



Universidad de San Carlos de Guatemala  
Facultad de Ingeniería  
Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial

**DISEÑO DE INVESTIGACIÓN PARA LA APLICACIÓN DE UN MODELO ESTADÍSTICO DE  
PRONÓSTICOS UTILIZANDO EL MÉTODO WINTER PARA LA LOGÍSTICA INVERSA DEL  
VIDRIO POST CONSUMO DE UNA EMPRESA QUE FABRICA ENVASES, EN LA CIUDAD  
DE GUATEMALA**

**Marvin Wilfredo Arévalo Pineda**

Asesorada por el M.A. Ing. Julio Roberto Ramírez Romero

Guatemala, marzo de 2022

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**DISEÑO DE INVESTIGACIÓN PARA LA APLICACIÓN DE UN MODELO ESTADÍSTICO DE PRONÓSTICOS UTILIZANDO EL MÉTODO WINTER PARA LA LOGÍSTICA INVERSA DEL VIDRIO POST CONSUMO DE UNA EMPRESA QUE FABRICA ENVASES, EN LA CIUDAD DE GUATEMALA**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
POR

**MARVIN WILFREDO ARÉVALO PINEDA**

ASESORADA POR EL M.A. ING. JULIO ROBERTO RAMÍREZ ROMERO

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

**INGENIERO INDUSTRIAL**

GUATEMALA, MARZO DE 2022

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
FACULTAD DE INGENIERÍA



**NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA**

DECANA	Inga. Aurelia Anabela Cordova Estrada
VOCAL I	Ing. José Francisco Gómez Rivera
VOCAL II	Ing. Mario Renato Escobedo Martínez
VOCAL III	Ing. José Milton de León Bran
VOCAL IV	Br. Kevin Vladimir Cruz Lorente
VOCAL V	Br. Fernando José Paz González
SECRETARIO	Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez

**TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO**

DECANA	Inga. Aurelia Anabela Cordova Estrada
EXAMINADOR	Ing. Edgar Darío Alvarez Cotí
EXAMINADOR	Ing. Edwin Adalberto Bracamonte Orozco
EXAMINADOR	Ing. Alex Suntecun Castellanos
SECRETARIO	Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez

## **HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR**

En cumplimiento con los preceptos que establece la ley de la Universidad de San Carlos de Guatemala, presento a su consideración mi trabajo de graduación titulado:

**DISEÑO DE INVESTIGACIÓN PARA LA APLICACIÓN DE UN MODELO ESTADÍSTICO DE PRONÓSTICOS UTILIZANDO EL MÉTODO WINTER PARA LA LOGÍSTICA INVERSA DEL VIDRIO POST CONSUMO DE UNA EMPRESA QUE FABRICA ENVASES, EN LA CIUDAD DE GUATEMALA**

Tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Estudios de Postgrado, con fecha 14 de agosto de 2021.

**Marvin Wilfredo Arévalo Pineda**



**EEPFI-PP-0379-2022**

Guatemala, 14 de enero de 2022

**Director**  
**César Ernesto Urquizú Rodas**  
**Escuela Ingeniería Mecánica Industrial**  
**Presente.**

**Estimado Ing. Urquizú**

Reciba un cordial saludo de la Escuela de Estudios de Postgrado de la Facultad de Ingeniería.

El propósito de la presente es para informarle que se ha revisado y aprobado el Diseño de Investigación titulado: **APLICACIÓN DE UN MODELO ESTADÍSTICO DE PRONÓSTICOS UTILIZANDO EL MÉTODO WINTER PARA LA LOGÍSTICA INVERSA DEL VIDRIO POST CONSUMO DE UNA EMPRESA QUE FABRICA ENVASES, EN LA CIUDAD DE GUATEMALA.**, el cual se enmarca en la línea de investigación: **Área de Operaciones - Gestión de almacenamiento, inventarios y distribución**, presentado por el estudiante **Marvin Wilfredo Arevalo Pineda** carné número **200412808**, quien optó por la modalidad del "PROCESO DE GRADUACIÓN DE LOS ESTUDIANTES DE LA FACULTAD DE INGENIERÍA OPCIÓN ESTUDIOS DE POSTGRADO". Previo a culminar sus estudios en la Maestría en ARTES en Gestion Industrial.

Y habiendo cumplido y aprobado con los requisitos establecidos en el normativo de este Proceso de Graduación en el Punto 6.2, aprobado por la Junta Directiva de la Facultad de Ingeniería en el Punto Décimo, Inciso 10.2 del Acta 28-2011 de fecha 19 de septiembre de 2011, firmo y sello la presente para el trámite correspondiente de graduación de Pregrado.

Atentamente,

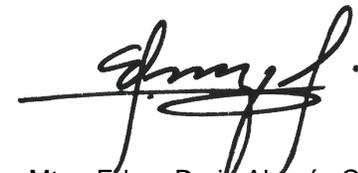
*"Id y Enseñad a Todos"*

  
Mtro. Julio Roberto Ramírez Romero  
Asesor(a)

Ing. Julio Roberto Ramirez R.  
INGENIERO MECANICO  
COL. 12064

  
Mtro. Carlos Humberto Aroche Sandoval  
Coordinador(a) de Maestría

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS  
ESCUELA DE POSTGRADO  
FACULTAD DE INGENIERIA  
DE GUATEMALA

  
Mtro. Edgar Darío Álvarez Cotí  
Director  
Escuela de Estudios de Postgrado  
Facultad de Ingeniería

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
FACULTAD DE INGENIERIA  
DIRECCIÓN  
ESCUELA DE POSTGRADO



EEP-EIMI-0379-2022

El Director de la Escuela Ingeniería Mecánica Industrial de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer el dictamen del Asesor, el visto bueno del Coordinador y Director de la Escuela de Estudios de Postgrado, del Diseño de Investigación en la modalidad Estudios de Pregrado y Postgrado titulado: **APLICACIÓN DE UN MODELO ESTADÍSTICO DE PRONÓSTICOS UTILIZANDO EL MÉTODO WINTER PARA LA LOGÍSTICA INVERSA DEL VIDRIO POST CONSUMO DE UNA EMPRESA QUE FABRICA ENVASES, EN LA CIUDAD DE GUATEMALA.**, presentado por el estudiante universitario **Marvin Wilfredo Arevalo Pineda**, procedo con el Aval del mismo, ya que cumple con los requisitos normados por la Facultad de Ingeniería en esta modalidad.

ID Y ENSEÑAD A TODOS



Ing. César Ernesto Urquizú Rodas  
Director  
Escuela Ingeniería Mecánica Industrial

Guatemala, enero de 2022

LNG.DECANATO.OI.198.2022

La Decana de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer la aprobación por parte del Director de la Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial, al Trabajo de Graduación titulado: **DISEÑO DE INVESTIGACIÓN PARA LA APLICACIÓN DE UN MODELO ESTADÍSTICO DE PRONÓSTICOS UTILIZANDO EL MÉTODO WINTER PARA LA LOGÍSTICA INVERSA DEL VIDRIO POST CONSUMO DE UNA EMPRESA QUE FABRICA ENVASES, EN LA CIUDAD DE GUATEMALA**, presentado por: **Marvin Wilfredo Arévalo Pineda**, después de haber culminado las revisiones previas bajo la responsabilidad de las instancias correspondientes, autoriza la impresión del mismo.

IMPRÍMASE:



ing. Aurelia Anabela Cordova Estrada

Decana

Guatemala, marzo de 2022

AACE/gaoc

## **ACTO QUE DEDICO A:**

<b>Dios</b>	Por ser mi creador, darme la vida y la sabiduría para salir adelante en cada etapa de mi vida.
<b>Mis padres</b>	Ricardo Arévalo Solares y Rosa Amelia Pineda del Cid (q. e. p. d.) por brindarme su amor incondicional, apoyo y darme la oportunidad de superarme.
<b>Mi esposa</b>	Mirza Judith Rodas, mi gran amor y fuente de inspiración, de quien vivo muy orgulloso, y que día a día llena de amor y actitud positiva para afrontar la vida y seguir adelante.
<b>Mis hijos</b>	Allison Joanna, Andrea Montserrat y Marvin Enrique, por ser el motor que impulsa mi vida y cada una de mis metas
<b>Mi familia</b>	Hermanas, cuñados, tíos, abuelitos y suegros, por tener esas palabras de aliento y solidaridad en cada etapa de mi vida.

## **AGRADECIMIENTOS A:**

<b>Universidad de San Carlos de Guatemala</b>	Por darme la oportunidad de desarrollarme como profesional y aportar algo a este país.
<b>Facultad de Ingeniería</b>	Por formarme académicamente a través de sus docentes como un buen profesional.
<b>Ing. José Luis Santizo</b>	Por brindarme sus conocimientos, consejo y amistad fraterna.
<b>Ing. Willian Marroquín</b>	Por creer en mí y servirme de guía para continuar con mis estudios.
<b>Mis amigos</b>	Por estar siempre presentes en cada etapa de mi vida y apoyarme en cada proyecto realizado.
<b>Esposa e hijos</b>	Mirza, Allison, Montserrat y Marvin Enrique, por ser mi familia, llenarme de amor y darme el apoyo y la energía que necesito para seguir adelante.
<b>Compañeros de trabajo</b>	Por darme los mejores momentos, aventuras y consejos

## ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES.....	V
LISTA DE SÍMBOLOS .....	VII
GLOSARIO .....	IX
RESUMEN.....	XI
1. INTRODUCCIÓN .....	1
2. ANTECEDENTES .....	5
3. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA .....	11
3.1. Descripción del problema .....	11
3.2. Formulación del problema .....	12
3.3. Pregunta central .....	13
3.4. Preguntas de investigación.....	13
3.5. Delimitación de estudio.....	13
3.6. Límite temporal.....	13
3.7. Límite geográfico .....	14
3.8. Límite espacial.....	14
3.9. Límite institucional .....	14
3.10. Viabilidad de la investigación.....	14
3.11. Consecuencias de realizar la investigación .....	15
3.12. De realizarse .....	15
3.13. De no realizarse .....	15
4. JUSTIFICACIÓN .....	17

5.	OBJETIVOS.....	21
5.1.	General .....	21
5.2.	Específicos.....	21
6.	NECESIDADES A CUBRIR Y ESQUEMA DE SOLUCIÓN .....	23
6.1.	Etapas de la investigación.....	24
6.2.	Fase 1: revisión documental .....	24
6.3.	Fase 2: diagnóstico .....	24
6.4.	Fase 3: definición de la herramienta estadística .....	25
6.5.	Fase 4: evaluación del impacto financiero .....	25
6.6.	Esquema de solución .....	25
7.	MARCO TEÓRICO .....	27
7.1.	Industria de fábrica de envases .....	27
7.2.	Definición de envase y embalaje.....	27
7.3.	Niveles de envases o empaques .....	27
7.4.	Clasificación y tipos de envases .....	28
7.5.	Fábrica de envases de plástico.....	29
7.6.	Fábrica de envases de aluminio.....	29
7.7.	Fábrica de envases de vidrio .....	30
7.8.	La industria del vidrio en Guatemala.....	30
7.9.	Tipos de logística .....	31
7.10.	Definición de logística .....	31
7.11.	Logística de almacenes.....	32
7.12.	Logística de aprovisionamiento.....	32
7.13.	Logística de fabricación.....	33
7.14.	Logística de distribución.....	34
7.15.	Logística ambiental o verde .....	34
7.16.	Logística inversa .....	34

7.17.	Componentes de la cadena de suministros.....	36
7.18.	Métodos estadísticos para la elaboración de pronósticos .....	38
7.19.	Definición de pronósticos.....	38
7.20.	Pasos para desarrollar pronósticos .....	38
7.21.	Pronósticos cualitativos .....	39
	7.21.1. Método Delphi.....	40
	7.21.2. Modelo de analogía histórica.....	40
7.22.	Pronósticos de forma cuantitativa.....	40
7.23.	Promedio simple.....	41
7.24.	Promedio móvil ponderado.....	41
7.25.	Modelo de suavización exponencial .....	42
7.26.	Método Holt .....	44
7.27.	Método Winter o de suavización múltiple .....	46
8.	PROPUESTA DEL ÍNDICE DE CONTENIDO.....	49
9.	METODOLOGIA DE LA INVESTIGACIÓN .....	51
	9.1. Diseño .....	51
	9.2. Enfoque .....	51
	9.3. Tipo .....	52
	9.4. Alcance.....	52
	9.5. Variables e indicadores .....	52
	9.6. Operativización de variables.....	53
	9.7. Fases de la investigación .....	54
	9.8. Población y muestra .....	57
10.	TÉCNICAS DE ANÁLISIS DE INFORMACIÓN.....	59
11.	CRONOGRAMA.....	61

12.	FACTIBILIDAD DEL ESTUDIO .....	63
12.1.	Recursos .....	63
12.2.	Recursos humanos .....	63
12.3.	Recursos físicos .....	63
12.4.	Recursos financieros .....	64
13.	REFERENCIAS .....	65
14.	APÉNDICES .....	69

## ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

### FIGURAS

1.	Fases de la Investigación.....	25
2.	Control de inventarios .....	33
3.	Proceso logístico.....	37
4.	Promedio móvil simple .....	41
5.	Ejemplo de suavización exponencial.....	43
6.	Ejemplo de método Holt .....	45
7.	Método <i>Winter</i> .....	48
8.	Cronograma de actividades .....	61

### TABLAS

I.	Ejemplo de modelo de suavización exponencial.....	43
II.	Ejemplo de método Holt .....	45
III.	Ejemplo del método <i>Winter</i> .....	48
IV.	Operativización de variables .....	54
V.	Cálculo de muestra .....	58
VI.	Presupuesto .....	64



## LISTA DE SÍMBOLOS

Símbolo	Significado
$\alpha$	Alfa
$\beta$	Beta
$\sigma$	Desviación estándar



## **GLOSARIO**

<b>Cullet</b>	Definición técnica que se da a todo el vidrio post consumo que llegó al final de su ciclo de vida útil y que puede utilizarse como materia prima en la elaboración de un nuevo envase.
<b>Desechos</b>	Todos aquellos materiales sobrantes que aparentemente no pueden ser usados nuevamente.
<b>Logística inversa</b>	Tipo de logística que se encarga de la gestión de los residuos o desechos que se generan durante toda la cadena de suministro.
<b>Residuos</b>	Todos aquellos materiales que pueden tener valor en sí mismos al ser reutilizados o reciclados.



## RESUMEN

El presente trabajo de investigación se desarrolla analizando la metodología que se utiliza para la elaboración de pronósticos de recuperación de vidrio post consumo para la elaboración de envases de vidrio. Al presentar la forma de elaboración de los pronósticos se determina que existen ciertas fluctuaciones de estimación, que repercuten en excedentes o faltantes de material que será utilizado en la fabricación de envases.

Para el desarrollo de la investigación se utiliza el método estadístico Holt Winter, el cual es aplicable a modelos estadísticos que se ven influenciados por diversos factores como estacionalidad, condiciones climáticas, precios de combustibles, precios de otros productos y otros, que, aplicados de manera correcta al método estadístico en estudio, generan grandes cambios sustanciales que generan una reducción de estimación de los diferentes pronósticos de materiales.

Por lo tanto, la correcta estimación de pronósticos de recuperación de vidrio post consumo para la elaboración de envases de vidrio fue analizada a través del método Holt Winter, dando como resultado un análisis más preciso de recuperación de vidrio para reciclar y, por tanto, un manejo adecuado de control de inventarios que minimice los costos de producción.



# 1. INTRODUCCIÓN

La finalidad del presente informe es documentar la investigación que se lleva a cabo para la sistematización de un modelo estadístico de pronósticos utilizando el método Winter para la logística inversa del vidrio post consumo de una empresa que fabrica envases en la ciudad de Guatemala y que los distribuye a Centroamérica, parte de Norteamérica y El Caribe.

La importancia de la presente investigación es aplicar un modelo estadístico de pronósticos que permita minimizar el error de estimación para el abastecimiento de materia prima para fabricar envases, desde el enfoque de la logística inversa del vidrio, su obtención, preparación y traslado hacia la empresa que le da la disposición final. La herramienta estadística utilizada sirve como estrategia de análisis en la toma de decisiones en cuanto a las cantidades de material que se deben pronosticar, haciendo énfasis en el impacto financiero que conllevan los distintos escenarios de recuperación cuando éstos generan un abastecimiento o desabastecimiento en la cadena productiva.

En cuanto a la factibilidad de desarrollar la investigación, se tiene acceso a datos históricos de la empresa para realizar la implementación y recibir las recomendaciones del estudio.

La necesidad de desarrollar la investigación surge por la evidencia de fluctuaciones detectadas en la elaboración de pronósticos, dando qué mes a mes existen descuadres de inventarios de vidrio post consumo que generan excedentes de materiales, los mismos dan como resultados impactos financieros por el costo de oportunidad de utilizar el excedente de materiales recuperados a

través de la logística inversa del vidrio versus la materia prima virgen en el proceso de elaboración de envases de vidrio.

Esta investigación genera información relevante de cómo a través de la correcta aplicación de un método estadístico se pueden reducir las fluctuaciones de los inventarios, minimizando el error de estimación en los pronósticos de recuperación del vidrio a través de la logística inversa y minimizando el impacto financiero. Estructurada de forma que la secuencia de la lectura permita identificar el problema, impactos y la oportuna solución planteada para el desarrollo de la investigación.

El informe final de la investigación será desarrollado a través de cuatro capítulos, el capítulo uno comprende el marco teórico en el que se describe información básica para entender qué es la industria de fábrica de envases, los diferentes tipos de envases que se fabrican, los diferentes tipos de logística que existen en la industria, la importancia de la logística inversa del vidrio en la elaboración de pronósticos, así como los diferentes modelos estadísticos cualitativos, de simulación y cuantitativos que se utilizan para la elaboración de los mismos.

El capítulo dos detalla la documentación y desarrollo de la investigación, desde el diagnóstico de la situación en que se encuentra la empresa y las metodologías que utilizan para desarrollar los pronósticos de abastecimiento de vidrio post consumo, las áreas que están en contacto directo con la realización y el impacto que generan los quiebres de inventario por la generación de excedentes o desabastecimiento y se analiza una propuesta de utilización de un método estadístico para reducir el error de estimación y minimización del impacto financiero.

En el capítulo tres se presentan los resultados de la propuesta de la aplicación del modelo estadístico a través del método Winter, y se genera un análisis costo beneficio para medir el impacto positivo de la propuesta.

En el capítulo cuatro se discuten los resultados obtenidos al finalizar el desarrollo de la investigación.



## 2. ANTECEDENTES

Gutiérrez (2013), establece que en toda empresa o negocio es de vital importancia estimar lo que puede suceder en el futuro, pues de la correcta utilización del modelo de pronósticos, puede servir como una herramienta interna en la toma de decisiones que puede generar múltiples beneficios a la organización. El modelo de pronósticos es una herramienta importante dentro de las empresas, pues es necesario anticiparse y predecir las tendencias que tomará en el futuro cualquier servicio o producto que sea desarrollado.

Las organizaciones, dependiendo del giro de negocio en el que se encuentren, necesita realizar pronósticos ya sean de producción, de ventas, de recuperación de materiales, etc., ya que, gracias a ellos, se tiene un punto de partida para desarrollar programas de producción, asignación de presupuestos, asignación de áreas de almacenamientos y otros.

Su investigación servirá de soporte científico, pues todo pronóstico debe cumplir con tres características fundamentales para ser catalogado como tal, siendo éstas, futuro, incertidumbre y juicio personal, ya que todo pronóstico debe ser evaluado como un valor no conocido que sucederá en el futuro, debe tener cierto grado de error, que es lo que se busca minimizar y contar con el juicio de la persona que realiza el estudio, para saber qué datos, método e interpretación utilizará.

Feitó (2020), establece que la logística inversa es un conjunto de actividades que se ocupa de recuperar productos y materiales que han llegado al final de su ciclo de vida útil, los devuelve a un proceso productivo dentro de las

empresas con el fin de lograr muchas ventajas competitivas, como la reducción del impacto negativo a la naturaleza y lograr producir a un menor costo.

Su investigación hace especial énfasis al grado de incertidumbre que se tiene en la recuperación de estos materiales, así como la cantidad y calidad recuperada. Su estudio es de vital importancia en la investigación, pues utiliza diversos escenarios para la elaboración de pronósticos de productos reciclables, y su metodología resuelve la falta de información estadística que es relevante y la combina con datos históricos utilizando la experiencia de los directivos de la organización.

Muchas veces los modelos estadísticos cuantitativos requieren gran cantidad de información histórica, y cuando se carece de ella o son datos muy fluctuantes en el tiempo, se necesita del conocimiento de personas que se relacionen con el estudio en mención, para que nos proporcionen información y variables adicionales como precios de otros productos, condiciones climáticas y el costo de oportunidad para reducir el porcentaje de error en el diseño del método estadístico.

Villareal (2016), establece que un pronóstico es una predicción futura que utiliza estimaciones cuantitativas o cualitativas del presente o pasado, con factores variables como datos de entrada y que tendrán inferencia en los planes de producción, compra de materiales y sistemas de control de inventarios. La elaboración de pronósticos al ser una metodología estadística posee cierto grado de error, y dependiendo de éste y de las políticas internas de la empresa, puede dar como resultado variaciones a nivel financiero que puedan incrementar los costos de producción de la empresa.

Dependiendo del giro del negocio, tamaño de la empresa y materiales que se utilicen en la elaboración de un producto, la mala estimación de un pronóstico puede generarnos excedentes o déficit de materiales, y cada uno de ellos repercute de manera directa en el costo de producción. En caso de un excedente de materiales nos enfrentamos a costos asociados como almacenaje, alquileres, energía eléctrica y costo de oportunidad al preferir un material sobre otro.

Conocer el mercado y variables que afectan el material o producto que estamos pronosticando nos puede ayudar a diseñar un modelo estadístico que permitan reducir el error, trayendo consigo mejoras significativas para la empresa en todas las fases de la cadena de valor. Para ello es necesario analizar datos históricos, que nos ayuden a identificar un patrón que nos conduzca a predecir de mejor manera un comportamiento futuro. En su estudio identifica la elaboración de pronósticos desde dos grandes grupos; cualitativos y cuantitativos.

Su estudio sirve de sustento científico a la investigación, pues al desarrollar métodos cualitativos se realizan con el juicio y conocimiento de las personas expertas en la elaboración de pronósticos cuando la información sobre la variable en estudio es escasa y no puede cuantificarse.

El método cuantitativo propone utilizarlo cuando conocemos datos históricos de la variable en estudio, estos mismos se pueden cuantificar y determinar un patrón que será extrapolado hacia el futuro, tomando en cuenta datos y errores pasados. Los patrones se definen como comportamientos de una serie de datos ordenados a través del tiempo, compuestos por tendencia, ciclo, estacionalidad e irregularidad, que cuando se combinan, nos dan valores específicos en una serie a lo largo del tiempo.

En el caso de los pronósticos de vidrio post consumo, los datos analizados poseen un componente irregular a corto plazo o fuerza que afecta y explica su aleatoriedad, como los cambios climáticos, desastres naturales, huelgas, estado de las carreteras, precios de otros productos y hechos fortuitos frente a los cuales no podemos predecir con exactitud el grado de impacto en las series de tiempo. En el estudio se determinó que el objetivo de la elaboración de sistema estadístico de pronósticos es minimizar el error y suavizar las fluctuaciones aleatorias generadas por componentes irregulares en las series de datos en el tiempo.

Durán (2012) en su investigación determina que administrar de manera correcta los inventarios se convierte en el tema principal para las empresas, ya que, a través de él, se evitan los problemas financieros ya que es un activo no corriente y de menor liquidez que contribuye a que se generen utilidades, ya que es un ente de cambio que mueve a las organizaciones. Hace referencia a las características principales de la administración de inventarios, siendo éstas, garantizar inventario disponible para la operatividad de la empresa y poder garantizar los niveles óptimos de materiales para minimizar los costos totales de producción.

Su estudio es de base científica a la investigación, pues en la elaboración de un pronóstico nos encontraremos con altos o bajos niveles de inventarios y en cualquiera de los dos casos, traen consigo costos financieros asociados.

A mayor cantidad de inventario, mayor costo monetario de mantenimiento que implicará problemas financieros para la organización, que se convertirán en recursos financieros que de momento se encuentran inmovilizados que se podrían destinar a otras actividades. En caso de bajos inventarios se corre el riesgo de no poder atender eficientemente la demanda de producción, elevando

los otros costos de materia prima virgen y el no poder cumplir en tiempo con los requerimientos de ésta.

Segura, Martínez y Cruz (2018) en su estudio de un proyecto de Norma Oficial Mexicana para establecer buenas prácticas para fabricar productos de cosmetología determinaron que es de vital importancia para impulsar la productividad del negocio en las líneas de producción, es necesario administrar de mejor manera su control de inventarios, pues se debe conocer los productos que ofrecen a sus clientes de acuerdo a sus preferencias y clasificarlos según prioridad para evitar dificultades en las entregas hacia ellos.

En su estudio determinaron que los inventarios son importantes para toda organización, pues siendo clasificados como cantidad de artículos, materia prima, materiales de empaque y otros, deben almacenarse físicamente por un lapso de tiempo con la intención de abastecer las diferentes líneas de producción y minimizar costos imprevistos durante el consumo y fabricación productos para la venta.

Su estudio sirve de base para la investigación, pues a través del método Winter se pueden analizar bases de datos de registros históricos mensuales de por lo menos dos años, tomando en cuenta la tendencia, estacionalidad y el número de ciclos en el periodo estacional. Asimismo, se pueden clasificar los productos que se ofrecen a través del método ABC, clasificándolos según su impacto en el mercado y porcentaje de utilidad que generen.

La finalidad del estudio es mantener, pronosticar y monitorear los materiales para proteger a la empresa de imprevistos como faltantes y excedentes, anticiparse a incertidumbres y cubrir la demanda y tránsito entre los

diferentes materiales en todas las fases de la cadena de valor, garantizando la producción con costos económicamente ventajosos.

### **3. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA**

Las incertezas en la elaboración de los pronósticos de recuperación de vidrio post consumo para la elaboración de envases de vidrio impacta en las variaciones de consumo de los inventarios de materias primas vírgenes y espacios disponibles en patios de almacenajes.

#### **3.1. Descripción del problema**

La elaboración de envases de vidrio es una de las actividades principales de un grupo de empresas a nivel centroamericano, que cuenta con una planta que provee parte de la materia prima virgen como arena sílice y feldespato además de una planta que elabora los envases de vidrio para suplir la demanda de los mismos a nivel Centroamericano, parte de Norte América y el Caribe.

Para la elaboración de los envases de vidrio, la empresa necesita además de la materia prima virgen, una proporción de vidrio post consumo, técnicamente llamado *Cullet*, el cual no es más que vidrio que llegó al final de su ciclo de vida útil y que puede ser reciclado para producir de esta manera un nuevo envase. Este material reciclable es recuperado a través de recolectores que se encuentran principalmente en los vertederos municipales con participación en todos los departamentos de Guatemala.

Para fabricar envases de vidrio, el primer paso es establecer la cantidad de envases a producir para colocar en el mercado, seguidamente se deben realizar pronósticos de ingreso tanto para la materia prima virgen como para el

vidrio para reciclaje y asignar el presupuesto para cada área involucrada en el proceso asimismo el espacio disponible en planta para el almacenaje de ellos.

Últimamente ha existido una variación en el pronóstico de recuperación de vidrio para reciclar por falta de una herramienta sofisticada de análisis estadístico para determinar la cantidad exacta de material reciclado que se colocará en planta, esto a su vez repercute en el excedente o déficit en la cantidad solicitada de materias primas vírgenes, que a su vez afectan el costo de inventarios o el espacio disponible en planta.

Parte de este problema no solo se debe al manejo inadecuado de un buen modelo estadístico de pronóstico, sino al precio de otros productos reciclables, pues los recolectores analizan a qué tipo de producto deben enfocar todos sus esfuerzos para lograr una máxima utilidad. Otro aspecto importante son las condiciones climáticas, el estado de las carreteras, las restricciones de horario para el transporte pesado, y los horarios de atención y recepción de materiales dentro de la empresa.

### **3.2. Formulación del problema**

La elaboración de pronósticos de recuperación de vidrio post consumo para la elaboración de envases de vidrio en Guatemala es ineficiente, debido a que genera un margen de error muy grande entre la cantidad de toneladas métricas que se pronostican y las que se reciben realmente.

### **3.3. Pregunta central**

¿Cuál es el mejor modelo de elaboración de pronósticos para la recuperación de vidrio post consumo para la elaboración de envases de vidrio que nos genere un error mínimo acumulado?

### **3.4. Preguntas de investigación**

- ¿Cómo se realiza el pronóstico de recuperación de vidrio post consumo para la elaboración de envases de vidrio?
- ¿Cuáles son los costos de almacenaje y costos de oportunidad en que se incurre a nivel empresarial cuando tenemos un excedente de material reciclado para la elaboración de envases de vidrio?
- ¿Cómo se medirá la mejora a nivel de costos con la implementación del modelo de pronósticos propuestos para la recuperación de vidrio post consumo para la elaboración de envases de vidrio?

### **3.5. Delimitación de estudio**

A continuación, se describen las limitaciones del estudio de la siguiente manera.

### **3.6. Límite temporal**

El estudio se desarrolla durante los meses comprendidos entre los cursos de Seminario I, Seminario II y Seminario III, de mayo 2021 a octubre 2022.

### **3.7. Límite geográfico**

El estudio se desarrollará en la república de Guatemala.

### **3.8. Límite espacial**

La investigación se llevará a cabo en el departamento de reciclaje que se encuentra dentro de la planta de fabricación de envases de vidrio, ya que es el encargado de realizar los pronósticos de recuperación de envases post consumo para la fabricación de nuevos envases.

### **3.9. Límite institucional**

La empresa donde se desarrollará el estudio es una planta que se dedica a la elaboración de envases de vidrio para la industria alimenticia, sodera, cervecera y farmacéutica que distribuye sus productos a Centroamérica, parte de Norteamérica y El Caribe.

### **3.10. Viabilidad de la investigación**

Identificado el problema dentro de la organización y el planteamiento de solución a través de la aplicación un modelo estadístico de pronósticos para la logística inversa del vidrio post consumo, se identifican los recursos para llevar a cabo la investigación.

- Datos históricos del comportamiento de la recuperación de vidrio post consumo, manuales de operación para la fabricación de envases de vidrio y costos de compra de materiales.

- Disponibilidad económica y de tiempo para desarrollar la investigación.
- Autorización de la empresa para facilitar el acceso a la información que la realización de la investigación conlleve.
- Disponibilidad de tiempo del investigador y asesor para efectuar la investigación.

### **3.11. Consecuencias de realizar la investigación**

Como resultado de la búsqueda de la solución al problema desarrollado en la investigación se identifican ventajas y desventajas de realizar o no el estudio.

### **3.12. De realizarse**

Se espera minimizar el error de estimación de los pronósticos de recuperación de vidrio post consumo, mejorando de esta manera el control de inventario de la materia prima virgen y evitando elevados costos de mantenimiento.

### **3.13. De no realizarse**

Continuar con quiebres de inventarios por las fluctuaciones de estimación, generando excedentes o desabastecimiento de materiales para fabricar envases.



## 4. JUSTIFICACIÓN

El estudio se sitúa dentro de la línea de investigación de Gestión de Almacenamiento, Inventarios y Distribución en el Área de Operaciones de la Maestría en Gestión Industrial, de la Universidad de San Carlos de Guatemala, pues se enfoca en desarrollar un método estadístico para la elaboración eficiente de pronósticos de recuperación de vidrio post consumo en la elaboración de envases de vidrio mediante el método Winter.

La necesidad de desarrollar esta investigación es minimizar el error de estimación de los pronósticos de recuperación de vidrio post consumo, pues se ha evidenciado que la incorrecta aplicación de éstos trae consigo costos de almacenaje y costos de oportunidad al utilizar materia prima virgen en lugar de vidrio post consumo y viceversa.

La correcta utilización de un método estadístico de pronósticos es de suma importancia para las empresas, pues a partir de éste se hacen estimaciones de la cuánto, cómo, dónde y de qué forma producir. Gran parte del éxito en la fabricación de cualquier producto es desarrollar una metodología ordenada de trabajo a lo largo de la cadena logística de valor, desde la planeación de la producción, control de inventarios, pronósticos de ingreso de materiales, pronósticos de ventas y valoración de todos los suministros que intervienen en la elaboración de un producto. Todo esto en conjunto marcará el paso para lograr producir de manera eficiente, con costos de operación que nos permitan ser competitivos a nivel empresarial.

La motivación de esta investigación es poder diseñar un modelo estadístico de pronósticos para la logística inversa de vidrio post consumo en la elaboración de envases de vidrio a través del método Winter, que permita minimizar el error de estimación y los costos de almacenaje asociados a los excedentes de materiales.

La cantidad de vidrio post consumo que se recupera tiene muchas fluctuaciones a través del tiempo, pues es un material pesado y escaso y en gran medida su recuperación está influenciada por las condiciones climáticas, el estado de las carreteras, horarios de recepción en planta, horarios de restricción para el transporte pesado y el precio de otros productos, que dan como resultado una variación impredecible y difícil de adaptar a un modelo estadístico.

Dentro de los beneficios de la investigación al desarrollar un modelo estadístico para la elaboración de pronósticos de recuperación de vidrio post consumo, es minimizar el error de estimación, ya que con ello se pueden administrar de mejor manera los recursos financieros asignados a la compra de materia prima virgen (arena sílice, feldespato, carbonato de sodio y carbonato de calcio) que intervienen en la fabricación de envases de vidrio.

Con este estudio se pretende analizar y encontrar una solución viable a los distintos escenarios ocasionados por déficit o excedentes de inventarios de vidrio post consumo a nivel financiero, pues en cada caso se incurren en costos de almacenaje y costos de oportunidad en la producción al usar vidrio post consumo versus materia prima virgen.

Los beneficiarios de esta investigación en la cadena de suministros es el departamento de materias primas de la empresa, pues necesita de materia prima virgen y del vidrio post consumo para poder fabricar envases de vidrio. Para ello

necesita de un plan de producción, el cual debe cumplir con los pronósticos de ingresos de materia prima virgen y de vidrio post consumo, pues a través de ellos establecen la metodología de trabajo, cantidad de combustible en hornos de fundición y ayuda eléctrica para encontrar el punto de fusión adecuado para producir envases con los más altos estándares de calidad que exige el mercado local e internacional.



## **5. OBJETIVOS**

### **5.1. General**

Diseñar un modelo estadístico de pronósticos para la logística de recuperación y abastecimiento de vidrio post consumo para la elaboración de envases de vidrio.

### **5.2. Específicos**

- Analizar la metodología de recuperación de vidrio post consumo para la elaboración de envases de vidrio a través de datos históricos pronosticados y recuperados.
- Definir una herramienta estadística de recuperación de vidrio post consumo que nos permita minimizar los costos de almacenajes y costos de oportunidad en la elaboración de envases de vidrio.
- Evaluar el impacto financiero del modelo de pronóstico propuesto, para la recuperación de vidrio post consumo en la elaboración de envases de vidrio.



## **6. NECESIDADES A CUBRIR Y ESQUEMA DE SOLUCIÓN**

La principal necesidad a cubrir en el desarrollo de la ejecución del estudio de investigación, es aplicar un modelo estadístico para la elaboración de pronósticos que minimice el error de estimación en la logística inversa del vidrio post consumo para una empresa que fabrica envases de vidrio en la ciudad de Guatemala.

El esquema de solución para el estudio de investigación comprende: realizar un diagnóstico inicial de la situación actual de la empresa respecto a la forma en que se elaboran los pronósticos de abastecimiento de vidrio post consumo para fabricar nuevos envases. Para tal estudio, se debe observar el proceso de recuperación y entrega en planta de producción de los diferentes colores de vidrio post consumo, asimismo controlar la calidad y especificaciones necesarias requeridas para que el material sea aceptado e introducido a los hornos formadores de envases.

Seguidamente se hará una serie de entrevistas al personal de la empresa que está directamente relacionada con la elaboración de pronósticos de recuperación de vidrio post consumo, documentando cada parte del proceso, asimismo se hará una revisión de datos históricos y metodologías utilizadas durante el proceso para tener una visión más clara del proceso y poder utilizarlo de soporte para el desarrollo de la investigación. Finalmente, se desarrollará la investigación proponiendo un método estadístico confiable que minimice el error de estimación y mejore los costos de operación del proceso.

## **6.1. Etapas de la investigación**

La investigación se desarrollará en 4 fases:

### **6.2. Fase 1: revisión documental**

Durante las primeras dos semanas se realizará una serie de encuestas al personal de materias primas, para obtener un panorama de cómo impacta la elaboración de pronósticos de recuperación de vidrio post consumo en la fabricación de los envases de vidrio. Las siguientes dos semanas se realizarán entrevistas al personal del departamento de Reciclaje para analizar la forma y metodología que utilizan en la elaboración de pronósticos de recuperación. En las siguientes dos semanas se realizará observación en patios de almacenaje de vidrio post consumo para evaluar los promedios de ingreso diario de material.

Las entrevistas, encuestas, observación, análisis de metodologías utilizadas y revisión histórica del proceso se fundamentan en bibliografía de la empresa y experiencia operativa del personal de las diferentes áreas que intervienen en el proceso.

### **6.3. Fase 2: diagnóstico**

Durante dos semanas se llevará a cabo observación de la operación de recepción de vidrio post consumo. Luego durante dos semanas se realizarán consultas y experiencias al personal que está ligado al proceso de elaboración de pronósticos de la logística inversa del vidrio post consumo. Finalmente, durante una semana se hará la documentación del proceso evaluado.

#### **6.4. Fase 3: definición de la herramienta estadística**

Durante las primeras tres semanas se realizará el análisis documental recopilada en las fases anteriores. El diseño de la propuesta del método estadístico se desarrolla en las siguientes cuatro semanas, y las cuatro semanas siguientes se desarrollan las conclusiones del nuevo método propuesto.

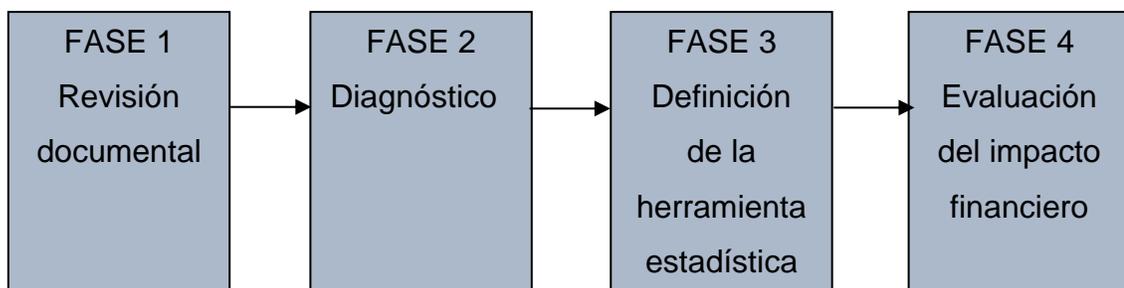
#### **6.5. Fase 4: evaluación del impacto financiero**

La evaluación del impacto financiero en el método propuesto se efectúa durante cinco semanas seguidas a la definición de la herramienta estadística, diseñando un análisis de costo beneficio que evalúe el método actual versus el método propuesto.

#### **6.6. Esquema de solución**

En la figura 1 se describen las fases de la investigación.

Figura 1. **Fases de la Investigación**



Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Word 365.



## **7. MARCO TEÓRICO**

### **7.1. Industria de fábrica de envases**

Es la que se dedica a la manufactura de recipientes de diferentes materiales, para ser utilizados con el fin de proteger, contener, manipular y distribuir diferentes productos hasta el consumidor final.

### **7.2. Definición de envase y embalaje**

Fantoni (2003) define al envase como un recipiente que se utiliza para almacenar un producto y a la vez lo protege de cambios que pueda sufrir en el transcurso hasta llegar al consumidor.

Ospina Arias (2015, p.18) afirma que “El envase es el medio que ayuda a reflejar la imagen que el fabricante desea grabar en la mente del consumidor”.

Marco (2009) define al embalaje como un material que envuelve mercaderías y productos sueltos u organizados en pequeños lotes, con la finalidad de protegerlo de las operaciones de transporte, distribución y manejo desde el origen, facilitando su manipulación hasta el consumidor final.

### **7.3. Niveles de envases o empaques**

Sánchez (1994) define que se pueden utilizar diversos materiales para la elaboración de envases, entre ellos los plásticos, el papel y cartón, los metales y el vidrio. Define también hasta cuatro niveles para los envases; los llamados

primarios se encuentran directamente en contacto con el producto, los secundarios son los envases o empaques cuya función es contener el envase primario. Los de tercer nivel pueden cumplir la función de embaladores, conteniendo a los de segundo nivel, y los de cuarto nivel su función principal es la de almacenamiento y transporte de los productos.

#### **7.4. Clasificación y tipos de envases**

Existen en el mercado varios criterios para diferenciar un envase de otros, por lo que nos enfocaremos en dos tipos: según el tipo de tapa o cierre y según el material que se utiliza en la fabricación.

Los envases con tapones los encontramos en variedad de presentaciones, dentro de las que podemos mencionar a las botellas, frascos, viales y tarros, que utilizan un tipo de cierre acorde al producto envasado en él. Dentro de los envases con tapones, podemos mencionar los siguientes:

- Envase con tapa flip top: es un envase utilizado generalmente para almacenar salsas y aceites, que dispone de una bisagra adherida al envase que, al abrirse, deja salir una cantidad de producto por el orificio central del mismo.
- Envase con tapa disc top: es un envase utilizado en la industria de productos cosméticos que se compone de un disco que permite la salida del producto al ser presionado.
- Envase con tapa de seguridad: es un envase utilizado generalmente en la industria farmacéutica, con tapas de seguridad que además de proteger el producto, dificultan su apertura especialmente de niños.

- Envase con tapa dosificadora: son envases que se utilizan generalmente en la industria de productos de limpieza, permitiendo liberar el contenido al ser presionada la tapa.
- Envase con tapa pulverizadora: es un tipo de envase que se utiliza en la industria de perfumería. El estilo de tapa le permite pulverizar una cantidad mínima de producto.

### **7.5. Fábrica de envases de plástico**

Son empresas que se dedican a la obtención de materias primas artificiales o sintéticas, que, a través de transformaciones químicas, obtienen envases. Estos pueden ser derivados del petróleo o de sustancias naturales como proteínas, resinas, caucho y celulosa.

Los plásticos son productos orgánicos de alto peso molecular que por la plasticidad que representan en determinadas condiciones son moldeables (Poveda y Lozano, 1990).

### **7.6. Fábrica de envases de aluminio**

Es la que se encarga de desarrollar envases a partir de hojas de acero cubiertas de estaño, que generalmente son conocidas como hojalatas. También se utiliza agua para convertir la bauxita extraída en alúmina y la electrolisis para convertir el aluminio en líquido.

## **7.7. Fábrica de envases de vidrio**

Son las encargadas de fabricar envases a través de materias primas que se encuentran en la corteza terrestre como arena sílice, feldespato, piedra caliza, soda *ash* y una proporción de vidrio post consumo. Estos materiales son fundidos en hornos, alcanzando una temperatura de fusión de 1500 grados centígrados y vertidos en moldes para darles la forma final del producto a fabricar, como envases, vasos, frascos y cristalería.

El vidrio post consumo es todo aquel envase o parte de ellos que han llegado al fin de su ciclo de vida útil y que es recuperado y aprovechado como materia prima a través de la logística inversa, para la elaboración de nuevos envases de vidrio.

Según Navarro (2003) el vidrio ha existido en la naturaleza en forma rudimentaria desde que se formó la corteza terrestre, sirviéndose de él el hombre prehistórico por varios años antes de ser procesado por artesanos. Según el autor, gran parte de este vidrio es de origen volcánico, formado por distintas rocas eruptivas formadas de magma y que bajo condiciones ambientales se enfriaron sin cristalizar en especies minerales definidas, siendo las más representativas la obsidiana y la piedra pómez.

## **7.8. La industria del vidrio en Guatemala**

Grupo Vical es considerado un pionero en la fabricación de envases de vidrio que abastece al mercado Centroamericano, parte de Norteamérica y El Caribe con sus productos, destinados a la industria farmacéutica, licorera, alimenticia, cervecera y sodera.

En Guatemala la capacidad de sus hornos para fundir vidrio cuenta con una capacidad diaria de más de 400 toneladas métricas, produciendo más de 500 millones de diferentes tipos de envases. En su planta de fabricación puede producir envases cristalinos, verdes y ámbar según requerimientos y especificaciones del cliente y es pionero en utilizar el coloreado de envases de alta tecnología en la región.

La empresa tiene diversas líneas de producción, utilizando la más reciente tecnología de proveedores reconocidos en la fabricación de envases de vidrio en cada una de sus líneas, cumpliendo con los más altos estándares de calidad que exige el mercado.

El proceso inicia con la mezcla de arena sílice, feldespatos, carbonato de calcio, carbonato de sodio y cullet (pedacería de vidrio post consumo). Estos componentes se funden en un horno que funciona a base de bunker y se calienta hasta los 1500 grados centígrados hasta convertirlo en un hilo infinito de vidrio, mismo que se vierte en máquinas formadoras en donde a través de un proceso de prensado y aire comprimido, se le da la forma final del envase.

## **7.9. Tipos de logística**

Dependiendo de su naturaleza, es la parte responsable dentro de las empresas que se dedica a reunir los esfuerzos para administrar, abastecer y mantener el flujo constante de materiales para la elaboración de productos.

## **7.10. Definición de logística**

El autor sostiene que logística es “El proceso de administrar estratégicamente el flujo y almacenamiento eficiente de las materias primas, de

las existencias en proceso y de los bienes terminados del punto de origen al de consumo” (Lamb, Hair y Mcdaniel 2002, p.383)

Franklin y McGraw (2004, p.362) define la logística como “el movimiento de los bienes correctos en la cantidad adecuada hacia el lugar correcto en el momento apropiado”.

Farrel, Hirt, Adriaenséns, Flores y Ramos (2004) define la logística como un conjunto de operaciones importantes que engloba todas las actividades de obtención y la administración de componentes y materias primas, incluyendo el producto terminado, el empaque y distribución al consumidor final o cliente.

#### **7.11. Logística de almacenes**

Muñoz (2009) define la logística de almacenes como una unidad centralizada que monitorea y da seguimiento al manejo de inventarios y su almacenamiento, así como el seguimiento a los medios y métodos de producción y la correcta utilización de los medios a utilizar en el proceso de fabricación

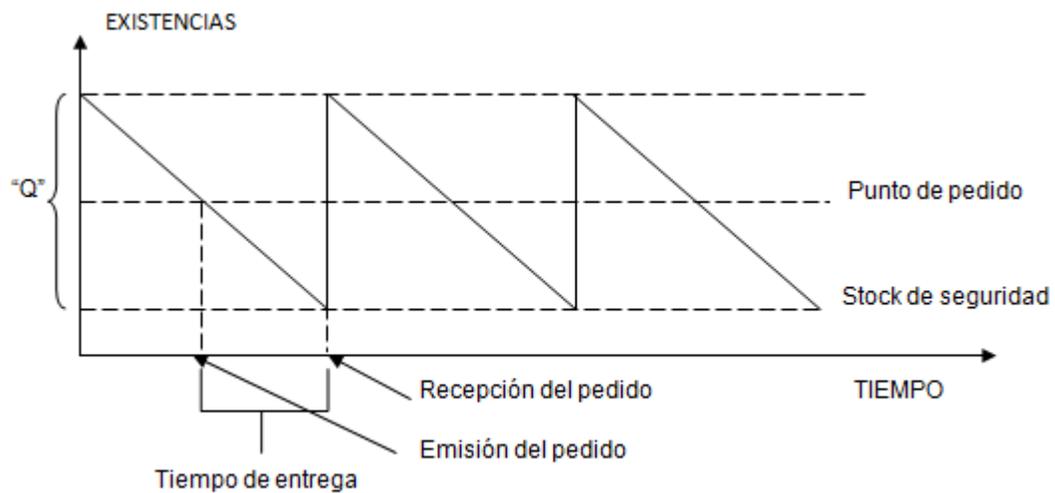
#### **7.12. Logística de aprovisionamiento**

López (2014) Define el adecuado control de pedidos como una de las actividades de mayor relevancia, así como su almacenaje y transporte para dar inicio al proceso de fabricación.

Su función primordial es abastecer a las fábricas con materia prima de calidad en el momento oportuno, con las cantidades precisas y en las condiciones de calidad idóneas que se necesitan para ser transformada y convertida en un nuevo producto.

Esta parte de la logística requiere de mucho análisis y control, para establecer los tiempos en que se debe solicitar los diferentes materiales a modo de tenerlos a tiempo, estableciendo fechas de pedidos, tiempos de entregas, niveles de reorden y niveles de stock con el fin de no crear desabastecimiento de materiales ni un inventario excesivo.

Figura 2. **Control de inventarios**



Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Visio 2019.

### 7.13. **Logística de fabricación**

López (2014, p.14) respecto a la logística de fabricación establece que “Es el proceso mediante el cual se transforman los materiales adquiridos en la fase anterior en productos terminados y disponibles para la venta”.

#### **7.14. Logística de distribución**

López (2014, p.14) indica que la logística de distribución se da “Cuando el producto ya ha sido elaborado y está disponible para la venta, se debe proceder a su almacenaje temporal y a su transporte hasta las instalaciones del cliente”.

#### **7.15. Logística ambiental o verde**

Nava Chacin (2015) establece que el objetivo principal de la logística ambiental es utilizar eficientemente los recursos y busca generar desarrollo en la economía enfocada en el uso responsable de la forma de almacenar, obtener y utilizar las materias primas, los procesos logísticos relacionados al transporte y la búsqueda de la protección del ambiente. Al combinar dichos esfuerzos con el apoyo del cliente, las empresas y el estado, se pueden formar alianzas estratégicas para su implementación y desarrollo sostenible.

#### **7.16. Logística inversa**

Cabeza (2012) establece que la logística inversa es el resultado de la correcta aplicación de actividades de la rama logística que incluye la recuperación de productos o parte de ellos, que una vez fueron usados y llegaron al final de su vida útil, se pueden valorizar maximizando su aprovechamiento como materias primas en un ciclo virtuoso.

La funcionalidad de esta logística está en función del tipo de empresa en la cual se aplique, pues puede tomar diferentes rumbos, dentro de los que podemos mencionar:

Reutilización: En el caso del envase de vidrio dentro de la logística inversa, se ha demostrado que pueden ser reutilizados hasta 40 veces a lo largo de su vida útil, pudiendo ser rellenados por los distintos embotelladores y puestos a disposición del consumidor final. Los productos envasados en botellas de vidrio reutilizables generan beneficios medioambientales y económicos, pues el costo unitario del envase se diluye en la cantidad de veces que dura su vida útil. En cuanto a la parte medioambiental, la fabricación de un envase retornable reduce el consumo de materia prima para la fabricación de otros 39 envases de otros tipos.

Reparación: se refiere a invertir esfuerzos en reparar parte del producto y ponerlo nuevamente a disposición del cliente. Este paso no aplica a envases de vidrio, pues no se puede sustituir partes dañadas.

Refabricación y restauración: se da cuando el producto elaborado tiene un alto grado de descomposición

Reciclaje: el objetivo principal de esta práctica es la recuperación de los residuos generados por un producto al final de su ciclo de vida útil y que pueden convertirse en materia prima para elaborar un nuevo producto.

En Guatemala el reciclaje de vidrio es una actividad que promueve el cuidado ambiental, la reducción de espacio físico en vertederos, la protección de yacimientos de materia prima virgen, la reducción de combustibles y emisiones de dióxido de carbono al ambiente, la generación de empleos directos e indirectos en la cadena logística de proveedores. La recuperación de vidrio post consumo ha sido un indicador del nivel de educación y conciencia ambiental de las personas, pues cerca de 5300TM de este material se recolectan mes a mes para

ser convertidos en nuevos envases, además se ha logrado recuperar el 90 % de los envases que se venden a nivel local.

Entender la logística inversa del vidrio es un tema que conlleva un análisis minucioso, pues se debe conocer e identificar patrones que afectan la recuperación de dicho material, como la estacionalidad, condiciones climáticas, estado de las carreteras, precios de los combustibles y precios de otros productos.

Disposición final en vertederos o incineradores: es la parte que pone fin al ciclo de vida de un producto. Aunque para realizar esta práctica en un vertedero se debe contar con la infraestructura adecuada, disponer de una planta de separación de desechos orgánicos para su respectivo compostaje y trabajar la parte inorgánica a través del reúso, reparación, restauración y reciclaje, dependiendo del tipo de material a trabajar. Cubrir con geomembrana o material aislante el suelo donde se dispondrá todos los materiales no valorizables a fin de evitar el derrame de lixiviados.

#### **7.17. Componentes de la cadena de suministros**

La cadena de abastecimientos o suministros es un tema que debe analizarse dentro de la empresa, a través de los diferentes productos que elabore, así es más sencillo establecer los componentes y niveles que se involucran directa o indirectamente en la fabricación de un producto, siendo éstos los proveedores, fabricantes y distribuidores.

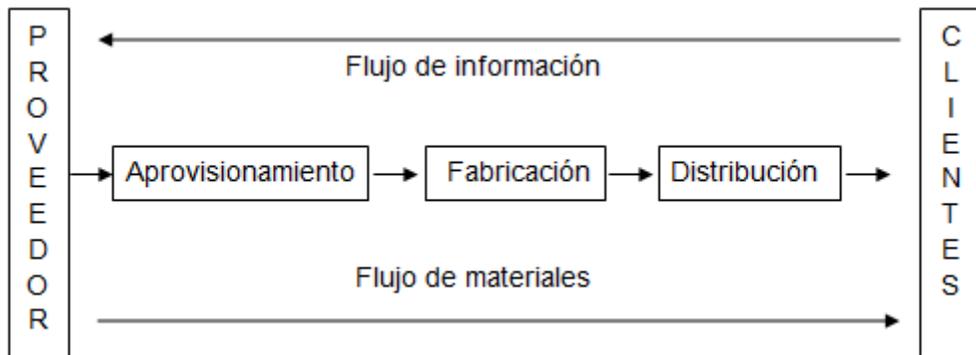
Proveedores: son proveedores de primer nivel los que se venden materia prima de manera directa al fabricante. En el caso de la logística inversa del vidrio, un proveedor de primer nivel es que realiza las entregas de material reciclado en

las diferentes plantas de producción, mientras que un proveedor de segundo nivel es el recolector que se encarga de recuperar el vidrio post consumo en vertederos, tiendas y restaurantes para ser comercializado con el proveedor de primer nivel.

Fabricantes: se define como el ente que transforma la materia prima a través de distintos procesos manuales, automatizados o una mezcla de ambos, en un producto terminado, con la necesidad de abastecer las necesidades insatisfechas de un mercado objetivo.

Distribuidores: son los encargados de transportar el producto terminado de manera íntegra y segura hacia el consumidor final. La distribución puede ser hacia mayoristas, cuando se vende hacia otro distribuidor, o minoristas, cuando se venden los productos fabricados hacia el consumidor final.

Figura 3. **Proceso logístico**



Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft PowerPoint 365.

### **7.18. Métodos estadísticos para la elaboración de pronósticos**

Son herramientas que analizan el comportamiento de una serie de datos históricos con la finalidad de poder predecir su comportamiento futuro, analizando diferentes formas, patrones, familias y tendencias.

### **7.19. Definición de pronósticos**

Villareal (2016) define los pronósticos como la estimación de un evento futuro a través del análisis de factores variables de forma cualitativa o cuantitativa, estos datos pueden ser actuales o del pasado.

Hanke y Wichern (2010) indica que, para poder llevar a cabo un pronóstico, se debe utilizar experiencias obtenidas en el pasado, suponiendo que los datos que se obtuvieron bajo ciertas condiciones pueden replicarse en el futuro.

### **7.20. Pasos para desarrollar pronósticos**

Hanke y Wichern (2010) definen una serie de pasos a analizar para desarrollar un pronóstico, tomando como base el análisis de la historia de la variable en estudio.

- Recopilación de datos y formulación del problema: se refiere a la identificación del problema a analizar y la verificación de los datos históricos correctos. Si no se cuenta con el acceso a la historia de los datos de la variable, es necesario utilizar un método de forma cualitativa.

- Limpieza de datos: se refiere a establecer un tamaño óptimo de datos, para no tener mucha o muy poca información, verificar que estén en la misma unidad de medida y que pertenezcan al mismo tipo y familia de datos a ser analizados.
- Elaboración del modelo y evaluación: es la etapa donde se ajustan los datos históricos al modelo con el fin de minimizar el error de estimación.
- Implementación del modelo: es la etapa en que se genera el modelo estadístico después de obtener y limpiar los datos que no son relevantes al modelo en estudio.
- Evaluación del pronóstico: se refiere a establecer indicadores estadísticos como el valor absoluto del error de estimación y la desviación estándar, que sirven como retroalimentación del método implementado.

### **7.21. Pronósticos cualitativos**

Gallegos (2013) establece que los métodos para la elaboración de pronósticos cualitativos se deben utilizar cuando no se tiene una base de datos históricos, asimismo se emplean para realizar pronósticos a largo plazo.

Villareal (2016) por su parte, establece que para los métodos cualitativos para la realización de pronósticos se utilizan cuando el valor a pronosticarse no se puede cuantificar y se debe involucrar el juicio de personas expertas en el tema a analizar.

### **7.21.1. Método Delphi**

Gallegos (2013) en su estudio indica que es un método de consenso que busca reunir a un grupo de expertos para generar pronósticos sobre el tema que se esté evaluando, pero sin tener contacto entre los participantes. Su finalidad es retroalimentar a los expertos y ayudarles a minimizar la variabilidad de los pronósticos en cada etapa del proceso a través del cálculo cuartiles y mediana a través de análisis estadísticos.

Por su parte Gutiérrez (2013), afirma que el método Delphi “busca rescatar la ventaja del consenso de panel, pero trata de disminuir el sesgo en el resultado final, al establecer la mecánica de que los expertos elegidos para analizar las variables, sean anónimos y no interactúen”.

### **7.21.2. Modelo de analogía histórica**

Gallegos (2013) propone el aprovechamiento de la experiencia generada en un mercado y tomarla como base de estudio para implementarla en uno nuevo, analizando el comportamiento del primero y tratar de predecir el grado de acercamiento en el nuevo mercado.

## **7.22. Pronósticos de forma cuantitativa**

Villareal (2016) nos indica que cuando se cuenta con el acceso a la historia de datos de una variable, y esta historia es posible cuantificarla y establecer patrones de conducta, entonces es posible predecirla en el futuro. Si la variable cuenta con dichas características entonces puede definirse como variable cuantitativa y se puede desarrollar un pronóstico a través de su estudio.

### 7.23. Promedio simple

Villareal (2016) establece que para la utilización del método de promedio móvil simple se debe utilizar como pronóstico del siguiente periodo, el promedio de los k valores de la serie de datos históricos más recientes.

Hanke y Winchern (2006) afirma que el promedio simple se puede utilizar cuando la serie de datos que se va a pronosticar proviene de factores que se encuentran estables y sin cambios.

Figura 4. Promedio móvil simple

$$Y_{t+1} = (Y_t + Y_{t-1} + \dots + Y_{t-k+1}) / k$$

Donde  
 $Y_{t+1}$  = valor pronosticado del siguiente periodo  
 $Y_t$  = valor real en el periodo  $t$   
 $k$  = número de términos en el promedio móvil

Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Word 365.

### 7.24. Promedio móvil ponderado

Según Villareal (2016) para desarrollar un pronóstico a través del método del promedio móvil ponderado, se debe asignar un peso a cada valor estudiado, asignándole mayor valor a los datos más recientes.

Como ejemplo podemos desarrollar un pronóstico de venta de un artículo, cuyos valores de venta están dados de la siguiente manera: 20,000 unidades para la semana 1, 22,000 unidades para la semana 2 y 24,000 unidades para la

semana 3. Asignaremos el triple del peso al dato de la tercera semana por ser la más reciente, el doble de peso a la segunda semana y así sucesivamente.

Por lo tanto, el pronóstico para la semana 4 estará dado de la siguiente manera:

$$P_{(4)} = 3/6*(24,000)+2/6*(22,000)+1/6*(20,000)$$

$$P_{(4)} = 22,667 \text{ unidades.}$$

## 7.25. Modelo de suavización exponencial

Villareal (2016) indica que, para la elaboración de pronósticos a través del modelo de suavización exponencial, debe utilizarse el promedio ponderado de la historia pasada de un conjunto de datos para los siguientes periodos  $t+1$ .

En este modelo se aconseja utilizar valores para alfa " $\alpha$ " que sean mayores a cero y menores a uno, tomando como valor de prueba el que se encuentre más cercano a 1, ya que el error de estimación lo establece la variabilidad aleatoria del modelo.

La ecuación del modelo de suavización exponencial está dada de la siguiente manera:

$$F_{t+1} = \alpha Y_t + (1 - \alpha)F_t$$

Para valores  $0 \leq \alpha \leq 1$

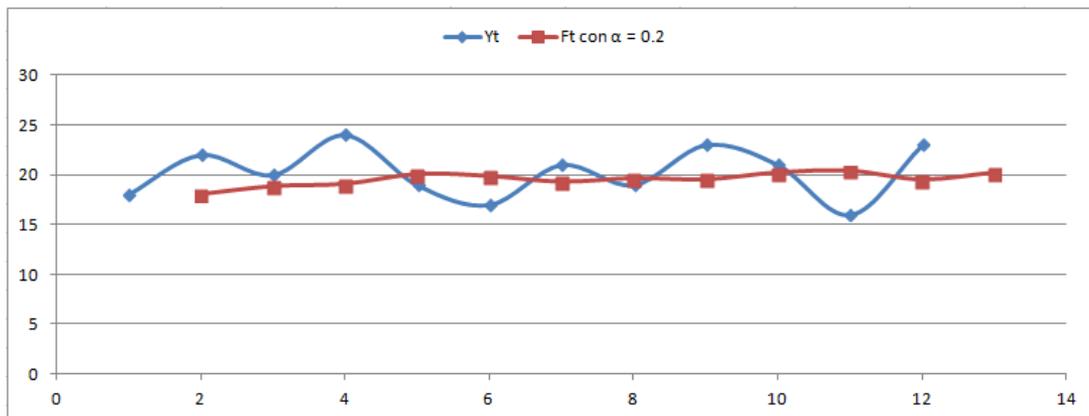
Comenzando con  $F_1 = Y_1$

Tabla I. **Ejemplo de modelo de suavización exponencial**

t	Yt	$F_{t+1} = \alpha Y_t + (1 - \alpha) F_t$	error
1	18		
2	22	18.00	4.00
3	20	18.80	1.20
4	24	19.04	4.96
5	19	20.03	-1.03
6	17	19.83	-2.83
7	21	19.26	1.74
8	19	19.61	-0.61
9	23	19.49	3.51
10	21	20.19	0.81
11	16	20.35	-4.35
12	23	19.48	3.52
13		20.18	
$\alpha$		0.2	
$(1-\alpha)$		0.8	

Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Excel 365.

Figura 5. **Ejemplo de suavización exponencial**



Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Excel 365.

## 7.26. Método Holt

Hanke y Wichern (2010) indican que para utilizar el método Holt se necesita suavizar la pendiente y el nivel actual a través de constantes que se adaptan al modelo en el tiempo conforme se obtienen observaciones nuevas y le dan un grado óptimo de flexibilidad y veracidad.

El método Holt para la elaboración de pronósticos establece tres ecuaciones que se detallan a continuación:

- Ecuación para la serie suavizada de manera exponencial o nivel actual estimado

$$L_t = \alpha Y_t + (1-\alpha)(L_{t-1} + T_{t-1})$$

- Ecuación para estimar la tendencia

$$T_t = \beta(L_t - L_{t-1}) + (1-\beta)T_{t-1}$$

- Ecuación del pronóstico en el periodo  $p$

$$\hat{Y}_{t+p} = L_t + pT_t$$

Donde

$L_t$  = Es el valor actual del nivel suavizado

$\alpha$  = Constante para estimar la suavización ( $0 < \alpha < 1$ )

$Y_t$  = Nuevo valor generado para el periodo  $t$

$\beta$  = Constante para suavizar la tendencia ( $0 < \beta < 1$ )

$T_t$  = Estimación del valor de la tendencia  
 $p$  = Periodos en el futuro a ser pronosticados  
 $\hat{Y}_{t+p}$  = Pronóstico para el periodo  $p$  en el futuro

Tabla II. Ejemplo de método Holt

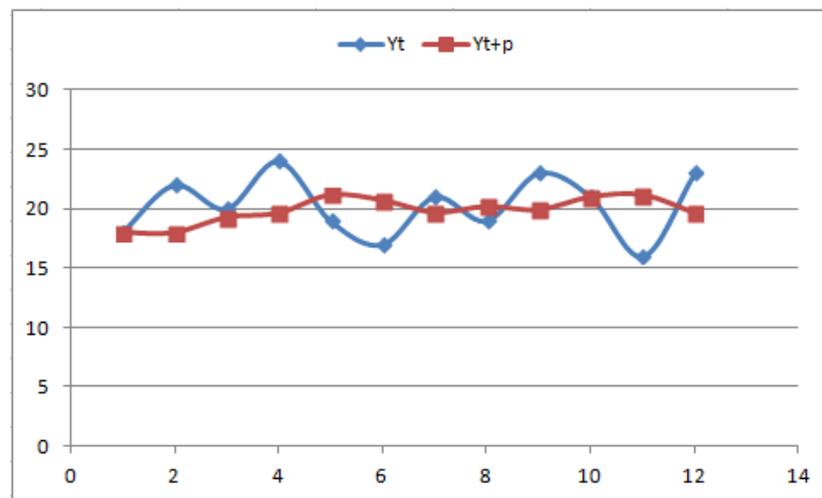
t	Yt	$L_t = \alpha Y_t + (1-\alpha)(L_{t-1} + T_{t-1})$	$T_t = \beta(L_t - L_{t-1}) + (1-\beta)T_{t-1}$	$\hat{Y}_{t+p} = L_t + pT_t$	e
1	18	18.0	0	18	0.0
2	22	19.2	0.1	18	4.0
3	20	19.5	0.1	19.3	0.7
4	24	21.0	0.3	19.7	4.3
5	19	20.6	0.2	21.2	-2.2
6	17	19.6	0.1	20.8	-3.8
7	21	20.1	0.1	19.7	1.3
8	19	19.9	0.1	20.2	-1.2
9	23	20.9	0.2	20.0	3.0
10	21	21.0	0.2	21.1	-0.1
11	16	19.7	0.0	21.2	-5.2
12	23	20.7	0.1	19.7	3.3

$\alpha$	0.3	$\beta$	0.1
$1-\alpha$	0.7	$1-\beta$	0.9

Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Excel 365.

Figura 6. Ejemplo de método Holt



Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Excel 365.

## 7.27. Método Winter o de suavización múltiple

Hanke y Wichern (2010) establece que para este método es necesario determinar un índice estacional que sirva de suavizamiento para valores actuales y anteriores de  $Y_t$  y  $L_t$ , los cuales deben usarse multiplicativamente para poder considerar valles y picos que se forman de manera estacional en la serie de datos y así poder ajustarse al pronóstico.

Para el desarrollo del método de suavización múltiple o *winter*, se detallan las siguientes ecuaciones

- Ecuación suavizada exponencialmente

$$L_t = \alpha(Y_t/S_{t-s}) + (1-\alpha)(L_{t-1} + T_{t-1})$$

- Ecuación para calcular la tendencia

$$T_t = \beta(L_t - L_{t-1}) + (1-\beta)T_{t-1}$$

- Ecuación para los valores de estacionalidad

$$S_t = \gamma(Y_t/L_t) + (1-\gamma)S_{t-s}$$

- Ecuación del pronóstico futuro en el periodo p

$$\hat{Y}_{t+p} = (L_t + pT_t)S_{t-s+p}$$

Donde

$L_t$  = Estimación suavizada actual del nivel

$\alpha$  = Constante para suavizar el primer nivel, debe estar entre cero y uno

$Y_t$  = Valor real en el periodo "t"

$\beta$  = Constante de suavización de tendencia con valores entre cero y uno

$T_t$  = Estimación para la tendencia

$\gamma$  = Constante de suavización estacionalidad entre cero y uno.

$S_t$  = Estimado de la estacionalidad

$p$  = Cantidad de periodo a pronosticarse

$s$  = Longitud de la estacionalidad

$\hat{Y}_{t+p}$  = Pronóstico futuro en el periodo p

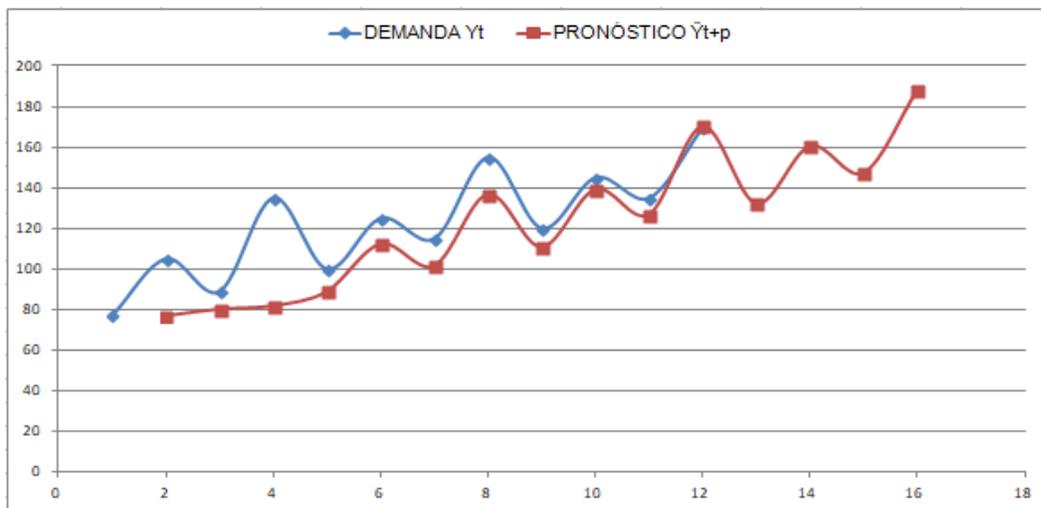
Se deben asignar valores subjetivos para las constantes de suavización  $\gamma$ ,  $\alpha$ , y  $\beta$ , así como asignar el valor de  $Y_t$  al primer valor de  $L_t$ . Igualamos a cero la tendencia  $T_t$  y cada valor del índice estacional  $S_t$  se iguala a 1.

Tabla III. Ejemplo del método *Winter*

t	Yt	Lt	Tt	St	$\hat{Y}_{t+p}$	E=Yt- $\hat{Y}_{t+p}$
-2				1		
-1				1		
0				1		
1	77	77	0	1		
2	105	80	1	1.2	77	28.0
3	89	81	1	1.1	80	8.6
4	135	87	2	1.4	82	53.0
5	100	90	2	1.1	89	10.9
6	125	93	2	1.3	113	12.5
7	115	97	2	1.2	102	13.2
8	155	100	3	1.5	137	17.9
9	120	104	3	1.1	111	9.0
10	145	107	3	1.3	139	5.5
11	135	111	3	1.2	127	7.9
12	170	114	3	1.5	171	0.6
13	PRONÓSTICO				132	15
14					161	
15					148	
16					189	
DAM						
	$s$	4				
	$\alpha$	0.1				
	$\beta$	0.2				
	$\gamma$	0.7				

Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Excel 365.

Figura 7. Método *Winter*



Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Excel 365.

## 8. PROPUESTA DEL ÍNDICE DE CONTENIDO

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

LISTA DE SÍMBOLOS

GLOSARIO

RESUMEN

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

OBJETIVOS

HIPÓTESIS

RESUMEN DE MARCO TEÓRICO

INTRODUCCIÓN

### 1. MARCO TEÓRICO

- 1.1. Industria de fábrica de envases
  - 1.1.1. Definición de envase y embalaje
  - 1.1.2. Niveles de envases o empaques
  - 1.1.3. Clasificación y tipos de envases
  - 1.1.4. Fábrica de envases de plástico
  - 1.1.5. Fábrica de envases de aluminio
  - 1.1.6. Fábrica de envases de vidrio
  - 1.1.7. La industria del vidrio en Guatemala
- 1.2. Tipos de logística
  - 1.2.1. Definición de logística
  - 1.2.2. Logística de almacenes
  - 1.2.3. Logística de aprovisionamiento
  - 1.2.4. Logística de fabricación

- 1.2.5. Logística de distribución
- 1.2.6. Logística ambiental o verde
- 1.2.7. Logística Inversa
- 1.2.8. Componentes de la cadena de suministros
- 1.3. Métodos estadísticos para la elaboración de pronósticos
  - 1.3.1. Definición de pronósticos
  - 1.3.2. Pasos para desarrollar pronósticos
  - 1.3.3. Pronósticos cualitativos
    - 1.3.3.1. Método Delphi
    - 1.3.3.2. Modelo de analogía histórica
- 1.4. Pronósticos de forma cuantitativa
  - 1.4.1. Promedio Simple
  - 1.4.2. Promedio móvil ponderado
  - 1.4.3. Modelo de suavización exponencial
  - 1.4.4. Método Holt
  - 1.4.5. Método Winter o de suavización múltiple

## 2. DESARROLLO DE LA INVESTIGACIÓN

## 3. PRESENTACION DE RESULTADOS

## 4. DISCUSIÓN DE RESULTADOS

CONCLUSIONES

RECOMENDACIONES

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

REFERENCIAS

ANEXOS

## **9. METODOLOGIA DE LA INVESTIGACIÓN**

La investigación descrita en este documento utiliza un enfoque mixto, tiene un alcance descriptivo y diseño no experimental, con una ocurrencia prospectiva y retrospectiva. La recolección de los datos es de tipo longitudinal.

### **9.1. Diseño**

Se ha trabajado bajo un diseño no experimental, registrando los datos de forma prospectiva en el desarrollo de la investigación bajo un análisis retrospectivo de los datos históricos de la recuperación del vidrio post consumo en la logística inversa del vidrio, con el fin de identificar patrones de estacionalidad, tendencia, precio de otros productos y otras variables que intervienen en la elaboración de pronósticos.

### **9.2. Enfoque**

El enfoque es mixto ya que se compone de un análisis cuantitativo y cualitativo. En la parte cuantitativa se analizan datos históricos de recuperación de vidrio post consumo en la logística inversa del vidrio, y en la parte cualitativa se analizan todos los factores que afectan directamente el pronóstico de recuperación.

### **9.3. Tipo**

Según el periodo de investigación, el estudio es de tipo mixto retrospectivo, pues se analizan datos históricos de recuperación de vidrio post consumo de la logística inversa del vidrio desde 2021 hasta el año 2022.

### **9.4. Alcance**

El alcance de la investigación es descriptivo, pues se pretende analizar el comportamiento de la recuperación del vidrio post consumo a través de la logística inversa, asimismo determinar el impacto financiero y el error de estimación al utilizar una herramienta estadística en la elaboración de pronósticos.

### **9.5. Variables e indicadores**

Las variables que en esta investigación se analizan son conceptuales y operacionales, pues permiten realizar con sus valores estimaciones de tipo matemático y estadístico, también son de tipo cuantitativo continuo al admitir valores intermedios en su cálculo.

Se consideran tres variables conceptuales y operacionales.

- Diagnóstico de la situación en ejecución de la recuperación de vidrio post consumo.

Esta variable de tipo cuantitativo continuo y se define en la fase de análisis del proceso en ejecución. Es una variable independiente al formar parte del modelo en ejecución y se asocia un indicador.

- Productividad del centro de recepción de vidrio post consumo.
- Aplicación del método estadístico para la logística inversa del vidrio post consumo.

Esta variable de tipo cuantitativo continuo y se desarrolla en la fase de análisis de la propuesta. Es una variable dependiente que se va a medir en función de las variables independientes y se asocia un indicador.

- Eficiencia del modelo estadístico de recuperación de vidrio post consumo
- Evaluación del método estadístico aplicado para la recuperación de vidrio post consumo

Esta variable de tipo cuantitativo continuo y se desarrolla en la fase final de la investigación, en donde se presenta el mejor método estadístico para la elaboración de pronósticos de recuperación de vidrio post consumo en la logística inversa. Es una variable independiente y se asocia un indicador.

- Nivel de cumplimiento del pronóstico.

## **9.6. Operativización de variables**

En la tabla IV se puede apreciar la operativización de las variables a analizar en esta investigación.

Tabla IV. **Operativización de variables**

NOMBRE DE LA VARIABLE	TIPO DE VARIABLE	INDICADOR	TECNICA DE RECOLECCION
Diagnóstico de la situación en ejecución de la recuperación de vidrio post consumo.	Conceptual y operacional, de tipo cuantitativo continuo. Variable independiente	1. Productividad del centro de recepción de vidrio post consumo.  (TM pronosticadas)/(TM recuperadas)	Observación Análisis de datos históricos Revisión de TM pronosticadas Revisión de TM recuperadas
Aplicación del método estadístico para la logística inversa del vidrio post consumo.	Conceptual y operacional, de tipo cuantitativo continuo. Variable dependiente	1. Eficiencia del modelo estadístico de recuperación de vidrio post consumo.  (costo de TM de materia prima virgen)*TM adicional al pronóstico  (costo de TM de materia prima virgen)*TM adicional al pronóstico	Observación Estimación de costo beneficio por TM adicional Estimación de costo beneficio por TM faltante
Evaluación del método estadístico aplicado para la recuperación de vidrio post consumo	Conceptual y operacional, de tipo cuantitativo continuo. Variable independiente	2. Nivel de cumplimiento del pronóstico.  (1-((TM pronosticadas-TM recuperadas)/TM pronosticadas))*100	Observación Análisis de reportes de pronósticos de TM Análisis de reportes de TM recuperadas

Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Excel 365.

## 9.7. Fases de la investigación

La investigación se compone de 4 fases:

- Fase 1: revisión documental:
  - En las primeras seis semanas se realizarán encuestas, entrevistas y revisión documental de la metodología de operación para la elaboración de pronósticos, con la finalidad de recabar información inicial para desarrollar la investigación.
  - Durante las primeras dos semanas se considera realizar encuestas al personal del departamento de Reciclaje para evaluar y conocer el grado de cumplimiento de los

pronósticos de recuperación de vidrio post consumo versus los ingresos reales.

- En las siguientes dos semanas se realizan entrevistas al personal de Reciclaje de los diferentes países de la corporación para conocer y comprender las metodologías y procedimientos que utilizan en la elaboración de sus pronósticos de recuperación.
  - En las siguientes dos semanas se realizará revisión documental para conocer los datos históricos de recuperación de vidrio post consumo y empezar a analizar comportamientos y tendencias.
- Fase 2: diagnóstico
    - Durante seis semanas se realizará una fase de observación, experiencias, consultas y documentación de hallazgos, con la finalidad de entender la forma en que aplican sus metodologías para recuperar vidrio post consumo y la forma en que éste llega a sus patios de almacenaje.
    - Durante las primeras dos semanas se realizarán observaciones en patios de almacenaje junto al supervisor de calidad, con el fin de establecer patrones y promedios de entrega y determinar el comportamiento del pronóstico de recuperación de vidrio post consumo en el transcurso del tiempo.

- En las siguientes dos semanas se realizará una fase de consultas y experiencias tanto al departamento que realiza los pronósticos, como al personal de materias primas para evaluar la repercusión de las incertezas en la elaboración de los mismos.
- En la última semana se realizará la documentación de los hallazgos para su posterior análisis.
- Fase 3: definición del método estadístico
  - Durante once semanas se llevará a cabo la definición del método estadístico a aplicar para la elaboración de pronósticos de recuperación de vidrio post consumo a través de la logística inversa, analizando diferentes métodos estadísticos que generen el menor porcentaje de estimación acumulado.
    - Durante las primeras tres semanas se realizará el análisis documental de los datos investigados, determinando patrones de comportamientos, tendencias y estacionalidades que generan los métodos estadísticos.
    - En las siguientes cuatro semanas se realizará el diseño de la propuesta para la elaboración de pronósticos de recuperación de vidrio post consumo en la República de Guatemala.
    - En las últimas cuatro semanas se realizarán conclusiones del método estadístico propuesto.

- Fase 4: Evaluación del impacto financiero
  - Durante las últimas cinco semanas se realizará la evaluación del impacto financiero de la implementación del método estadístico para la elaboración de pronósticos de recuperación del vidrio post consumo.
    - Durante las dos primeras semanas se realizará el análisis de datos, evaluando el impacto financiero que tendrá el método estadístico propuesto a través de los excedentes o faltantes generados por el mismo.
    - En las siguientes dos semanas se discutirán los resultados obtenidos, analizando el método a través de estudios de costo beneficio en los escenarios que puedan generarse.
    - En la última semana se realizará un informe con las recomendaciones y conclusiones del modelo aplicado a las personas involucradas para que sirva de herramienta en la toma de decisiones.

## **9.8. Población y muestra**

La población total comprende 12 colaboradores que laboran y tienen relación directa con el departamento que elabora el pronóstico de recuperación de vidrio post consumo, para la elaboración de envases de vidrio.

Aplicando el análisis de muestreo estadístico con un nivel de confianza del 95 % y con un error del 5 % se calcula el tamaño de la muestra:

$$n = \frac{N\sigma^2Z^2}{(N - 1) * e^2 + \sigma^2Z^2} = 11.67$$

Donde:

n= tamaño de la muestra

N= tamaño de la población

$\sigma$ = desviación estándar de la población (0.5 por convención)

Z= tipificación del nivel de confianza de la distribución normal, para este caso 1,96

e= error de la muestra (0,05 por convención)

Tabla V. **Cálculo de muestra**

Variable	Valor
N=	12
Z=	1.96
$\sigma$ =	0.5
e=	0.05
n=	11.67
n=	12

Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Excel 365.

Tomando en consideración los datos planteados en el problema en investigación, se decide trabajar con el total del de la muestra pues no existe una variación significativa.

## 10. TÉCNICAS DE ANÁLISIS DE INFORMACIÓN

Para el desarrollo del análisis de la información recolectada se utilizará la disciplina de estadística descriptiva, ya que ésta se encarga de recopilar la historia de datos, tabulación y almacenamiento ordenado conforme a tablas y gráficos para que su comprensión sea más entendible.

Para el análisis de la investigación, se utilizarán los datos históricos de recuperación de vidrio post consumo en Guatemala a través de la logística inversa, analizando comportamientos, tendencias y factores estacionales.

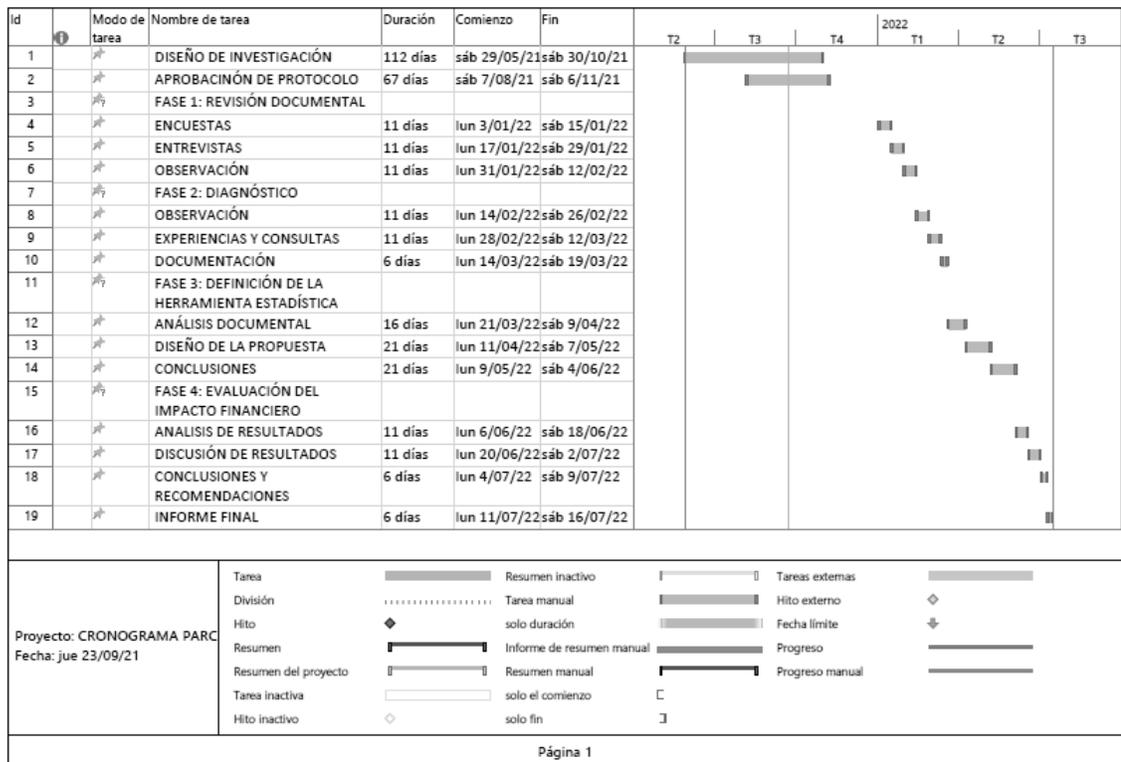
Con la aplicación de la estadística descriptiva se realizará el cálculo de la desviación estándar, la media y los promedios de recuperación mensual de vidrio post consumo, para determinar la forma en que se comportan los pronósticos de recuperación y el grado de cumplimiento.

Para ordenar la información de la historia de los datos de recuperación, el análisis numérico se desarrollará a través del programa de Microsoft Office Excel, el cual ayuda a tabular, ordenar y analizar su comportamiento. Se utilizará también Microsoft Office Word para la parte documental de los hallazgos y así poder concluir y dar las recomendaciones pertinentes de la investigación.



## 11. CRONOGRAMA

Figura 8. Cronograma de actividades



Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Project 2019.



## **12. FACTIBILIDAD DEL ESTUDIO**

### **12.1. Recursos**

Para desarrollar el estudio de investigación se identifican los recursos a ser utilizados y se clasifican de la siguiente manera:

### **12.2. Recursos humanos**

- Personal administrativo del departamento de Reciclaje
- Personal administrativo y operativo del departamento de Materias Primas
- Estudiante que desarrollará el estudio de investigación
- Asesor del estudio de investigación

### **12.3. Recursos físicos**

- Laptop
- Impresora
- Tinta para impresora
- Hojas de papel bond
- Bolígrafos
- Folder y ganchos
- Teléfono con internet

#### 12.4. Recursos financieros

En la tabla VI se pueden apreciar a detalle los recursos financieros necesarios para el estudio.

Tabla VI. Presupuesto

DESCRIPCIÓN	Unidades	Costo unitario	Costo total
<b>Recursos Humanos</b>			
Honorarios del asesor (ad honorem)	1	Q -	Q -
Honorarios del estudiante por fase	4	Q 1,000.00	Q 4,000.00
<b>Recursos Materiales</b>			
Tinta para impresora (juego de cartuchos)	2	Q 70.00	Q 140.00
Hojas de papel bond (resmas)	2	Q 60.00	Q 120.00
Bolígrafos	3	Q 4.00	Q 12.00
Folder	3	Q 1.00	Q 3.00
Ganchos	3	Q 1.00	Q 3.00
Impresiones	200	Q 0.50	Q 100.00
<b>Servicios</b>			
Teléfono celular con servicio de internet por i	6	Q 500.00	Q 3,000.00
<b>Imprevistos</b>			
	2	Q 200.00	Q 400.00
<b>Total</b>			<b>Q 7,778.00</b>

Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Excel 365.

El desarrollo del estudio de investigación será financiado al 100 % por el investigador.

### 13. REFERENCIAS

1. Cabeza, D. (2012). Logística inversa en la gestión de la cadena de suministro. España: Marge books.
2. Durán, Y. (Junio, 2012). Administración del inventario: elemento clave para la optimización de las utilidades en las empresas. *Visión gerencial*, 1(1), 55-78.
3. Fantoni, A. (2003). *Envase y embalaje: (la venta silenciosa)*. España: Esic Editorial.
4. Farrel, O., Hirt, G., Tamos, L., Adriaenséns, M., y Flores, M. (2004). *Introducción a los negocios en un mundo cambiante*. México: McGraw-Hill.
5. Feitó, M. (Septiembre, 2020). La construcción de escenarios utilizando un sistema de inferencia difuso para la optimización estocástica del rediseño de la cadena de suministro de reciclaje. *Ingeniare. Revista chilena de ingeniería*, 28(3), 476-498.
6. Gallegos, J. (2013). *Métodos de pronósticos para negocios*. México: Editorial Digital del Tecnológico de Monterrey.
7. Gutiérrez, A. (2013). *Manual de pronósticos para la toma de decisiones*. México: Editorial Digital del Tecnológico de Monterrey.

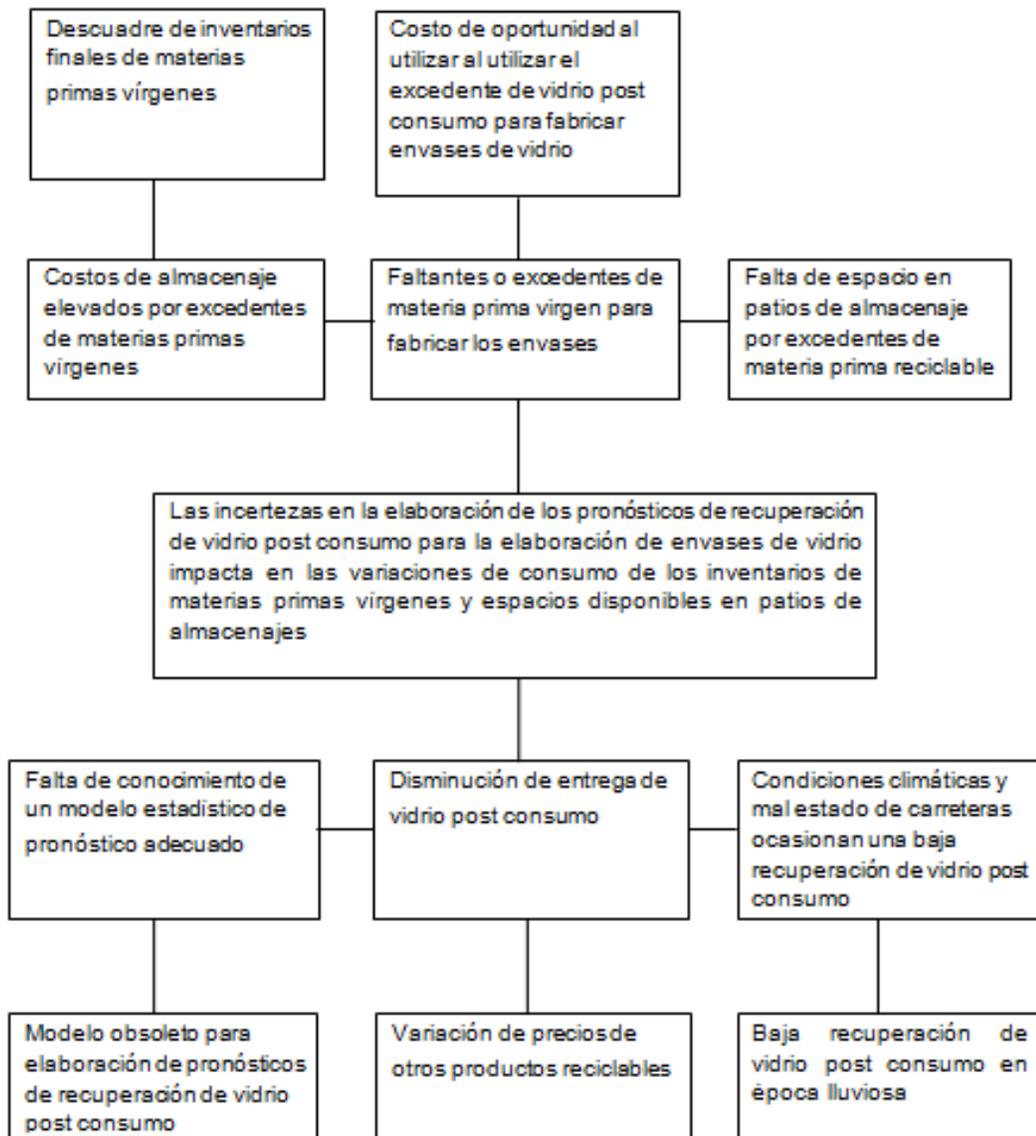
8. Hanke, J. E., y Wichern, D. W. (2010). *Pronósticos en los negocios*. México: Pearson educación.
9. Lamd, C., Hair, J., y Mcdaniel, C. (2002). *Marketing*. México: Internacional Thomson Editores S.A.
10. López Fernández, R. (2014). *Logística de aprovisionamiento*. España: Ediciones Paraninfo, S.A.
11. Marco, E. (2009). *Guía de acondicionamiento y Embalaje*. Perú: Siicex.
12. Muñoz, R. (2009). *Libro de logística de almacenes*. (Tesis de licenciatura). Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua, Nicaragua.
13. Nava, J. y Abreu, Y. (Diciembre, 2015). *Logística Verde y Economía Circular*. *Daena: International Journal of Good Conscience*, 10(3), 80-91.
14. Navarro, J. (2003). *El Vidrio*. España: Editorial CSIC-CSIC Press.
15. Ospina, J. (2015). *Fundamentos de envases y embalajes*. Colombia: Educosta.
16. Poveda, J., y Lozano, M. (1990). *Establecimiento de un modelo de producción para una fábrica de envases plásticos y sus accesorios*. (Tesis de licenciatura). Universidad Autónoma de Occidente, Colombia.

17. Sánchez, J. (1994). Marketing: el envase. España: Tecsim SA.
18. Segura, L., Martínez, A. y Cruz, D. (2018). Aplicación de Holt-Winters para pronósticos de inventarios. [Mensaje de un blog]. Recuperado de <http://cienciauanl.uanl.mx/?p=7948#:~:text=El%20m%C3%A9todo%20Holt%2DWinters%20es,de%20pron%C3%B3sticos%20a%20corto%20plazo.>
19. Villareal, F. (Septiembre, 2016). Introducción a los Modelos de Pronósticos. Universidad Nacional Del Sur, 1(1), 1-121.



## 14. APÉNDICES

### Apéndice 1. Árbol del problema



Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Visio 2019.

## Apéndice 2. Matriz de coherencia

Tema	Título	Problema	Pregunta central	Preguntas secundarias	Objetivo guía	Objetivos específicos
Modelo estadístico de pronósticos para la logística inversa del vidrio post consumo	Aplicación de un modelo estadístico de pronósticos para la logística inversa del vidrio post consumo de una empresa que fabrica envases, en la ciudad de Guatemala, utilizando el método Winter	Las incertezas en la elaboración de los pronósticos de recuperación de vidrio post consumo para la elaboración de envases de vidrio impacta en las variaciones de consumo de los inventarios de materias primas vírgenes y espacios disponibles en patios de almacenajes	¿cuál es el mejor modelo de elaboración de pronósticos para la recuperación de vidrio post consumo para la elaboración de envases de vidrio que nos genere un error mínimo acumulado?	<p>1. ¿cómo se realiza el pronóstico de recuperación de vidrio post consumo para la elaboración de envases de vidrio?</p> <p>2. ¿cuáles son los costos de almacenaje y costos de oportunidad en que se incurre a nivel empresarial cuando tenemos un excedente de material reciclado para la elaboración de envases de vidrio?</p> <p>3. ¿cómo se medirá la mejora a nivel de costos con la implementación del modelo de pronósticos propuestos para la recuperación de vidrio post consumo para la elaboración de envases de vidrio?</p>	Diseñar un modelo estadístico de pronósticos para la logística de recuperación y abastecimiento de vidrio post consumo para la elaboración de envases de vidrio	<p>1. Analizar la metodología de recuperación de vidrio post consumo para la elaboración de envases de vidrio a través de datos históricos pronosticados y recuperados.</p> <p>2. Definir una herramienta de estadística de recuperación de vidrio post consumo que nos permita minimizar los costos de almacenajes y costos de oportunidad en la elaboración de envases de vidrio.</p> <p>3. Evaluar el impacto financiero del modelo de pronóstico propuesto, para la recuperación de vidrio post consumo en la elaboración de envases de vidrio.</p>

Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Excel 365.