/gestao-organizacional/logistica/livro/logistica-global-e-macrologistica/>
- Celaya Lozano, A., Luque Agraz, D., García Hernández, J., Amozurrutia de María y Campos, J. A., Preciado Rodríguez, J. M., Laborín Álvarez, J., & Cabanillas López, R. E. (2017). Evaluación de la producción científica de sustentabilidad ambiental en un centro público de investigación (cpi) del Conacyt (1982-2012). *Revista de La Educación Superior*, 46(182), 89–112. <https://doi.org/10.1016/J.RESU.2017.04.002>
- Cervero, M., Torres, R., Jurdado, J. J., Pastor, S., & Agud, J. L. (2016). Factores predictivos de las interacciones farmacológicas clínicamente significativas en los pacientes tratados con regímenes basados en inhibidores de proteasa, inhibidores de transcriptasa inversa no nucleósidos y raltegravir. *Medicina Clínica*, 146(8), 339–345. <https://doi.org/10.1016/J.MEDCLI.2016.01.016>
- Cespón, M. F., Castro, R. C., Curbelo, G. M., & Varela, D. C. (2015). Diagnóstico ecológico y económico de la cadena de suministros para el reciclaje de plásticos en el contexto empresarial cubano. *Estudios Gerenciales*, 31(136), 347–358. <https://doi.org/10.1016/J.ESTGER.2015.03.005>
- Charles, R. G., Douglas, P., Hallin, I. L., Matthews, I., & Liversage, G. (2017). An investigation of trends in precious metal and copper content of RAM modules in WEEE: Implications for long term recycling potential. *Waste Management*, 60, 505–520. <https://doi.org/10.1016/J.WASMAN.2016.11.018>
- Chen, Z. S., Zhang, X., Govindan, K., Wang, X. J., & Chin, K. S. (2021). Third-party reverse logistics provider selection: A computational semantic analysis-based multi-perspective multi-attribute decision-making approach. *Expert Systems with Applications*, 166, 114051. <https://doi.org/10.1016/J.ESWA.2020.114051>
- Cruz-Rivera, R., & Ertel, J. (2009). Reverse logistics network design for the collection of End-of-Life Vehicles in Mexico. *European Journal of Operational Research*, 196(3), 930–939. <https://doi.org/10.1016/J.EJOR.2008.04.041>
- Curvelo Santana, J. C., Guerhardt, F., Franzini, C. E., Lee Ho, L., Rocha Ribeiro Júnior, S. E., Cãnovas, G., Kenji Yamamura, C. L., Vanalle, R. M., & Berssaneti, F. T.

- (2021). Refurbishing and recycling of cell phones as a sustainable process of reverse logistics: A case study in Brazil. *Journal of Cleaner Production*, 283, 124585. <https://doi.org/10.1016/J.JCLEPRO.2020.124585>
- de Figueiredo, J. N., & Mayerle, S. F. (2008). Designing minimum-cost recycling collection networks with required throughput. *Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review*, 44(5), 731–752. <https://doi.org/10.1016/J.TRE.2007.04.002>
- De Sousa Filho, P. C., Galvão, A. R. B. S., & Serra, O. A. (2008). TERRAS RARAS: TABELA PERIÓDICA, DESCOBRIMENTO, EXPLORAÇÃO NO BRASIL E APLICAÇÕES. *Quim. Nova*, 42(10). <https://doi.org/10.21577/0100-4042.20170438>
- Del Cid, A., Méndez, R., & Sandoval, F. (2011). *Investigación. Fundamentos y metodología Segunda edición*.
- Derse, O. (2024). Prioritizing solutions of green Reverse logistics barriers with Fuzzy DEMATEL – FUCOM – SWARA methods. *Ecological Indicators*, 165, 112198. <https://doi.org/10.1016/J.ECOLIND.2024.112198>
- Diefenbach, H., Emde, S., & Glock, C. H. (2023). Multi-depot electric vehicle scheduling in in-plant production logistics considering non-linear charging models. *European Journal of Operational Research*, 306(2), 828–848. <https://doi.org/10.1016/J.EJOR.2022.06.050>
- Donthu, N., Kumar, S., Mukherjee, D., Pandey, N., & Lim, W. M. (2021). How to conduct a bibliometric analysis: An overview and guidelines. *Journal of Business Research*, 133, 285–296. <https://doi.org/10.1016/J.JBUSRES.2021.04.070>
- Dowlatabadi, S. (2000). Developing a Theory of Reverse Logistics. <https://doi.org/10.1287/INTE.30.3.143.11670>, 30(3), 143–155. <https://doi.org/10.1287/INTE.30.3.143.11670>
- Efendigil, T., Önüt, S., & Kongar, E. (2008). A holistic approach for selecting a third-party reverse logistics provider in the presence of vagueness. *Computers & Industrial Engineering*, 54(2), 269–287. <https://doi.org/10.1016/J.CIE.2007.07.009>

- El diario. (2022). *Ecuador espera reciclar unas 700 toneladas de residuos eléctricos hasta 2024* - *El Diario Ecuador*.
<https://www.eldiario.ec/actualidad/ecuador/ecuador-espera-reciclar-unas-700-toneladas-de-residuos-electricos-hasta-2024/>
- El Universo. (2021). *Ecuadorianos desconocen formas de desechar residuos electrónicos que pueden reciclarse* | *Economía* | *Noticias* | *El Universo*.
<https://www.eluniverso.com/noticias/economia/ecuatorianos-desconocen-formas-de-desechar-residuos-electronicos-que-pueden-reciclarse-nota/>
- EU law - EUR-Lex*. (2024). <https://eur-lex.europa.eu/homepage.html>
- European Commission. (2021). *Waste from Electrical and Electronic Equipment (WEEE)* - *European Commission*. https://environment.ec.europa.eu/topics/waste-and-recycling/waste-electrical-and-electronic-equipment-weee_en
- Fleischmann, M., Bloemhof-Ruwaard, J. M., Dekker, R., Van Der Laan, E., Van Nunen, J. A. E. E., & Van Wassenhove, L. N. (1997). Quantitative models for reverse logistics: A review. *European Journal of Operational Research*, *103*(1), 1–17.
[https://doi.org/10.1016/S0377-2217\(97\)00230-0](https://doi.org/10.1016/S0377-2217(97)00230-0)
- Frías, A. A., Sandoval, S. G., Viveros, A. L. M., Piña, M. M., & Guzmán, G. H. D. L. C. (2014). El diagnóstico como estrategia para la inducción del pensamiento relacional en la carrera de Biología. *Revista de La Educación Superior*, *43*(169), 107–124.
<https://doi.org/10.1016/J.RESU.2015.01.004>
- García-Villar, C., Plasencia-Martínez, J. M., Gutiérrez-Amores, M. T., & García-Santos, J. M. (2023). Concordancia interobservador de los niveles de evidencia en artículos radiológicos. *Radiología*, *65*(6), 573–576.
<https://doi.org/10.1016/J.RX.2023.08.006>
- GEM 2020 - E-Waste Monitor*. (2020). <https://ewastemonitor.info/gem-2020/>
- Govindan, K., Paam, P., & Abtahi, A. R. (2016). A fuzzy multi-objective optimization model for sustainable reverse logistics network design. *Ecological Indicators*, *67*, 753–768. <https://doi.org/10.1016/J.ECOLIND.2016.03.017>

- Grigorescu, R. M., Grigore, M. E., Iancu, L., Ghioca, P., & Ion, R. M. (2019). Waste Electrical and Electronic Equipment: A Review on the Identification Methods for Polymeric Materials. *Recycling* 2019, Vol. 4, Page 32, 4(3), 32. <https://doi.org/10.3390/RECYCLING4030032>
- Guerrero-Leiva, K., Brun-Gasca, C., Fornieles-Deu, A., & Ramírez-Malladrè, A. (2024). Variables asociadas a las características de comunicación y lenguaje de las personas con síndrome de Angelman en una muestra de la península Ibérica. *Revista de Logopedia, Foniatría y Audiología*, 44(3), 100497. <https://doi.org/10.1016/J.RLFA.2024.100497>
- Haq, M., Moazzam, M., Khan, A. S., & Ahmed, W. (2023). The impact of reverse logistics process coordination on third party relationship quality: A moderated mediation model for multichannel retailers in the fashion industry. *Journal of Retailing and Consumer Services*, 73, 103362. <https://doi.org/10.1016/J.JRETCONSER.2023.103362>
- He, M., Li, Q., Wu, X., & Han, X. (2024). A novel multi-level reverse logistics network design optimization model for waste batteries considering facility technology types. *Journal of Cleaner Production*, 467, 142966. <https://doi.org/10.1016/J.JCLEPRO.2024.142966>
- Herrero Fonollosa, E., Galofré Recasens, M., Zárata Pinedo, A., García Domingo, M. I., Camps Lasa, J., Pardo Aranda, F., Espin Álvarez, F., & Cugat Andorrà, E. (2023). Análisis retrospectivo de los resultados a largo plazo de la estrategia inversa en pacientes con cáncer colorrectal y enfermedad hepática metastásica sincrónica avanzada. *Cirugía Española*, 101(5), 341–349. <https://doi.org/10.1016/J.CIRESP.2022.04.007>
- Iakovou, E., Pistikopoulos, E. N., Walzberg, J., Iseri, F., Iseri, H., Chrisandina, N. J., Vedant, S., & Nkoutche, C. (2024). Next-generation reverse logistics networks of photovoltaic recycling: Perspectives and challenges. *Solar Energy*, 271, 112329. <https://doi.org/10.1016/J.SOLENER.2024.112329>
- Ines Oria. (2024). *elEconomista.es* - *MSN*. <https://www.msn.com/es-es/channel/source/elEconomista.es/sr-vid->

uatm4d8bw7hjuhtebggyuwsnjksyxjxi407xjknccwqj4mpn0as?ocid=BingNewsVerp&cvid=980556916b6e422c98456dc3e6fb39c2&ei=58

- Irimia-Diéguez, A., Blanco-Oliver, A., & Oliver-Alfonso, M. D. (2016). Modelización de la autosuficiencia de las instituciones microfinancieras mediante regresión logística basada en análisis de componentes principales. *Journal of Economics, Finance and Administrative Science*, 21(40), 30–38. <https://doi.org/10.1016/J.JEFAS.2015.12.002>
- Islam, M. T., & Huda, N. (2018). Reverse logistics and closed-loop supply chain of Waste Electrical and Electronic Equipment (WEEE)/E-waste: A comprehensive literature review. *Resources, Conservation and Recycling*, 137, 48–75. <https://doi.org/10.1016/J.RESCONREC.2018.05.026>
- Ismail, H., & Hanafiah, M. M. (2019). Discovering opportunities to meet the challenges of an effective waste electrical and electronic equipment recycling system in Malaysia. *Journal of Cleaner Production*, 238, 117927. <https://doi.org/10.1016/J.JCLEPRO.2019.117927>
- Ispayeva, Z., Bekmagambetova, R., Mustafina, M., & Dubuske, L. (2024). Internal Consistency Assessed by Cronbach-alpha Scores of the Kazakh Asthma Quality of Life Questionnaire (AQLQ). *Journal of Allergy and Clinical Immunology*, 153(2), AB178. <https://doi.org/10.1016/J.JACI.2023.11.578>
- Jeong, H., Cho, H., Jones, A., Lee, S., Lee, S., Jeong, H., Cho, H., Jones, A., Lee, S., & Lee, S. (2012). Business Process Models for Integrated Supply Chain Planning in Open Business Environment. *Journal of Service Science and Management*, 5(1), 1–13. <https://doi.org/10.4236/JSSM.2012.51001>
- José Crespo. (2020, August). *Bertrand*. <https://www.bertrand.pt/livro/logistica-e-gestao-da-cadeia-de-abastecimento-jose-crespo-de-carvalho/24387863>
- Kilic, H. S., Cebeci, U., & Ayhan, M. B. (2015). Reverse logistics system design for the waste of electrical and electronic equipment (WEEE) in Turkey. *Resources, Conservation and Recycling*, 95, 120–132. <https://doi.org/10.1016/J.RESCONREC.2014.12.010>

- Laurmaa, V., Kers, J., Tall, K., Mikli, V., Goljandin, D., Vilsaar, K., Peetsalu, P., Saarna, M., Tarbe, R., & Zhang, L. (2011). Mechanical Recycling of Electronic Wastes for Materials Recovery. *TMS Annual Meeting*, 3–10. <https://doi.org/10.1002/9781118086391.CH1>
- Li, H., & Alumur, S. A. (2024). Multi-period reverse logistics network design for water resource management in hydraulic fracturing. *Applied Mathematical Modelling*, 129, 612–632. <https://doi.org/10.1016/J.APM.2024.02.010>
- López Fernández, R., Avello Martínez, R., Palmero Urquiza, D. E., Sánchez Gálvez, S., Quintana Álvarez, M., López Fernández, R., Avello Martínez, R., Palmero Urquiza, D. E., Sánchez Gálvez, S., & Quintana Álvarez, M. (2019). Validación de instrumentos como garantía de la credibilidad en las investigaciones científicas. *Revista Cubana de Medicina Militar*, 48. http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0138-65572019000500011&lng=es&nrm=iso&tlng=es
- Lozada, J. (2014). Investigación Aplicada: Definición, Propiedad Intelectual e Industria. *Cienciaamérica*, 1(3), 34–39.
- Malkewitz, C. P., Schwall, P., Meesters, C., & Hardt, J. (2023). Estimating reliability: A comparison of Cronbach's α , McDonald's ω and the greatest lower bound. *Social Sciences & Humanities Open*, 7(1), 100368. <https://doi.org/10.1016/J.SSAHO.2022.100368>
- Martínez Pérez, J. A., & Pérez Martín, P. S. (2024). Regresión logística. *Medicina de Familia. SEMERGEN*, 50(1), 102086. <https://doi.org/10.1016/J.SEMERG.2023.102086>
- Martinez-Ballesteros, G., Valenzuela-García, J. L., Gómez-Alvarez, A., Encinas-Romero, M. A., Mejía-Zamudio, F. A., Rosas-Durazo, A. de J., & Valenzuela-Frisby, R. (2021). Recovery of Ag, Au, and Pt from Printed Circuit Boards by Pressure Leaching. *Recycling 2021*, Vol. 6, Page 67, 6(4), 67. <https://doi.org/10.3390/RECYCLING6040067>

- Ministerio del Ambiente, Agua y Transición Ecológica.* (2022). <https://www.ambiente.gob.ec/ecuador-reciclara-700-toneladas-de-residuos-electronicos-y-electricos/>
- Municipalidad de Guayaquil. (2024). *Campaña de reciclaje de desechos electrónicos habilita 7 puntos en la ciudad – Alcaldía de Guayaquil.* <https://www.guayaquil.gob.ec/campana-reciclaje-desechos-electronicos-habilita-puntos-ciudad/>
- National Geographic.* (2022). <https://www.nationalgeographicla.com/medio-ambiente/2022/05/por-que-el-reciclaje-de-aparatos-electronicos-es-tan-importante-para-el-planeta>
- Olivos, P. C., Carrasco, F. O., Flores, J. L. M., Moreno, Y. M., & Nava, G. L. (2015). Modelo de gestión logística para pequeñas y medianas empresas en México. *Contaduría y Administración*, 60(1), 181–203. [https://doi.org/10.1016/S0186-1042\(15\)72151-0](https://doi.org/10.1016/S0186-1042(15)72151-0)
- Organización Mundial de la Salud.* (n.d.). Retrieved June 20, 2024, from <https://www.who.int/es>
- Pereira, L. M., Sanchez Rodrigues, V., & Freires, F. G. M. (2024). Use of Partial Least Squares Structural Equation Modeling (PLS-SEM) to Improve Plastic Waste Management. *Applied Sciences (Switzerland)*, 14(2), 628. <https://doi.org/10.3390/app14020628>
- Perelló Martínez, J., Michán Doña, A., Santamaría Olmo, R., Hidalgo Santiago, J. C., Gálvez Moral, J., & Gómez-Fernández, P. (2024). Estudio de la asociación de marcadores de rigidez arterial central y periférica con la función renal en pacientes con hipertensión arterial, diabetes mellitus y enfermedad renal crónica. *Nefrología*. <https://doi.org/10.1016/J.NEFRO.2024.05.005>
- Pérez, Y. P., Santiago, M. R., & Amaya-Mier, R. (2024). Design of a reverse logistics network for medical waste considering location and routing decisions. *Journal of Cleaner Production*, 474, 143592. <https://doi.org/10.1016/J.JCLEPRO.2024.143592>

- Plakas, G., Ponis, S. T., Agalianos, K., & Aretoulaki, E. (2020). Reverse Logistics of End-of-Life Plastics Using Industrial IoT and LPWAN Technologies – A Proposed Solution for the Bottled Water Industry. *Procedia Manufacturing*, 51, 1680–1687. <https://doi.org/10.1016/J.PROMFG.2020.10.234>
- Primicias. (2024). *El 96% de los residuos electrónicos se desecha en Ecuador, ¿cómo reciclarlos?* <https://www.primicias.ec/noticias/economia/basura-reciclaje-celulares-baterias-cables/>
- Raja Santhi, A., & Muthuswamy, P. (2022). Pandemic, War, Natural Calamities, and Sustainability: Industry 4.0 Technologies to Overcome Traditional and Contemporary Supply Chain Challenges. *Logistics 2022*, Vol. 6, Page 81, 6(4), 81. <https://doi.org/10.3390/LOGISTICS6040081>
- Recicla Electronic*. (2024). <https://www.reciclaelectronic.com/2024/08/08/reciclaje-electronico-en-guayaquil/>
- Samaniego-González, E., Podlipnik, S., Ribero, S., Nagore, E., Boada, A., Cañueto, J., Paradela, S., de Unamuno, B., Rodríguez-Jiménez, P., Puig, S., Malveyh, J., Carrera, C., Rocuzzo, G., Requena, C., Manrique-Silva, E., Richarz, N., Ruiz-Villanueva, A., Traves, V., España-Fernández, S., ... Tejera-Vaquerizo, A. (2024). Análisis multicéntrico del manejo quirúrgico y tratamiento adyuvante de los pacientes con melanoma y positividad en la biopsia selectiva del ganglio centinela. *Actas Dermo-Sifiliográficas*. <https://doi.org/10.1016/J.AD.2024.07.017>
- Schinckus, C., Akbari, M., Clarke, S., Schinckus, C., Akbari, M., & Clarke, S. (2019). Corporate Social Responsibility in Sustainable Supply Chain Management: An Econo-Bibliometric Perspective. *Theoretical Economics Letters*, 9(1), 247–270. <https://doi.org/10.4236/TEL.2019.91020>
- Senthil, S., Muruganathan, K., & Ramesh, A. (2018). Analysis and prioritisation of risks in a reverse logistics network using hybrid multi-criteria decision making methods. *Journal of Cleaner Production*, 179, 716–730. <https://doi.org/10.1016/J.JCLEPRO.2017.12.095>
- Sumrit, D., & Keeratibhubordee, J. (2025a). Risk Assessment Framework for Reverse Logistics in Waste Plastic Recycle Industry: A Hybrid Approach Incorporating

- FMEA Decision Model with AHP-LOPCOW- ARAS Under Trapezoidal Fuzzy Set. *Decision Making: Applications in Management and Engineering*, 8(1), 42–81. <https://doi.org/10.31181/dmame812025984>
- Sumrit, D., & Keeratibhubordee, J. (2025b). Risk Assessment Framework for Reverse Logistics in Waste Plastic Recycle Industry: A Hybrid Approach Incorporating FMEA Decision Model with AHP-LOPCOW- ARAS Under Trapezoidal Fuzzy Set. *Decision Making: Applications in Management and Engineering*, 8(1), 42–81. <https://doi.org/10.31181/dmame812025984>
- Sun, X., Yu, H., & Solvang, W. D. (2022). Towards the smart and sustainable transformation of Reverse Logistics 4.0: a conceptualization and research agenda. *Environmental Science and Pollution Research*, 29(46), 69275–69293. <https://doi.org/10.1007/S11356-022-22473-3>
- Thürer, M., Pan, Y. H., Qu, T., Luo, H., Li, C. D., & Huang, G. Q. (2019). Internet of Things (IoT) driven kanban system for reverse logistics: solid waste collection. *Journal of Intelligent Manufacturing*, 30(7), 2621–2630. <https://doi.org/10.1007/S10845-016-1278-Y/METRICS>
- Useche, S. A., Montoro, L. V., Ruiz, J. I., Vanegas, C., Sanmartin, J., & Alfaro, E. (2019). Workplace burnout and health issues among Colombian correctional officers. *PLoS ONE*, 14(2). <https://doi.org/10.1371/JOURNAL.PONE.0211447>
- Velasco-Muñoz, J. F., Aznar-Sánchez, J. A., Manzano-Archilla, M. J., & López-Felices, B. (2021). Waste electrical and electronic equipment and environment: context, implications, and trends. *Environmental Management of Waste Electrical and Electronic Equipment*, 23–48. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-822474-8.00002-7>
- Wu, Z., & Zhao, Z. (2022). Sustainable Development of Green Reverse Logistics Based on Blockchain. *Journal of Environmental and Public Health*, 2022. <https://doi.org/10.1155/2022/3797765>
- Yu, H., & Sun, X. (2024). Uncertain remanufacturing reverse logistics network design in industry 5.0: Opportunities and challenges of digitalization. *Engineering*

Applications of Artificial Intelligence, 133, 108578.
<https://doi.org/10.1016/J.ENGAPPAL.2024.108578>

Zhou, J., Yang, S., Feng, H., & An, Z. (2023). Multi-echelon sustainable reverse logistics network design with incentive mechanism for eco-packages. *Journal of Cleaner Production*, 430, 139500. <https://doi.org/10.1016/J.JCLEPRO.2023.139500>

ANEXOS

Anexos I. Cuestionario para recolección de datos.



UNIVERSIDAD ESTATAL PENÍNSULA DE SANTA ELENA
FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA
CARRERA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL



CUESTIONARIO DE “MODELO DE LOGÍSTICA INVERSA PARA LA SUSTENTABILIDAD AMBIENTAL DE LA EMPRESA DINAMO CONSULTING S.A., UBICADA EN LA CIUDAD DE GUAYAQUIL - ECUADOR”

OBJETIVO: Diseñar un modelo de logística inversa para la sustentabilidad ambiental de la Empresa Dinamo Consulting S.A., ubicada en la ciudad de Guayaquil-Ecuador.

INDICACIONES: Para fines académicos, agradezco a usted, como personal de la empresa, por dedicar unos minutos de su tiempo para responder a este cuestionario. Su participación es crucial para este estudio. Por favor, seleccione la respuesta que mejor refleje su experiencia y opinión. Este cuestionario está diseñado para ser completado en un corto periodo de tiempo. Aprecio sinceramente su colaboración en esta investigación académica.

EMPRESA DINAMO CONSULTING

Tipo de Cargo:

1. Pregunta: ¿Maneja la logística inversa la empresa?

SI

NO

2. Pregunta: ¿Considera importante que la empresa tenga un programa de reciclaje para los RAEE?

SI

NO

3. Pregunta: ¿Cree que un programa de logística inversa podría diferenciar a la empresa de sus competidores?

SI

NO

4. Pregunta: ¿Considera usted que es responsabilidad de la empresa conocer el destino de los equipos electrónicos al final de su vida útil?

SI

NO

5. Pregunta: ¿La empresa ha tomado medidas ambientales para la reducción de los residuos?

SI

NO



6. Pregunta: ¿La empresa ha tomado acciones ambientales en la elección de proveedores por criterios del medio ambiente?

SI

NO

7. Pregunta: ¿Los proveedores cuentan con certificación medio ambiental?

SI

NO

8. Pregunta: ¿Considera usted conveniente adoptar mecanismos que disminuyan la contaminación ambiental?

SI

NO

9. Pregunta: ¿Es importante para usted que la empresa se comprometa con prácticas sostenibles?

SI

NO

10. Pregunta: ¿Está de acuerdo en que la logística inversa puede contribuir a una mejor gestión de los recursos?

SI

NO

11. Pregunta: ¿Cree que la logística inversa podría aumentar la satisfacción del cliente?

SI

NO

Anexos 2. Formato para la validación de instrumento para expertos.

 <div style="display: inline-block; text-align: center;"> UNIVERSIDAD ESTATAL PENÍNSULA DE SANTA ELENA FACULTAD CIENCIAS DE INGENIERÍA CARRERA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL </div> 																																																																																											
ASUNTO: VALIDACIÓN DE CUESTIONARIO POR EXPERTOS Opinión: Yo _____, con CI: _____, requerido por el estudiante de Ingeniería Industrial, IVETTE ESTAFANIA RODRÍGUEZ CORTEZ con CI: 2450561242, para evaluar mediante el método Alfa de Cronbach.																																																																																											
_____ FIRMA																																																																																											
TEMA: "MODELO DE LOGÍSTICA INVERSA PARA LA SUSTENTABILIDAD AMBIENTAL DE LA EMPRESA DINAMO CONSULTING S.A., UBICADA EN LA CIUDAD DE GUAYAQUIL - ECUADOR"																																																																																											
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="width: 5%;">No</th> <th style="width: 60%;">PREGUNTAS</th> <th style="width: 35%;">RESPUESTA DECLARADA POR VALORES</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td style="text-align: center;">1</td> <td>¿Maneja la logística inversa la empresa Dinamo Consulting S.A?</td> <td style="text-align: center;"> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 20%;">1</td> <td style="width: 20%;">2</td> <td style="width: 20%;">3</td> <td style="width: 20%;">4</td> <td style="width: 20%;">5</td> </tr> </table> </td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">2</td> <td>¿Considera importante que la empresa tenga un programa de reciclaje para los RAEE?</td> <td style="text-align: center;"> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 20%;">1</td> <td style="width: 20%;">2</td> <td style="width: 20%;">3</td> <td style="width: 20%;">4</td> <td style="width: 20%;">5</td> </tr> </table> </td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">3</td> <td>¿Cree que un programa de logística inversa podría diferenciar a la empresa de sus competidores?</td> <td style="text-align: center;"> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 20%;">1</td> <td style="width: 20%;">2</td> <td style="width: 20%;">3</td> <td style="width: 20%;">4</td> <td style="width: 20%;">5</td> </tr> </table> </td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">4</td> <td>¿Considera usted que es responsabilidad de la empresa conocer el destino de los equipos electrónicos al final de su vida útil?</td> <td style="text-align: center;"> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 20%;">1</td> <td style="width: 20%;">2</td> <td style="width: 20%;">3</td> <td style="width: 20%;">4</td> <td style="width: 20%;">5</td> </tr> </table> </td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">5</td> <td>¿La empresa ha tomado medidas ambientales para la reducción de los residuos?</td> <td style="text-align: center;"> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 20%;">1</td> <td style="width: 20%;">2</td> <td style="width: 20%;">3</td> <td style="width: 20%;">4</td> <td style="width: 20%;">5</td> </tr> </table> </td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">6</td> <td>¿La empresa ha tomado acciones ambientales en la elección de proveedores por criterios del medio ambiente?</td> <td style="text-align: center;"> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 20%;">1</td> <td style="width: 20%;">2</td> <td style="width: 20%;">3</td> <td style="width: 20%;">4</td> <td style="width: 20%;">5</td> </tr> </table> </td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">7</td> <td>¿Los proveedores cuentan con certificación medio ambiente?</td> <td style="text-align: center;"> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 20%;">1</td> <td style="width: 20%;">2</td> <td style="width: 20%;">3</td> <td style="width: 20%;">4</td> <td style="width: 20%;">5</td> </tr> </table> </td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">8</td> <td>¿Considera usted conveniente adoptar mecanismos que disminuyan la contaminación ambiental?</td> <td style="text-align: center;"> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 20%;">1</td> <td style="width: 20%;">2</td> <td style="width: 20%;">3</td> <td style="width: 20%;">4</td> <td style="width: 20%;">5</td> </tr> </table> </td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">9</td> <td>¿Es importante para usted que la empresa se comprometa con prácticas sostenibles?</td> <td style="text-align: center;"> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 20%;">1</td> <td style="width: 20%;">2</td> <td style="width: 20%;">3</td> <td style="width: 20%;">4</td> <td style="width: 20%;">5</td> </tr> </table> </td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">10</td> <td>¿Está de acuerdo en que la logística inversa puede contribuir a una mejor gestión de los recursos?</td> <td style="text-align: center;"> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 20%;">1</td> <td style="width: 20%;">2</td> <td style="width: 20%;">3</td> <td style="width: 20%;">4</td> <td style="width: 20%;">5</td> </tr> </table> </td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">11</td> <td>¿Cree que la logística inversa podría aumentar la satisfacción del cliente?</td> <td style="text-align: center;"> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 20%;">1</td> <td style="width: 20%;">2</td> <td style="width: 20%;">3</td> <td style="width: 20%;">4</td> <td style="width: 20%;">5</td> </tr> </table> </td> </tr> </tbody> </table>	No	PREGUNTAS	RESPUESTA DECLARADA POR VALORES	1	¿Maneja la logística inversa la empresa Dinamo Consulting S.A?	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 20%;">1</td> <td style="width: 20%;">2</td> <td style="width: 20%;">3</td> <td style="width: 20%;">4</td> <td style="width: 20%;">5</td> </tr> </table>	1	2	3	4	5	2	¿Considera importante que la empresa tenga un programa de reciclaje para los RAEE?	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 20%;">1</td> <td style="width: 20%;">2</td> <td style="width: 20%;">3</td> <td style="width: 20%;">4</td> <td style="width: 20%;">5</td> </tr> </table>	1	2	3	4	5	3	¿Cree que un programa de logística inversa podría diferenciar a la empresa de sus competidores?	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 20%;">1</td> <td style="width: 20%;">2</td> <td style="width: 20%;">3</td> <td style="width: 20%;">4</td> <td style="width: 20%;">5</td> </tr> </table>	1	2	3	4	5	4	¿Considera usted que es responsabilidad de la empresa conocer el destino de los equipos electrónicos al final de su vida útil?	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 20%;">1</td> <td style="width: 20%;">2</td> <td style="width: 20%;">3</td> <td style="width: 20%;">4</td> <td style="width: 20%;">5</td> </tr> </table>	1	2	3	4	5	5	¿La empresa ha tomado medidas ambientales para la reducción de los residuos?	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 20%;">1</td> <td style="width: 20%;">2</td> <td style="width: 20%;">3</td> <td style="width: 20%;">4</td> <td style="width: 20%;">5</td> </tr> </table>	1	2	3	4	5	6	¿La empresa ha tomado acciones ambientales en la elección de proveedores por criterios del medio ambiente?	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 20%;">1</td> <td style="width: 20%;">2</td> <td style="width: 20%;">3</td> <td style="width: 20%;">4</td> <td style="width: 20%;">5</td> </tr> </table>	1	2	3	4	5	7	¿Los proveedores cuentan con certificación medio ambiente?	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 20%;">1</td> <td style="width: 20%;">2</td> <td style="width: 20%;">3</td> <td style="width: 20%;">4</td> <td style="width: 20%;">5</td> </tr> </table>	1	2	3	4	5	8	¿Considera usted conveniente adoptar mecanismos que disminuyan la contaminación ambiental?	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 20%;">1</td> <td style="width: 20%;">2</td> <td style="width: 20%;">3</td> <td style="width: 20%;">4</td> <td style="width: 20%;">5</td> </tr> </table>	1	2	3	4	5	9	¿Es importante para usted que la empresa se comprometa con prácticas sostenibles?	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 20%;">1</td> <td style="width: 20%;">2</td> <td style="width: 20%;">3</td> <td style="width: 20%;">4</td> <td style="width: 20%;">5</td> </tr> </table>	1	2	3	4	5	10	¿Está de acuerdo en que la logística inversa puede contribuir a una mejor gestión de los recursos?	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 20%;">1</td> <td style="width: 20%;">2</td> <td style="width: 20%;">3</td> <td style="width: 20%;">4</td> <td style="width: 20%;">5</td> </tr> </table>	1	2	3	4	5	11	¿Cree que la logística inversa podría aumentar la satisfacción del cliente?	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 20%;">1</td> <td style="width: 20%;">2</td> <td style="width: 20%;">3</td> <td style="width: 20%;">4</td> <td style="width: 20%;">5</td> </tr> </table>	1	2	3	4	5
No	PREGUNTAS	RESPUESTA DECLARADA POR VALORES																																																																																									
1	¿Maneja la logística inversa la empresa Dinamo Consulting S.A?	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 20%;">1</td> <td style="width: 20%;">2</td> <td style="width: 20%;">3</td> <td style="width: 20%;">4</td> <td style="width: 20%;">5</td> </tr> </table>	1	2	3	4	5																																																																																				
1	2	3	4	5																																																																																							
2	¿Considera importante que la empresa tenga un programa de reciclaje para los RAEE?	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 20%;">1</td> <td style="width: 20%;">2</td> <td style="width: 20%;">3</td> <td style="width: 20%;">4</td> <td style="width: 20%;">5</td> </tr> </table>	1	2	3	4	5																																																																																				
1	2	3	4	5																																																																																							
3	¿Cree que un programa de logística inversa podría diferenciar a la empresa de sus competidores?	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 20%;">1</td> <td style="width: 20%;">2</td> <td style="width: 20%;">3</td> <td style="width: 20%;">4</td> <td style="width: 20%;">5</td> </tr> </table>	1	2	3	4	5																																																																																				
1	2	3	4	5																																																																																							
4	¿Considera usted que es responsabilidad de la empresa conocer el destino de los equipos electrónicos al final de su vida útil?	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 20%;">1</td> <td style="width: 20%;">2</td> <td style="width: 20%;">3</td> <td style="width: 20%;">4</td> <td style="width: 20%;">5</td> </tr> </table>	1	2	3	4	5																																																																																				
1	2	3	4	5																																																																																							
5	¿La empresa ha tomado medidas ambientales para la reducción de los residuos?	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 20%;">1</td> <td style="width: 20%;">2</td> <td style="width: 20%;">3</td> <td style="width: 20%;">4</td> <td style="width: 20%;">5</td> </tr> </table>	1	2	3	4	5																																																																																				
1	2	3	4	5																																																																																							
6	¿La empresa ha tomado acciones ambientales en la elección de proveedores por criterios del medio ambiente?	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 20%;">1</td> <td style="width: 20%;">2</td> <td style="width: 20%;">3</td> <td style="width: 20%;">4</td> <td style="width: 20%;">5</td> </tr> </table>	1	2	3	4	5																																																																																				
1	2	3	4	5																																																																																							
7	¿Los proveedores cuentan con certificación medio ambiente?	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 20%;">1</td> <td style="width: 20%;">2</td> <td style="width: 20%;">3</td> <td style="width: 20%;">4</td> <td style="width: 20%;">5</td> </tr> </table>	1	2	3	4	5																																																																																				
1	2	3	4	5																																																																																							
8	¿Considera usted conveniente adoptar mecanismos que disminuyan la contaminación ambiental?	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 20%;">1</td> <td style="width: 20%;">2</td> <td style="width: 20%;">3</td> <td style="width: 20%;">4</td> <td style="width: 20%;">5</td> </tr> </table>	1	2	3	4	5																																																																																				
1	2	3	4	5																																																																																							
9	¿Es importante para usted que la empresa se comprometa con prácticas sostenibles?	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 20%;">1</td> <td style="width: 20%;">2</td> <td style="width: 20%;">3</td> <td style="width: 20%;">4</td> <td style="width: 20%;">5</td> </tr> </table>	1	2	3	4	5																																																																																				
1	2	3	4	5																																																																																							
10	¿Está de acuerdo en que la logística inversa puede contribuir a una mejor gestión de los recursos?	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 20%;">1</td> <td style="width: 20%;">2</td> <td style="width: 20%;">3</td> <td style="width: 20%;">4</td> <td style="width: 20%;">5</td> </tr> </table>	1	2	3	4	5																																																																																				
1	2	3	4	5																																																																																							
11	¿Cree que la logística inversa podría aumentar la satisfacción del cliente?	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 20%;">1</td> <td style="width: 20%;">2</td> <td style="width: 20%;">3</td> <td style="width: 20%;">4</td> <td style="width: 20%;">5</td> </tr> </table>	1	2	3	4	5																																																																																				
1	2	3	4	5																																																																																							
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th colspan="2" style="text-align: center;">ESCALA DE VALORES LIKERT</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td style="width: 5%; text-align: center;">5</td> <td>Muy de acuerdo</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">4</td> <td>De acuerdo</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">3</td> <td>En desacuerdo más que en acuerdo</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">2</td> <td>En desacuerdo</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">1</td> <td>Muy en desacuerdo</td> </tr> </tbody> </table>	ESCALA DE VALORES LIKERT		5	Muy de acuerdo	4	De acuerdo	3	En desacuerdo más que en acuerdo	2	En desacuerdo	1	Muy en desacuerdo	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="text-align: center;">DATOS DEL EXPERTO:</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>NOMBRE:</td> </tr> <tr> <td>PROFESION:</td> </tr> <tr> <td>AÑOS DE EXPERIENCIA:</td> </tr> <tr> <td>TELÉFONO:</td> </tr> <tr> <td>CORREO:</td> </tr> <tr> <td>FECHA DE VALIDACION:</td> </tr> </tbody> </table>	DATOS DEL EXPERTO:	NOMBRE:	PROFESION:	AÑOS DE EXPERIENCIA:	TELÉFONO:	CORREO:	FECHA DE VALIDACION:																																																																							
ESCALA DE VALORES LIKERT																																																																																											
5	Muy de acuerdo																																																																																										
4	De acuerdo																																																																																										
3	En desacuerdo más que en acuerdo																																																																																										
2	En desacuerdo																																																																																										
1	Muy en desacuerdo																																																																																										
DATOS DEL EXPERTO:																																																																																											
NOMBRE:																																																																																											
PROFESION:																																																																																											
AÑOS DE EXPERIENCIA:																																																																																											
TELÉFONO:																																																																																											
CORREO:																																																																																											
FECHA DE VALIDACION:																																																																																											

Anexos 3. Tabulación de los datos en el software IBM SPSS Statistics 25.

IBM SPSS Statistics Editor de datos (Modo de prueba)

Nombre	Tipo	Anchura	Decimales	Etiqueta	Valores	Perdidos	Columnas	Alineación	Medida	Rol
1 id	Númérico	8	0	identificación	Ninguna	Ninguna	12	Derecha	Escala	Entrada
2 P1	Númérico	8	0	¿Maneja la logística inversa la empresa Dinamo Consulting S.A?	{1, 0}	Ninguna	12	Derecha	Nominal	Entrada
3 P2	Númérico	8	0	¿Considera importante que la empresa tenga un programa de reciclaje para los RAEE?	{1, 0}	Ninguna	12	Derecha	Nominal	Entrada
4 P3	Númérico	8	0	¿Cree que un programa de logística inversa podría diferenciar a la empresa de sus competidores?	{1, 0}	Ninguna	12	Derecha	Nominal	Entrada
5 P4	Númérico	8	0	¿Considera usted que es responsabilidad de la empresa conocer el destino de los equipos electrónicos al final de su vida útil?	{1, 0}	Ninguna	12	Derecha	Nominal	Entrada
6 P5	Númérico	8	0	¿La empresa ha tomado medidas ambientales para la reducción de los residuos?	{1, 0}	Ninguna	12	Derecha	Nominal	Entrada
7 P6	Númérico	8	0	¿La empresa ha tomado acciones ambientales en la elección de proveedores por criterios del medio ambiente?	{1, 0}	Ninguna	12	Derecha	Nominal	Entrada
8 P7	Númérico	8	0	¿Los proveedores cuentan con certificación ambiental?	{1, 0}	Ninguna	12	Derecha	Nominal	Entrada
9 P8	Númérico	8	0	¿Considera usted conveniente adoptar mecanismos que disminuyan la contaminación ambiental?	{1, 0}	Ninguna	12	Derecha	Nominal	Entrada
10 P9	Númérico	8	0	¿Es importante para usted que la empresa se comprometa con practicas sostenibles?	{1, 0}	Ninguna	12	Derecha	Nominal	Entrada
11 P10	Númérico	8	0	¿Esta de acuerdo en que la logística inversa puede contribuir a una mejor gestion de los recursos?	{1, 0}	Ninguna	12	Derecha	Nominal	Entrada
12 P11	Númérico	8	0	¿Cree que la logística inversa podría aumentar la satisfacción del cliente?	{1, 0}	Ninguna	12	Derecha	Nominal	Entrada

30 días restantes en Prueba de versión completa Actualizar aquí

IBM SPSS Statistics Editor de datos (Modo de prueba)

Visible: 12 de 12 variables

id	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P9	P10	P11	var	var	var	var	var
1	1	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
2	2	2	1	1	1	1	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1
3	3	2	1	1	1	1	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1
4	4	2	1	1	2	2	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1
5	5	2	1	1	2	2	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1
6	6	2	1	2	2	1	1	1	1	1	1	1	1	2	1	1
7	7	2	1	1	1	1	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1
8	8	2	1	1	1	1	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1
9	9	2	1	2	1	1	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1
10	10	2	1	2	1	2	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1
11	11	2	1	1	1	1	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1
12	12	2	1	1	1	1	2	2	1	1	1	1	2	1	1	1
13	13	2	1	1	2	1	2	2	1	1	1	1	1	1	1	1
14	14	2	1	1	2	1	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1
15	15	2	1	1	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
16	16	2	1	1	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
17	17	2	1	1	2	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
18	18	2	1	1	1	2	2	2	1	1	1	1	1	1	1	1
19	19	2	1	2	2	2	2	1	1	1	2	1	1	1	1	1
20	20	2	1	1	2	1	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1

30 días restantes en Prueba de versión completa Actualizar aquí

Anexos 4. Tabla de valores F de la distribución de Fisher.

1 - $\alpha = 0.95$ v_1 = grados de libertad del numerador
1 - $\alpha = P (F \leq f_{\alpha, v_1, v_2})$ v_2 = grados de libertad del denominador

$v_2 \backslash v_1$	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
1	161.446	199.499	215.707	224.583	230.160	233.988	236.767	238.884	240.543	241.882	242.981	243.905	244.690	245.363	245.949	246.466	246.917	247.324	247.688	248.016
2	18.513	19.000	19.164	19.247	19.296	19.329	19.353	19.371	19.385	19.396	19.405	19.412	19.419	19.424	19.429	19.433	19.437	19.440	19.443	19.446
3	10.128	9.552	9.277	9.117	9.013	8.941	8.887	8.845	8.812	8.785	8.763	8.745	8.729	8.715	8.703	8.692	8.683	8.675	8.667	8.660
4	7.709	6.944	6.591	6.388	6.256	6.163	6.094	6.041	5.999	5.964	5.936	5.912	5.891	5.873	5.858	5.844	5.832	5.821	5.811	5.803
5	6.608	5.786	5.409	5.192	5.050	4.950	4.876	4.818	4.772	4.735	4.704	4.678	4.655	4.636	4.619	4.604	4.590	4.579	4.568	4.558
6	5.987	5.143	4.757	4.534	4.387	4.284	4.207	4.147	4.099	4.060	4.027	4.000	3.976	3.956	3.938	3.922	3.908	3.896	3.884	3.874
7	5.591	4.737	4.347	4.120	3.972	3.866	3.787	3.726	3.677	3.637	3.603	3.575	3.550	3.529	3.511	3.494	3.480	3.467	3.455	3.445
8	5.318	4.459	4.066	3.838	3.688	3.581	3.500	3.438	3.388	3.347	3.313	3.284	3.259	3.237	3.218	3.202	3.187	3.173	3.161	3.150
9	5.117	4.256	3.863	3.633	3.482	3.374	3.293	3.230	3.179	3.137	3.102	3.073	3.048	3.025	3.006	2.989	2.974	2.960	2.948	2.936
10	4.965	4.103	3.708	3.478	3.326	3.217	3.135	3.072	3.020	2.978	2.943	2.913	2.887	2.865	2.845	2.828	2.812	2.798	2.785	2.774
11	4.844	3.982	3.587	3.357	3.204	3.095	3.012	2.948	2.896	2.854	2.818	2.788	2.761	2.739	2.719	2.701	2.685	2.671	2.658	2.646
12	4.747	3.885	3.490	3.259	3.106	2.996	2.913	2.849	2.796	2.753	2.717	2.687	2.660	2.637	2.617	2.599	2.583	2.568	2.555	2.544
13	4.667	3.806	3.411	3.179	3.025	2.915	2.832	2.767	2.714	2.671	2.635	2.604	2.577	2.554	2.533	2.515	2.499	2.484	2.471	2.459
14	4.600	3.739	3.344	3.112	2.958	2.848	2.764	2.699	2.646	2.602	2.565	2.534	2.507	2.484	2.463	2.445	2.428	2.413	2.400	2.388
15	4.543	3.682	3.287	3.056	2.901	2.790	2.707	2.641	2.588	2.544	2.507	2.475	2.448	2.424	2.403	2.385	2.368	2.353	2.340	2.328
16	4.494	3.634	3.239	3.007	2.852	2.741	2.657	2.591	2.538	2.494	2.456	2.425	2.397	2.373	2.352	2.333	2.317	2.302	2.288	2.276
17	4.451	3.592	3.197	2.965	2.810	2.699	2.614	2.548	2.494	2.450	2.413	2.381	2.353	2.329	2.308	2.289	2.272	2.257	2.243	2.230
18	4.414	3.555	3.160	2.928	2.773	2.661	2.577	2.510	2.456	2.412	2.374	2.342	2.314	2.290	2.269	2.250	2.233	2.217	2.203	2.191
19	4.381	3.522	3.127	2.895	2.740	2.628	2.544	2.477	2.423	2.378	2.340	2.308	2.280	2.256	2.234	2.215	2.198	2.182	2.168	2.155
20	4.351	3.493	3.098	2.866	2.711	2.599	2.514	2.447	2.393	2.348	2.310	2.278	2.250	2.225	2.203	2.184	2.167	2.151	2.137	2.124
21	4.325	3.467	3.072	2.840	2.685	2.573	2.488	2.420	2.366	2.321	2.283	2.250	2.222	2.197	2.176	2.156	2.139	2.123	2.109	2.096
22	4.301	3.443	3.048	2.817	2.661	2.549	2.464	2.397	2.342	2.297	2.259	2.226	2.198	2.173	2.151	2.131	2.114	2.098	2.084	2.071
23	4.279	3.422	3.028	2.796	2.640	2.528	2.442	2.375	2.320	2.275	2.236	2.204	2.175	2.150	2.128	2.109	2.091	2.075	2.061	2.048
24	4.260	3.403	3.009	2.776	2.620	2.508	2.423	2.355	2.300	2.255	2.216	2.183	2.155	2.130	2.108	2.088	2.070	2.054	2.040	2.027
25	4.242	3.385	2.991	2.759	2.603	2.490	2.405	2.337	2.282	2.236	2.197	2.165	2.136	2.111	2.089	2.069	2.051	2.035	2.021	2.007
26	4.225	3.369	2.975	2.743	2.587	2.474	2.388	2.321	2.265	2.220	2.181	2.148	2.119	2.094	2.072	2.052	2.034	2.018	2.003	1.990
27	4.210	3.354	2.960	2.728	2.572	2.459	2.373	2.305	2.250	2.204	2.166	2.132	2.103	2.078	2.056	2.036	2.018	2.002	1.987	1.974
28	4.196	3.340	2.947	2.714	2.558	2.445	2.359	2.291	2.236	2.190	2.151	2.118	2.089	2.064	2.041	2.021	2.003	1.987	1.972	1.959
29	4.183	3.328	2.934	2.701	2.545	2.432	2.346	2.278	2.223	2.177	2.138	2.104	2.075	2.050	2.027	2.007	1.989	1.973	1.958	1.945
30	4.171	3.316	2.922	2.690	2.534	2.421	2.334	2.266	2.211	2.165	2.126	2.092	2.063	2.037	2.015	1.995	1.976	1.960	1.945	1.932
40	4.085	3.232	2.839	2.606	2.449	2.336	2.249	2.180	2.124	2.077	2.038	2.003	1.974	1.948	1.924	1.904	1.885	1.868	1.853	1.839
50	4.034	3.183	2.790	2.557	2.400	2.286	2.199	2.130	2.073	2.026	1.986	1.952	1.921	1.895	1.871	1.850	1.831	1.814	1.798	1.784
60	4.001	3.150	2.758	2.525	2.368	2.254	2.167	2.097	2.040	1.993	1.952	1.917	1.887	1.860	1.836	1.815	1.796	1.778	1.763	1.748
70	3.978	3.128	2.736	2.503	2.346	2.231	2.143	2.074	2.017	1.969	1.928	1.893	1.863	1.836	1.812	1.790	1.771	1.753	1.737	1.722
80	3.960	3.111	2.719	2.486	2.329	2.214	2.126	2.056	1.999	1.951	1.910	1.875	1.845	1.817	1.793	1.772	1.752	1.734	1.718	1.703
90	3.947	3.098	2.706	2.473	2.316	2.201	2.113	2.043	1.986	1.938	1.897	1.861	1.830	1.803	1.779	1.757	1.737	1.720	1.703	1.688
100	3.936	3.087	2.696	2.463	2.305	2.191	2.103	2.032	1.975	1.927	1.886	1.850	1.819	1.792	1.768	1.746	1.726	1.708	1.691	1.676
200	3.888	3.041	2.650	2.417	2.259	2.144	2.056	1.985	1.927	1.878	1.837	1.801	1.769	1.742	1.717	1.694	1.674	1.656	1.639	1.623
500	3.860	3.014	2.623	2.390	2.232	2.117	2.028	1.957	1.899	1.850	1.808	1.772	1.740	1.712	1.686	1.664	1.643	1.625	1.607	1.592
1000	3.851	3.005	2.614	2.381	2.223	2.108	2.019	1.948	1.889	1.840	1.798	1.762	1.730	1.702	1.676	1.654	1.633	1.614	1.597	1.581

Elaborada por Irene Patricia Valdez y Alfaro.

Anexos 5. Alfa de cronbach

The screenshot displays the SPSS interface for a reliability analysis. The main window shows the following information:

- Fiabilidad** (Reliability): Escala: ALL VARIABLES
- Resumen de procesamiento de casos** (Case Processing Summary):

Casos	Válido	Excluido ^a	Total
	20	0	20
	100,0	,0	100,0
- Estadísticas de fiabilidad** (Reliability Statistics):

Alfa de Cronbach	N de elementos
,960	11
- Estadísticas de elemento** (Element Statistics):

	Media	Desv. estándar	N
¿Maneja la logística inversa la empresa Dinamo Consulting S.A?	2,00	,000	20
¿Considera importante que la empresa tenga un programa de reciclaje para los PAES?	1,00	,000	20
¿Cree que un programa de logística inversa podría diferenciar a la empresa de sus competidores?	1,20	,410	20
¿Considera usted que es responsabilidad de la empresa conocer el destino de los equipos	1,50	,513	20

Anexos 6. Coeficiente de concordancia Kendall.

The screenshot displays the SPSS interface for a non-parametric test. The main window shows the following information:

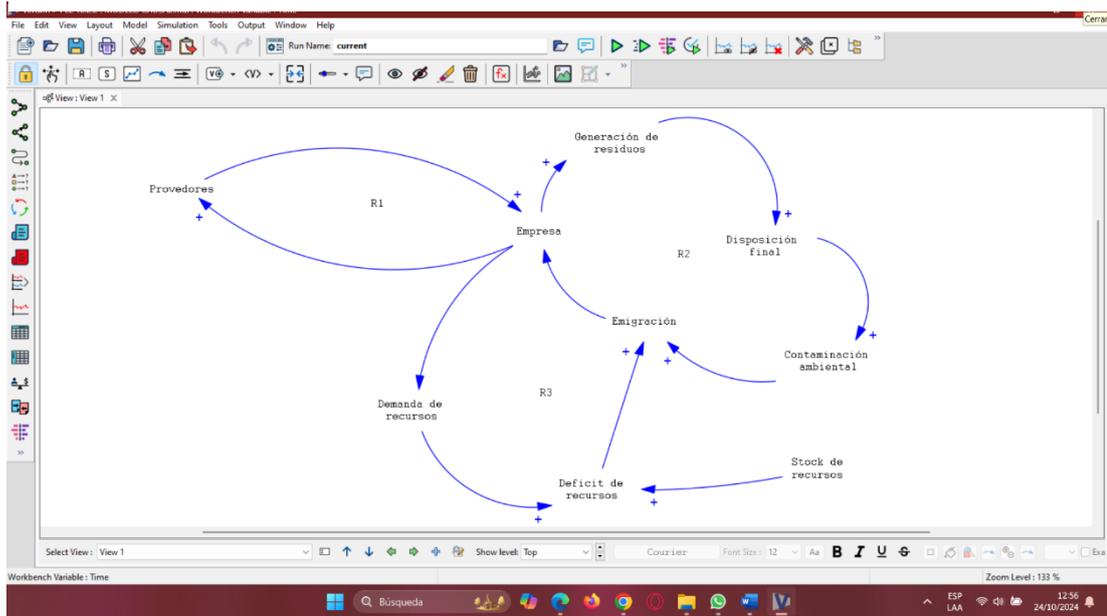
- Prueba W de Kendall** (Kendall's W Test):

Prueba	W de Kendall
la reducción de los residuos?	8,60
¿La empresa ha tomado acciones ambientales en la elección de proveedores por criterios del medio ambiente?	5,30
¿Los proveedores cuentan con certificación ambiental?	4,48
¿Considera usted conveniente adoptar mecanismos que disminuyan la contaminación ambiental?	4,48
¿Es importante para usted que la empresa se comprometa con prácticas sostenibles?	4,75
¿Esta de acuerdo en que la logística inversa puede contribuir a una mejor gestión de los recursos?	5,03
¿Cree que la logística inversa podría aumentar la satisfacción del cliente?	
- Estadísticos de prueba** (Test Statistics):

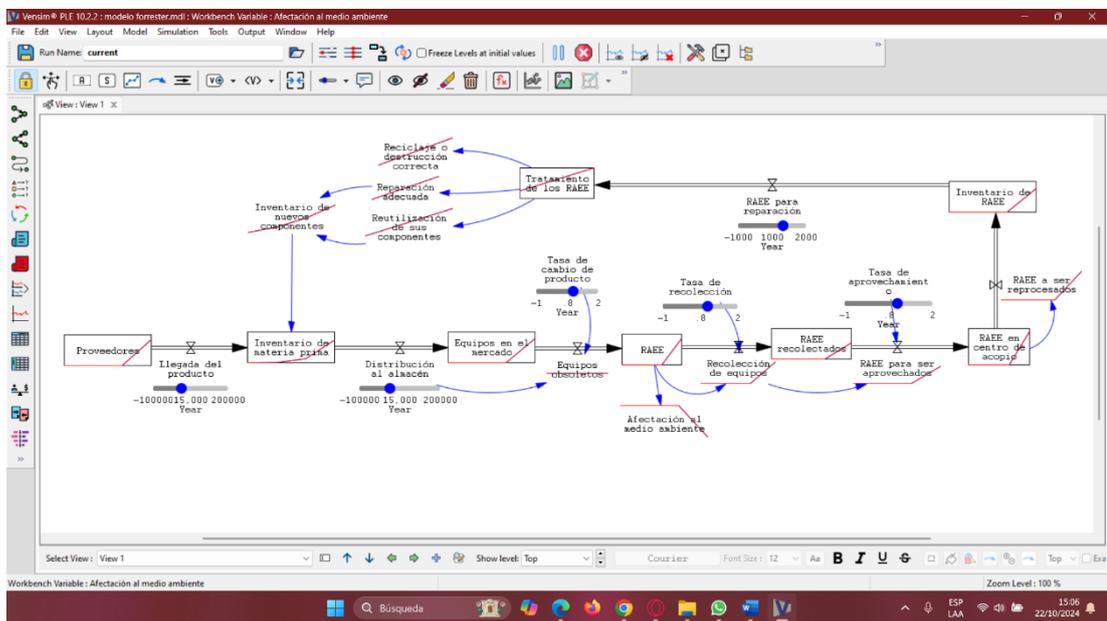
Estadístico	Valor
N	5
W de Kendall ^a	,944
Chi-cuadrado	108,734
df	10
Sig. asin.	< ,001
- Coeficiente de concordancia de Kendall** (Kendall's Coefficient of Concordance):

a. Coeficiente de concordancia de Kendall

Anexos 7. Bucle causal en software Vensim.



Anexos 8. Modelo Forrester en software Vensim.



Anexos 9. Cálculo de presupuesto.

LIBRO 1 - EXCEL

OBTEGNA OFFICE AUTÉNTICO Su licencia no es original y puede ser víctima de una falsificación de software. Evite las interrupciones y mantenga sus archivos a salvo con una licencia original de Office hoy mismo.

CÁLCULOS DE LA PROPUESTA

Rubro	Descripción	Cantidad	Costo Unitario (USD)	Costo Total
Recursos humanos	Modelador	1	\$ 693,00	\$ 693,00
	Internet	3	\$ 24,00	\$ 72,00
	Software	1	\$ 1.995,00	\$ 1.995,00
Tecnológico	Cursos de capacitación	1	\$ 300,00	\$ 300,00
	Computadora	1	\$ 890,00	\$ 890,00
Oficina	Materiales de oficina	2	\$ 20,00	\$ 20,00
Técnico	Nuevas herramientas	8	\$ 1.000,00	\$ 1.000,00
	Personal	2	\$ 600,00	\$ 600,00
Otros	Transporte		\$ 25,00	\$ 25,00
	Impresiones		\$ 20,00	\$ 20,00
	Subtotal		\$ 5.567,00	\$ 5.615,00
	10% de imprevistos			\$ 561,50
	15% de reajuste			\$ 842,25
	TOTAL			\$ 7.018,75

Para desarrollar un modelo de logística inversa para la sustentabilidad ambiental de la empresa se necesita una inversión total en activos fijos de \$7.018,75 dólares estadounidenses. A lo largo de cinco años, este proyecto genero flujos de efectivo de \$1.851,53 dólares americanos anuales, con una tasa del 10%.

LIBRO 1 - EXCEL

OBTEGNA OFFICE AUTÉNTICO Su licencia no es original y puede ser víctima de una falsificación de software. Evite las interrupciones y mantenga sus archivos a salvo con una licencia original de Office hoy mismo.

INDICADORES COMPLEMENTARIOS

VAN	Tasa interna de retorno, la tasa de flujos que quedan invertidos en el proyecto
TIR	Valor actual neto
PR	Periodo de recuperación

CÁLCULOS DEL FLUJO DE FONDO

	0	1	2	3	4	5
Flujo de fondo	\$ -7.018,75	\$ 1.851,53	\$ 1.851,53	\$ 1.851,53	\$ 1.851,53	\$ 1.851,53
Saldo Actual de 10%	\$ -7.018,75	\$ 1.683,21	\$ 1.530,19	\$ 1.391,08	\$ 1.264,62	\$ 1.149,65
Saldo acumulado	\$ -7.018,75	\$ -5.335,54	\$ -3.805,35	\$ -2.414,27	\$ -1.149,65	\$ 0,01

CÁLCULOS DE HERRAMIENTAS FINANCIERAS

TASA	10%
VNA	\$7.018,76
VAN (\$)	\$ 0,01
TIR (%)	10%
PR (t)	5,00

Valor neto actual de flujos futuros actualizados y sumado.
 Paga la tasa del 10% solicitada y tiene un excedente mínimo pero tiene de 0,01.
 La tasa interna de retorno es exacta a la que le esta solicitando el proyecto.
 En el periodo de 5 años se estaria recuperando la inversión