



**UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA**  
**SEDE CUENCA**  
**CARRERA DE INGENIERÍA AUTOMOTRIZ**

DESARROLLO DE UNA HERRAMIENTA INFORMÁTICA PARA LA GESTIÓN DE  
REPUESTOS COMO SOPORTE A LA MEJORA DEL PROCESO DE ADMINISTRACIÓN  
DE MANTENIMIENTO EN EL SECTOR AUTOMOTRIZ

Trabajo de titulación previo a la obtención  
del título de Ingeniero Automotriz

AUTORES: CHRISTIAN XAVIER ILLESCAS LUCERO

CARLOS EDUARDO VÉLEZ BUENO

TUTOR: ING. CRISTIAN LEONARDO GARCÍA GARCÍA, PhD.

Cuenca - Ecuador

2022

## **CERTIFICADO DE RESPONSABILIDAD Y AUTORÍA DEL TRABAJO DE TITULACIÓN**

Nosotros, Christian Xavier Illescas Lucero con documento de identificación N° 0106826548 y Carlos Eduardo Vélez Bueno con documento de identificación N° 0107475980; manifestamos que:

Somos los autores y responsables del presente trabajo; y, autorizamos a que sin fines de lucro la Universidad Politécnica Salesiana pueda usar, difundir, reproducir o publicar de manera total o parcial el presente trabajo de titulación.

Cuenca, 29 de junio del 2022

Atentamente,

---

Christian Xavier Illescas Lucero

0106826548

---

Carlos Eduardo Vélez Bueno

0107475980

**CERTIFICADO DE CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR DEL TRABAJO DE  
TITULACIÓN A LA UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA**

Nosotros, Christian Xavier Illescas Lucero con documento de identificación N° 0106826548 y Carlos Eduardo Vélez Bueno con documento de identificación N° 0107475980, expresamos nuestra voluntad y por medio del presente documento cedemos a la Universidad Politécnica Salesiana la titularidad sobre los derechos patrimoniales en virtud de que somos autores del Proyecto técnico: “Desarrollo de una herramienta informática para la gestión de repuestos como soporte a la mejora del proceso de administración de mantenimiento en el sector automotriz”, el cual ha sido desarrollado para optar por el título de: Ingeniero Automotriz, en la Universidad Politécnica Salesiana, quedando la Universidad facultada para ejercer plenamente los derechos cedidos anteriormente.

En concordancia con lo manifestado, suscribimos este documento en el momento que hacemos la entrega del trabajo final en formato digital a la Biblioteca de la Universidad Politécnica Salesiana.

Cuenca, 29 de junio del 2022

Atentamente,

---

Christian Xavier Illescas Lucero

0106826548

---

Carlos Eduardo Vélez Bueno

0107475980

## **CERTIFICADO DE DIRECCIÓN DEL TRABAJO DE TITULACIÓN**

Yo, Cristian Leonardo García García con documento de identificación N° 0103898318, docente de la Universidad Politécnica Salesiana, declaro que bajo mi tutoría fue desarrollado el trabajo de titulación: **DESARROLLO DE UNA HERRAMIENTA INFORMÁTICA PARA LA GESTIÓN DE REPUESTOS COMO SOPORTE A LA MEJORA DEL PROCESO DE ADMINISTRACIÓN DE MANTENIMIENTO EN EL SECTOR AUTOMOTRIZ**, realizado por Christian Xavier Illescas Lucero con documento de identificación N° 0106826548 y por Carlos Eduardo Vélez Bueno con documento de identificación N° 0107475980, obteniendo como resultado final el trabajo de titulación bajo la opción Proyecto técnico que cumple con todos los requisitos determinados por la Universidad Politécnica Salesiana.

Cuenca, 29 de junio del 2022

Atentamente,



---

Ing. Cristian Leonardo García García, PhD.

0103898318



### **Dedicatoria**

Mejorar en mi vida ha sido más fácil con las personas correctas que siempre tienen algo que enseñarme, algún consejo, un conocimiento y un fuerte deseo por superarse, es por ello que dedico este documento a Dios, a mis padres que sobre todas las cosas siempre ven algo bueno en mí y me fomentan a triunfar, a mis abuelitos que con su sabiduría nutren mi conocimiento con algo más que la universidad, a mi familia tan llena de bondad y a mis profesores que dedican su tiempo para sacar lo mejor de sus alumnos.

*Christian Xavier Illescas Lucero*

### **Dedicatoria**

Al haber atravesado dificultades y obstáculos en mi vida, puedo decir con orgullo que las personas que me han apoyado han sido pilares en mi progreso como persona, por ello dedico este documento a Dios que me ha brindado una maravillosa vida, a mi abuelita que mira desde el cielo y me sigue dando ese cariño que me hace avanzar, a mi madre que ha luchado por verme superarme a diario, a mi hermana que me da motivos para seguir luchando, a mi familia que siempre tiene algo de amor para dar y a los docentes que sin importar las circunstancias buscan la manera de enseñarnos a mejorar como personas y como profesionales.

*Carlos Eduardo Vélez Bueno*

## Resumen

El presente proyecto expone el desarrollo de una herramienta informática para la gestión de repuestos como soporte a la mejora del proceso de administración de mantenimiento en el sector automotriz implementando un modelo matemático.

El modelo es elegido mediante una escala de Likert de seis puntos (Permite optimización, determina el volumen adecuado, gráfica de resultados, priorización en función de la demanda, no requiere base de datos, adaptabilidad del modelo) de un grupo de posibles candidatos metodológicos, siendo el modelo Wilson el que se adapta al contexto operacional de la empresa con una valoración de 24.

Posteriormente, se realiza un levantamiento de información de datos referentes a los repuestos en una flota vehicular filtrándolos mediante un análisis de Pareto y obtener los de mayor demanda los cuales se dan en el mantenimiento periódico como cambios de aceite, filtros y focos siendo los más relevantes en todos los vehículos.

Consecutivamente el desarrollo de la herramienta cuenta con una interfaz cuyos módulos permiten el registro de entrada, salida y monitoreo del inventario, determinar la cantidad de pedido en distintas condiciones y costos que se consideran en la gestión con parámetros que puedan variarse según el proveedor a fin de que los usuarios puedan elegir la opción más conveniente.

Finalmente, para la validación de la herramienta se apoya del histórico de datos de repuestos de la empresa estimando una demanda media del registro anual previo a la fecha que se desea analizar, de este modo el usuario cuenta con datos de volumen de inventario y costos que involucran la adquisición y mantenimiento del repuesto los cuales serán relevantes para la toma de decisiones con la finalidad de administrar el repertorio de productos.

*Palabras Clave:* Gestión de Repuestos, modelo Wilson, flota vehicular, escala de Likert

### **Abstract**

This project presents the development of a computer tool for the management of spare parts to support the improvement of the maintenance management process in the automotive sector by implementing a mathematical model.

The model is chosen using a six-point Likert scale (Allows optimization, determines the appropriate volume, results graph, prioritization according to demand, does not require database, adaptability of the model) of a group of possible methodological candidates. being the Wilson model the one that adapts to the operational context of the company with a valuation of 24.

Subsequently, a survey of data information regarding spare parts in a vehicle fleet is carried out by filtering them through a Pareto analysis and obtain the highest demand which occur in periodic maintenance such as oil changes, filters and spotlights being the most relevant in all vehicles.

Consecutively the development of the tool has an interface whose modules allow the registration of entry, exit and inventory monitoring, determine the order quantity in different conditions and costs that are considered in the management with parameters that may vary according to the supplier so that users can choose the most convenient option.

Finally, for the validation of the tool is supported by the historical data of spare parts of the company estimating an average demand for the annual record prior to the date to be analyzed, in this way the user has data on inventory volume and costs that involve the acquisition and maintenance of the spare part which will be relevant for decision-making in order to manage the product repertoire.

*Keywords:* Spare Parts Management, Wilson model, vehicle fleet, Likert scale

## Índice

Introducción .....	xiii
Problema .....	xiv
Objetivos .....	xv
Objetivo General .....	xv
Objetivos Específicos.....	xv
1.    Capítulo 1 Modelos estadísticos Aplicables en la Gestión de Repuestos .....	1
1.1.    Inventarios, Gestión y Stocks .....	1
1.1.1.        Gestión de stocks .....	2
1.1.2.        Tipos de stocks.....	3
1.1.3.        Factores que intervienen en la gestión de stocks .....	5
Demanda. ....	6
Nivel de servicio. ....	6
1.1.4.        Costos.....	6
1.1.4.1.    Costos de adquisición.....	7
1.1.4.2.    Costos de emisión de pedidos. ....	7
1.1.4.3.    Costos de almacenaje. ....	7
1.2.    Metodología ABC/XYZ.....	8
1.2.1.        Análisis ABC .....	8
1.2.2.        Análisis XYZ .....	9
1.2.3.        Análisis ABC/XYZ.....	9
1.2.4.        Ventajas de la metodología ABC/XYZ .....	10
1.2.5.        Desventajas de la metodología ABC/XYZ.....	10
1.3.    Repuestos centrados en confiabilidad RCC.....	11

1.3.1.	Modelo de jerarquización de Repuestos “Repuestos Centrados en Confiabilidad (RCC)” .....	11
1.3.2.	Repuestos Centrado en Confiabilidad (RCC) .....	12
1.3.3.	Ventajas del modelo RCC.....	14
1.3.4.	Desventajas del modelo RCC .....	14
1.4.	Número óptimo de repuestos OCR (optimización costo – riesgo) .....	14
1.4.1.	Objetivo del modelo OCR .....	14
1.4.2.	Criterios que estudia el modelo OCR .....	15
1.4.3.	Recopilación de la información .....	16
1.4.4.	Ventajas del modelo OCR .....	17
1.4.5.	Desventajas del modelo OCR .....	17
1.5.	Simulación Monte Carlo .....	17
1.5.1.	Funcionamiento de la simulación Montecarlo .....	17
1.5.2.	Ventajas de la simulación Montecarlo.....	18
1.5.3.	Desventajas de la simulación Montecarlo.....	18
1.6.	Herramienta Máximos/Mínimos.....	18
1.6.1.	Nivel Máximo .....	19
1.6.2.	Nivel Mínimo.....	20
1.6.3.	Ventajas de la herramienta de máximos y mínimos .....	22
1.6.4.	Desventajas de la herramienta de máximos y mínimos .....	22
1.7.	Modelo Clásico Wilson.....	23
1.7.1.	Cantidad Económica de Pedido (EOQ). .....	23
	Costo de demanda o costo de intervención de cada orden de trabajo .....	24

Costo de adquisición o reaprovisionamiento. ....	25
Costos de almacenamiento o mantenimiento. ....	25
Cálculo de la cantidad económica de pedido considerando los costes de mantenimiento proporcionales a las unidades físicas en existencia por unidad de tiempo. ....	26
Fórmula de la cantidad económica de pedido en el modelo clásico Wilson de inventarios si el coste de mantenimiento viene expresado en porcentaje del valor monetario de las existencias en almacén. ....	30
1.7.2. Ventajas del Modelo Wilson.....	30
1.7.3. Desventajas del Modelo Wilson .....	31
1.8. Análisis comparativo de las metodologías aplicables.....	31
1.8.1. Análisis de resultados de las tablas.....	35
1.9. Aplicaciones del modelo seleccionado (Modelo Clásico Wilson) Sin Demora en Pedidos.....	37
1.9.1. Economías en escala y posibles castigos .....	37
1.9.2. Programa escalado de descuentos por cantidad .....	39
1.9.3. Economías de escala y varios proveedores.....	40
1.9.4. Entrega Uniforme.....	41
1.9.5. Costo Global considerando Tasa de Descuento.....	42
1.9.6. Convenios con el proveedor para anular costos de almacenamiento	
43	
2. Capítulo 2 Análisis de la Muestra de Datos para una Flota de Vehículos .....	45

2.1.	Levantamiento de datos y recopilación de la información .....	45
2.2.	Identificación de Flota Vehicular.....	46
2.2.1.	Camioneta Chevrolet LUV .....	47
2.2.2.	Camioneta Chevrolet LUV Dmax 2.5 - 3.0L 4x4.....	47
2.2.3.	Furgoneta Kia Pregio/2700 2003 .....	48
2.2.4.	Jeep Ford Expedition 2010 .....	49
2.2.5.	Jeep Nissan Patrol 2008/2001 .....	49
2.2.6.	Jeep Toyota Landcruiser .....	51
2.2.7.	Jeep Mitsubishi Montero 3p / 5p .....	51
2.2.8.	Jeep Chevrolet Rodeo .....	52
2.2.9.	Motocicleta Suzuki 125CC .....	53
2.3.	Identificación de los Repuestos .....	53
2.3.1.	Código.....	55
2.3.2.	Rotación de los Repuestos .....	55
2.3.3.	Análisis del vehículo Luv Dmax.....	56
2.3.4.	Análisis del vehículo Luv 4x4 .....	57
2.3.5.	Análisis del vehículo Kia Pregio.....	59
2.3.6.	Análisis del vehículo Ford Expedition.....	59
2.3.7.	Análisis del vehículo Nissan Patrol .....	61
2.3.8.	Análisis del vehículo LandCruiser.....	63
2.3.9.	Análisis del vehículo Montero .....	64
2.3.10.	Análisis del vehículo Rodeo .....	65
2.4.	Costos producidos en el almacén y el servicio .....	66

2.4.1.	Costos de Almacenamiento.....	67
2.4.2.	Costos de Adquisición .....	69
2.4.3.	Consumo Porcentual .....	69
2.4.4.	Demanda y Consumo.....	70
3.	Capítulo 3 Herramienta Informática aplicada a la Gestión de Repuestos .....	71
3.1.	Desarrollo de la herramienta informática .....	71
3.2.	Interfaz .....	71
3.3.	Matriz de Datos.....	72
3.3.1.	Módulo de Entrada.....	72
3.3.2.	El flujo de comportamiento de la Módulo de Salida .....	73
3.3.3.	Módulo de Salida .....	74
3.3.4.	Módulo de Inventario.....	77
3.4.	Gestión .....	81
3.4.1.	Módulo de gestión.....	81
	Análisis de la Cantidad Económica de pedido.....	82
	Entrega uniforme. ....	83
3.4.2.	En la Pedidos.....	85
	Análisis de Economías en Escala.....	86
	Análisis de Economías a Escala con Varios Proveedores. ....	87
	Análisis de Programa de Descuentos por Cantidad. ....	87
3.4.3.	Pedidos.....	88
	Análisis de Economías en Escala.....	88
	Análisis de Economías a Escala con Varios Proveedores. ....	90



	Análisis de Programa de Descuentos por Cantidad. ....	90
	Análisis de Economías a Escala con Varios Proveedores. ....	93
3.4.4.	Costos.....	98
	Costos globales con tasa de descuentos. ....	99
3.4.5.	La Almacén.....	99
	Convenios con el proveedor.....	99
3.4.6.	Almacén .....	100
	Convenios con el proveedor.....	101
4.	Resultados .....	104
5.	Conclusiones .....	114
6.	Recomendaciones .....	117
7.	Referencias.....	119

## **Introducción**

El mantenimiento es el pilar fundamental para el desarrollo de las actividades en la industria automotriz sin interrupción, para el cual es necesario el correcto manejo de gestión de repuestos , por ello muchas empresas optan por realizar altas inversiones en inventario de sus refacciones que garanticen su correcto cumplimiento, como consecuencia se generan altos costos operativos relacionados al manejo, transporte, pedidos y almacenamiento para lo cual ha sido fundamental buscar maneras de optimizar el tiempo y uso de unidades en el almacén, a raíz de esto nacen al inicio del siglo XX distintos modelos que buscan solucionar el problema siendo uno de sus pioneros F.W. Harris que alrededor del año 1915 implemento uno de los primeros modelos matemáticos, seguido por interpretes que buscaron personalizar las metodologías existentes en áreas específicas como lo hizo F.E. Raymond en 1931 y estas han estado en constante evolución. Los métodos de gestión de repuestos resultan en una excelente herramienta para la industria automotriz, sin embargo, existen diversos medios que no lo han aplicado y a pesar de ser casi obligatorios en otros países, en el Ecuador la carencia de estos está muy presente incluso al haber estudios que lo respaldan, a pesar de ello en los últimos años el sector educativo ha planteado

propuestas que buscan implantar herramientas de fuerte impacto en la toma de decisiones más allá del área de gestión y mantenimiento.

### **Problema**

La gestión de repuestos ha sido un área poco estudiada debido a que se generaliza su análisis en conjunto con la organización de materiales lo que evita que se puntualice en el tiempo de deterioro, envejecimiento o necesidad de estos y como resultado existen afecciones económicas de inversiones innecesarias del stock de repuestos dada a falta de un análisis informático. Luego de una revisión bibliográfica a nivel académico de los “proyectos de titulación” elaborados en la UPS, se constató que las propuestas de planes de mantenimiento no incluyen a la gestión de repuestos como insumo para la toma de decisiones.

Las empresas que trabajan con varios activos en constante funcionamiento deben contar con un inventario de repuestos mínimo para evitar los tiempos de inactividad y debido a la carencia de aplicaciones informáticas enfocadas a la gestión de repuestos en el campo automotriz las compañías no administran de manera adecuada sus costos de inversión necesario.

## **Objetivos**

### **Objetivo General**

Desarrollar una herramienta informática para la gestión de repuestos como soporte a la mejora del proceso de administración de mantenimiento en el sector automotriz.

### **Objetivos Específicos**

Analizar los conceptos teóricos y modelos matemáticos involucrados en la gestión de repuestos e inventarios.

Realizar un muestreo de datos reales; el cual alimente el modelo matemático seleccionado para la gestión de repuestos e inventarios.

Desarrollar una herramienta informática que apoye la gestión de repuestos automotrices en una empresa de transporte.

## **1. Capítulo 1**

### **Modelos estadísticos Aplicables en la Gestión de Repuestos**

#### **1.1. Inventarios, Gestión y Stocks**

En una organización, empresa o corporación que constantemente debe tener recursos en rotación, se implementan términos que pueden ser muy similares o sinónimos indirectos, pero es importante considerar la diferencia cuando es de aplicar mantenimiento o gestión, por lo que al referirse a inventarios se considera que su objetivo es el análisis de los bienes de dicha empresa para controlar, verificar y adquirir información de cada uno de los ítems en existencia. Entre la información que se requiere recolectar está el número de cada ítem, ubicación en almacén, valor económico total de las existencias y cantidad de rotación de cada uno lo que permite administrar de mejor manera, definiendo la ubicación y la cantidad de stock requerida para cumplir con la demanda.

Al hablar de stock se comprende una cantidad de volumen que es almacenado con el propósito de ser comercializado en un futuro, para ello se debe conseguir la optimización adecuada aplicando modelos estadísticos para poder ejecutar un correcto reaprovisionamiento o adquisición a los proveedores, pero se debe considerar que el stock no siempre será el mismo, varía acorde al momento como en la adquisición.

Entonces, la gestión de inventarios será efectiva cuando se realice los controles con el stock existente en el almacén, sin embargo, pueden existir parámetros que influyan negativamente en el estudio estando fuera del rango que se puede controlar, por ejemplo, la demanda la cual es una variable no existirá un momento que sea constante, pero habrá situaciones donde dicha variación sea muy pequeña, por lo que algunos modelos sugieren considerarla constante. Para evitar el

conflicto es necesario que se disponga del control del inventario con documentación de la mercancía.

Cuando se trata de identificar los modelos estadísticos aplicables en la gestión de repuestos es necesario que verifiquen el requisito a analizar y conocer los parámetros involucrados para ello existen distintos modelos que adaptados pueden presentar una gran ventaja para la empresa, pero cada uno se enfoca en encontrar un resultado diferente.

### ***1.1.1. Gestión de stocks***

La gestión de stocks tiene como objetivo principal determinar las cantidades de productos óptimas para cumplir el principio logístico básico: disponer en cada momento de los materiales necesarios (Ruiz et al., 2005). Se le llama stock el conjunto de existencias de un determinado producto, mientras el surtido se le denomina a la variedad de artículos de una misma clase, la gestión de stocks se determina mediante dos posibilidades en función a esto:

- Amplio surtido con poco stock para cada artículo
- Bajo surtido con un amplio stock por cada artículo

La importancia de la gestión de stocks viene motivada de acuerdo con su acumulación, siendo el óptimo el nivel de stock que garantiza una adecuada atención a la demanda o al consumo de materiales para la producción, y minimiza los costes de mantenimiento (Ruiz et al., 2005). para evitar los escasos del producto, con el fin de solventarlo y disminuyendo el costo unitario se los fabrica en grandes cantidades garantizando cubrir la demanda, pero si el costo de almacenamiento aumenta de modo que ya no compense el ahorro obtenido en la fabricación suponen un inconveniente

Es muy común que las empresas gestionen los stocks implementado fabricación bajo demanda o sistema Just in Time (Meana, 2017), que implica la no existencia de stocks que reduce

el inventario y a su vez los costos de almacenamiento pero no todas las empresas desarrollan las mismas actividades ni proveen de los mismos productos o servicios, por ello se debe tener en cuenta los condicionantes que intervienen en el control de stocks para quedarse sin existencias así como exceder los costos de almacenamiento según se observa en la Figura 1, esto se toma en cuenta en dos partes del proceso de gestión de stocks:

- Recepción y expedición
- Ubicación del producto en función a la existencia y rotación

**Figura 1**

*Condicionales del control de stocks*



*Nota.* Adaptada de Condicionantes del Control de Stocks. (Ruiz et al., 2005), *Logística Comercial* (p. 47). CC BY 2.0

### ***1.1.2. Tipos de stocks***

Los stocks pueden llegar a clasificarse dependiendo un criterio o necesidades de la empresa y debido a que no siempre cumplirá con la demanda necesaria, los diferentes tipos de stocks son en un aspecto general son:

- **Stock activo, normal, cíclico o de trabajo:** Con este stock se intenta cumplir la demanda normal que tiene una empresa en un periodo de tiempo
- **Stock de seguridad:** En una empresa normalmente siempre existirá fluctuaciones del stock o imprevistos por lo que existe el riesgo de no cumplir con el suficiente número de ítems, además de que el error pueda provenir desde el proveedor el cual no proporciona el pedido de stock de manera correcta, por es que existe el stock de seguridad cuyo propósito consiste en completar la demanda en caso de que sucediera uno de los inconvenientes mencionados de esta forma se mitiga el problema y ayuda a evitar las roturas de stock.
- **Stock de presentación:** Consiste en el stock no comerciable, es decir, no está a la disposición para venderse sino para presentarse teniendo en cuenta la venta media, de este modo el consumidor podrá visualizar el producto disponible.
- **Stock estacional:** Este tipo de stocks se produce solo en cierto periodo de tiempo, suele emplearse cuando la demanda incrementa en una etapa del año. La demanda puede incrementar en estados de emergencia como las mascarillas en la reciente pandemia.
- **Stock de tránsito:** Se conoce como stock de tránsito al grupo de elementos o ítems que circulan en diferentes etapas de comercialización.
- **Stock de recuperación:** Cuando un producto utilizado puede ser aplicado a uno nuevo ya sea en material o componentes se denomina stock de recuperación.
- **Stock muerto:** Se denomina stock muerto al conjunto de elementos que por su uso o porque dejó de funcionar se debe desechar ya que no existe manera de recuperar algo de este.
- **Stock especulativo o de anticipación:** Este stock se determina cuando aún hay existencias en almacén, el propósito de esto es satisfacer un posible incremento de demanda,



considerando que si se adquiere los productos antes del incremento de la demanda serán más económicos, debido a que estos son directamente proporcionales. En otro aspecto donde se puede clasificar los stocks es en la gestión pues se determinarán factores diferentes donde se prioriza la optimización y el equilibrio de los costos con los riesgos.

- **Stock óptimo:** Este tipo de stock busca el equilibrio entre demanda y rentabilidad considerando otros costos como los de mantenimiento o almacenamiento con lo que tiene que lidiar la empresa.
- **Stock cero:** En algunas empresas se produce la cantidad necesaria que indica la demanda, es decir, si no existe una mayor demanda no habrá más producción por lo que se lo puede relacionar con el sistema Just in Time (Justo a tiempo).
- **Stock físico:** Consiste en la cantidad de elementos existentes en el almacén.
- **Stock neto:** Se trata de la cantidad de elementos considerando cuando no se cumple la demanda por lo que su valor puede ser negativo.
- **Stock disponible:** Considera la cantidad de elementos existentes en almacén y cuando no se cumple la demanda, además del stock de los proveedores.
- **Stock medio:** No se trata de un valor existente o inexistente en almacén, sino que consiste en un promedio del stock general que trata de cubrir una demanda la cual siempre fluctúa por lo que es importante establecer un valor entre el máximo y mínimo de dicha demanda.

### ***1.1.3. Factores que intervienen en la gestión de stocks***

En las empresas es importante mantener el equilibrio de la inversión ya que generar más gastos de los necesarios puede traer problemas económicos y pérdidas de ganancias, por ello se intenta cumplir con la demanda con el menor costo de inversión posible, reduciendo el riesgo de no poseer un producto y evitando tiempos muertos.

L Los factores importantes a analizar para la correcta gestión de repuestos son:

**Demanda.** La demanda consiste en aquel factor importante en la que se basa la gestión, este asegura o determina una cantidad de ventas, pero debe considerarse antes de realizar cualquier inversión ya dicha demanda será fluctuante, no existirá una demanda constante y hay varios parámetros que se debe analizar al momento de gestionar, por ejemplo, la demanda incrementará en ciertas situaciones ya sea estacionaria, es decir, en ciertos momentos del año o cuando existen ofertas, si la demanda es creciente o decreciente, la cantidad de stock de seguridad necesaria e incluso hay factores que no se puede controlar por la empresa como la economía de los consumidores.

**Nivel de servicio.** Cuando un consumidor está satisfecho por el trato y obtener lo que buscaba en el momento requerido se puede decir que existe un nivel de servicio bueno, aunque este valor es determinado en un nivel porcentual, también existe un valor que indica el nivel o porcentaje de insatisfacción de los consumidores, este valor es la rotura de stock. En una empresa no siempre se dispondrá del stock necesario para complacer a los consumidores o a las necesidades, en caso contrario el cumplimiento de toda la demanda implica un problema de incremento de costos para dicha empresa por los valores de almacenamiento o mantenimiento.

#### ***1.1.4. Costos***

Por lo general la acumulación de stock resulta en un gasto considerado por unidad de tiempo (mes o anual), por ello se debe conocer como su composición, de manera general se pueden componen de tres componentes principales:

- Costos de adquisición
- Costos de emisión de pedidos
- Costos de almacenaje

1.1.4.1. **Costos de adquisición.** Denominado costos de adquisición por su valor a pagar al realizar la compra del stock, se multiplica su precio unitario por la cantidad de stock.

1.1.4.2. **Costos de emisión de pedidos.** La emisión de pedidos se lleva a cabo por medio de una serie de pasos administrativos que lo conforman, así como su transporte, impuestos y seguros especialmente en comprar internacionales. Como resultado mientras menos pedidos se realizan menor será su costo, teniendo en cuenta que estos provean el stock necesario para la empresa.

Para calcular el coste de emisión de pedidos( $CP$ ) se utiliza la Ecuación ( 1 )

$$CP = Cp * \frac{V}{Q} \quad ( 1 )$$

Donde:

- $Cp$ : Costo de cada pedido (*Unidad monetaria um*)
- $V$ : Ventas por unidad de tiempo de un artículo (*Unidades por unidad de tiempo u/t*)
- $Q$ : Cantidad del articulo a recibir en cada pedido (*Unidades u*)

1.1.4.3. **Costos de almacenaje.** El costo de almacenaje engloba una gran cantidad de gastos que se deben considerar para ser los más precios respecto al mantenimiento del stock.

Algunos aspectos para considerar son:

- Costo del espacio
- Costo de las instalaciones
- Costos de los elementos de manipulación y transporte en el almacén
- Costos de la tenencia de stock
- Costos de administración y de administración logística
- Otros costes

## 1.2. Metodología ABC/XYZ

La clasificación ABC o de Pareto se usa para catalogar los SKU (Stock Keeping Unit) por su valor de ventas (Toro, 2010) para priorizar esfuerzos y recursos en los artículos con mayor valor, pero este análisis simple no es suficiente porque solo toma en cuenta los valores y no las frecuencias dentro de la misma categoría, centrando la gestión simplemente en función a los valores habrá productos (C) que, además de su baja rentabilidad, presentarán un coste operativo de almacén mayor, por participar en mayor número de demanda. Por ello se incorpora la clasificación ABC/XYZ (*Análisis ABC / XYZ — Método de Clasificación de Inventarios*, 2022).

### 1.2.1. Análisis ABC

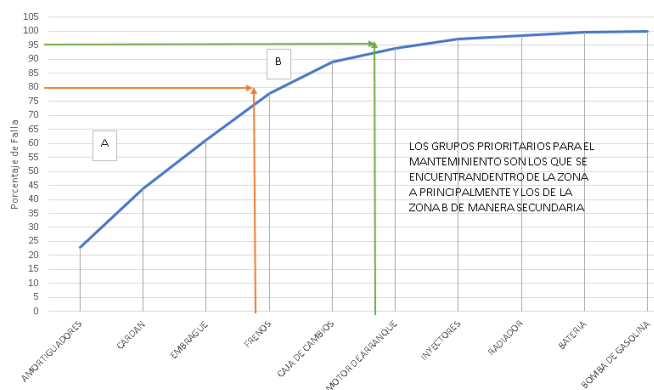
El análisis ABC caracteriza el stock asignando una clase a cada producto, basado en la observación empírica o principio de Pareto segmentando aquellos elementos que causan mayor incertidumbre de este modo se obtienen las categorías:

- Categoría A: representa el 20% del stock que genera un 80% de los ingresos
- Categoría B: representa el 30% del stock que genera un 15% de ingresos
- Categoría C: representa el 50% del stock que genera un 5% de los ingresos

Expresadas gráficamente a través de un ejemplo se observa en la Figura 2.

**Figura 2**

*Análisis grafico ABC*



Mediante las categorías asignadas se gestiona la carga administrativa relacionada al stock, siendo la categoría A la que tendrá controles muy estrictos y registros precisos, la categoría B controles menos controlados y precisos y la categoría C controles simples y registros mínimos.

Este análisis basado en la caracterización se ve limitado y afecta a los problemas existentes en la cadena de suministros:

- Stock excedente
- Desabastecimiento
- Inestabilidad (cambios de categoría de forma generalmente cada cuatrimestre)
- Ausencia de dinamismo: (deficiencias en pedidos cuando no hay demanda estable)
- Baja productividad

### ***1.2.2. Análisis XYZ***

Para el análisis de las categorías XYZ se necesita la recopilación estadística de la salida de los insumos del stock durante unos meses, de este modo se obtiene una demanda fija en diferentes periodos, calculando la variación o fluctuación de la salida del stock en un periodo de tiempo.

- Categoría X: consta de los insumos con una fluctuación de 0% a 10% (Demanda estable)
- Categoría Y: consta de los insumos con una fluctuación de 10% a 25% (Insumos de temporada)
- Categoría Z: consta de los insumos con una fluctuación de más de 25% (Demanda aleatoria)

### ***1.2.3. Análisis ABC/XYZ***

Utilizado para el control de inventario generando estrategias de aprovisionamiento, logísticamente resulta muy útil para mejorar el almacenamiento. (Rushton et al., 2014)

La variabilidad de la demanda se calcula mediante la siguiente ecuación:

$$C_{vd} = \left( \frac{\sigma}{V_p} \right) 100\% \quad (2)$$

- $C_{vd}$ : Variabilidad de la demanda (Coeficiente de variación)
- $\sigma$ : Desviación estándar
- $V_p$ : Promedio de ventas (*unidades*)

El stock de la demanda no siempre resulta ser conveniente, pues los artículos que más benefician a la empresa rara vez están en demanda, esto se puede apreciar en la clasificación de la Tabla 1.

**Tabla 1**

*Metodología ABC/XYZ*

	X Demanda estable (poca variación)	Y Mayor variación de la demanda	Z Demanda irregular	
A Valor de inventario alto	AX	AY	AZ	AX, BX Y CX Promoción y desarrollo
B Valor de inventario moderado	BX	BY	BZ	AZ, BY, CY Necesidad de atención
C Valor de inventario bajo	CX	CY	CZ	BZ, CY Y CZ No generan beneficios

**1.2.4. Ventajas de la metodología ABC/XYZ**

- Determinar los productos o servicios que generan mayor rentabilidad.
- Evaluación de elementos que afecten el inventario.
- Control sobre los productos para destinar correctamente los esfuerzos sobre aquellos que generan valor a la empresa.

**1.2.5. Desventajas de la metodología ABC/XYZ**

- Necesita una base o histórico de datos.
- Se debe evaluar la clasificación realizada ya que no abarca todo el mercado.

### **1.3. Repuestos centrados en confiabilidad RCC.**

Este método es mayormente empleado después de haber aplicado el análisis ABC específicamente en el área de menor demanda, es decir, la categoría (C). El método RCC se apoya de un análisis de ciclo de vida de los activos en cualquier momento pudiendo ser antes o durante el periodo operativo, cabe resaltar que este modelo se enfoca en situaciones donde no se disponga de un repuesto.

Para una empresa lo más factible es la existencia del 100% de disponibilidad del inventario algo que es prácticamente imposible por lo que este método aplica una serie de dudas con respecto a la cantidad de stock que debe existir para poder mantener la producción, para ello el modelo utiliza un diagrama de toma de decisiones basado en las consecuencias producidas para los requerimientos de desempeño. (Parra, 2011)

Debido a que es un método de toma de decisión en base a la experiencia existe varias formas para ser desarrollado, por esta razón se desenvuelve en el campo de la consultoría. A partir de esto existen varios artículos con alusión a este tema mostrados a continuación:

- Modelo de jerarquización de Repuestos “Repuestos Centrados en Confiabilidad (RCC)”(Parra, 2011)
- Repuestos Centrado en Confiabilidad (RCC)(Sotuyo, s. f.)

#### ***1.3.1. Modelo de jerarquización de Repuestos “Repuestos Centrados en Confiabilidad (RCC)”***

Planteada por medio de un análisis de criticidad cuantitativo teniendo en cuenta dos factores:

- Frecuencia de falla del repuesto

- Consecuencias (costos en producción, indisponibilidad, precio de repuesto y almacenamiento)

El análisis es apoyado mediante una matriz de criticidad, donde el eje y representa la frecuencia y el eje x las consecuencias, siendo su intersección el nivel de criticidad al que está expuesto. Este modelo resulta muy útil en cuanto a la jerarquización y toma de decisiones durante periodos, sin embargo, no toma en cuenta el nivel de stock por ello se le considera una herramienta de RCC.

**Figura 3**

*Matriz de criticidad del modelo RCC*

F R E C U E N C I A	5	A	A	MA	MA	MA
	4	M	M	A	MA	MA
	3	M	M	M	A	MA
	2	B	B	M	A	MA
	1	B	B	M	A	A
		1	2	3	4	5
		CONSECUENCIAS				
		B = Baja Criticidad M = Media Criticidad A = Alta Criticidad MA = Muy alta Criticidad				

*Nota.* Reproducida de Matriz de criticidad de acuerdo usado en el modelo RCC de jerarquización de repuestos. (Parra, 2011), ([www.confiabilidadoperacional.com](http://www.confiabilidadoperacional.com)). CC BY 2.0

### **1.3.2. Repuestos Centrado en Confiabilidad (RCC)**

La importancia de la selección de repuestos, administración de los niveles de stock a través de las cantidades adecuadas de pedido y riesgos que implica que el repuesto debe generar el valor que se espera de estos en su tiempo de operación, por medio de este análisis formado por varias etapas involucra:



- Decisiones de selección
- Decisiones de adquisición
- Niveles de inventario de repuestos

Para generar las acciones o decisiones técnico-económicas que generan que la empresa sea competitiva cada etapa cubre un análisis minucioso para identificar y ponderar criterios de clasificación y almacenamiento de inventarios de acuerdo con la Figura 4, de este modo se reducen costos sin tener riesgo de no producir por falta de repuestos involucrando a cada área de la empresa:

- Mantenimientos confiables
- Desarrollo de operaciones confiables
- Decisiones financieras en función a costos y ciclo de vida
- Almacenamiento adecuado

**Figura 4**

*Etapas de análisis en el modelo RCC*



*Nota.* Reproducida de Modelo de repuestos centrados en confiabilidad y su apoyo en la gestión de activos, (Contreras, 2010), ([www.pmmlearning.com](http://www.pmmlearning.com)). CC BY 2.0

### ***1.3.3. Ventajas del modelo RCC***

- Implantaciones de planes de mantenimiento y disponibilidad.
- Clasificación de inventario.
- Análisis del impacto de los repuestos sobre las operaciones.
- Identificación de pedidos a futuro.

### ***1.3.4. Desventajas del modelo RCC***

- Necesidad de base de datos para la clasificación del inventario.
- La clasificación no la puede realizar una persona sin experiencia.
- El modelo mejora con respecto a estrategias y negociaciones de los proveedores.

## **1.4. Número óptimo de repuestos OCR (optimización costo – riesgo)**

En algunas empresas se busca establecer un modelo óptimo en productos de baja rotación y siendo uno de los más efectivos entra el modelo OCR el cual consiste en buscar armonía entre costos del ítem o inventario en general y el riesgo que presenta para la empresa el carecer de dicho ítem.

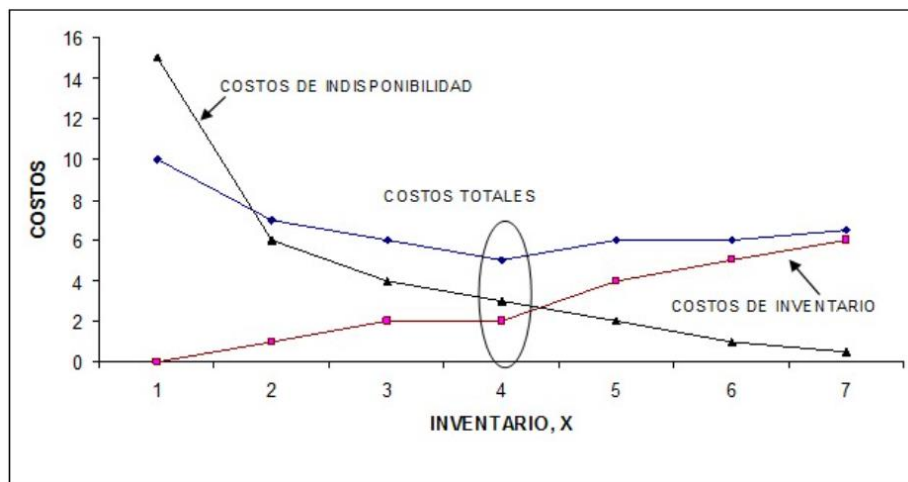
### ***1.4.1. Objetivo del modelo OCR***

Este modelo establece un equilibrio entre los dos factores principales que estudia ya que su comportamiento en distintas situaciones será inversa, es decir, que si se percibe gráficamente de manera lineal, dichas líneas en algún punto entrarán en un nivel de costos aceptable con riesgos de poca magnitud, ese punto es el nivel óptimo de costo – riesgo donde es más beneficioso para la empresa realizar la inversión como se observa en la Figura 5, la razón se debe a que la inexistencia o carencia de un repuesto o producto en el almacén cuando este es necesario involucra un riesgo para la empresa, lo cual se desea evitar, el riesgo disminuye si se invierte más capital eludiendo el inconveniente lo cual desventajosamente llevaría a un exceso de inversión por parte de la

organización, la solución a este problema está en invertir el capital suficiente que no sea muy elevado para mitigar o eliminar la existencia de algún riesgo “carencia de repuestos”, (Gutiérrez & Romero, 2020)

**Figura 5**

*Gráficas de los costos de inventario, indisponibilidad y totales*



*Nota.* Graficas representando el punto óptimo donde el riesgo ni los costos son un problema. Reproducida de Costo – Nivel de inventario, (Gutiérrez & Romero, 2020), ([www.predictiva21.com](http://www.predictiva21.com)). CC BY 2.0

#### **1.4.2. Criterios que estudia el modelo OCR**

Los términos generales que el modelo debe estudiar abarcan los costos, consecuencias y clasificación o grado de emergencia con la que se requiere el repuesto, el proceso de estimación de repuestos óptimo se detalla por fases y a su vez establecen distintos métodos de subcategorizarlos como criterios AHP (Analytic Hierarchy Process) o escala VED (Vitales, Esenciales y Deseables). El primer criterio para analizar en las fases de estimación es el grado de criticidad en las máquinas y las que mayor incidencia tienen. En la segunda fase se da prioridad a la recopilación de toda la información requerida desde manuales de mantenimiento y

funcionamiento, análisis RAM (Reliability – Availability - Maintainability) hasta internet. También se debe crear una base de datos a partir de la información general del repuesto con el propósito de establecer la importancia, uso o naturaleza de este y así se facilite el registro cuando se realiza un reemplazo. Además, la base de datos debe contener información de los equipos que se utiliza para su operación y los repuestos que ya han sido implementados, cantidad de stock en almacén, la demanda anual de los repuestos dado por la Data Histórica o analizada por cálculos en relación, costos de pedidos en situaciones de emergencia, una recopilación de todos los costos que involucran al repuesto (precio o valor unitario, precio de diferentes proveedores considerando transporte y entrega, costos de manipulación y control de la calidad, costos de mantenimiento o almacenamiento del repuesto, impuestos, depreciación), costos de fallas por equipo o reparación, problemas por falta de repuesto, costos por pérdidas de producción, costos por la afección al ambiente o en seguridad e higiene, todo siempre y cuando sea consecuencia de la falta de un repuesto.

#### ***1.4.3. Recopilación de la información***

La importancia de tener la información categorizada es debido a que en este punto es fácil identificar los ítems que generan un problema para el equipo y si es necesario descartarlo o dejarlo en su respectivo lugar, además, también es necesario comprobar que cada artículo o ítem cumpla con las características del proceso de optimización.

La estimación del número óptimo de repuestos se logra una vez graficada la curva de impacto total, dicha curva relaciona el comportamiento de los costos y el riesgo por no poseer un repuesto las cuales consideran diferentes aspectos donde el inconveniente para la empresa sea crítico o mínimo, por ello la curva no será lineal, sino que tendrá una deflexión, el punto en que la

curva se flexiona será el nivel óptimo de costo – riesgo obteniendo así el mínimo impacto total de negocio.

#### ***1.4.4. Ventajas del modelo OCR***

- Permite reducir el riesgo de no disponer de un repuesto y los costos de adquisición en un punto medio.
- Es fácil de identificar el punto óptimo con la curva de impacto total.
- En una empresa puede automatizarse al punto de estudiar el nivel óptimo por lotes.

#### ***1.4.5. Desventajas del modelo OCR***

- Requiere de mucha información para ser aplicado.
- No considera descuentos o comisiones por lote.

### **1.5. Simulación Monte Carlo**

Esta es una herramienta es capaz de usar variables aleatorias en un sistema para determinar un comportamiento. Es usado en el ámbito de análisis de riesgo, al poner en uso esta herramienta se pueden identificar los principales conceptos relacionados a la problemática, este modelo se puede usar para crear modificadores de frecuencia que permita incluir los efectos del factor humano dentro del problema.

#### ***1.5.1. Funcionamiento de la simulación Montecarlo***

La simulación Montecarlo parte de una técnica cuantitativa usando modelos matemáticos donde primero se analizan los valores que naturalmente son aleatorios dentro del sistema para luego generar nuevos valores aleatorios y comprobar su comportamiento. Para poder generar valores pseudoaleatorios se suele trabajar con hojas de cálculo donde principalmente se aplica la función aleatoria la cual brindará un valor numérico entre un rango de 0 a 1 bajo las condiciones de que ningún número que aparezca al aplicar dicha función dependerá de otro anterior y que todos

los números vienen dados como una distribución uniforme (todos los números tienen la misma probabilidad de ser generado).

El modelo Montecarlo permite determinar el número de veces que ocurre un suceso o que puede ocurrir, es decir, un porcentaje esperado en un intervalo de tiempo considerando que puede ser aplicado con variables discretas. Algunos programas de hojas de cálculo permiten utilizar un complemento llamado análisis de datos el cual directamente genera valores pseudoaleatorios y definir entre varios números de posibles distribuciones. En casos donde se trabaje con variables continuas también se puede implementar la serie de fórmulas que una hoja de cálculo normal permite y así obtener valores pseudoaleatorios. (Faulín & Juan, 2005)

#### ***1.5.2. Ventajas de la simulación Montecarlo***

- Consiste en un modelo que permite predecir algún acontecimiento según una probabilidad.
- Utiliza comandos simples de hojas de cálculo accesibles en cualquier computadora.
- Puede ser adaptado a diferentes áreas de estudio.
- Según su aplicación, puede ser un modelo que se acerque bastante a la realidad según el número de iteraciones que se aplique a un estudio.

#### ***1.5.3. Desventajas de la simulación Montecarlo***

- No es un modelo centrado en la gestión de inventarios, su aplicación carece de rendimiento.
- Para ser un modelo rentable es necesario realizar muchos valores aleatorios para mayor efectividad.
- Solo se puede realizar mediante software.

### **1.6. Herramienta Máximos/Mínimos**

El análisis consiste en determinar valores límites para mantener el stock requerido, implementando un software de gestión empresarial y administrando las referencias con el uso de

los códigos con número de referencia único “Stock Keeping Unit” (SKU), con ello se puede restaurar el inventario cuando los valores del stock se encuentren en el valor mínimo.

### **1.6.1. Nivel Máximo**

Los niveles máximos deben ser lo suficientemente altos garantizando el suministro adecuado los pedidos y a su vez deben prevenir el exceso de existencias. Este representa el límite de almacenamiento de cada producto mostrado en la Figura 6, su adquisición se calcula con ( 3 ).

$$q = Nm - E \quad ( 3 )$$

Donde:

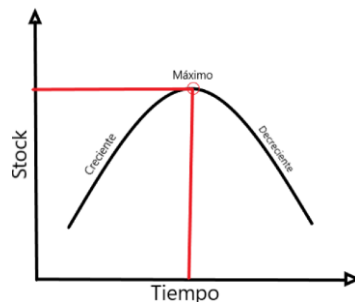
- $q$ : Cantidad de adquisición
- $Nm$ : Nivel máximo
- $E$ : Existencias

La priorización de mantener los niveles a su máxima capacidad en los siguientes casos:

- Costos baratos de almacenamiento
- Costos altos de pedido
- Descuentos por grandes pedidos
- Previsiones de aumento de la demanda del producto
- Previsiones del incremento en el precio de materiales

**Figura 6**

*Ciclo del nivel máximo*



*Nota.* Adaptada de Nivel de Stock Máximo, (Martínez, 2018), ([www.ivanmartínezlima.com](http://www.ivanmartínezlima.com)). CC

BY 2.0

### **1.6.2. Nivel Mínimo**

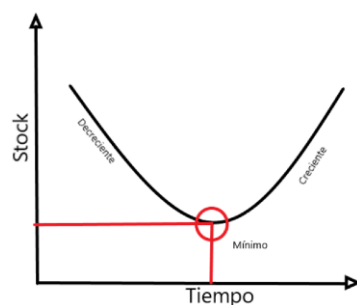
Los niveles mínimos o de reserva sirven como un indicador de reabastecimiento, es decir, la cantidad de stock de seguridad hasta el momento de una nueva entrega garantizando su existencia en casos de entrega tardía o consumos elevados como se aprecia en la Figura 7.

Para la priorización de mantener los niveles a su mínima capacidad se tiene en cuenta los siguientes casos:

- Costos elevados de mantenimiento o almacenamiento
- Costos de pedido bajos
- Existencia de demanda estable (poca probable que exista rotura de stocks)
- No existen problemas de reabastecimiento
- Previsión de poca demanda
- Previsión de la disminución de los precios

**Figura 7**

*Ciclo del nivel mínimo*



*Nota.* Adaptada de Nivel de Stock Mínimo, (Martínez, 2018), ([www.ivanmartínezlima.com](http://www.ivanmartínezlima.com)). CC

BY 2.0



Las existencias mínimas que se pueden permitir se calculan mediante ( 4 ), de manera general este valor no puede ser representado por cero salvo casos excepcionales.

$$Emn = Cmn * Tr \quad ( 4 )$$

Donde:

- $Emn$ : Existencia mínima/Inventario de seguridad
- $Cmn$ : Consumo mínimo diario
- $Tr$ : Tiempo de reposición de inventario (en días)

El punto de pedido ( $Pp$ ) es el indicador para saber en qué momento se debe realizar el pedido, comparado con la existencia mínima ( $Emn$ ) su diferencia no puede ser extremadamente mayor, pero si igual o menor.

$$Pp = (Cp * Tr) + Emn \quad ( 5 )$$

Donde:

- $Pp$ : Punto de pedido/Punto de reorden
- $Cp$ : Consumo medio diario

La existencia máxima ( $Cmx$ ) representa el punto máximo de inventario por producto que ayuda no tener más stock del necesario.

$$Emx = (Cmx * Tr) + Emn \quad ( 6 )$$

Donde:

- $Emx$ : Existencia maxima
- $Cmx$ : Consumo diario

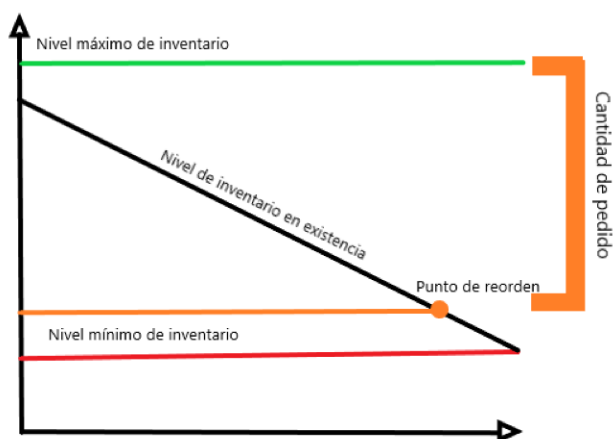
La cantidad de pedido ( $CP$ ) es usado al llegar a mi punto de pedido y se determina para el abastecimiento del stock, se debe tener en cuenta el no excederse de la existencia máxima permitida.

$$CP = Emx - E \quad (7)$$

La determinación de todos estos puntos en función del tiempo se representa en la Figura 8

**Figura 8**

*Graficas del ciclo de inventario*



*Nota.* Adaptada de Punto de Reorden, (Martínez, 2018), ([www.ivanmartínezlima.com](http://www.ivanmartínezlima.com)). CC BY

2.0

### ***1.6.3. Ventajas de la herramienta de máximos y mínimos***

- Evita el sobreabastecimiento y reduce el desperdicio
- Evita la falta de stock
- Controla el inventario simplificando decisiones
- Cuando existe demanda constante se puede estimar las necesidades aplicando a los niveles de existencias
- Existe una regla: cuando se cumple un periodo determinado se debe reabastecer hasta el nivel máximo

### ***1.6.4. Desventajas de la herramienta de máximos y mínimos***

- Necesita un histórico de datos para determinar los niveles óptimos
- No toma en cuenta criterios de fechas para realizar las ordenes

- Su eficacia depende de varios criterios a tomar en caso de no existir el histórico de datos

### 1.7. Modelo Clásico Wilson

El modelo Wilson tiene la reputación de ser el método clásico en la gestión de inventarios y una de las primeras soluciones al suministro de stocks, sin embargo, no fue R. H. Wilson quien aportó dicho método, sino que fue un consultor encargado de aplicarlo a numerosas empresas por lo cual recibiría su nombre en un futuro.

El modelo para gestionar inventarios nació en 1915 con el planteamiento del Ingeniero Ford Whitman Harris la cual se dice que se tiene conocimiento de todas las variables con las que se trabajaba, posteriormente cuando Wilson empezó a trabajar usó la expresión matemática conocida como cantidad Económica de Pedido EOQ ( 28 ) la cual pasa a ser un modelo determinista que considera los parámetros del modelo clásico. En un futuro se demostraría que la aplicación de esta expresión matemática resultaría abundantemente útil si se amplía y personaliza a otras condiciones de la industria como lo describió F.E Raymond en 1931. (Parra, 1980)

#### 1.7.1. Cantidad Económica de Pedido (EOQ).

El modelo Wilson se creó con la intención de obtener el tamaño del lote en condiciones casi ideales, en situaciones comunes el consumo es constante y se calculan los costos tanto de aprovisionamiento como del mantenimiento del stock el cual puede venir expresado en porcentaje y suele ser un valor independiente a la cantidad de inventario de demanda. En el modelo clásico existirán muchos parámetros que permitan la aplicación y estudio de la cantidad económica a pedir.

$$f = \frac{\lambda * T}{q} \quad ( 8 )$$

Donde:

- $\lambda$ : Consumo o demanda por unidad de tiempo que puede ser constante o fluctuante (u)
- $q$ : Número de ítems a pedir en cada subperiodo (u)

- $f$ : Número de pedidos en un periodo total, subperiodos o frecuencia de la demanda (La frecuencia de pedidos resultará en cuantos pedidos de una cantidad de ítems puedo responder a la demanda en un tiempo) (u)
- $T$ : Periodo total en el que se realizan todos los pedidos (t)

De igual manera al despejar la demanda de ( 8 ) en un tiempo ( $T$ ) se tiene que esta corresponde al número de ítems ( $q$ ) pedidos por la frecuencia que se realiza ( $f$ ).

$$\lambda * T = f * q \quad ( 9 )$$

La duración de cada subperiodo se da según los ítems que se solicita en cada pedido con respecto a la demanda.

$$\theta = \frac{q}{\lambda} \quad ( 10 )$$

Donde:

- $\theta$ : Duración de cada subperiodo o tiempo entre pedidos (t)

Para obtener ( $\theta$ ) en valor de porcentaje del tiempo

$$\theta\% = \frac{q}{\lambda} * 100\% \quad ( 11 )$$

**Costo de demanda o costo de intervención de cada orden de trabajo** Se conoce a este costo como el capital que se necesita para cumplir con la demanda en un periodo, es decir, la relación entre la cantidad de ítems que la empresa requiera con el precio unitario de compra de cada ítem.

$$C_d = \lambda * p_u \quad ( 12 )$$

Donde:

- $C_d$ : Costo de demanda o costo de intervención de cada orden de trabajo (um)
- $p_u$ : Precio unitario de cada ítem (um)

Si se desea determinar los costos de intervención de cada orden de trabajo en todo el periodo ( $C_{dT}$ ) entonces seria

$$C_{dT} = \lambda * T * p_u \quad (13)$$

**Costo de adquisición o reaprovisionamiento.** Los costos de adquisición dependen de las características que puede ofrecer el proveedor además de la cantidad de ítems o stock de cada pedido. Considerando que este costo se realiza en cada periodo el valor de este seria:

$$c_{ad}ut = \frac{C_{ad}}{\theta} \quad (14)$$

Donde:

- $c_{ad}ut$ : Costos de adquisición en unidad de tiempo (um/t)
- $C_{ad}$ : Costos de adquisición pedido por pedido (um)

Teniendo en cuenta la ecuación ( 14 ), entonces se obtiene el costo de adquisición o reaprovisionamiento por unidad de tiempo en un solo periodo

$$c_{ad}ut = C_{ad} \frac{\lambda}{q} \quad (15)$$

El costo de adquisición o reaprovisionamiento total en un periodo T es igual al costo de adquisición de pedido por pedido considerando el número de pedidos.

$$C_{adT} = C_{ad} * f \quad (16)$$

**Costos de almacenamiento o mantenimiento.** Los costos de almacenamiento son aquellos gastos que se tiene al mantener un repuesto en el almacén ya sea el espacio ocupado, seguros, etc.

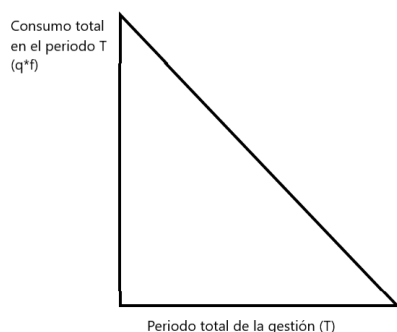
Cuando se habla de costos de almacenamiento o mantenimiento en la gestión de inventarios centrado en el capital y la confiabilidad se considera este costo por unidad de producto expresado a través de una tasa de descuento e unidad de tiempo definido por un flujo unitario  $\iota$ . El modelo

Wilson presenta unos cálculos y valores de suposición que pueden ser examinados con el propósito de determinar si conviniese su aplicación y cuando lo haría, estos cálculos son referentes a la cantidad económica cuando se realice el pedido dependiendo si se consideran las diferentes condiciones que han sido aplicadas por diversos autores donde se analiza como primer caso la cantidad económica del pedido considerando que los costos de mantenimiento son proporcionales a las unidades físicas en existencia por unidad de tiempo y el segundo caso cuando el modelo clásico de Wilson se considera que el coste de mantenimiento viene expresado en porcentaje del valor monetario de las ya existentes en el almacén como ya se mencionó. (F. Parra, 1980)

***Cálculo de la cantidad económica de pedido considerando los costes de mantenimiento proporcionales a las unidades físicas en existencia por unidad de tiempo.*** En este caso se puede considerar una situación de un pedido unitario en un periodo total de gestión, es posible que los costos de almacenamiento o mantenimiento sean elevados como se demuestra en la Figura 9 donde el eje vertical que al tener mayor número de stock en el almacén da como resultado una gráfica decreciente y el eje horizontal representa el periodo de tiempo general, por lo tanto, existe una reducción de costos de adquisición o reaprovisionamiento en dicho periodo. (F. Parra, 1980)

### Figura 9

*Comportamiento del consumo total en un periodo  $T$*



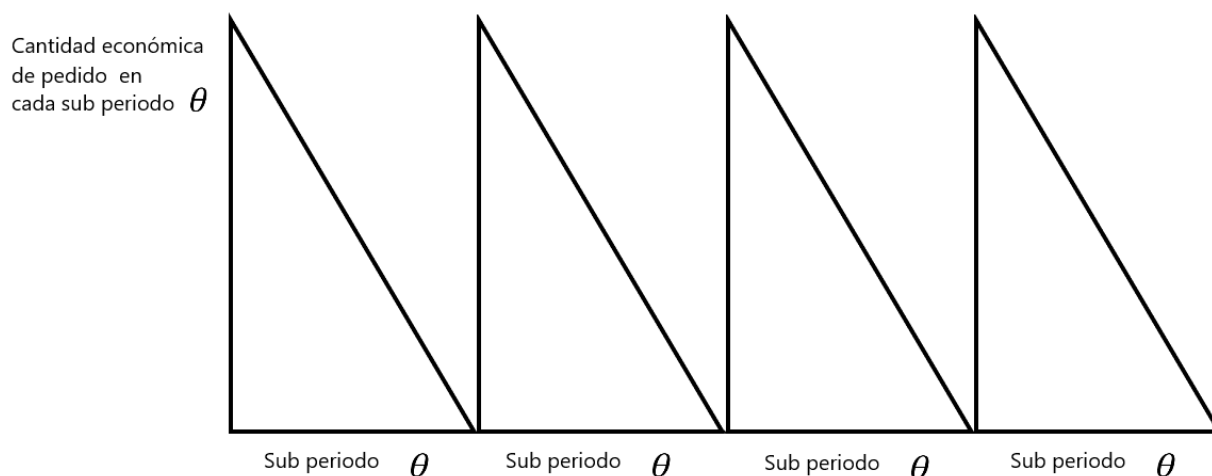
*Nota.* Adaptada de trayectoria de las existencias en almacén de un solo pedido, (Parra, 1980),

*Gestión de Stocks: Aplicabilidad del Modelo Clásico.* CC BY 2.0

El modelo Wilson busca determinar un volumen de stock óptimo que pueda permitir que los costos totales sean mínimos, para ello se debe considerar el reaprovisionamiento, cuanto y cuando lo hace, definir periodos de tiempo y número de pedidos en cada periodo ya que la inversión varia si es que menor es el número de pedidos menor será el costo de este pero mayor el costo de mantenimiento de dicho stock debido a la cantidad de volumen de cada pedido y viceversa. Entonces, para conseguir el objetivo del modelo clásico se debe analizar el número de pedidos realizado en el periodo total transformando la Figura 9 en la Figura 10 donde se observa el cambio de un periodo general a una cantidad  $n$  de subperiodos.

### Figura 10

*Comportamiento del consumo de inventarios en subperiodos  $\theta$*



*Nota.* Adaptada de trayectoria de las existencias en almacén de varios pedidos, (Parra, 1980),

*Gestión de Stocks: Aplicabilidad del Modelo Clásico.* CC BY 2.0

En el análisis se suele emplear con la estimación de un stock medio (18) ya sea en casos donde se trabaja con un solo pedido o en casos donde se realice pedidos por subperiodos, considerando que el periodo total (17) será el producto entre el número de pedidos por el tiempo de duración de cada subperiodo.

$$T = f * \theta \quad (17)$$

y para cada uno de estos subperiodos el stock medio ( $q_m$ ) será la mitad de la cantidad económica a pedir.

$$q_m = \frac{q}{2} \quad (18)$$

El costo total de almacenamiento o mantenimiento en un periodo vendrá dado por el stock medio considerado por la duración del periodo y el costo de almacenamiento por unidad de producto en unidad de tiempo.

$$C_i = \frac{q}{2} * \theta * \iota \quad (19)$$

Donde:

- $C_i$ : Costos de almacenamiento de cada pedido considerado en los costos globales (um/t)
- $\iota$ : Costo de almacenamiento o mantenimiento (um)

Considerando la existencia de un número de subperiodos y que estos se repiten en un periodo total T:

$$C_{iT} = \frac{q}{2} * \theta * \iota * f \quad (20)$$

Donde:

- $C_{iT}$ : Costos de almacenamiento de todos los pedidos (um)

Como se tiene en la ecuación (17) entonces (20) pasa a ser

$$C_{iT} = \frac{q}{2} * \iota * T \quad (21)$$

Para determinar los costos globales o totales se suman cada costo que cubre a un área dentro de la gestión en el periodo total ( $T$ ) el cual puede ser descartado, debido a que, dicho valor se simplifica al tratar de encontrar la cantidad económica de pedido ( $q$ ).



$$C_G = \lambda * T * p_u + C_{ad} * f + \frac{q}{2} * T * \iota \quad (22)$$

Donde:

- $C_G$ : Costos Globales

Cuando se considera el valor de la frecuencia en la que se realiza cada pedido ( $f$ ) de ( 8 ) entonces ( 22 ) pasa a ser

$$C_G = \lambda * T * p_u + C_{ad} * \frac{\lambda * T}{q} + \frac{q}{2} * T * \iota \quad (23)$$

Debido a que la función de costos globales tiene una variable  $q$  en dos de sus miembros, se debe derivar en función de dicha variable para poder despejar el valor de stock a pedir requerido.

$$\frac{dC_G}{dq} = \lambda * T * p_u + C_{ad} * \frac{\lambda * T}{q} + \frac{q}{2} * T * \iota \quad (24)$$

El resultado de derivar y excluir o simplificar los valores innecesarios da como resultado

$$0 = -\frac{C_{ad} * \lambda}{q^2} + \frac{1}{2} * \iota \quad (25)$$

$$\frac{C_{ad} * \lambda}{q^2} = \frac{1}{2} * \iota \quad (26)$$

Despejando ( $q^2$ ) de la ecuación ( 26 ) él se obtiene que

$$q^2 = \frac{2C_{ad} * \lambda}{\iota} \quad (27)$$

Con esto se consigue la función económica a pedir o fórmula del modelo clásico Wilson considerando que los costos de mantenimiento son proporcionales a las unidades físicas existentes por unidad de tiempo.

$$q = \sqrt{\frac{2C_{ad} * \lambda}{\iota}} \quad (28)$$

***Fórmula de la cantidad económica de pedido en el modelo clásico Wilson de inventarios si el coste de mantenimiento viene expresado en porcentaje del valor monetario de las existencias en almacén.*** En el segundo caso algunos autores han planteado el costo de almacenamiento en función del valor que tiene el producto unitario, para ello se efectúa el producto de dicho valor por el stock medio existente en el almacén de este modo se obtiene el costo de almacenamiento promedio que viene dado en función del tiempo. (Parra, 1980)

$$C_{iT} = \frac{q}{2} * \iota * T * p_u \quad (29)$$

Por lo tanto, la función económica a pedir o de pedido será

$$\frac{dC_G}{dq} = \lambda * T * p_u + C_{ad} * \frac{\lambda * T}{q} + \frac{q}{2} * T * \iota * p_u \quad (30)$$

Al derivarse se eliminan algunos valores por lo que se obtiene

$$0 = -\frac{C_{ad} * \lambda}{q^2} + \frac{1}{2} * \iota * p_u \quad (31)$$

Repitiendo el proceso matemático

$$\frac{C_{ad} * \lambda}{q^2} = \frac{1}{2} * \iota * p_u \quad (32)$$

$$q^2 = \frac{2C_{ad} * \lambda}{\iota * p_u} \quad (33)$$

Al despejar nuevamente se obtiene la ecuación económica a pedir con el costo de mantenimiento promedio en función del precio unitario de cada ítem.

$$q = \sqrt{\frac{2C_{ad} * \lambda}{\iota * p_u}} \quad (34)$$

### ***1.7.2. Ventajas del Modelo Wilson***

- Su aplicación enfocada a encontrar la cantidad adecuada de repuestos a pedir en condiciones casi ideales permite evitar situaciones de sobre stock.

- Se puede modificar empleando algunos procedimientos a la función económica de pedido para adaptarlo a una necesidad.
- El modelo presenta un historial comprobando su veracidad y efectividad al realizar su aplicación.
- Se puede llegar a realizar análisis con descuentos por producto unitario o descuentos donde el proveedor ofrece por cantidad total por intervalo de tiempo o descuento de varios proveedores.
- El modelo permite anular una condición de exclusividad, por lo tanto, se puede dividir los pedidos de la demanda para realizarlos a diferentes proveedores.

#### ***1.7.3. Desventajas del Modelo Wilson***

- Requiere que todos los datos sean conocidos para poder aplicarlo.
- El modelo trabaja con el supuesto de que la demanda es constante por lo que en casos donde la demanda se maneje por etapas o sea irregular, este modelo presentaría varios errores.
- Por el objetivo del modelo de obtener la cantidad óptima de pedido no da prioridad a productos de mayor demanda o necesidad para la empresa.
- Al trabajar con tiempos de reaprovisionamiento inmediatos puede existir un quiebre en el requerimiento de stock debido a que el modelo no es cien por ciento exacto.

#### **1.8. Análisis comparativo de las metodologías aplicables**

Para poder establecer la mejor opción a desarrollar en la gestión de repuestos es importante presentar una comparativa de todas las metodologías estudiadas, por ello se ha optado usar el análisis de Likert el cual permite puntuar según un grado de satisfacción que bien corresponde a una calificación entre 1 a 5, teniendo en cuenta que todos los aspectos que se cuestionan son

ventajas para una correcta administración de los repuestos y los criterios adquiridos para la mejor comprensión son:

- 1: Nunca
- 2: Casi nunca
- 3: Algunas veces
- 4: Casi siempre
- 5: Siempre

La puntuación dada en cada parámetro de las diferentes tablas fue propinada en base a los estudios de cada modelo, donde los autores de las fuentes bibliográficas presentaron argumentos en sus publicaciones logrando plasmar criterios que posibilitan colocar esa calificación.

**Tabla 2**

*Valoración de Likert en Metodología ABC/XYZ*

	Siempre	Casi siempre	Algunas veces	Casi nunca	Nunca
Permite Optimización			✓		
Determinar volumen adecuado	✓				
Gráfico de resultados	✓				
Priorización en función de la demanda		✓			
Puede ser aplicable sin requerir base de datos					✓
Adaptabilidad del modelo		✓			

**Tabla 3***Valoración de Likert en Modelo RCC*

	Siempre	Casi siempre	Algunas veces	Casi nunca	Nunca
Permite Optimización	✓				
Determinar volumen adecuado		✓			
Gráfico de resultados				✓	
Priorización en función de la demanda			✓		
Puede ser aplicable sin requerir base de datos		✓			
Adaptabilidad del modelo	✓				

**Tabla 4***Valoración de Likert en Modelo OCR*

	Siempre	Casi siempre	Algunas veces	Casi nunca	Nunca
Permite Optimización	✓				
Determinar volumen adecuado	✓				
Gráfico de resultados	✓				
Priorización en función de la demanda			✓		
Puede ser aplicable sin requerir base de datos			✓		
Adaptabilidad del modelo				✓	

**Tabla 5***Valoración de Likert en Simulación Montecarlo*

	Siempre	Casi siempre	Algunas veces	Casi nunca	Nunca
Permite Optimización	✓				
Determinar volumen adecuado		✓			
Gráfico de resultados		✓			
Priorización en función de la demanda			✓		
Puede ser aplicable sin requerir base de datos					✓
Adaptabilidad del modelo	✓				

**Tabla 6***Valoración de Likert en Modelo Máximos y Mínimos*

	Siempre	Casi siempre	Algunas veces	Casi nunca	Nunca
Permite Optimización			✓		
Determinar volumen adecuado	✓				
Gráfico de resultados		✓			
Priorización en función de la demanda				✓	
Puede ser aplicable sin requerir base de datos				✓	
Adaptabilidad del modelo	✓				

**Tabla 7***Valoración de Likert en Modelo Clásico Wilson*

	Siempre	Casi siempre	Algunas veces	Casi nunca	Nunca
Permite Optimización	✓				
Determinar volumen adecuado	✓				
Gráfico de resultados	✓				
Priorización en función de la demanda		✓			
Puede ser aplicable sin requerir base de datos			✓		
Adaptabilidad del modelo	✓				

**1.8.1. Análisis de resultados de las tablas**

En el análisis de Likert se puntúa según el grado de satisfacción que cumple cada metodología con respecto a las características positivas planteadas, para ello se considera que:

- a: Permite optimización
- b: Determinar el volumen adecuado
- c: Gráfico de resultado
- d: Priorización en función de la demanda
- e: Puede ser aplicable sin requerir base de datos
- f: Adaptabilidad del modelo

Entonces en la Tabla 8 se puntúa según las condiciones preestablecidas, para obtener el valor más significativo que cumpla con las características necesarias para el programa informático.

Con los resultados que se obtenidos en el análisis de Likert y con el diagrama de Pareto de la Figura 11 se concluye que la mejor opción para la implementación en la herramienta informática

para gestión de repuestos de acuerdo con las necesidades planteadas es el Modelo Clásico Wilson cuyo rango de aplicaciones en la industria es aún más grande.

**Tabla 8**

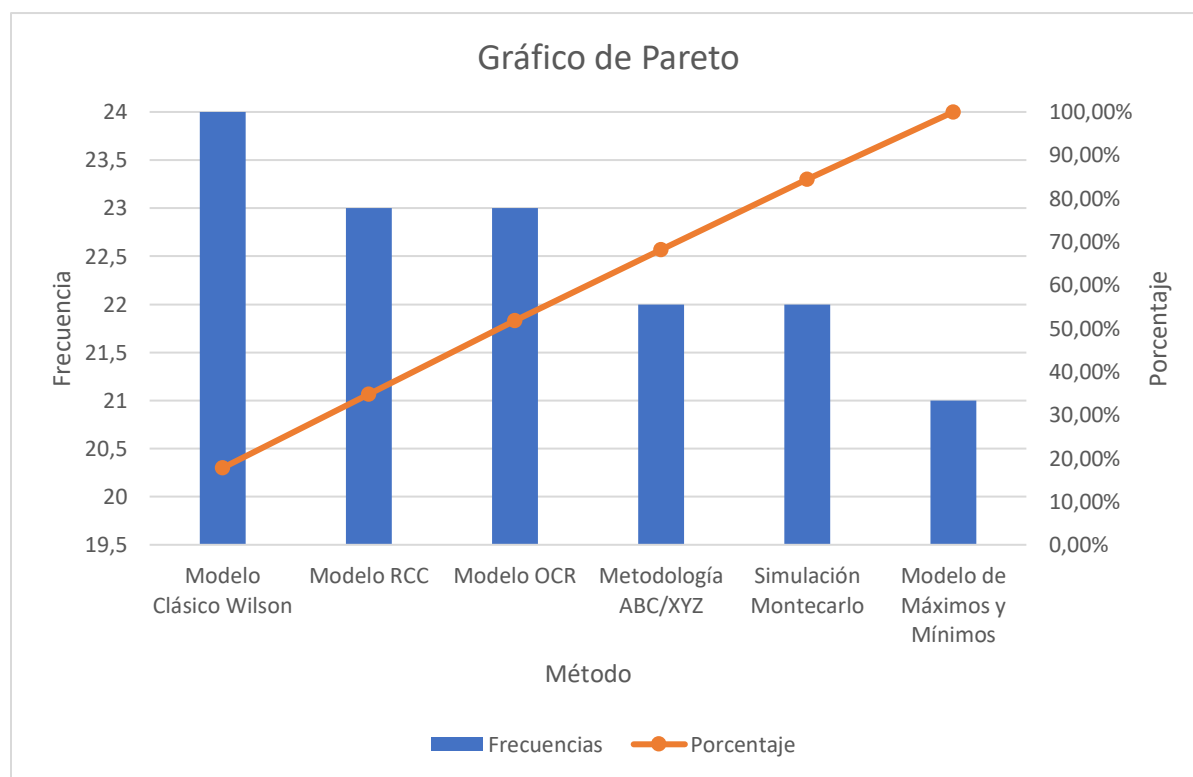
*Resultados del análisis de Likert para cada modelo*

	a	b	c	d	e	f	Total
Metodología ABC/XYZ	3	5	5	4	1	4	22
Modelo RCC	5	4	2	3	4	5	23
Modelo OCR	5	5	5	3	3	2	23
Simulación Montecarlo	5	4	4	3	1	5	22
Modelo de Máximos y Mínimos	3	5	4	2	2	5	21
Modelo Clásico Wilson	5	5	5	4	3	2	24

Nota. Se sumaron caracteres positivos de las diferentes metodologías aplicables para determinar el grado de conformidad de acuerdo con las características principales.

**Figura 11**

*Diagrama de Pareto de las Metodologías*



Nota: El diagrama se realizó considerando los modelos aplicables en el desarrollo de la herramienta informática para la Gestión de Repuestos.



## 1.9. Aplicaciones del modelo seleccionado (Modelo Clásico Wilson) Sin Demora en Pedidos

El grupo de modelos estadísticos estudiados son factibles para realizar análisis de gestión de repuestos, sin embargo, el modelo que más se adapta a necesidades de una empresa es el Modelo Clásico Wilson debido a que la prioridad es evitar el riesgo de no poseer un repuesto perjudicando la productividad y obtener la optimización correcta económicamente hablando, es por ello por lo que se explica las posibles aplicaciones del Modelo Clásico Wilson esta condición.

### 1.9.1. Economías en escala y posibles castigos

El modelo clásico Wilson puede modificarse con el propósito de considerar situaciones donde los parámetros se verán modificados, un ejemplo de ello está presente al producirse un descuento en la cantidad económica de pedido, dependiendo el proveedor este brindará un beneficio por realizar las adquisiciones con él.

En una situación, un proveedor puede realizar un descuento solamente cuando se comercialice un cierto volumen de stock, a este parámetro se le denomina cantidad de referencia  $q_d$  y dicho descuento será una reducción del costo de cada ítem, es decir, descuento en el precio unitario  $\iota_d$ . Para que sea posible la aplicación del análisis del descuento, es necesario que se plantee un parámetro que determine la existencia de dicho descuento ( $\delta_d$ ) cuyo valor solo varía entre 0 y 1.

Entonces, se considera la ecuación (12) de costos de demanda o e intervención en cada orden de trabajo en un solo periodo la cual se convertirá en (35) cuyo valor de 1 está dado para la coherencia de esta expresión matemática en caso de existencia o inexistencia de un descuento.

$$C_{ad,\iota} = \lambda * \frac{p_u}{1 + (\delta_d * \iota_d)} \quad (35)$$

Solamente cuando  $q_d \geq q$ , entonces  $\delta_d = 1$

Donde:

- $C_{ad,\iota}$ : Costo de adquisición considerando un descuento (um)
- $\delta_d$ : Parámetro de existencia del descuento (entre 1 y 0)
- $\iota_d$ : Descuento en el precio unitario (%)

En una situación similar pero inversa puede ocurrir que los costos incrementen, esto en un caso específico sería el incremento de los costos de adquisición, pues al incrementar el valor monetario de la cantidad de pedido, dependiendo el tipo de pedido, incrementarán los costos de un agente de aduanas.

En este caso la condicionante indica que si el valor monetario del volumen de pedido no es mayor al costo del contrato del agente de aduanas entonces no existe este incremento sustancial ( $v$ ), pero, en caso contrario donde el valor monetario si es mayor entonces si existirá el incremento. De igual manera que en el anterior caso existe un parámetro que dicta la existencia de dicho incremento ( $\delta_a$ ) el cual estará dado entre 0 y 1.

Cuando el incremento si existe entonces,  $\delta_a = 1$  y la ecuación ( 15 ) pasa a ser

$$(1 + v\delta_a)C_{ad}\frac{\lambda}{q} \quad (36)$$

Donde:

- $\delta_a$ : Parámetro de existencia del incremento por agente de aduanas (entre 1 y 0)
- $v$ : Incremento porcentual por agente de aduanas (%)

Sustituyendo en la ecuación ( 24 ) que determina el modelo clásico Wilson considerada en un solo periodo se obtiene

$$C_G(q) = \lambda * \frac{p_u}{1 + (\delta_d * \iota_d)} + (1 + v\delta_a)C_{ad} * \frac{\lambda}{q} + \frac{q}{2} * p_u * \iota \quad (37)$$

### 1.9.2. Programa escalado de descuentos por cantidad

La existencia de programas de descuento implica una nueva variable a ser considerada ( $\iota_j$ ) la cual representa el descuento por volumen escalonado de acuerdo con el tamaño del pedido, teniendo un costo por volumen de pedido ( $qP_u$ ), entonces el descuento pasa a ser:

$$C_{st-d} = qP_u(1 - \iota_j) \quad (38)$$

Donde:

- $C_{st-d}$ : Costo del stock total considerando el descuento (um)
- $\iota_j$ : Porcentaje de descuento por volumen (%)

Considerando que los descuentos escalonados se identifican mediante iteraciones son el subíndice  $j$ , donde el descuento solo es posible cuando se cumple la condición de que la cantidad económica de pedido  $q_j$  sea igual o mayor que la cantidad de referencia  $q_j^l$ , teniendo cuenta que con el siguiente descuento el volumen será mayor  $q_j^l \leq q_j < q_{j+1}^l$ . De igual manera funciona con los descuentos  $\iota_j \leq \iota_{j+1}$  modificando así la ecuación (24) en un solo pedido, también se considera el valor monetario de los costos de adquisición:

$$C_G(q) = \lambda * p_u \sum_j (1 - \iota_j) \delta_j + \frac{\lambda}{\sum_j q_j} * C_{ad} + \frac{1}{2} * \iota * p_u \sum_j q_j \quad (39)$$

La ecuación (39) da como resultado en unidades monetarias por unidad de tiempo, además para tener el descuento siempre activo es necesario descartar la posibilidad de que  $\delta_j$  no exista o sea cero.

En situaciones donde la cantidad de pedido no llega al valor de referencia, el incremento de cantidad de pedido puede favorecer para concretar un descuento, es posible sobreestimar la cantidad que indica la demanda y realizar un pedido aún mayor con un incremento del stock no necesario  $\Delta q$ , por lo tanto, el costo global es

$$C_G(q, \Delta q) = \lambda * p_u \sum_j (1 - \iota_j) + \frac{\lambda}{q + \Delta q} * C_{ad} + \frac{(q + \Delta q)}{2} * \iota * p_u \quad (40)$$

Donde:

- $C_G(q, \Delta q)$ : Costos globales considerando el incremento de stock no necesario para hacer factible el descuento (um)
- $\Delta q$ : Incremento del stock no necesario (u)

### 1.9.3. Economías de escala y varios proveedores

En el área laboral existe mucha competencia como se aprecia en el caso de los proveedores, por ello es importante mantenerse en el mercado estableciendo beneficios como los ya mencionados descuentos con el propósito de establecer exclusividad por parte de los clientes, considerando que cada proveedor  $k$  brindará su propio programa de descuentos  $\iota_{j,k}$  que mantiene la esencia del caso anterior, pero difiere en los valores a estimar y en los parámetros de descuento.

Se conserva la identificación de los descuentos por iteraciones  $j$  y las condicionantes que exige que la cantidad económica de pedido debe de ser mayor o igual a la cantidad de referencia y menor a la cantidad con un descuento siguiente  $q_{j,k}^l \leq q_{j,k} < q_{j+1,k}^l$ , entonces la cuota a pagar es

$$C_{st-d,k} = q P_u (1 - \iota_{j,k}) \quad (41)$$

Donde:

- $C_{st-d,k}$ : Costo del stock total considerando el descuento ofrecido por un proveedor (um)
- $\iota_{j,k}$ : Descuento que oferta un proveedor (%)

El comportamiento de los descuentos es creciente igual que el anterior, considerando que los proveedores  $k$  también se diferencian por iteraciones, entonces el costo global es

$$C_G(q, \delta) = \lambda * p_u \sum_j \sum_k (1 - \iota_{j,k}) \delta_{j,k} + \frac{\lambda}{q} * C_{ad} + \frac{1}{2} * \iota * p_u \sum_j \sum_k q_{j,k} \quad (42)$$

Donde:

- $q_{j,k}$ : Cantidad económica de pedido considerando descuento por proveedor (u)
- $\delta_{j,k}$ : Parámetro de existencia del descuento por proveedor (entre 0 y 1)

Restringiendo al parámetro que indica la presencia de un descuento  $\delta_{j,k}$  a solo un valor de existencia, entonces siempre habrá descuento cuando cumpla la condición preestablecida. Es importante considerar que se puede modificar el modelo ya sea eliminando el factor de exclusividad para trabajar con pedidos a varios proveedores, además existe la posibilidad de adjuntar todos los costos de adquisición a los proveedores.

$$C_{ad} = \sum_j \sum_k C_{ad,k} * \delta_{j,k} \quad (43)$$

Donde:

- $C_{ad,k}$ : Costo de adquisición según cada proveedor (um)

#### **1.9.4. Entrega Uniforme**

El Modelo Clásico Wilson es aplicado cuando el pedido de repuestos es requerido de manera instantánea, entonces se busca una manera de que las entregas puedan funcionar diferente y esto se logra mediante un parámetro que determine una tasa de entrega constante llamada  $\mu$  la cual determina las unidades o ítems entregados por unidad de tiempo y de tal manera que el stock medio pase a ser

$$\frac{q}{2} * \left(1 - \frac{\lambda}{\mu}\right) \quad (44)$$

Donde:

- $\mu$ : Tasa de entrega constante (u/t)

Entonces, al resolver todo el análisis del modelo Wilson se obtiene una variación de la ecuación económica de pedido que considera el nuevo valor de stock medio (44)

$$q = \sqrt{\frac{2C_{ad} * \lambda}{\iota * p_u * \left(1 - \frac{\lambda}{\mu}\right)}} \quad (45)$$

### 1.9.5. Costo Global considerando Tasa de Descuento

En una situación donde sea necesario determinar el flujo monetario en función del tiempo se considera que al inicio de un periodo el valor del flujo es de  $(e^{-\theta t})$  visto como expresión, además se debe de tener en cuenta la existencia de un parámetro  $n$  que indica el ciclo de compra – consumo representado por iteraciones donde los flujos monetarios ocurren al iniciar un nuevo periodo, entonces los costos globales en un periodo infinito vendrán dados por la siguiente expresión

$$C_{g,\infty}(q) = \sum_{n=0}^{\infty} C_{g,\theta} * e^{-\varphi \theta n} \quad (46)$$

Donde:

- $C_{g,\infty}(q)$ : Costo global considerando tasa de descuento (um)
- $C_{g,\theta}$ : Costo global en un periodo (um)
- $\varphi$ : Tasa de descuento continuo (%)
- $n$ : Ciclo de compra - consumo

El periodo  $\theta$  puede ser reemplazada por la ecuación ( 10 )

$$C_{g,\infty}(q) = \sum_{n=0}^{\infty} C_{g,\theta} * e^{-\varphi \left(\frac{q}{\lambda}\right)n} \quad (47)$$

Se puede considerar la sumatoria de la expresión exponencial de tal modo que

$$\sum_{n=0}^{\infty} e^{-\varphi \left(\frac{q}{\lambda}\right)n} = \frac{e^{-\varphi \left(\frac{q}{\lambda}\right)}}{e^{-\varphi \left(\frac{q}{\lambda}\right)} - 1} \quad (48)$$

Entonces, al examinar el valor de los costos globales con tendencia a infinitos periodos de la ecuación ( 30 ) descartando el periodo general debido a que solo se analiza un subperiodo con el producto de la ecuación ( 10 ) se obtiene una función polinómica de segundo grado en función de  $q$

$$C_{G,}(q) = \left( p_u * q + C_{ad} + \frac{q^2}{2} * \iota * p_u \right) * \frac{e^{-\varphi\left(\frac{q}{\lambda}\right)}}{e^{-\varphi\left(\frac{q}{\lambda}\right)} - 1} \quad ( 49 )$$

#### ***1.9.6. Convenios con el proveedor para anular costos de almacenamiento***

En casos especiales una empresa buscará alternativas que sean más factibles para reducir los costos globales que debe invertir, entre ellos existe la posibilidad de generar un convenio que le permita anular algunos gastos como los de almacenamiento o reducir los de adquisición, esto se logra mediante una inversión por parte de la empresa que favorezca al proveedor con el cual existe el convenio. El convenio consiste en realizar la construcción de una bodega que permita almacenar una cantidad de inventario  $q_b$  el cual tendrá una de inversión  $A_b$  visto en unidades monetarias y otro gasto de operación  $C_{ob}$  en unidades monetarias por unidad de tiempo por lo que los costos globales de un periodo en un intervalo infinito en función del tiempo son

$$C_{G,\infty} = A_b + \int_0^{\infty} (p_u * \lambda + C_{ob}) * e^{-\varphi t} dt \quad ( 50 )$$

Donde:

- $A_b$ : Inversión (um)
- $C_{ob}$ : Costos de operación (um/t)

Lo que permite determinar los costos globales considerando una tasa de descuento con respecto a la inversión del convenio y descartando costos de almacenamiento y adquisición

$$C_{G,\infty} = A_b + \frac{p_u * \lambda + C_{ob}}{\varphi} \quad ( 51 )$$

En este caso la empresa debe considerar la decisión que mejor la beneficie, si realizar un convenio con los proveedores o seguir realizando pedidos en base al análisis con la tasa de descuento. (Pascual, 2009)



## 2. Capítulo 2

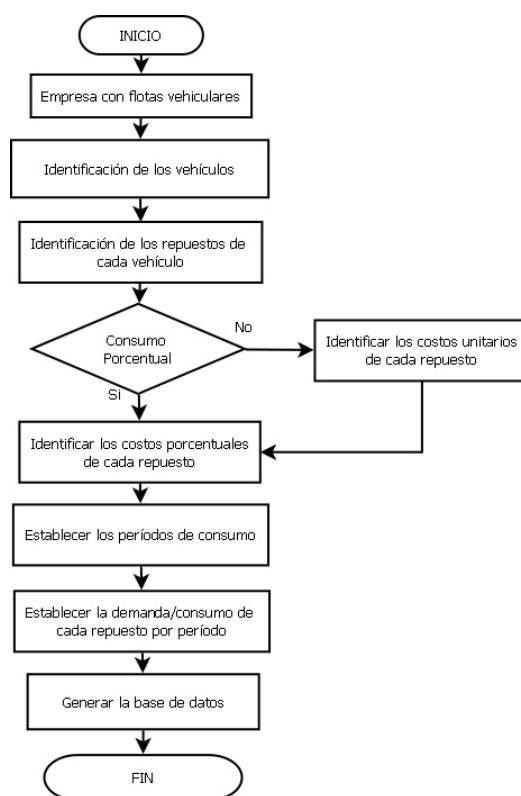
### Análisis de la Muestra de Datos para una Flota de Vehículos

#### 2.1. Levantamiento de datos y recopilación de la información

En el presente capítulo se explica y detalla las muestras de datos que son relevantes para la prueba de la herramienta informática los cuales han sido adquiridos de la bitácora de una empresa donde está presente la información de vehículos, numeraciones, fechas, costos y cantidad de repuestos que permite obtener datos necesarios para encontrar la cantidad económica de pedido.

**Figura 12**

*Procedimiento para la recolección de Datos*



Mediante el diagrama de flujo de la Figura 12 se establece los parámetros para la adquisición de datos económicos del inventario de repuestos para generar la base de datos.

## 2.2. Identificación de Flota Vehicular

La empresa requiere una gran cantidad de vehículos debido a un alcance extenso de área a la que debe responder considerando que trabajan tanto con vehículos livianos como maquinaria pesada, los tipos de vehículos livianos que la empresa utiliza están enumerados en la Tabla 9 con la respectiva descripción del modelo.

**Tabla 9**

*Listado de vehículos livianos*

Nº	Equipo	Número de Equipo	Marca	Modelo	Año	Combustible
1	Camioneta	66	Chevrolet	Luv Dmax 3.0L 4X4	2010	Diesel
2	Camioneta	67	Chevrolet	Luv Dmax 3.0L 4X4	2010	Diesel
3	Camioneta	68	Chevrolet	Luv Dmax 3.0L 4X4	2010	Diesel
4	Camioneta	69	Chevrolet	Luv Dmax 3.0L 4X4	2010	Diesel
5	Camioneta	70	Chevrolet	Luv Dmax 3.0L 4X4	2011	Diesel
6	Camioneta	71	Chevrolet	Luv Dmax 3.0L 4X4	2011	Diesel
7	Camioneta	72	Chevrolet	Luv Dmax 3.0L 4X4	2012	Diesel
8	Camioneta	78	Chevrolet	Luv Dmax 3.0L 4X4	2012	Diesel
9	Camioneta	79	Chevrolet	Luv Dmax 3.0L 4X4	2012	Diesel
11	Furgoneta	23	Kia	Pregio/2700	2003	Diesel
12	Camioneta	53	Chevrolet	Luv 4X4	2002	Gasolina
13	Camioneta	55	Chevrolet	Luv 4X4	2002	Gasolina
14	Camioneta	56	Chevrolet	Luv 4X4	2002	Gasolina
15	Camioneta	61	Chevrolet	Luv 4X4	2003	Gasolina
16	Camioneta	63	Chevrolet	Luv 4X4	2004	Gasolina
17	Jeep	1	Ford	Expedition	2010	Gasolina
18	Jeep	2	Nissan	Patrol	2008	Gasolina
19	Jeep	3	Toyota	Landcruiser	2003	Gasolina
20	Jeep	14	Mitsubishi	Montero 5P	1994	Gasolina
21	Jeep	23	Mitsubishi	Montero 3P	1994	Gasolina
22	Jeep	27	Mitsubishi	Montero 3P	1994	Gasolina
23	Jeep	28	Mitsubishi	Montero 5P	1995	Gasolina
24	Jeep	46	Nissan	Patrol	2001	Gasolina
25	Jeep	59	Chevrolet	Rodeo	2003	Gasolina
26	Jeep	60	Chevrolet	Rodeo	2003	Gasolina
27	Jeep	62	Chevrolet	Rodeo	2003	Gasolina
28	Jeep	63	Chevrolet	Rodeo	2003	Gasolina
29	Jeep	64	Chevrolet	Rodeo	2004	Gasolina
30	Jeep	80	Mitsubishi	Montero 5P	2007	Gasolina
31	Motocicleta	S/N	Suzuki	125CC	2010	Gasolina

Nota. Cada vehículo tiene su número de identificación por parte de la empresa.

El histórico de datos establece que la empresa trabaja con vehículos de diferentes modelos y años, pero con características generales similares como su sistema de inyección, además de que la numeración ayudará a identificar el tipo de vehículo el cual se está analizando.

### 2.2.1. *Camioneta Chevrolet LUV*

El LUV es un tipo de vehículo pick up, es decir, diseñado para transporte de carga, fabricado por la compañía Isuzu y comercializado por Chevrolet, este automóvil representa un modelo antiguo de camioneta que hoy en día ya no se encuentra en producción. El vehículo tuvo su tiempo de vida en el mercado latinoamericano entre los años 2002 y 2004 para luego ser reemplazada por el modelo LUV Dmax aunque en el mercado global llevaba desde años posteriores. Las especificaciones del vehículo Chevrolet LUV están dadas por la Tabla 10.

**Tabla 10**

*Ficha técnica de Chevrolet LUV*

Motor tipo	3.2L V6 24V, Twin Cam
Cilindrada (cc)	3200
Potencia (hp/rpm)	190/5400
Transmisión manual 5 velocidades	X
Tracción	4WD
Frenos delanteros	Discos
Frenos posteriores	Tambor
Dirección	Asistida
Llantas de aleación	16"
Neumáticos	215/80 R16
Neumáticos clase (C/D)	C
Sistema Eléctrico	
Alternador	12V -75 <sup>a</sup>
Batería	12V – 40Ah

Nota. La ficha técnica le pertenece al modelo XTREME 4WD del año 2002. (Veoautos, 2022)

### 2.2.2. *Camioneta Chevrolet LUV Dmax 2.5 - 3.0L 4x4*

La LUV Dmax es un modelo más actual de camioneta perteneciente a Isuzu, nombrada, así como continuación al vehículo anterior y aprovechar las ventas que tuvo, sin embargo, es un auto que incorpora nuevos componentes y difiere al sistema anterior, fue producido en Ecuador y muy comercializado en el país además de otras naciones aventajándose de la popularidad de su antecesor, pero su comercialización fue superada por otros modelos de pick up. Las especificaciones del vehículo Chevrolet LUV Dmax están dadas por la Tabla 11.

**Tabla 11***Ficha técnica LUV Dmax*

Marca	Chevrolet
Modelo	Luv
Generación	Luv
Modificación (motor)	3.2D
Arquitectura de la unidad de potencia	MCI
Tipo de carrocería	Pick-up
Número de plazas	5
Número de puertas	4
Combustible	Diesel
Motor	
Potencia máxima	190 HP @ 5400 rpm
Potencia por litro	43.8 CV/l
Par máximo	230 Nm / 169.64 lb-ft @ 1250 rpm
Posición del motor	Frontal, longitudinal
Cilindrada	2969 cm <sup>3</sup> / 181.18 cu. In
Número de cilindros	4
Distribución de los cilindros	En línea
Número de válvulas por cilindro	2
Sistema de combustible	Diesel – estándar de inyección diesel (IDE)
Aspiración del motor	Turbocompresor
Dimensiones	
Longitud	5030 mm / 198.03 in
Anchura	1800 mm / 70.87 in
Altura	1735 mm / 68.31 in
Distancia entre ejes	3050 mm / 120.08 in
Vía delantera	1520 mm / 59.84 in
Vía trasera	1525 mm / 60.04 in
Cadena cinemática, frenos y suspensión	
Arquitectura de propulsión	Propulsión por ruedas traseras
Tracción	Propulsión (Tracción trasera)
Número de velocidades	5

Nota. La Ficha Técnica aplica para vehículos a partir del año 2006 al 2012. (Auto-data, 2012)

### 2.2.3. *Furgoneta Kia Pregio/2700 2003*

El vehículo Kia Pregio fue diseñado priorizando la seguridad de los pasajeros por sus materiales de alta duración y portando un bastidor capaz de resistir otros parámetros terceros, fue el sucesor del kia Besta empezando su fabricación en el año 1997 y se convirtió en el principal competidor del Hyundai H100. En el año 2003 nació una nueva versión del vehículo que visualmente era más atractiva y funcionalmente incrementó en lo dinámico con un motor de encendido a compresión (Diesel). La ficha de mantenimiento se presenta en la Tabla 12. (*Kia Pregio - visión general del coche, la historia de la creación, especificaciones, s. f.*)

**Tabla 12***Ficha técnica de Kia Pregio/2700*

N° de Cilindros/Orientación	4 en línea
Cilindrada (cc)	2476
Potencia (CV)	94
Par máximo (Nm)	223 @ 2000 rpm
Tracción	Trasera
Transmisión	Manual 5 velocidades
Velocidad máxima (Km/h)	142
Consumo urbano / carretera/ medio	14.3 / 7.6/ 9.8L / 100 Km
Dimensiones (Largo / Ancho/ Alto) mm	4820 / 1810 / 1970
Válvulas	2
Inyección	Diesel common Rail
Potencia Específica (CV/L)	38
Relación peso / potencia (Kg/CV)	18.7
Peso vacío (Kg)	1754
Neumáticos	195 / 80 / R14
Autonomía media	663 km
Depósito	65 L
Puertas	4
Batalla (mm)	2580
Vías delanteras – trasera (mm)	1540 - 1520

**2.2.4. Jeep Ford Expedition 2010**

Nace como sucesor del Ford Bronco siendo un éxito de comercialización hasta el año 2010 y cuya generación continúa hasta hoy. El Ford Expedition 2010 es un tipo de vehículo todoterreno perteneciente a la tercera generación de modelos que se diferencia por tener un tipo de suspensión de resortes neumáticos adaptables, además se caracteriza por poseer un sistema de seguridad AdvaneTrac con RSC que permite el control del freno y torque equilibrando para mejorar el dominio del vehículo. La ficha de mantenimiento se presenta en la Tabla 13.

**2.2.5. Jeep Nissan Patrol 2008/2001**

Se trata de un vehículo todoterreno alimentado por gasóleo o diesel 4x4 identificados como la quinta y segunda generación respectivamente los cuales llevaba vigente desde el 1997 donde empezó a reemplazarse algunos sistemas por más actuales como la cadena cinemática y algunos sistemas de confort. Caracterizado por su motor TB48DE cuyas características lo hacían comparables con vehículos de alta gama. La ficha de mantenimiento se presenta en la Tabla 14.

**Tabla 13***Ficha técnica de Ford Expedition*

Motor	5.4L V8 SOHC 24 V
Cilindrada (cc)	2476
Potencia (Hp)	300 @ 5000 rpm
Número de asientos	8
Transmisión	6 velocidades
Velocidad máxima (Km/h)	246
Consumo urbano / carretera/ medio	17.3 L / 11.6 L / 100 Km
Dimensiones (Largo / Ancho/ Alto) mm	4820 / 1810 / 1970
Potencia Específica (CV/L)	38
Relación peso / potencia (Kg/CV)	18.7
Peso vacío (Kg)	2633
Espacio de carga máximo (L)	3064
Tipo de rueda	18'' alloy wheels
Aceleración 0 -100 Km/h (s)	8.6

**Tabla 14***Ficha técnica de Nissan Patrol*

Marca	Nissan
Modelo	Patrol
Tipo de carrocería	Todoterreno
Número de plazas	5
Número de puertas	5
Combustible	Diesel
Motor	
Potencia máxima (Kw)	118 @ 3600 rpm
Potencia por litro	
Par máximo (Nm)	380 @ 2000 rpm
Cilindrada (cm3)	2953
Número de cilindros	4
Distribución de los cilindros	En línea
Número de válvulas por cilindro	4
Sistema de combustible	Inyección directa
Aspiración del motor	Turbocompresor de Geometría Variable – Intercooler
Relación de compresión	17.9 a 1
Dimensiones	
Longitud (mm)	5145
Anchura (mm)	1940
Altura (mm)	1855
Distancia entre ejes	2970
Vía delantera	1605
Vía trasera	1625

### 2.2.6. *Jeep Toyota Landcruiser*

Este vehículo presenta una historia que data del año 1951 donde empezó su fabricación, con el tiempo ha ganado terreno en diferentes mercados europeos, africanos y americanos por su capacidad de adaptarse a las temperaturas y terrenos difíciles. El modelo Landcruiser 2003 encaja en la serie 100 la cual se dejó de fabricar en el año 2007. En la Tabla 15 se presenta la ficha técnica del Vehículo.

**Tabla 15**

*Ficha técnica de Toyota Landcruiser*

Marca	Toyota
Modelo	Land Cruiser
Generación	Land Cruiser 76 (HZJ76)
Modificación (motor)	4.2 TD (204 CV)
Arquitectura de la unidad de potencia	
Tipo de carrocería	Todoterreno
Número de plazas	5
Número de puertas	5
Combustible	Diesel
Motor	
Potencia máxima	204 CV
Aspiración del motor	Turbocompresor
Dimensiones	
Longitud	5030 mm / 198.03 in
Anchura	1800 mm / 70.87 in
Altura	1735 mm / 68.31 in
Distancia entre ejes	3050 mm / 120.08 in
Vía delantera	1520 mm / 59.84 in
Vía trasera	1525 mm / 60.04 in
Cadena cinemática, frenos y suspensión	
Tracción	Tracción en todas las ruedas (4x4)
Número de velocidades	5

### 2.2.7. *Jeep Mitsubishi Montero 3p / 5p*

El modelo Mitsubishi Montero posee cinco generaciones de vehículos naciendo inicialmente en 1982 con alimentación a gasoil, las siguientes generaciones actualizaron el diseño clásico del vehículo y se empezó a utilizar sistemas de inyección electrónica y tracción en las cuatro ruedas. A partir del 2006 empezó la cuarta generación la cual presentó nuevas tecnologías

enfocadas principalmente en la seguridad de los usuarios como sistemas airbag en varios sentidos, además obtuvo mejoras en el sistema de tracción y estabilidad de frenado, se redujo el peso en el sistema de transmisión utilizando materiales de sustituyesen a los anteriores como fibras de carbono y aleaciones de aluminio. La Tabla 16 presenta la ficha técnica del automotor.

**Tabla 16**

*Ficha técnica de Mitsubishi Montero*

Marca	Mitsubishi
Modelo	Montero
Generación	Montero
Modificación (motor)	3.5 i V6 24V MIVEC
Tipo de carrocería	Todoterreno
Número de plazas	7
Número de puertas	5
Combustible	Gasolina
Motor	
Potencia máxima	208 CV @ 5000 rpm
Potencia por litro	59.5 CV/l
Par máximo	300 Nm @ 3000 rpm
Posición del motor	Frontal, longitudinal
Cilindrada	3497 cm <sup>3</sup>
Número de cilindros	6
Distribución de los cilindros	Motor en V
Número de válvulas por cilindro	4
Sistema de combustible	Inyección Directa Multipunto
Aspiración del motor	Motor Atmosférico
Dimensiones	
Longitud	4725 mm / 186.02 in
Anchura	1785 mm / 70.28 in
Altura	1895 mm / 74.61 in
Distancia entre ejes	2725 mm / 107.28 in
Cadena cinemática, frenos y suspensión	
Tracción	Tracción en todas las ruedas 4x4
Número de velocidades	5

### 2.2.8. Jeep Chevrolet Rodeo

El vehículo fabricado a inicios de los 90 por Isuzu y General Motors fue comercializado bajo la marca de Chevrolet en Sudamérica y por Honda en Norteamérica solo disponible en



transmisión manual. Este vehículo posee cuatro generaciones que a partir de la tercera se conoció como Izusu/Amigo o Izusu/Wizard.

**Tabla 17**

*Ficha técnica de Chevrolet Rodeo*

	Marca	Isuzu
	Modelo	Rodeo 3.5 L S
	Categoría	SUV
	Ubicación del motor	Delantera
Motor	Potencia máxima	248.75 HP
	Par máximo	333.58 Nm
	Compresión del motor	10.3:1
	Cilindrada	3491 cm <sup>3</sup>
	Número de cilindros	6
	Distribución de los cilindros	Motor en V
	Número de válvulas por cilindro	4
	Rendimiento del combustible en carretera	10.4 L/100 Km
	Rendimiento del combustible mixto	11.9 L/100 Km
	Rendimiento del combustible en la ciudad	13.2 L/100 Km
	Capacidad máxima del tanque de combustible	74 L
Dimensiones	Longitud	4520 mm
	Anchura	1790 mm
	Altura	1770 mm
	Distancia entre ejes	2710 mm

### **2.2.9. Motocicleta Suzuki 125CC**

Consiste en una motocicleta urbana de un solo cilindro de un rendimiento de 2.1 litros después de 100 km de recorrido fabricada por Suzuki los datos de este vehículo se encuentran en la Tabla 18.

### **2.3. Identificación de los Repuestos**

A partir de los historiales de información se puede obtener los repuestos que fueron utilizados por los vehículos para su mantenimiento, con esta referencia se clasifica y organiza la información por categorías y subcategorías con respecto a cada repuesto según el vehículo como se aprecia en la Figura 13.

**Tabla 18***Ficha técnica de Motocicleta Suzuki 125 CC*

Motor	OHC 4T
Potencia máxima	8.82 Kw
Peso	112 Kg
Cilindrada	125 cm <sup>3</sup>
Número de cilindros	1
Depósito	1100 l
Batería	12N7 4B (YB7 A)
Transmisión	5 velocidades
Diámetro	57 mm
Carrera	48.8 mm
Desplazamiento	124 cm <sup>3</sup>
Relación de compresión	9.5:1
Sistema de combustible	Carburador
Sistema de arranque	Eléctrico
Sistema de lubricación	Bomba húmeda
Dimensiones	
Largo	1945 mm
Ancho	815 mm
Alto	1110 mm
Distanciamiento entre ejes	1280 mm
Distancia al piso	175 mm
Altura asiento	745 mm
Peso seco (p/referencia)	107 kg
Peso neto	113 kg
Embrague	Disco múltiple húmedo

**Figura 13***Categorización de los Repuestos*

Vehículo	Categoría	Constitución	ID	Subcategoría	Código	Repuesto	Precio Unitario	Frecuencia de Pedido
----------	-----------	--------------	----	--------------	--------	----------	-----------------	----------------------

Donde cada columna debe incluir la siguiente información respectivamente.

- Vehículo: Clasificación del automotor al cual pertenece el repuesto.
- Categoría: Sistema general que comprende al repuesto.
- Constitución: Número único otorgado de acuerdo con su registro.
- ID: Repuesto o insumo.
- Subcategoría: Sistema específico que comprende al repuesto.

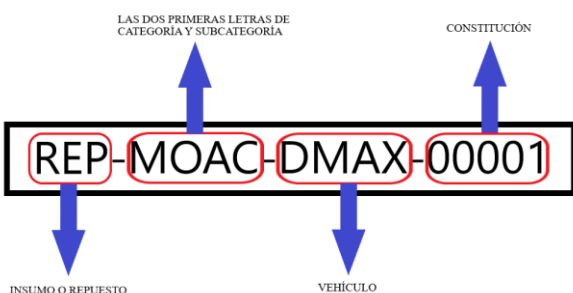
- Código: Conjunto de números y letras que detallan el grupo al cual pertenece el repuesto (Identificación única).
- Repuesto: Especificación del nombre y tipo de repuesto.
- Precio unitario: Costo con el que se adquiriera un solo producto.
- Frecuencia de pedido: Cantidad de veces con las que se realiza un pedido.

### 2.3.1. Código

Uno de los elementos más importantes es el código debido a que permite identificar a cada repuesto considerando a que vehículo pertenece y que función cumple. Este está de acuerdo con la Figura 14.

**Figura 14**

*Estructura del Código de Clasificación*



### 2.3.2. Rotación de los Repuestos

Al hablar de rotación de repuestos se establece el grupo al cual es importante darle prioridad pues contiene los ítems más utilizados en el conjunto de vehículos. Para poder identificar los repuestos que presentan mayor demanda en la empresa se optó por realizar un filtrado de datos general y plantear un análisis de Pareto de toda la bitácora en todos los periodos, de este modo se obtiene una gráfica la cual permite clasificar la rotación de los productos.

### 2.3.3. Análisis del vehículo Luv Dmax

La ficha de mantenimiento de un vehículo presenta caracteres que indican las actividades que se deben de ejecutar cuando se realiza las inspecciones al vehículo, en la Figura 15 se encuentra establecido el plan de mantenimiento del vehículo más utilizado por la empresa y en la Tabla 19 se explica el significado de cada código.



**Tabla 19**

*Tabla de indicador de actividades*

Indicador de actividad	Código
Cambio	C
Realizar	R
Lubricar	L
Inspeccionar	I

**Figura 15**

*Tabla de Mantenimiento de Chevrolet LUV*

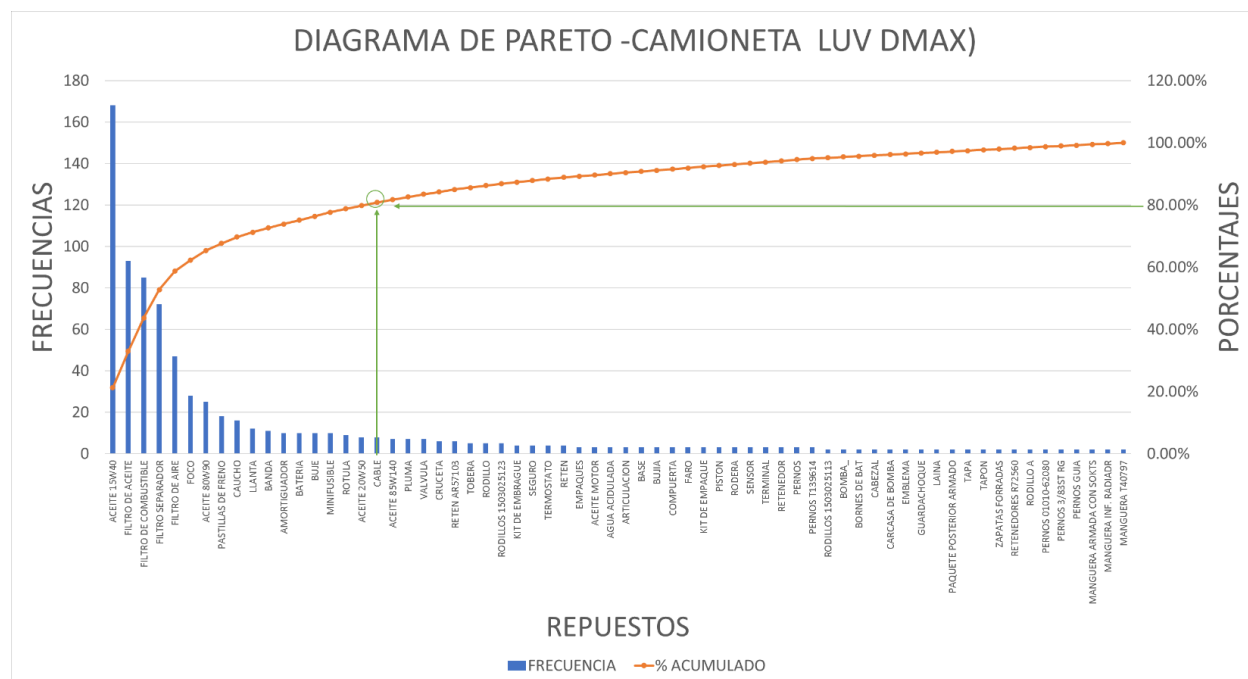
 		<b>DMAX</b> Plan de Mantenimiento Preventivo													
OPERACIONES X 1.000 Km	MESES	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	110	120	130	140
<b>PRUEBA DE RUEDA</b>		R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R
Realizar si la Situación lo amerita		R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R
<b>MOTOR</b>															
** Filtro de Aire		I	C	I	C	I	C	I	C	I	C	I	C	I	C
** Filtro de Aceite		C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C
** Aceite Motor		C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C
** Filtro de Combustible			C		C		C		C		C		C		C
Desaguar filtro de combustible		R		R		R		R		R		R		R	
Revisar bujías de Incandescencia, (operación en tablero de Instrumentos).		I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I
Correa de accesorios Inspeccionar (Ruidos) , cambiar.		I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I
Prueba de emisión de gases.				R		R		R		R		R		R	
<b>SISTEMA DE ENFRÍAMENTO</b>															
** Verificar nivel del refrigerante		R	R	R	R	R		R	R	R	R	R	R	R	R
** Cambio de líquido refrigerante							C		R	R	R	R	R	R	R
Verificar: condición, fugas de mangueras, conexiones, radiador, termostato y bomba de agua, funcionamiento electro ventilador.		I	I	I	I	I		I	I	I	I	I	I	I	I
<b>RUEDAS Y NEUMÁTICOS</b>															
Realizar rotación, verificar torque de tornillos de sujeción y posibles desgaste irregulares		R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R
Verificar balanceo y alineación		R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R
Inspeccionar Estado y Presión de Neumáticos.		R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R
Verificar Juego Libre Rodamientos 4 Ruedas y Engrase Rodamientos Ruedas Delanteras (cambio retenes)				R		R				R					R
<b>TRANSMISIÓN</b>															
Verificar nivel, aspecto y posibles fugas de aceite de la caja de cambios manual		R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R
Verificar juego libre y Comportamiento del pedal de embrague, recorrido de palanca de cambios y ajustar si es necesario.		R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R
** Cambio de aceite de caja de cambios transmisión manual.		C		C		C		C		C		C		C	
** Aceite caja de transferencia revisar nivel.		I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I
<b>SISTEMA DE DIRECCIÓN</b>															
** Revisar y lubricar muños de acople y juntas universales (cruetas). Incluir cardan delantero en modelo 4x4.		R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R
<b>DIFERENCIALES</b>															
** Revisar nivel de aceite y cambiar aceite del o los diferenciales, Incluir diferencial delantero en modelo 4x4.		C	R	R	C	R	R	R	C	R	R	R	C	R	R
<b>SISTEMA ACODICIONADOR DE AIRE</b>															
Filtro de Cabina (Polen)			C		C		C		C		C		C		C
Verificar Funcionamiento del Sistema de Aire Acondicionado.		R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R

*Nota.* Reproducida de Plan de mantenimiento Chevrolet Luv D-MAX 3.0, (*D-Max / Camioneta 4x4 / Chevrolet*, s. f.), (www.chevrolet.com.ec). CC BY 2.0

De acuerdo con el filtrado de datos mediante el análisis de Pareto de la Figura 16 se puede concluir cuales son los repuestos más utilizados por parte de este tipo de vehículos.

**Figura 16**

*Diagrama de Pareto de Repuestos de Chevrolet LUV DMAX*



De acuerdo con el diagrama de Pareto de la Figura 16, se establecen los repuestos que representan el 80% de la rotación en la Tabla 20.

Los caracteres de la ficha de mantenimiento de la Figura 16 corresponde a Tabla 20 la donde los mantenimientos indican que los repuestos más utilizados son referentes a los cambios de aceite y filtros tanto de agua, lubricante y aire en un periodo de tiempo.

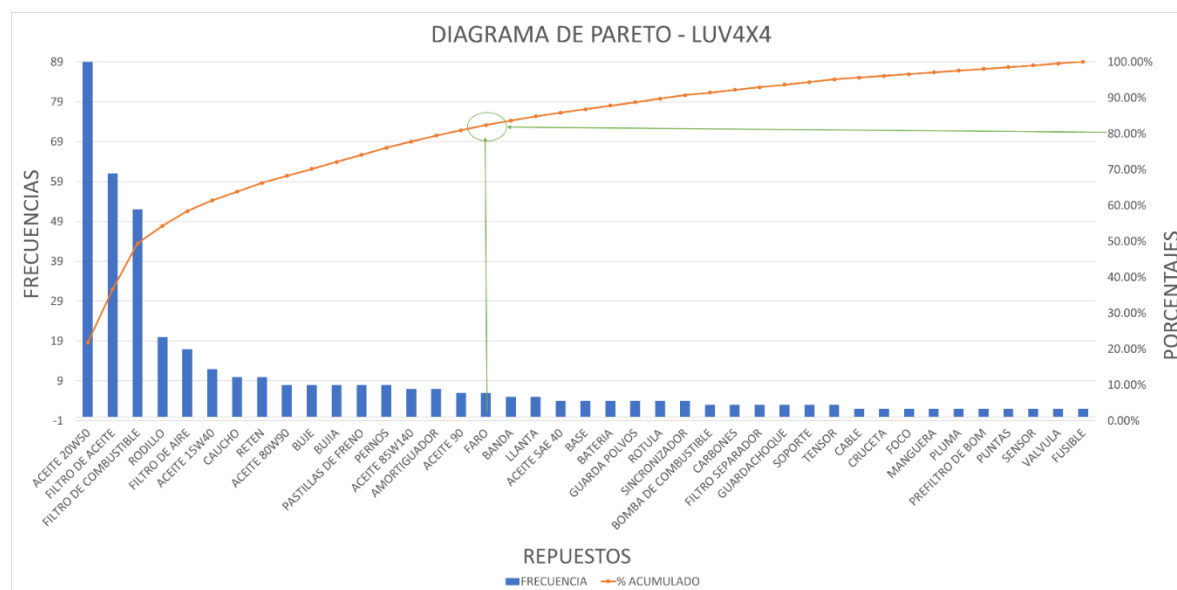
#### 2.3.4. Análisis del vehículo Luv 4x4

La Figura 17 representa los repuestos que poseen mayor rotación por el vehículo Chevrolet Luv 4x4 y en la Tabla 21 se encuentra descrito dichos repuestos.

La frecuencia de los repuestos indica la demanda establecida en todos los años según el histórico de datos.

**Tabla 20***Repuestos del 80% de rotación del Chevrolet LUV DMAX*

FILTRADO GENERAL	FRECUENCIA	%	ACUMULADO	% ACUMULADO
ACEITE 15W40	168	21.21%	168	21.21%
FILTRO DE ACEITE	93	11.74%	261	32.95%
FILTRO DE COMBUSTIBLE	85	10.73%	346	43.69%
FILTRO SEPARADOR	72	9.09%	418	52.78%
FILTRO DE AIRE	47	5.93%	465	58.71%
FOCO	28	3.54%	493	62.25%
ACEITE 80W90	25	3.16%	518	65.40%
PASTILLAS DE FRENO	18	2.27%	536	67.68%
CAUCHO	16	2.02%	552	69.70%
LLANTA	12	1.52%	564	71.21%
BANDA	11	1.39%	575	72.60%
AMORTIGUADOR	10	1.26%	585	73.86%
BATERIA	10	1.26%	595	75.13%
BUJE	10	1.26%	605	76.39%
MINIFUSIBLE	10	1.26%	615	77.65%
ROTULA	9	1.14%	624	78.79%
ACEITE 20W50	8	1.01%	632	79.80%
CABLE	8	1.01%	640	80.81%

**Figura 17***Diagrama de Pareto de Repuestos de Chevrolet LUV 4X4*

**Tabla 21***Repuestos del 80% de rotación del Chevrolet LUV 4X4*

FILTRADO GENERAL	FRECUENCIA	%	ACUMULADO	% ACUMULADO
ACEITE 20W50	89	21.76%	89	21.76%
FILTRO DE ACEITE	61	14.91%	150	36.67%
FILTRO DE COMBUSTIBLE	52	12.71%	202	49.39%
RODILLO	20	4.89%	222	54.28%
FILTRO DE AIRE	17	4.16%	239	58.44%
ACEITE 15W40	12	2.93%	251	61.37%
CAUCHO	10	2.44%	261	63.81%
RETEN	10	2.44%	271	66.26%
ACEITE 80W90	8	1.96%	279	68.22%
BUJE	8	1.96%	287	70.17%
BUJIA	8	1.96%	295	72.13%
PASTILLAS DE FRENO	8	1.96%	303	74.08%
PERNOS	8	1.96%	311	76.04%
ACEITE 85W140	7	1.71%	318	77.75%
AMORTIGUADOR	7	1.71%	325	79.46%
ACEITE 90	6	1.47%	331	80.93%
FARO	6	1.47%	337	82.40%

### 2.3.5. *Análisis del vehículo Kia Pregio*

**El vehículo al igual que los anteriores tiene más demanda en los aceites lubricantes y filtros como se demuestra en la**

Figura 18.

La Tabla 22 presenta el listado de productos de mayor rotación para este vehículo con una baja demanda en todo el periodo analizado.

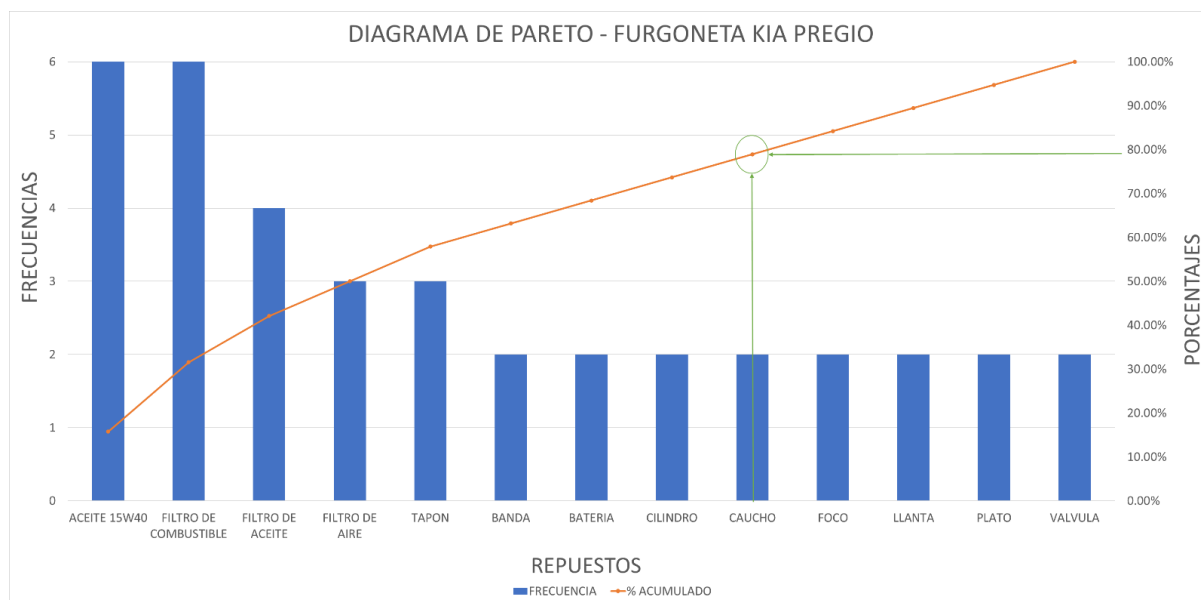
### 2.3.6. *Análisis del vehículo Ford Expedition*

En la Figura 19 se puede apreciar que además del uso continuo de aceites y filtros también entran en la lista de los productos de mayor rotación las pastillas de freno.

La Tabla 23 indica el historial de repuestos usados por este vehículo todoterreno.

**Figura 18**

*Diagrama de Pareto de Repuestos de Kia Pregio*

**Tabla 22**

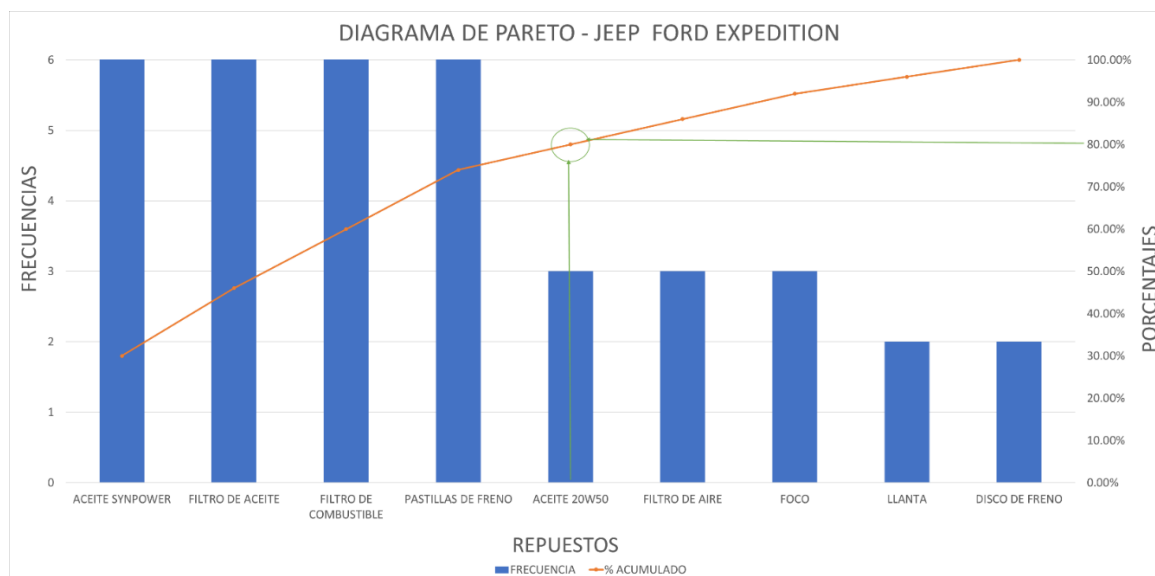
*Repuestos del 80% de rotación del KIA PREGIO*

FILTRADO GENERAL	FRECUENCIA	%	ACUMULADO	% ACUMULADO
ACEITE 15W40	6	15.79%	6	15.79%
FILTRO DE COMBUSTIBLE	6	15.79%	12	31.58%
FILTRO DE ACEITE	4	10.53%	16	42.11%
FILTRO DE AIRE	3	7.89%	19	50.00%
TAPON	3	7.89%	22	57.89%
BANDA	2	5.26%	24	63.16%
BATERIA	2	5.26%	26	68.42%
CILINDRO	2	5.26%	28	73.68%
CAUCHO	2	5.26%	30	78.95%
FOCO	2	5.26%	32	84.21%
LLANTA	2	5.26%	34	89.47%
PLATO	2	5.26%	36	94.74%
VALVULA	2	5.26%	38	100.00%



**Figura 19**

*Diagrama de Pareto de Repuestos de Ford Expedition*

**Tabla 23**

*Repuestos del 80% de rotación del FORD EXPEDITION*

FILTRADO GENERAL	FRECUENCIA	%	ACUMULADO	% ACUMULADO
ACEITE SYNPOWER	15	30.00%	15	30.00%
FILTRO DE ACEITE	8	16.00%	23	46.00%
FILTRO DE COMBUSTIBLE	7	14.00%	30	60.00%
PASTILLAS DE FRENO	7	14.00%	37	74.00%
ACEITE 20W50	3	6.00%	40	80.00%
FILTRO DE AIRE	3	6.00%	43	86.00%
FOCO	3	6.00%	46	92.00%
LLANTA	2	4.00%	48	96.00%
DISCO DE FRENO	2	4.00%	50	100.00%

### 2.3.7. Análisis del vehículo Nissan Patrol

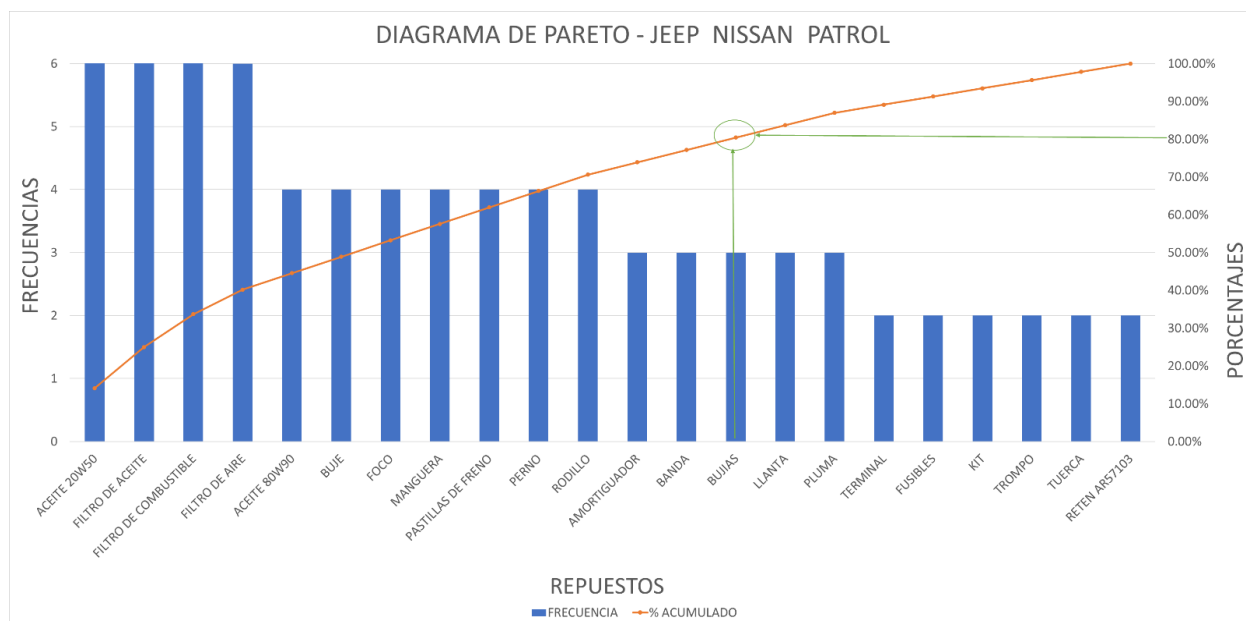
En la Figura 20 se encuentran establecidos los productos de mayor rotación que superan en surtidos a los otros vehículos.

**La**

Tabla 24 indica la cantidad y porcentaje de uso de cada repuesto.

**Figura 20**

*Diagrama de Pareto de Repuestos de Jeep Nissan Patrol*

**Tabla 24**

*Repuestos del 80% de rotación del NISSAN PATROL*

FILTRADO GENERAL	FRECUENCIA	%	ACUMULADO	% ACUMULADO
ACEITE 20W50	13	14.13%	13	14.13%
FILTRO DE ACEITE	10	10.87%	23	25.00%
FILTRO DE COMBUSTIBLE	8	8.70%	31	33.70%
FILTRO DE AIRE	6	6.52%	37	40.22%
ACEITE 80W90	4	4.35%	41	44.57%
BUJE	4	4.35%	45	48.91%
FOCO	4	4.35%	49	53.26%
MANGUERA	4	4.35%	53	57.61%
PASTILLAS DE FRENO	4	4.35%	57	61.96%
PERNO	4	4.35%	61	66.30%
RODILLO	4	4.35%	65	70.65%
AMORTIGUADOR	3	3.26%	68	73.91%
BANDA	3	3.26%	71	77.17%
BANDA	3	3.26%	74	77.17%

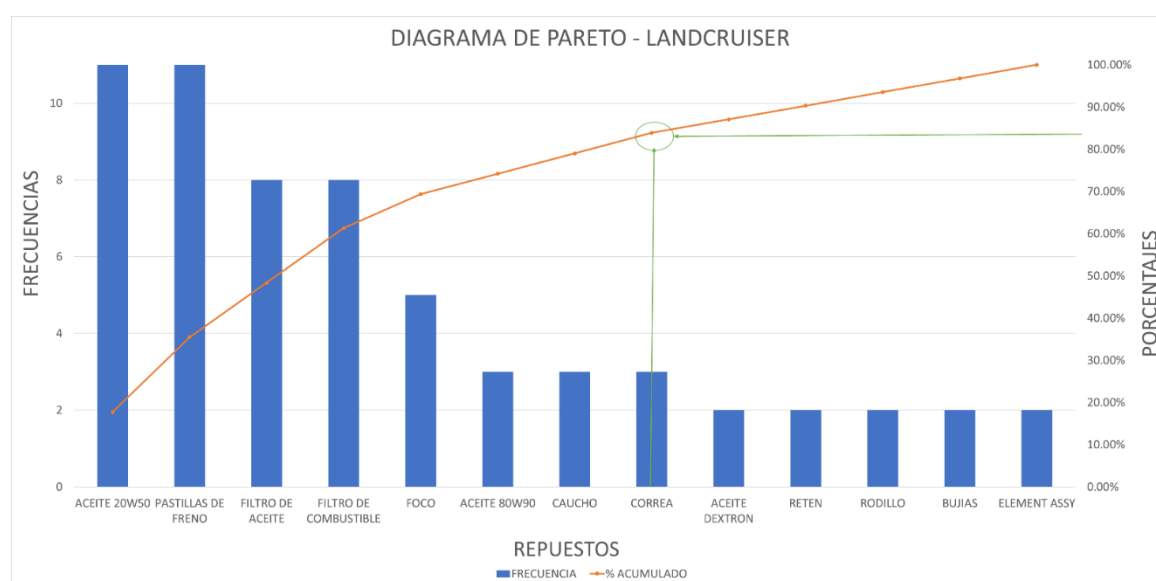
### 2.3.8. Análisis del vehículo LandCruiser

Al tener poco surtido de repuestos la cantidad de productos utilizados es menor a la del vehículo anterior como se aprecia en la Figura 21.

La Tabla 25 del vehículo presenta el histórico de datos de los productos con más rotación.

**Figura 21**

*Diagrama de Pareto de Repuestos de LandCruiser*



**Tabla 25**

*Repuestos del 80% de rotación del LANDCRUISER*

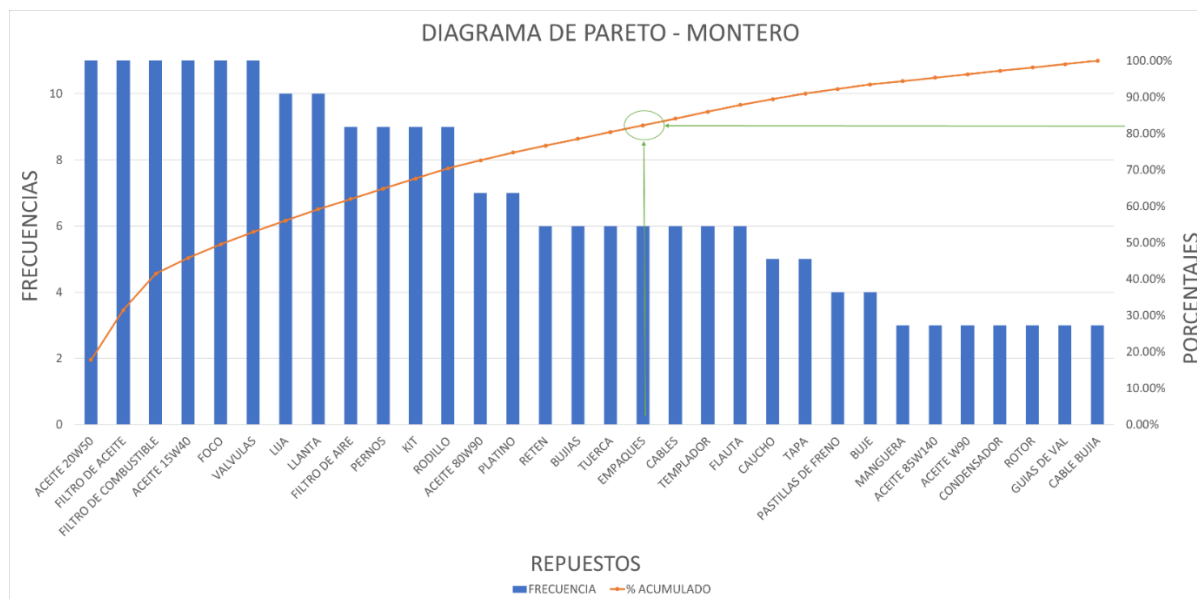
FILTRADO GENERAL	FRECUENCIA	%	ACUMULADO	% ACUMULADO
ACEITE 20W50	11	17.74%	11	17.74%
PASTILLAS DE FRENO	11	17.74%	22	35.48%
FILTRO DE ACEITE	8	12.90%	30	48.39%
FILTRO DE COMBUSTIBLE	8	12.90%	38	61.29%
FOCO	5	8.06%	43	69.35%
ACEITE 80W90	3	4.84%	46	74.19%
CAUCHO	3	4.84%	49	79.03%
CORREA	3	4.84%	52	83.87%

### 2.3.9. Análisis del vehículo Montero

El surtido de estos vehículos es mayor a los otros como se puede apreciar en la Figura 22.

**Figura 22**

*Diagrama de Pareto de Repuestos de Montero*



La **¡Error! La autoreferencia al marcador no es válida.** demuestra la rotación de los repuestos del vehículo Montero donde se aprecia que los repuestos enfocados al sistema de lubricación son los de mayor demanda, entonces se puede deducir que tiene la influencia de los mantenimientos enfocados al vehículo.

**Tabla 26***Repuestos del 80% de rotación del MONTERO*

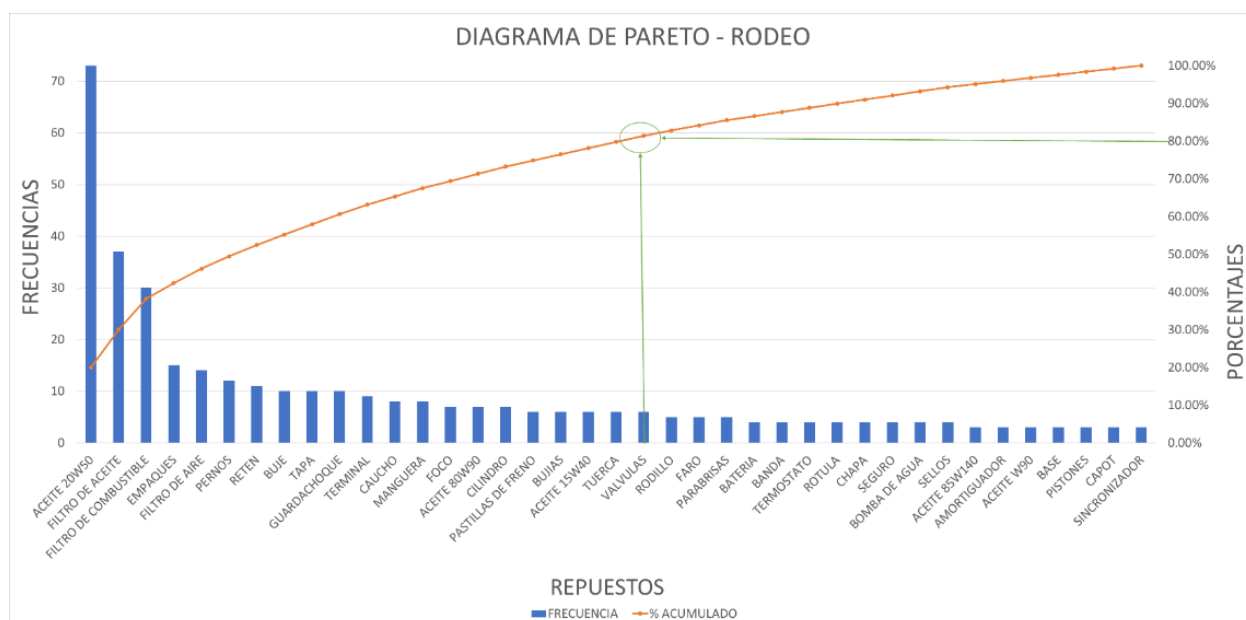
FILTRADO GENERAL	FRECUENCIA	%	ACUMULADO	% ACUMULADO
ACEITE 20W50	57	17.76%	57	17.76%
FILTRO DE ACEITE	44	13.71%	101	31.46%
FILTRO DE COMBUSTIBLE	32	9.97%	133	41.43%
ACEITE 15W40	14	4.36%	147	45.79%
FOCO	12	3.74%	159	49.53%
VALVULAS	11	3.43%	170	52.96%
LIJA	10	3.12%	180	56.07%
LLANTA	10	3.12%	190	59.19%
FILTRO DE AIRE	9	2.80%	199	61.99%
PERNOS	9	2.80%	208	64.80%
KIT	9	2.80%	217	67.60%
RODILLO	9	2.80%	226	70.40%
ACEITE 80W90	7	2.18%	233	72.59%
PLATINO	7	2.18%	240	74.77%
RETEN	6	1.87%	246	76.64%
BUJIAS	6	1.87%	252	78.50%
TUERCA	6	1.87%	258	80.37%

**2.3.10. Análisis del vehículo Rodeo**

El diagrama de Pareto de la Figura 23 ha establecido el gran surtido de los repuestos.

**Figura 23**

*Diagrama de Pareto de Repuestos de Rodeo*



La Tabla 27 indica la demanda que usa este vehículo en su respectivo mantenimiento el cual es mayor al de otros vehículos.

#### **2.4.Costos producidos en el almacén y el servicio**

Existen costos que son necesarios para desarrollar el Modelo Clásico Wilson que se deben de obtener mediante parámetros específicos correspondientes a la empresa. Los costos necesarios para la implementación del modelo Wilson son:

- Costos de Almacenamiento
- Costos de Adquisición

**Tabla 27***Repuestos del 80% de rotación del RODEO*

FILTRADO GENERAL	FRECUENCIA	%	ACUMULADO	% ACUMULADO
ACEITE 20W50	73	19.95%	73	19.95%
FILTRO DE ACEITE	37	10.11%	110	30.05%
FILTRO DE COMBUSTIBLE	30	8.20%	140	38.25%
EMPAQUES	15	4.10%	155	42.35%
FILTRO DE AIRE	14	3.83%	169	46.17%
PERNOS	12	3.28%	181	49.45%
RETEN	11	3.01%	192	52.46%
BUJE	10	2.73%	202	55.19%
TAPA	10	2.73%	212	57.92%
GUARDACHOQUE	10	2.73%	222	60.66%
TERMINAL	9	2.46%	231	63.11%
CAUCHO	8	2.19%	239	65.30%
MANGUERA	8	2.19%	247	67.49%
FOCO	7	1.91%	254	69.40%
ACEITE 80W90	7	1.91%	261	71.31%
CILINDRO	7	1.91%	268	73.22%
PASTILLAS DE FRENO	6	1.64%	274	74.86%
BUJIAS	6	1.64%	280	76.50%
ACEITE 15W40	6	1.64%	286	78.14%
TUERCA	6	1.64%	292	79.78%
VALVULAS	6	1.64%	298	81.42%

**2.4.1. Costos de Almacenamiento**

Los costos de almacenamiento representan todo gasto que proviene del almacén para el mantenimiento y cuidado de los repuestos e inventario, entre los parámetros a analizar para obtener estos costos están:

- Sueldos: Todos los gastos que la empresa debe brindar al trabajador según su cargo.

- Prestación de ley: Los beneficios sociales que debe brindar el empleador al IESS presentado en la Tabla 28.

**Tabla 28***Gastos producidos por las Prestaciones de Ley*

Prestación de ley	Descripción
Afiliación a la seguridad social	La afiliación corresponde una paga que se divide entre un aporte patronal y un aporte personal que depende del sector público y privado.
Pago por horas extras y suplementarias	Fines de semana y horas fuera del horario establecido.
Pago de la Decimotercera Remuneración (Décimo tercer sueldo)	Bono navideño que se paga de diciembre a noviembre del último año.
Pago de la Decimocuarta remuneración (Décimo cuarto Sueldo)	Bono escolar de un salario básico unificado.
Pago del fondo de reserva	Después de un año de trabajo se aporta al IESS el 8.33% de la remuneración del trabajador.
Vacaciones anuales	Medio salario básico unificado en caso de que el trabajador rechace las vacaciones.
Pago de la Jubilación patronal	Se paga si el trabajador lleva un periodo largo con la empresa.
Pago de utilidades	Corresponde a un porcentaje de las ganancias de la empresa el cual incrementa si los empleados tienen una carga familiar.

- Gastos de luz: El costo de los equipos eléctricos usados en el almacén.
- Papelería: Gastos producidos por la inversión en el papeleo.
- Depreciación de los activos asignados al almacén: El equivalente a cuanto se deprecia anualmente los productos el cual es un valor de 10%.
- Teléfono/Internet: Servicios que corresponden al almacén.
- Seguros del producto: En caso de que los repuestos estén asegurados por daños.
- Gastos de instalación (infraestructura): Inversión realizada en la infraestructura del almacén.
- Costos de demoras: Gastos generados por tiempos perdidos.
- Daños y pérdidas por manejo: Costos de imprevistos en los que se debe reponer la inversión de los repuestos.



- Depreciación de la parte del edificio que ocupa el almacén: Corresponde al 10% anualmente de la inversión realizada en el almacén.
- Renta de la superficie (costo por área): Los repuestos generan gastos por el tiempo que ocupa un área determinada.

#### ***2.4.2. Costos de Adquisición***

Los costos de adquisición corresponden al grupo de gastos que la empresa debe cubrir para obtener el producto o productos, estos gastos se adjudican al proveedor y el grupo de parámetros necesarios para obtener los valores pueden ser:

- Precio unitario: Valor de cada repuesto individualmente. El valor de un mismo repuesto puede variar según la marca por ello se recomienda utilizar un costo promedio en caso de carecer los datos específicos de dicho repuesto.
- Costo de material de oficina: Inversión realizada en equipos de oficina (Papeleo, herramientas, etc.)
- Teléfono/Internet: Servicios que corresponden a la oficina.
- Salarios: Por el servicio de los trabajadores (transporte, carga y descarga): Todos los gastos que la empresa debe brindar al trabajador según su cargo.
- Viajes de los agentes de compras: El pago por horas de traslado.

#### ***2.4.3. Consumo Porcentual***

Algunos productos o insumos que se utilizan en el mantenimiento de un vehículo presentan un consumo no unitario un ejemplo serio que un vehículo utilice un litro y cuarto de aceite lubricante o el uso de wipe.

#### 2.4.4. Demanda y Consumo

Los repuestos tienen un consumo variado según el mantenimiento de los vehículos el cual varia cada año y en algunos meses la demanda tiende a ser cero por lo que se recomienda cimentar una demanda media de todos los meses estableciendo una demanda constante. En la Tabla 29 se presenta un ejemplo del comportamiento del consumo del vehículo Luv Dmax.

**Tabla 29**

*Tabla de datos de consumo y costo promedio de Luv Dmax*

MES	CANTIDAD	PRECIO PROMEDIO	
ENERO	0	0	CANTIDAD TOTAL
FEBRERO	1,5	18,53	305,75
MARZO	61,5	18,53	PROMEDIO GENERAL
ABRIL	20,5	18,53	18,53
MAYO	0	0,00	
JUNIO	0	0,00	
JULIO	0	0,00	
AGOSTO	50	18,53	
SEPTIEMBRE	41,5	18,53	
OCTUBRE	42,75	18,53	
NOVIEMBRE	42,75	18,53	
DICIEMBRE	45,25	18,53	

### 3. Capítulo 3

#### Herramienta Informática aplicada a la Gestión de Repuestos

##### 3.1. Desarrollo de la herramienta informática

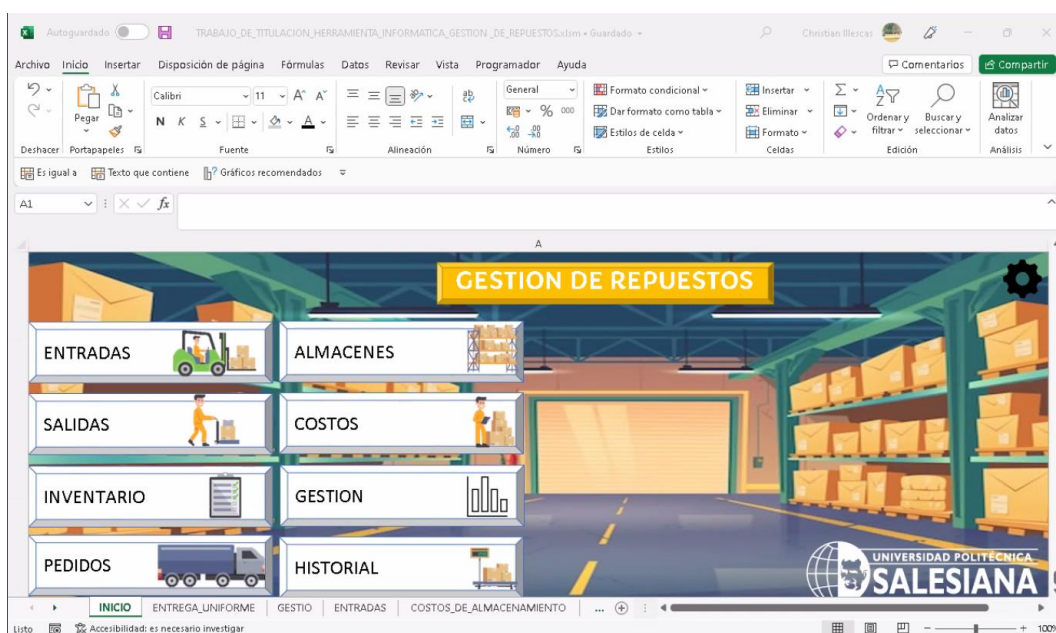
La herramienta está formada por módulos empezando por la interfaz de apertura, una matriz de datos amplia correspondiente a los repuestos y a los vehículos respectivos, finalmente una hoja de cálculo que permite el análisis de la gestión general capaz de determinar la cantidad económica de pedido y costos globales dependiendo la variación de las condiciones.

##### 3.2. Interfaz

El desarrollo del interfaz presentado en la Figura 24 demuestra un entorno que permite el ingreso de usuario y una de selección múltiple a la cual se adjudica las aplicaciones generales de la herramienta informática ya que se compone de la entrada de datos y selección de la actividad a desarrollar.

**Figura 24**

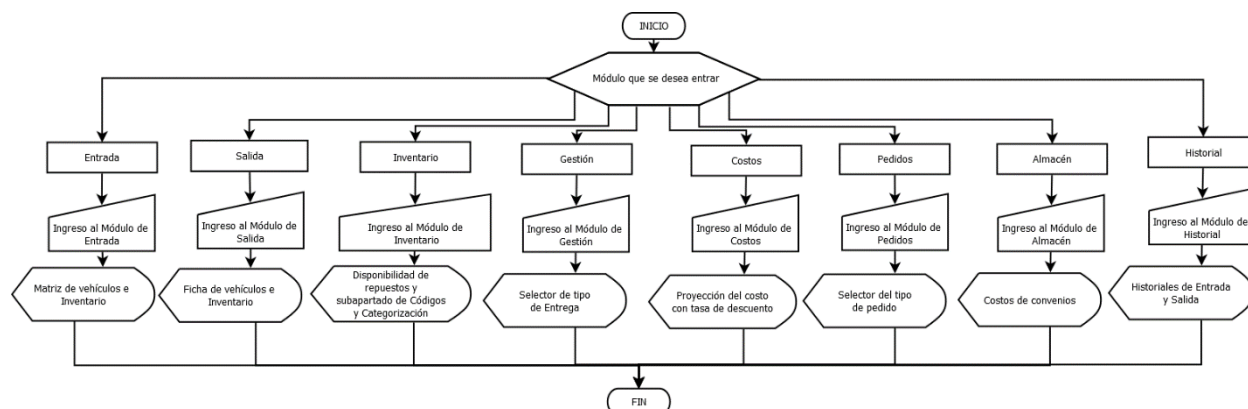
*Interfaz de la Herramienta Informática*



En la **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.** se presenta el flujo que sigue l a selección múltiple de la interfaz y hacia que módulos se redirecciona cada botón de selección.

**Figura 25**

*Diagrama de flujo de la Interfaz*



### 3.3. Matriz de Datos

El archivo tiene como base el registro previo de datos clasificados por repuesto de cada vehículo en categorías y subcategorías, sin embargo, debido al gran surtido de componentes es necesario realizar un apartado para la introducción y búsqueda del repuesto requerido con el cual se va a trabajar.

#### 3.3.1. Módulo de Entrada

Este módulo permite el ingreso de datos de nuevos repuestos o vehículos la empresa adquiere ya sean existentes o de nuevos fabricantes. En la Figura 26 se presenta la forma final que tiene este módulo dentro de la herramienta informática donde incluye un buscador de vehículos y categorías del repuesto requerido, además de un listado del histórico de productos utilizados por el vehículo seleccionado.

### ***3.3.2. El flujo de comportamiento de la Módulo de Salida***

La finalidad de este módulo está en la presentación de un registro de la cantidad de utilización de los repuestos en manera de ficha, para ello es importante filtrar los datos de vehículos mediante los apartados que permite el programa como se aprecia en la Figura 28.

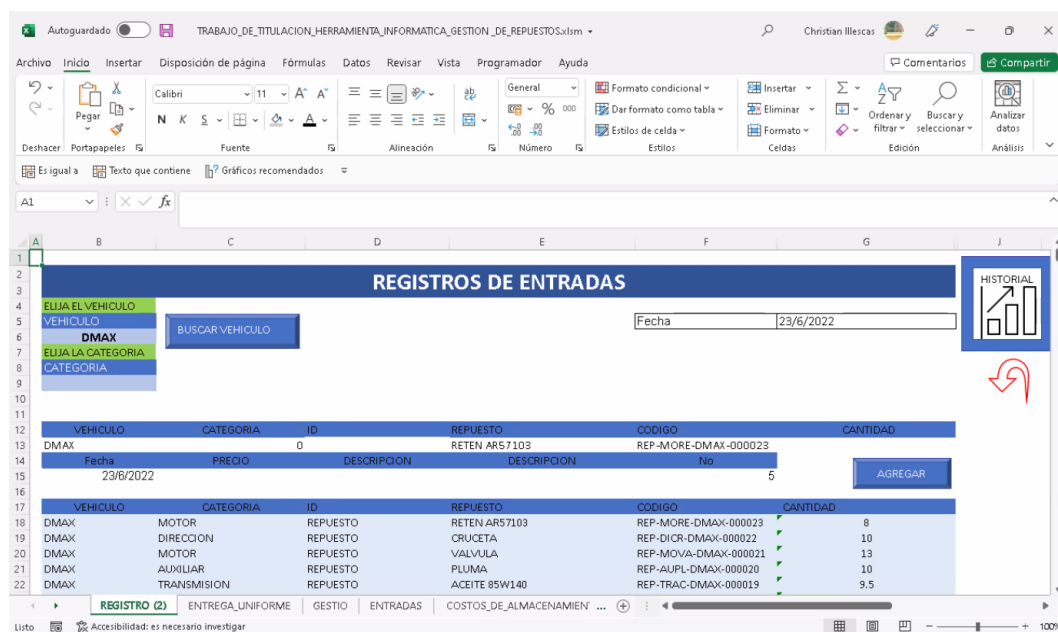
En la Figura 29 es posible realizar un filtrado más concentrado abarcando la clasificatoria que se le dio a cada uno de los repuestos y la numeración, además de poder determinar si la cantidad de stock que se tiene disponible cumplirá con la demanda de un nuevo mantenimiento que se debe desarrollar.

En la Figura 30 se presenta el diseño final de la ficha donde se implementan los datos de los repuestos seleccionados con los cuales se va a trabajar con el propósito de correlacionar los productos utilizados con el mantenimiento efectuada a cada vehículo

Figura 27 indica cada direccionamiento que se tiene al ingresar datos nuevos de vehículos o repuestos.

### **Figura 26**

*Módulo del Registro de Entrada de Datos*



### 3.3.3. Módulo de Salida

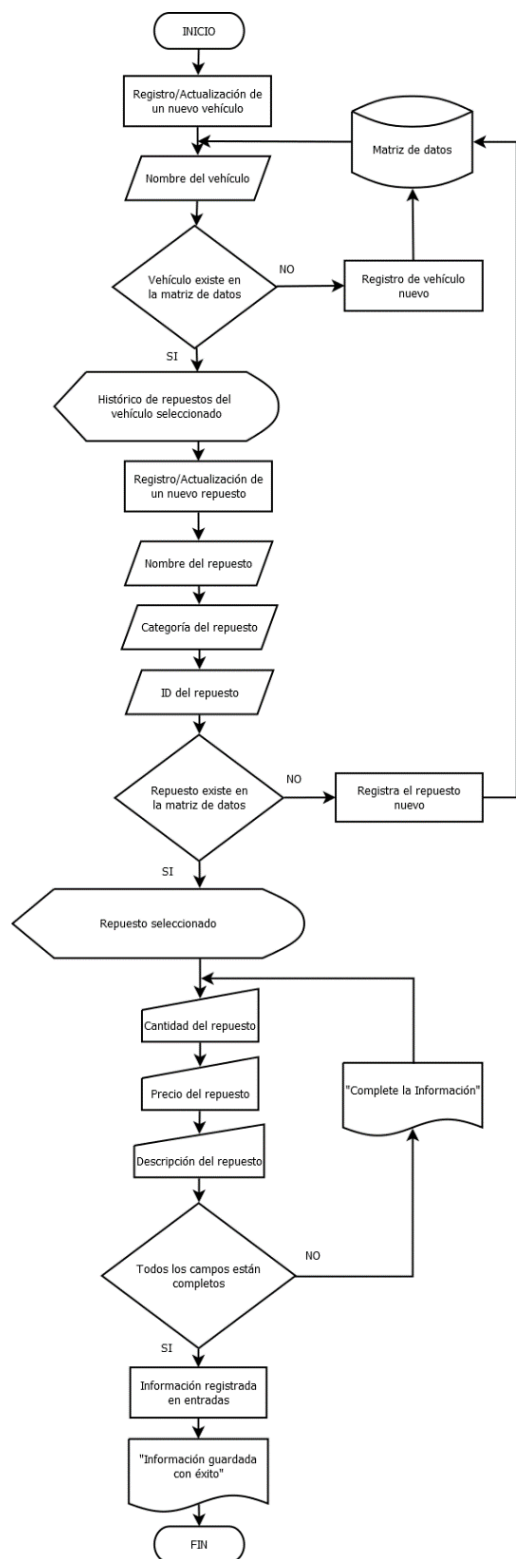
La finalidad de este módulo está en la presentación de un registro de la cantidad de utilización de los repuestos en manera de ficha, para ello es importante filtrar los datos de vehículos mediante los apartados que permite el programa como se aprecia en la Figura 28.

En la Figura 29 es posible realizar un filtrado más concentrado abarcando la clasificatoria que se le dio a cada uno de los repuestos y la numeración, además de poder determinar si la cantidad de stock que se tiene disponible cumplirá con la demanda de un nuevo mantenimiento que se debe desarrollar.

En la Figura 30 se presenta el diseño final de la ficha donde se implementan los datos de los repuestos seleccionados con los cuales se va a trabajar con el propósito de correlacionar los productos utilizados con el mantenimiento efectuada a cada vehículo

## Figura 27

*Diagrama de Flujo del Registro de Entrada de Datos*



**Figura 28**

*Módulo del Registro de Salida y Filtrado de Datos*

Autoguardado TRABAJO\_DE\_TITULACION\_HERRAMIENTA\_INFORMATICA\_GESTION\_DE\_REPUESTOS.xlsx Christian Illasca

Archivo Inicio Insertar Disposición de página Fórmulas Datos Revisar Vista Programador Ayuda

Desahcer Portapapeles Fuente Alineación Número Estilos

Formato condicional Dar formato como tabla Estilos de celda

Insertar Eliminar Formato Celdas

Ordenar y filtrar Buscar y seleccionar Edición

Comentarios Compartir

Analizar datos

Es igual a Texto que contiene Gráficos recomendados

A5 DMAX

REGISTRO DE SALIDA DE REPUESTOS

Fecha 23/6/2022

VEHICULO	CATEGORIA	CONSECUTIVO	ID	REPUESTO	CODIGO	CANTIDAD
DMAX	MOTOR	23	REPUESTO	RETEN AR57103	REP-MORE-DMAX-000023	8
DMAX	DIRECCION	22	REPUESTO	CRUCETA	REP-DICR-DMAX-000022	10
DMAX	MOTOR	21	REPUESTO	VALVULA	REP-MOVA-DMAX-000021	13
DMAX	AUXILIAR	20	REPUESTO	PLUMA	REP-AUPL-DMAX-000020	10
DMAX	TRANSMISION	19	REPUESTO	ACEITE 85W/40	REP-TRAC-DMAX-000019	9.5
DMAX	FRENOS	18	REPUESTO	CABLE	REP-FRCA-DMAX-000018	9
DMAX	TRANSMISION	17	REPUESTO	ACEITE 20W/50	REP-TRAC-DMAX-000017	11.25
DMAX	SUSPENSION	16	REPUESTO	ROTULA	REP-SURO-DMAX-000016	17
DMAX	ELECTRICO	15	REPUESTO	MINIFUSIBLE	REP-ELMI-DMAX-000015	30
DMAX	MOTOR	14	REPUESTO	BUJE	REP-MOBU-DMAX-000014	29
DMAX	ELECTRICO	13	REPUESTO	BATERIA	REP-ELBA-DMAX-000013	10
DMAX	SUSPENSION	12	REPUESTO	AMORTIGUADOR	REP-SUAM-DMAX-000012	20
DMAX	MOTOR	11	REPUESTO	BANDA	REP-MOBA-DMAX-000011	13
DMAX	DIRECCION	10	REPUESTO	LLANTA	REP-DILL-DMAX-000010	26
DMAX	CHASIS Y CARROCERIA	9	REPUESTO	CAUCHO	REP-CHCA-DMAX-000009	103
DMAX	FRENOS	8	REPUESTO	PASTILLAS DE FRENO	REP-FRPA-DMAX-000008	18
DMAX	TRANSMISION	7	REPUESTO	ACEITE 80W/90	REP-TRAC-DMAX-000007	20.75
DMAX	AUXILIAR	6	REPUESTO	ENCENDIDO	REP-AUFC-DMAX-000006	61

ENTREGA\_UNIFORME GESTIO **SALIDAS** COSTOS\_DE\_ALMACENAMIENTO HISTORICO\_E ...

Lito Accesibilidad: es necesario investigar

En la

Figura 31 se desglosa las actividades que desarrolla el módulo de salida descritas en las figuras anteriores hasta conseguir completar la información de la ficha.

## Figura 29

### Selector de Datos para el Registro de Salida

Autoguardado TRABAJO\_DE\_TITULACION\_HERRAMIENTA\_INFORMATICA\_GESTION\_DE\_REPUESTOS.xlsx Christian Illasca

Archivo Inicio Insertar Disposición de página Fórmulas Datos Revisar Vista Programador Ayuda

Desahcer Portapapeles Fuente Alineación Número Estilos

Formato condicional Dar formato como tabla Estilos de celda

Insertar Eliminar Formato Celdas

Ordenar y filtrar Buscar y seleccionar Edición

Comentarios Compartir

Analizar datos

Es igual a Texto que contiene Gráficos recomendados

G3 =HOY()

REGISTRO DE SALIDA DE REPUESTOS DMAX

Fecha 23/6/2022

ID	REPUESTO	VALVULAS	DESCRIPCION	VEHICULO	ID	CATEGORIA	CANTIDAD	FECHA	PRECIO	No	DISPONIBILIDAD
REP-MOVA-DMAX-000021	VALVULA	VALVULAS TR413	DMAX	REPUESTO	MOTOR	1	20/6/2019	41.67	527		
REP-MOVA-DMAX-000021	VALVULA	VALVULAS TR413	DMAX	REPUESTO	MOTOR	1	14/3/2019	25.65	468		
REP-MOVA-DMAX-000021	VALVULA	VALVULAS TR413	DMAX	REPUESTO	MOTOR	1	28/11/2018	29.29	415		
REP-MOVA-DMAX-000021	VALVULA	VALVULAS R705SL	DMAX	REPUESTO	MOTOR	1	28/11/2018	85.75	414		
REP-MOVA-DMAX-000021	VALVULA	VALVULAS DE ADMISION	DMAX	REPUESTO	MOTOR	4	1/12/2017	28.99	366		
REP-MOVA-DMAX-000021	VALVULA	VALVULAS DE ESCAPE	DMAX	REPUESTO	MOTOR	4	1/12/2017	27.72	365		
REP-MOVA-DMAX-000021	VALVULA	VALVULAS TR413	DMAX	REPUESTO	MOTOR	1	27/6/2017	25.65	181		

ENTREGA\_UNIFORME GESTIO **SALIDAS** COSTOS\_DE\_ALMACENAMIENTO HISTORICO\_E ...

Lito Accesibilidad: es necesario investigar

Promedio: 3/9/1902 Recuento: 186 Suma: 24/9/2025



**Figura 30***Ficha de Salida de Repuestos*

FICHA DE SALIDA DE REPUESTOS				
VEHICULO	DIMAX	NOMBRE		
FECHA	23/6/2022	Nro Ficha	2	
MANTENIMIENTO				
Nro	CODIGO	REPUESTO	DESCRIPCION	CATEGORIA
				CANTIDAD DE SALIDA

**3.3.4. Módulo de Inventario**

Este módulo tiene el propósito de presentar la disponibilidad de manera numérica y gráfica Figura 32, además dispone de un subapartado

Figura 33 el cual permite visualizar la categorización de cada repuesto según su código único y añadir nuevos criterios de clasificación en caso de ser necesario.

En la Figura 34 se puede apreciar el diagrama de flujo del módulo de inventario previo al ingreso del subapartado.

La Figura 35 indica el flujo que sigue el subapartado de Entrada de Códigos y Categorización para ingresar nuevas clasificaciones, vehículos y repuestos o solo visualizar algún código que se requiera.

**Figura 31**

*Diagrama de Flujo del Registro de Salida de Datos*

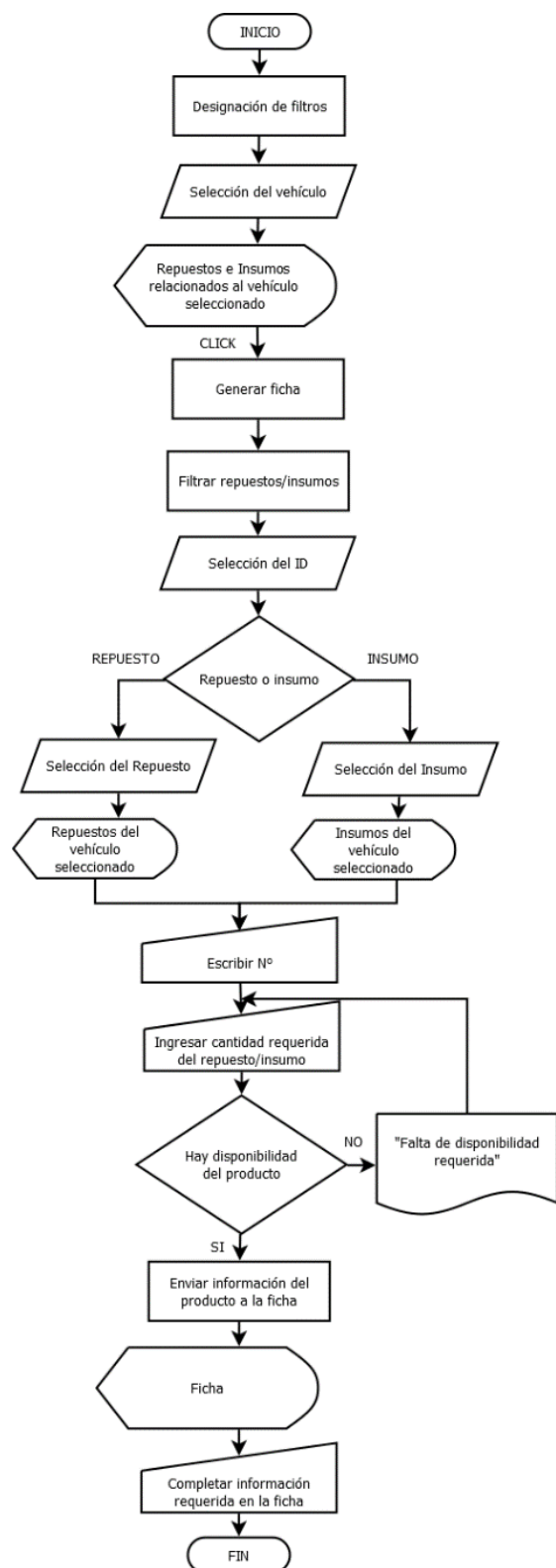


Figura 32

## Módulo de Inventario

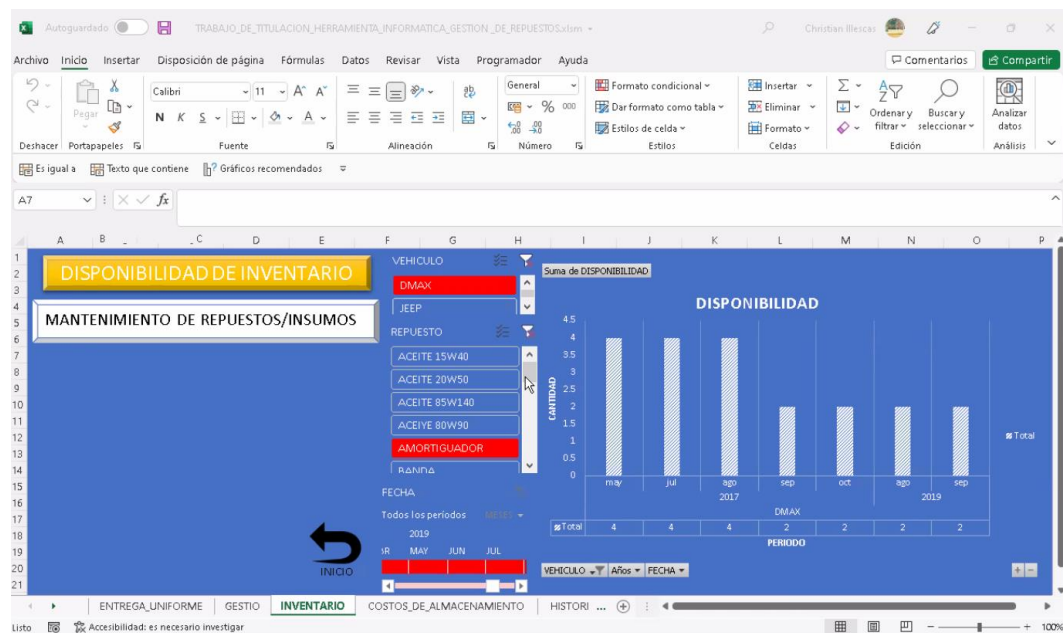


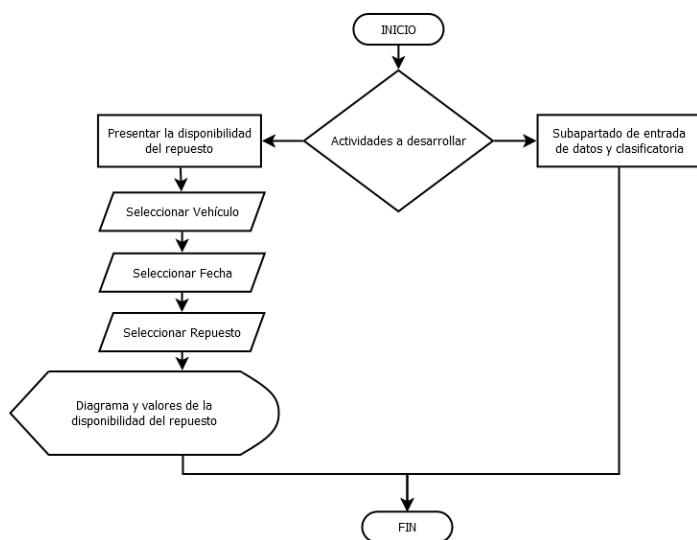
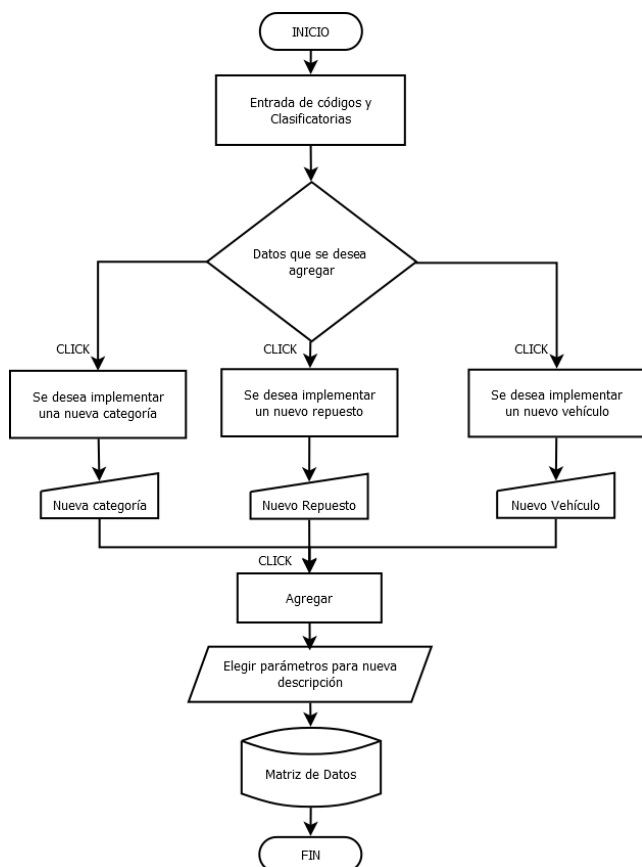
Figura 33

## Subapartado de Entrada de Códigos y Categorización

The screenshot displays the 'Subapartado de Entrada de Códigos y Categorización' application interface. The form includes input fields for 'VEHICULO:', 'CATEGORIA:', 'CONSECUTIVO', and 'REPUESTO'. A 'VOLVER' button is located next to the 'CONSECUTIVO' field. A table of inventory items is shown below the form, with columns for 'VEHICULO', 'CATEGORIA', 'CONSECUTIVO', 'ID', 'REPUESTO', 'CODIGO', and 'CANTIDAD'.

VEHICULO	CATEGORIA	CONSECUTIVO	ID	REPUESTO	CODIGO	CANTIDAD
LUV	40	39	REPUESTO	RETEN	REP-RE-LUV-000040	0
LUV	39	38	REPUESTO	ACEITE 80W90	REP-AC-LUV-000039	0
LUV	38	37	REPUESTO	BUJE	REP-BU-LUV-000038	0
LUV	37	36	REPUESTO	BUJIA	REP-BU-LUV-000037	0
LUV	36	35	REPUESTO	PASTILLAS DE FRENO	REP-PA-LUV-000036	0
LUV	35	34	REPUESTO	PERNOS	REP-PE-LUV-000035	0
LUV	34	33	REPUESTO	ACEITE 85W140	REP-AC-LUV-000034	0
LUV	33	32	REPUESTO	AMORTIGUADOR	REP-AM-LUV-000033	0
LUV	32	31	REPUESTO	ACEITE 90	REP-AC-LUV-000032	0
LUV	31	30	REPUESTO	FARO	REP-FA-LUV-000031	0
LUV	30	29	REPUESTO	ACEITE 20W50	REP-AC-LUV-000030	0
LUV	29	28	REPUESTO	FILTRO DE ACEITE	REP-FI-LUV-000029	0
LUV	28	27	REPUESTO	FILTRO DE COMBUSTIBLE	REP-FI-LUV-000028	0
LUV	27	26	REPUESTO	RODILLO	REP-RO-LUV-000027	0
LUV	26	25	REPUESTO	FILTRO DE AIRE	REP-FI-LUV-000026	0

The application is running in Excel, with the 'REPUESTOS INSUMOS' tab selected in the bottom navigation bar.

**Figura 34***Diagrama de Flujo del Módulo de Inventario***Figura 35***Diagrama de Flujo del Subapartado de Entrada de Códigos y Categorización*

### 3.4. Gestión

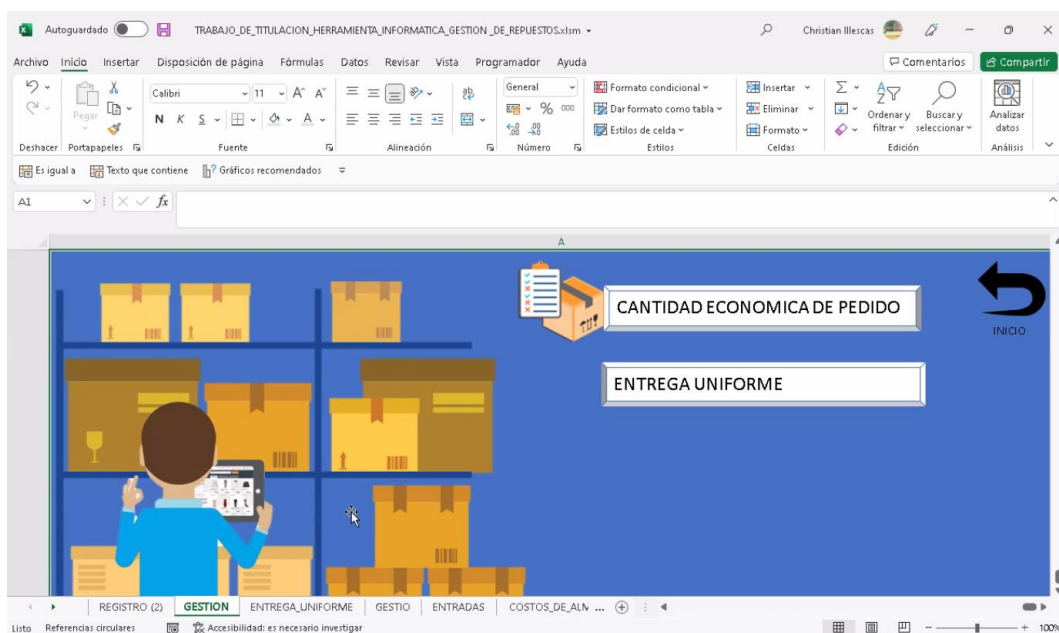
Este apartado tiene la parte más fundamental e importante de todo el documento, debido a que calcula todos los datos necesarios para el funcionamiento de la herramienta, partiendo por antecedentes requeridos para encontrar costos globales o la cantidad económica de pedido como los costos que influyen en el almacenamiento y la adquisición del repuesto, pero, para el desarrollo del modelo de gestión es importante que el usuario introduzca los antecedentes solicitados que la interfaz propone y escoja el tipo de análisis a realizar.

#### 3.4.1. Módulo de gestión

El presente módulo está dedicado a encontrar la cantidad económica de pedido implementando la ecuación del modelo clásico Wilson. En la Figura 36 se muestra las opciones de cálculo que abarca este módulo.

**Figura 36**

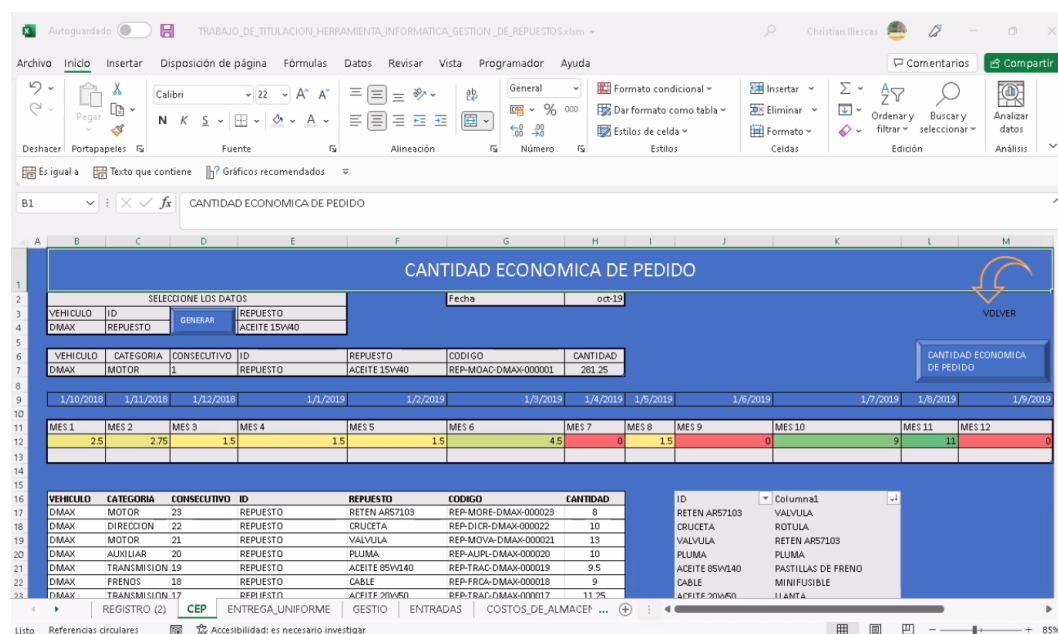
*Apartado del Módulo de Gestión*



**Análisis de la Cantidad Económica de pedido.** Este análisis permite determinar el volumen necesario de repuestos, siempre que la demanda sea constante, por ello se recomienda utilizar una demanda media para obtener una cantidad aceptable. En la Figura 37 se presenta una hoja de cálculo donde se encuentran algunos filtros que permite reducir la búsqueda para facilitar trabajar con el repuesto solicitado y determinar el historial de demanda de los últimos doce meses a la fecha solicitada.

**Figura 37**

### *Filtros de la Cantidad Económica de Pedido*

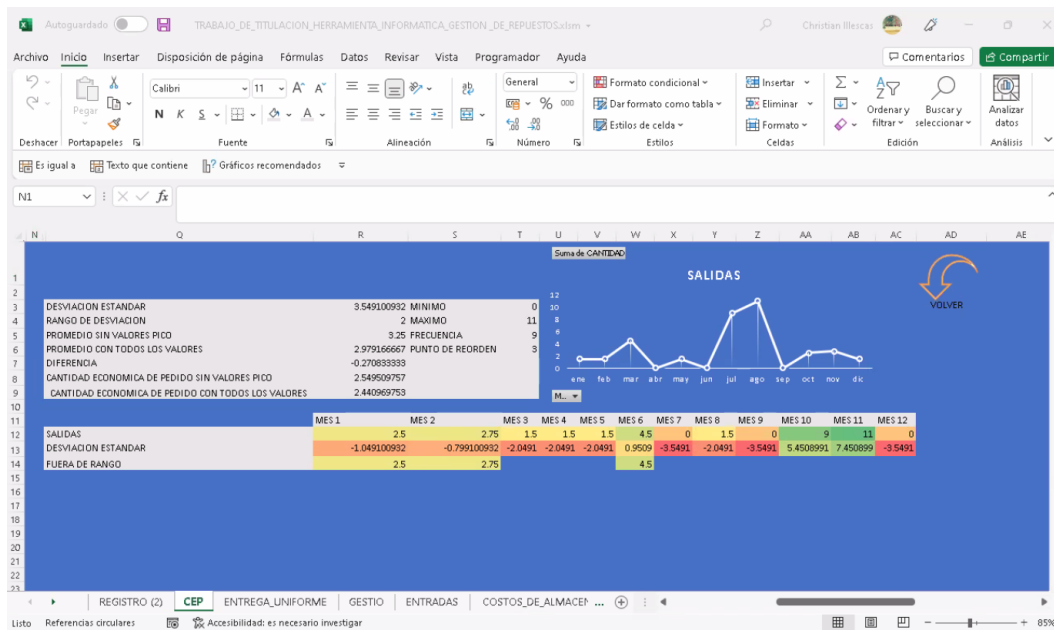


En la Figura 38 se indica el análisis previo al cálculo y la cantidad económica de pedido final donde se establece un filtrado de datos que permite reducir el volumen de pedido a un valor aceptable, debido a que el historial de demanda en los doce meses presenta picos de comportamiento demasiado abruptos que alteran el valor de la media, por ello es necesario establecer los límites que puede llevar a variar con ayuda de la desviación estándar donde se elimina valores excesivos y se establece una demanda tolerable para finalmente obtener dos

cantidades económicas de pedido de la cual el usuario de la plataforma escogerá la más conveniente para su empresa, generalmente suele ser la mayor para evitar el riesgo de no poseer un producto.

**Figura 38**

### *Cálculo de la Cantidad Económica de Pedido*



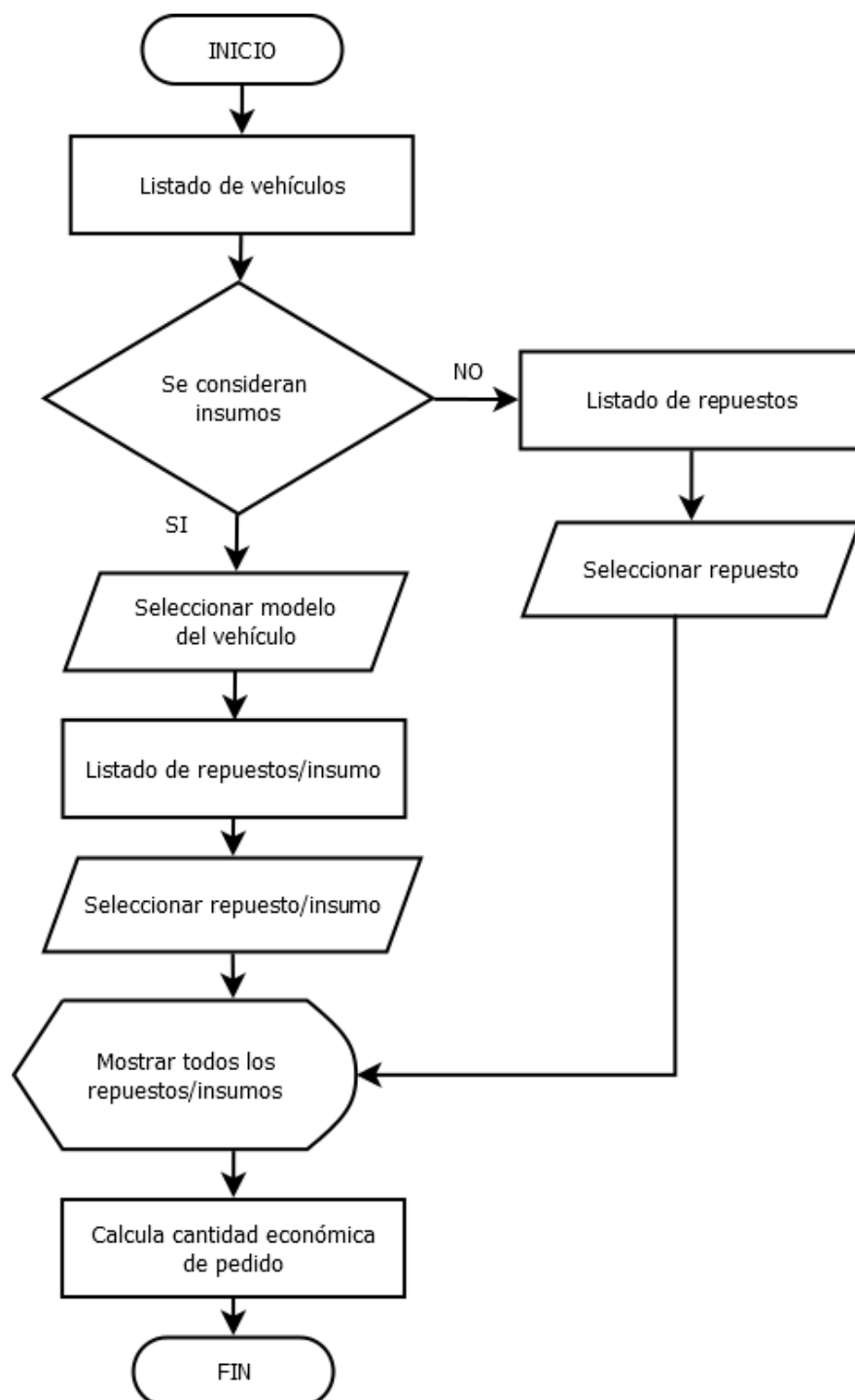
Para proceder con el cálculo es necesario descartar varios parámetros que no se consideran en el análisis pero que están presentes en el histórico de datos, esto se logra mediante el flujo de filtrados que se presenta en la Figura 39.

**Entrega uniforme.** La cantidad económica de pedido puede ser adquirida mediante pedidos constantes en función del tiempo en vez de pedidos inmediatos, para es importante considerar el valor  $\mu$  el cual, en este caso, va a corresponder a la capacidad que se tiene para responder a la demanda, generalmente va a depender del pedido máximo posible, pero debido a que esta puede variar, se recomienda establecer la cantidad de dicho valor con el historial de adquisiciones. En la Figura 40 se presentan los filtros que reducen la búsqueda del repuesto a

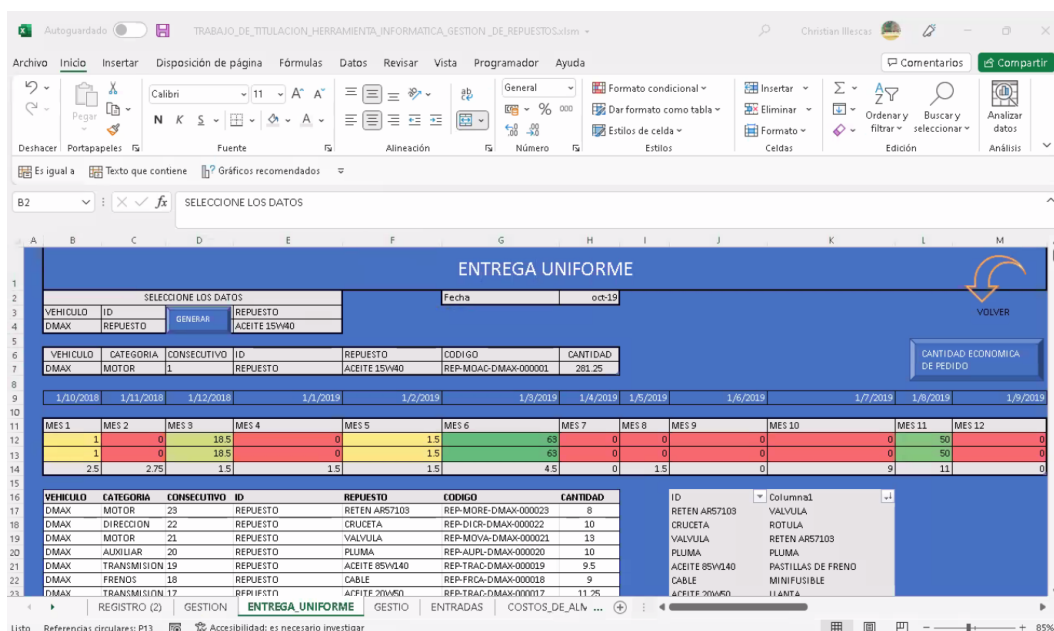
calcular los cuales son idénticos al cálculo de la cantidad económica de pedido debido a que requiere solo un dato extra que se considera en el siguiente apartado.

**Figura 39**

*Diagrama de Flujo para el Cálculo de la Cantidad Económica de Pedido*





**Figura 40***Filtros de la Cantidad Económica de Pedido con Entrega Uniforme*

El cálculo de la entrega uniforme requirió que se establezca el valor de  $\mu$  con el histórico de todas las entradas de los meses anteriores para usarlo como referencia pues este valor dependerá de los proveedores, por ello se puede esperar la existencia de valores abruptos de entrega, considerando que la cantidad económica de pedido resultante del cálculo no será la definitiva del periodo, sino que establece un volumen de entrega por pedido a una tasa creciente hasta cumplir con la demanda promedio elegida. Este tipo de entregas no es muy conveniente usar cuando existen demandas mensuales pequeñas, en la Figura 41 se establece la hoja de cálculo que contiene el cálculo de la cantidad económica de pedido con entrega uniforme.

**3.4.2. En la Pedidos**

La empresa siempre recurrirá a nuevas tácticas para adquirir repuestos con los menores costos posibles y en un tiempo prudente, por ello los proveedores ofrecen diferentes programas de adquisición que permita enlazar clientes o realizar convenios de compra y venta, en estos módulos

se establece el cálculo de diferentes situaciones que puede presentar la empresa. En la Figura 43 se presenta una pantalla de selección del tipo de cálculo que se desea realizar.

**Análisis de Economías en Escala.** Este cálculo determinará los costos globales de la cantidad económica de pedido según que pueden reducirse siempre y cuando exista un descuento después de una compra superior a un stock de referencia y en caso contrario si los costos globales incrementan cuando exista un agente de aduanas. La herramienta requiere que el usuario introduzca valores referentes a la adquisición de un producto o productos como una cantidad económica de pedido preestablecida o calculada de algún otro módulo, además, están los valores como el porcentaje de descuento y la cantidad de referencia a la cual se hace efectiva para reducir costos, por otra parte, en el aumento de gastos es necesario colocar el incremento por agente de aduanas. En la Figura 44 se aprecia el filtrado y la entrada de datos para el cálculo de los costos globales en economías de escala.

Se debe considerar que el costo de adquisición va a ser general para todos los productos en el pedido y solo incrementará según el número de ítems mientras que los costos de mantenimiento y de intervención en cada orden de trabajo varían de producto a producto y son individuales debido a que los parámetros que influyen en él son la demanda y precio unitario. En la Figura 45 se parecían los resultados del cálculo de costos globales con la posibilidad de agregar productos a la lista de cálculo para determinar gastos que se producen en un surtido más amplio. Es importante resaltar el que los resultados en el caso del descuento solamente son efectivos cuando se cumpla la condicionante  $q_d \geq q$  que nos dice que la cantidad económica de pedido a efectuar es mayor a la cantidad económica de referencia que dicta el proveedor, caso contrario, la herramienta informará el descarte del suceso.

La La Figura 48 demuestra el ingreso de valores de entrada para obtener los costos globales y los resultados obtenidos al aplicar los descuentos por cantidad.

En la Figura 49 podemos apreciar un flujo similar al anterior pues el cambio está en el cálculo final y los valores de los datos de entrada, además de considerar la opción de agregar un stock innecesario para acceder al descuento.

**Análisis de Economías a Escala con Varios Proveedores.** Algunas empresas realizarán pedidos de diferentes productos a varios proveedores debido a la calidad de productos, nivel de servicio o disponibilidad del producto, este programa tiene el objetivo de encontrar los costos globales en función a diferentes proveedores y programa de descuentos que cada uno ofrezca. En la herramienta es importante clasificar por nombre único a cada proveedor y con ello al tipo de programa de descuentos que presentan, de este modo determinar los costos globales según la variedad de surtido y costos de cada producto. Para se empieza con el filtrado de repuestos para establecer la compra, esto se realiza en el apartado de la Figura 50.

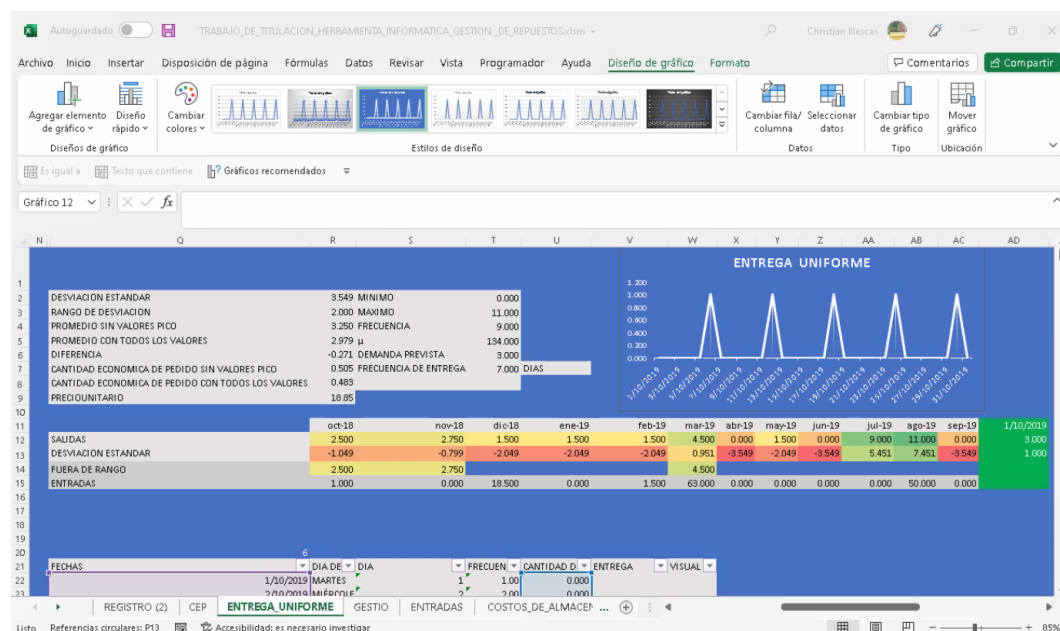
Figura 46 indica el diagrama de flujo para hacer posible el cálculo de los costos globales en economías en escala.

**Análisis de Programa de Descuentos por Cantidad.** El modelo consiste en calcular los costos globales considerando que se cumpla con un descuento porcentual dependiendo la variación del tamaño de pedido, es decir, un porcentaje por cada lote de pedido. Al igual que el anterior cálculo, esta presenta los mismos datos de entrada a completar para filtrar productos como se aprecia en la Figura 47 con la diferencia de que el descuento no se aplicará en el precio unitario del producto, sino en el lote de pedido.

Figura 42 se indica el flujo que siguen las hojas de cálculo para determinar la cantidad económica de pedido con entrega uniforme.

**Figura 41**

### *Cálculo de la Cantidad Económica de Pedido con Entrega Uniforme*



### **3.4.3. Pedidos**

La empresa siempre recurrirá a nuevas tácticas para adquirir repuestos con los menores costos posibles y en un tiempo prudente, por ello los proveedores ofrecen diferentes programas de adquisición que permita enlazar clientes o realizar convenios de compra y venta, en estos módulos se establece el cálculo de diferentes situaciones que puede presentar la empresa. En la Figura 43 se presenta una pantalla de selección del tipo de cálculo que se desea realizar.

**Análisis de Economías en Escala.** Este cálculo determinará los costos globales de la cantidad económica de pedido según que pueden reducirse siempre y cuando exista un descuento

después de una compra superior a un stock de referencia y en caso contrario si los costos globales incrementan cuando exista un agente de aduanas. La herramienta requiere que el usuario introduzca valores referentes a la adquisición de un producto o productos como una cantidad económica de pedido preestablecida o calculada de algún otro módulo, además, están los valores como el porcentaje de descuento y la cantidad de referencia a la cual se hace efectiva para reducir costos, por otra parte, en el aumento de gastos es necesario colocar el incremento por agente de aduanas. En la Figura 44 se aprecia el filtrado y la entrada de datos para el cálculo de los costos globales en economías de escala.

Se debe considerar que el costo de adquisición va a ser general para todos los productos en el pedido y solo incrementará según el número de ítems mientras que los costos de mantenimiento y de intervención en cada orden de trabajo varían de producto a producto y son individuales debido a que los parámetros que influyen en él son la demanda y precio unitario. En la Figura 45 se parecían los resultados del cálculo de costos globales con la posibilidad de agregar productos a la lista de cálculo para determinar gastos que se producen en un surtido más amplio. Es importante resaltar el que los resultados en el caso del descuento solamente son efectivos cuando se cumpla la condicionante  $q_d \geq q$  que nos dice que la cantidad económica de pedido a efectuar es mayor a la cantidad económica de referencia que dicta el proveedor, caso contrario, la herramienta informará el descarte del suceso.

La La Figura 48 demuestra el ingreso de valores de entrada para obtener los costos globales y los resultados obtenidos al aplicar los descuentos por cantidad.

En la Figura 49 podemos apreciar un flujo similar al anterior pues el cambio está en el cálculo final y los valores de los datos de entrada, además de considerar la opción de agregar un stock innecesario para acceder al descuento.

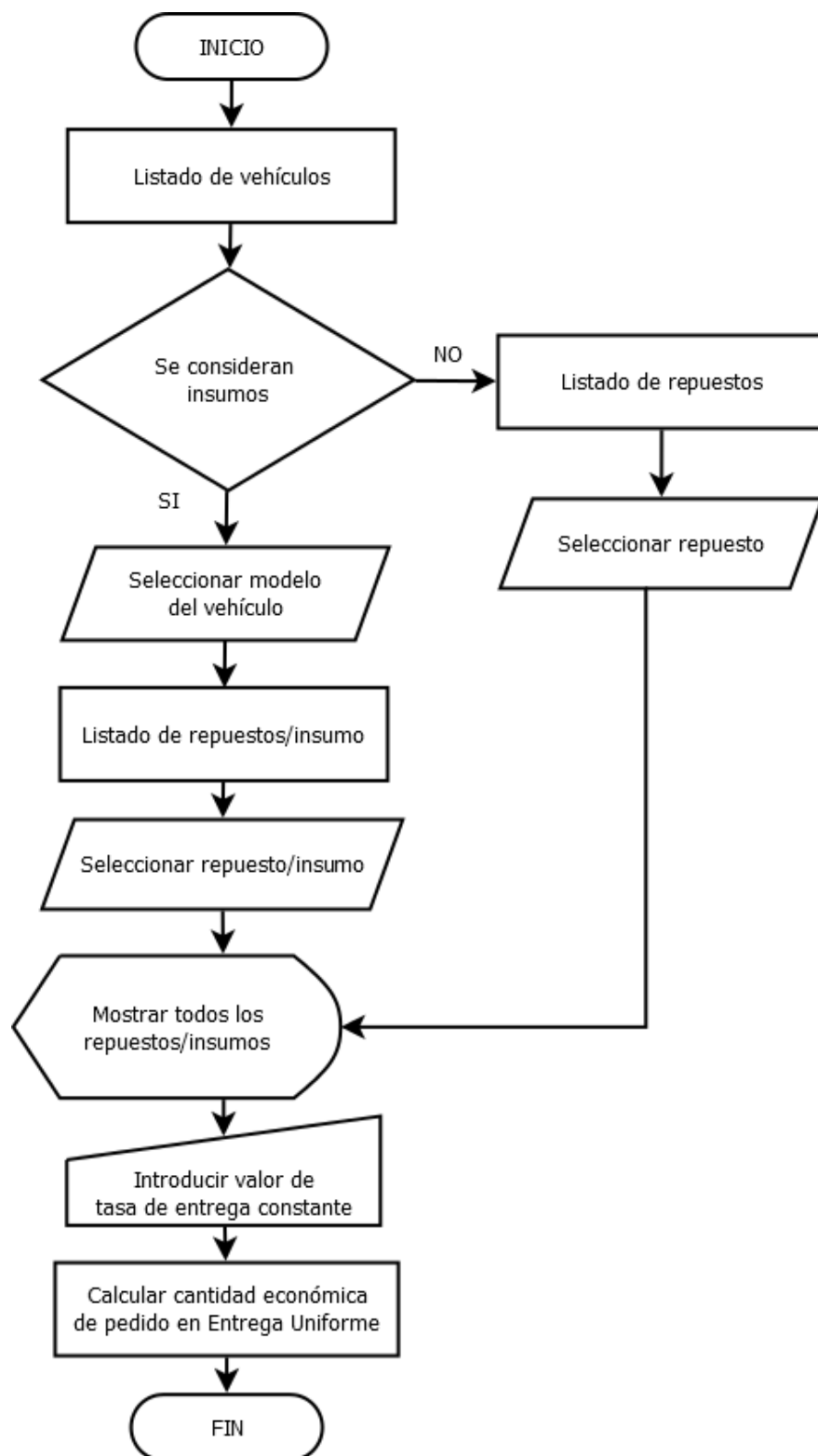
**Análisis de Economías a Escala con Varios Proveedores.** Algunas empresas realizarán pedidos de diferentes productos a varios proveedores debido a la calidad de productos, nivel de servicio o disponibilidad del producto, este programa tiene el objetivo de encontrar los costos globales en función a diferentes proveedores y programa de descuentos que cada uno ofrezca. En la herramienta es importante clasificar por nombre único a cada proveedor y con ello al tipo de programa de descuentos que presentan, de este modo determinar los costos globales según la variedad de surtido y costos de cada producto. Para se empieza con el filtrado de repuestos para establecer la compra, esto se realiza en el apartado de la Figura 50.

Figura 46 indica el diagrama de flujo para hacer posible el cálculo de los costos globales en economías en escala.

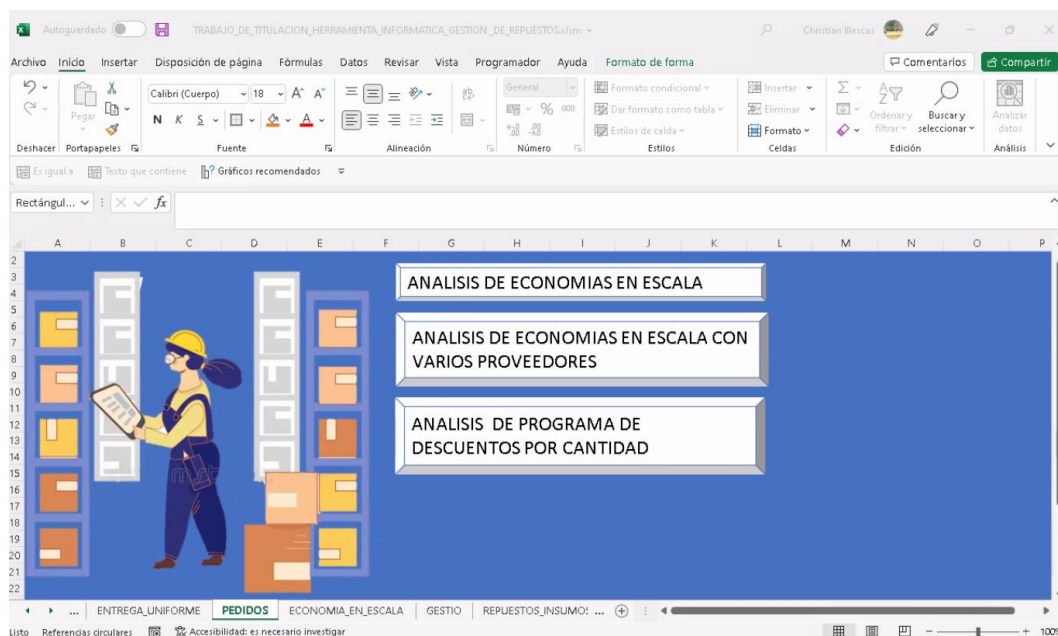
**Análisis de Programa de Descuentos por Cantidad.** El modelo consiste en calcular los costos globales considerando que se cumpla con un descuento porcentual dependiendo la variación del tamaño de pedido, es decir, un porcentaje por cada lote de pedido. Al igual que el anterior cálculo, esta presenta los mismos datos de entrada a completar para filtrar productos como se aprecia en la Figura 47 con la diferencia de que el descuento no se aplicará en el precio unitario del producto, sino en el lote de pedido.

## **Figura 42**

*Diagrama de Flujo para el Cálculo de la Cantidad Económica de Pedido con Entrega Uniforme*

**Figura 43**

*Apartado del Módulo de Pedidos*



**Figura 44**

*Filtros de los Costos Globales de Economías en Escala*

**ECONOMIA EN ESCALA**

SELECCIONE LOS DATOS Fecha oct-18

VEHICULO ID REPUESTO GENERAR REPUESTO BANDA

VEHICULO CATEGORIA CONSECUTIVO ID REPUESTO CODIGO CANTIDAD 18.530051 CANTIDAD ECONOMICA DE PEDIDO

1/10/2017 1/11/2017 1/12/2017 1/1/2018 1/2/2018 1/3/2018 1/4/2018 1/5/2018 1/6/2018 1/7/2018 1/8/2018 1/9/2018

MES 1 MES 2 MES 3 MES 4 MES 5 MES 6 MES 7 MES 8 MES 9 MES 10 MES 11 MES 12

0 1 0 0 0 0 0 0 1 0 0 0

VEHICULO CATEGORIA CONSECUTIVO ID REPUESTO CODIGO CANTIDAD

DMAX MOTOR 23 REPUESTO RETEN AR57103 REP-MORE-DMAX-000023 8

DMAX DIRECCION 22 REPUESTO CRUCETA REP-DICR-DMAX-000022 10

DMAX MOTOR 21 REPUESTO VALVULA REP-MOVA-DMAX-000021 13

DMAX AUXILIAR 20 REPUESTO PLUMA REP-AUPR-DMAX-000020 10

DMAX TRANSMISION 19 REPUESTO ACEITE 85W140 REP-TRAC-DMAX-000019 9.5

DMAX FRENSOS 18 REPUESTO CABLE REP-FRCA-DMAX-000018 9

DMAX TRANSMISION 17 REPUESTO ACEITE 20W50 REP-TRAC-DMAX-000017 11.25

ID Columna1 PRECIO

RETEN AR57103 VALVULA 15.588379

CRUCETA ROTULA 50.252

VALVULA RETEN AR57103 41.605615

PLUMA PLUMA 6.762747

ACEITE 85W140 PASTILLAS DE FRENO 19.521641

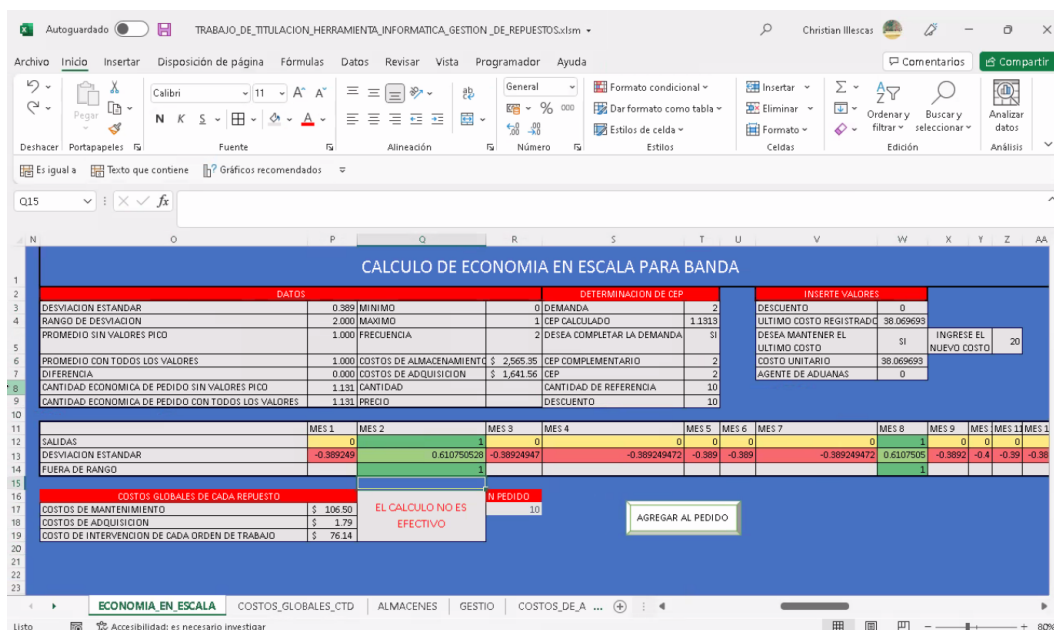
CABLE MINI FUSIBLE 66.265547

ACEITE 20W50 LLANTA 27.4897155

**Figura 45**

*Cálculo de los Costos Globales de Economías en Escala*





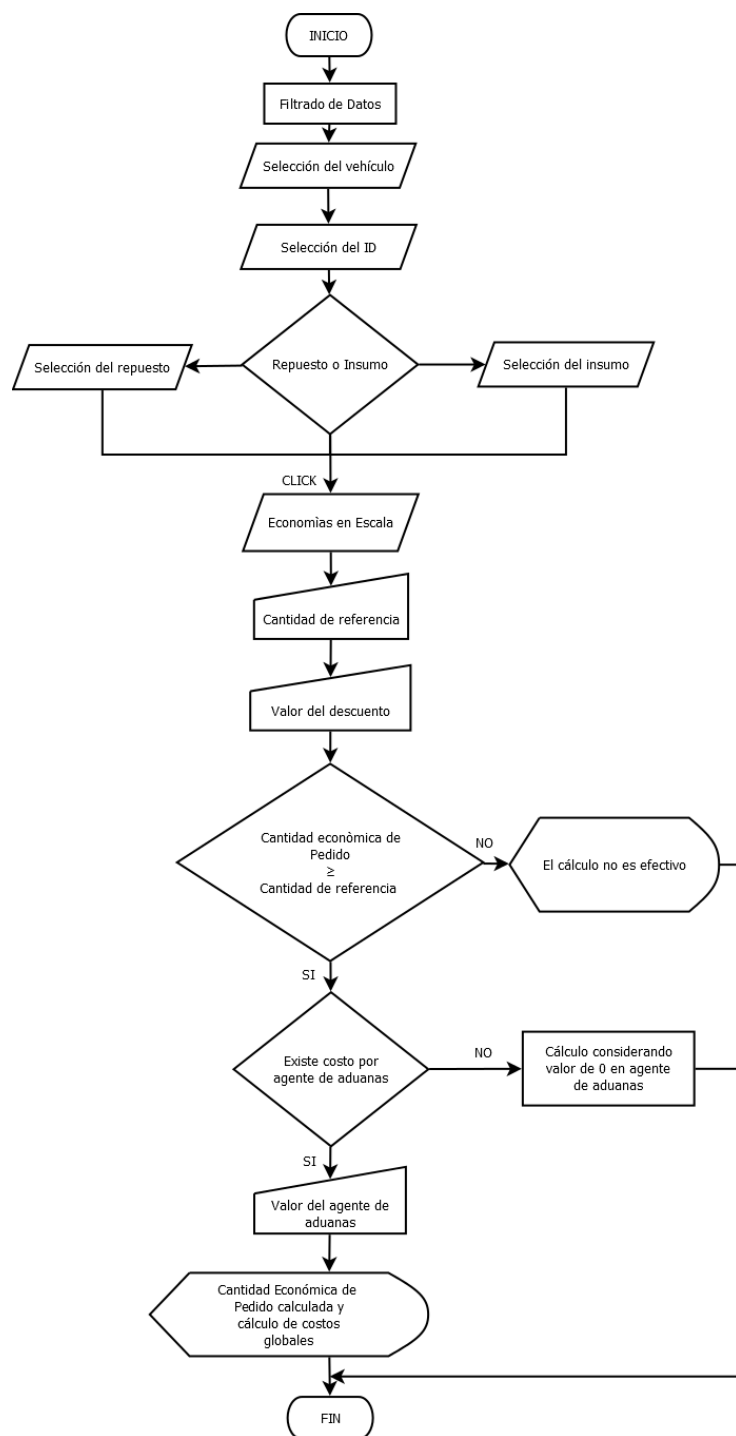
La Figura 48 demuestra el ingreso de valores de entrada para obtener los costos globales y los resultados obtenidos al aplicar los descuentos por cantidad.

En la Figura 49 podemos apreciar un flujo similar al anterior pues el cambio está en el cálculo final y los valores de los datos de entrada, además de considerar la opción de agregar un stock innecesario para acceder al descuento.

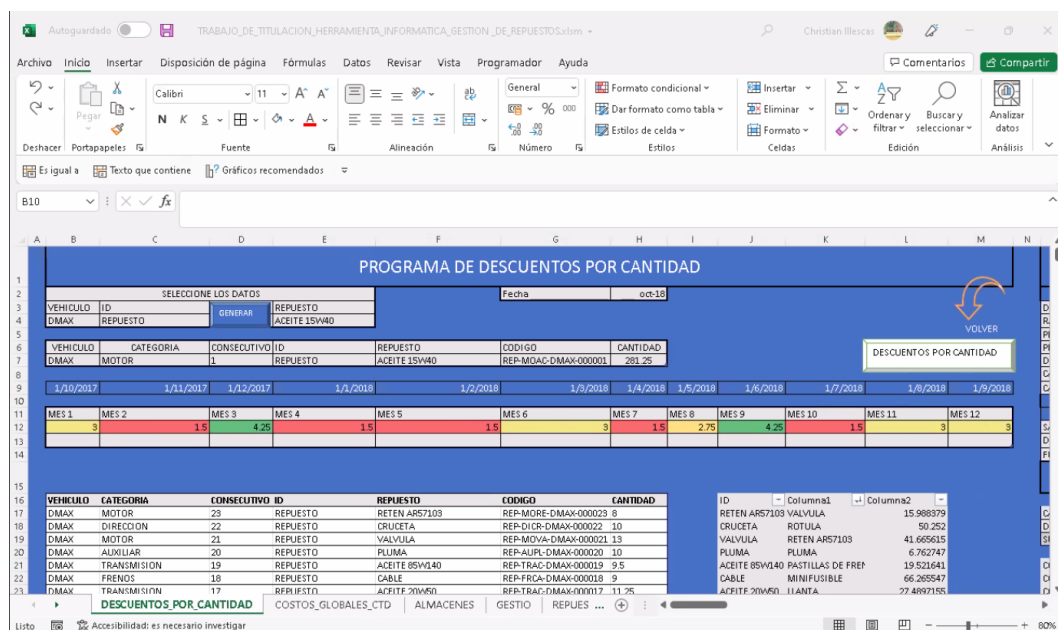
**Análisis de Economías a Escala con Varios Proveedores.** Algunas empresas realizarán pedidos de diferentes productos a varios proveedores debido a la calidad de productos, nivel de servicio o disponibilidad del producto, este programa tiene el objetivo de encontrar los costos globales en función a diferentes proveedores y programa de descuentos que cada uno ofrezca. En la herramienta es importante clasificar por nombre único a cada proveedor y con ello al tipo de programa de descuentos que presentan, de este modo determinar los costos globales según la variedad de surtido y costos de cada producto. Para se empieza con el filtrado de repuestos para establecer la compra, esto se realiza en el apartado de la Figura 50.

**Figura 46**

*Diagrama de Flujo para el Cálculo de Costos Globales en Economías en Escala*

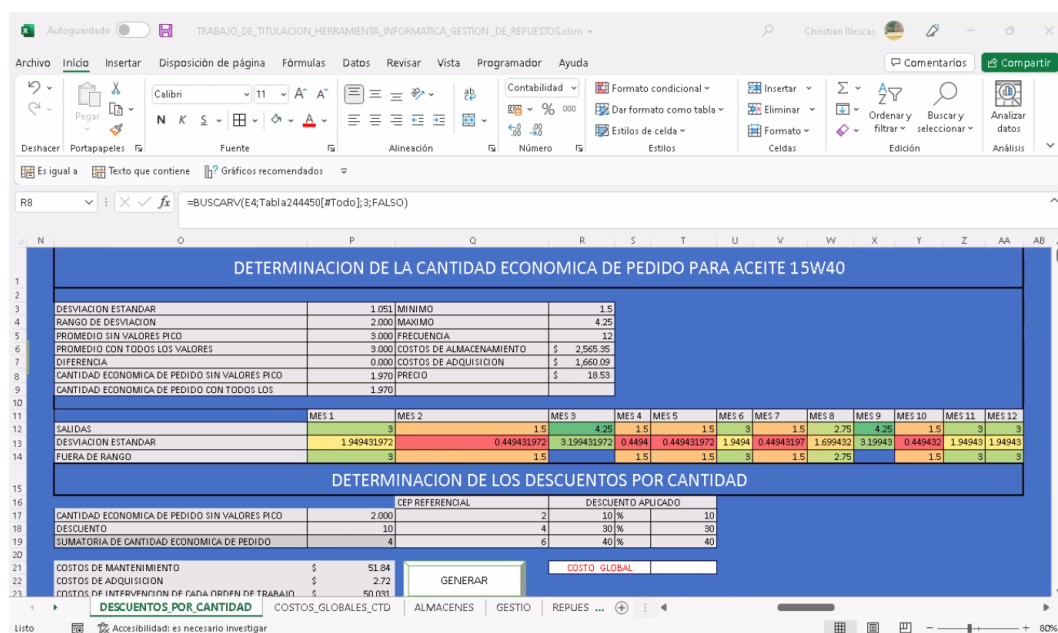
**Figura 47**

*Filtros de los Costos Globales de Descuentos por Cantidad*



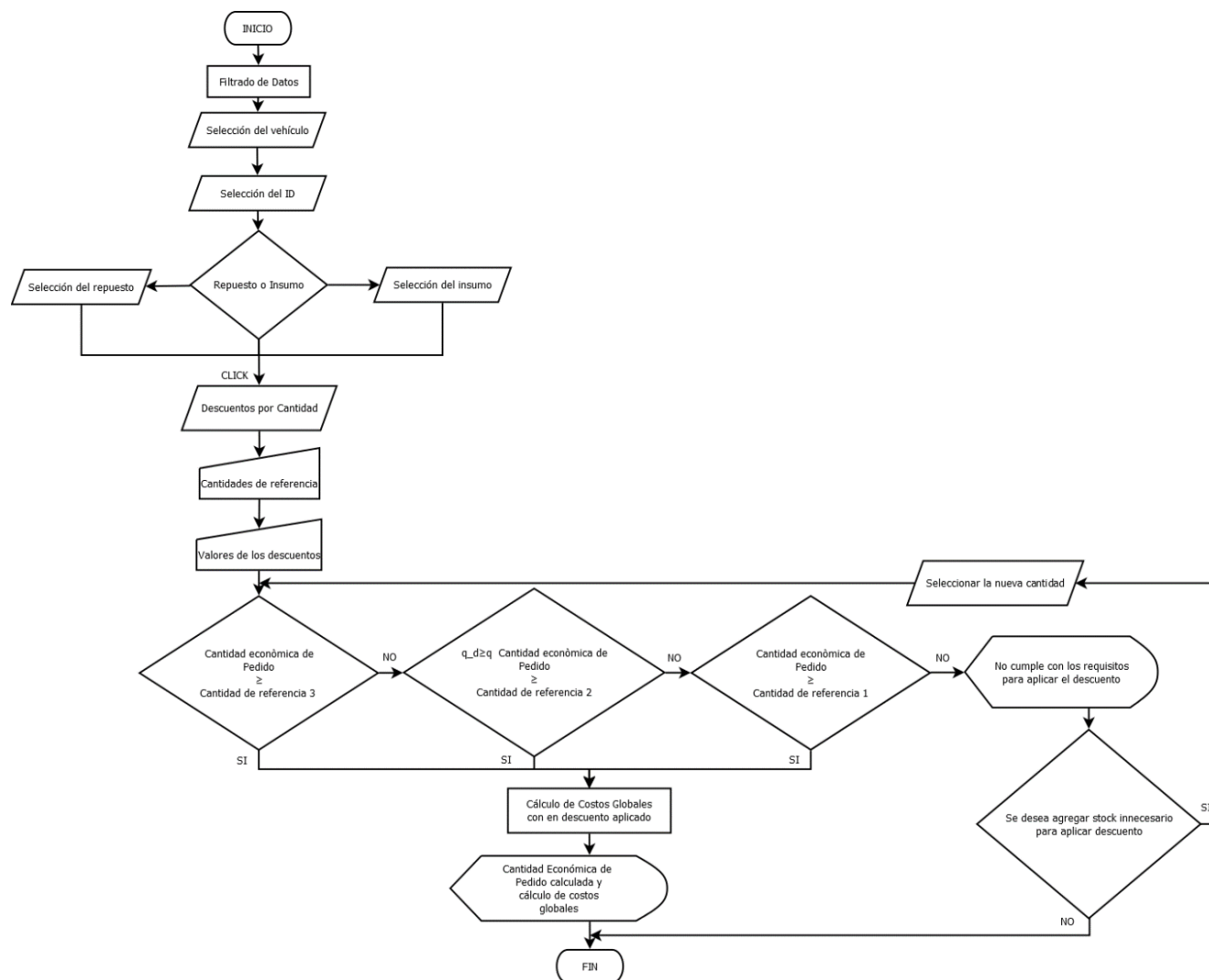
**Figura 48**

*Cálculo de los Costos Globales de Descuentos por Cantidad*



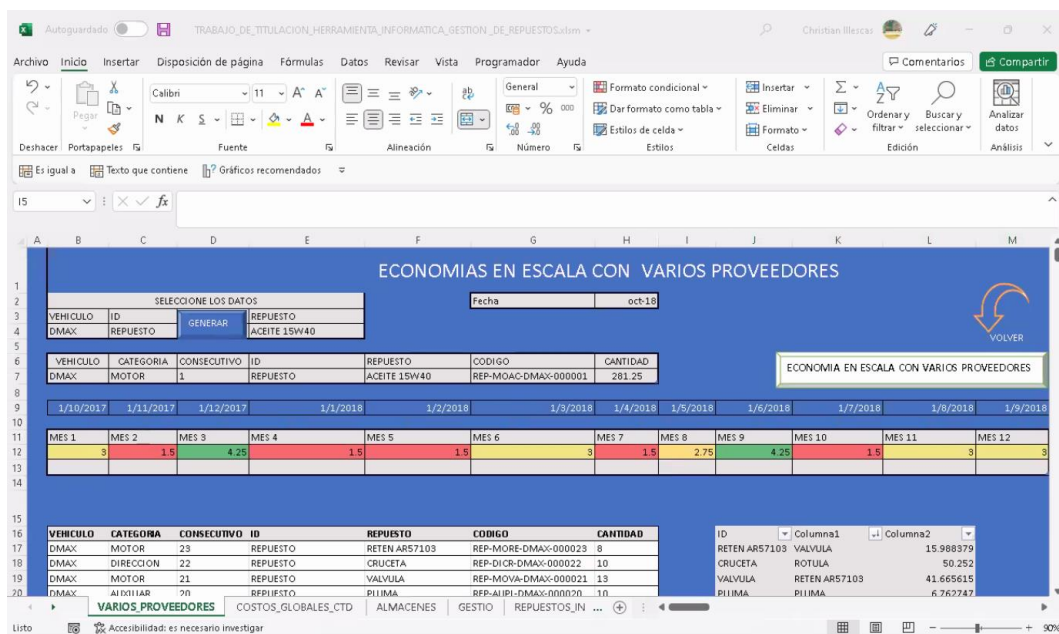
**Figura 49**

*Diagrama de Flujo para el Cálculo de Costos Globales en Descuentos por Cantidad*



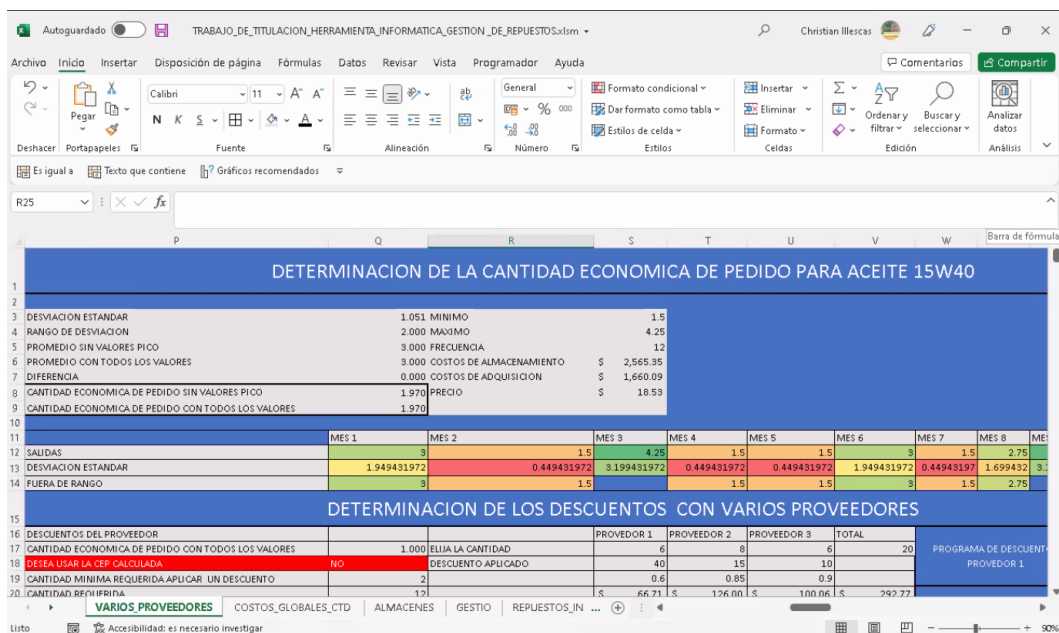
**Figura 50**

*Filtros de los Costos Globales de Economías a Escala de Varios Proveedores*



**Figura 51**

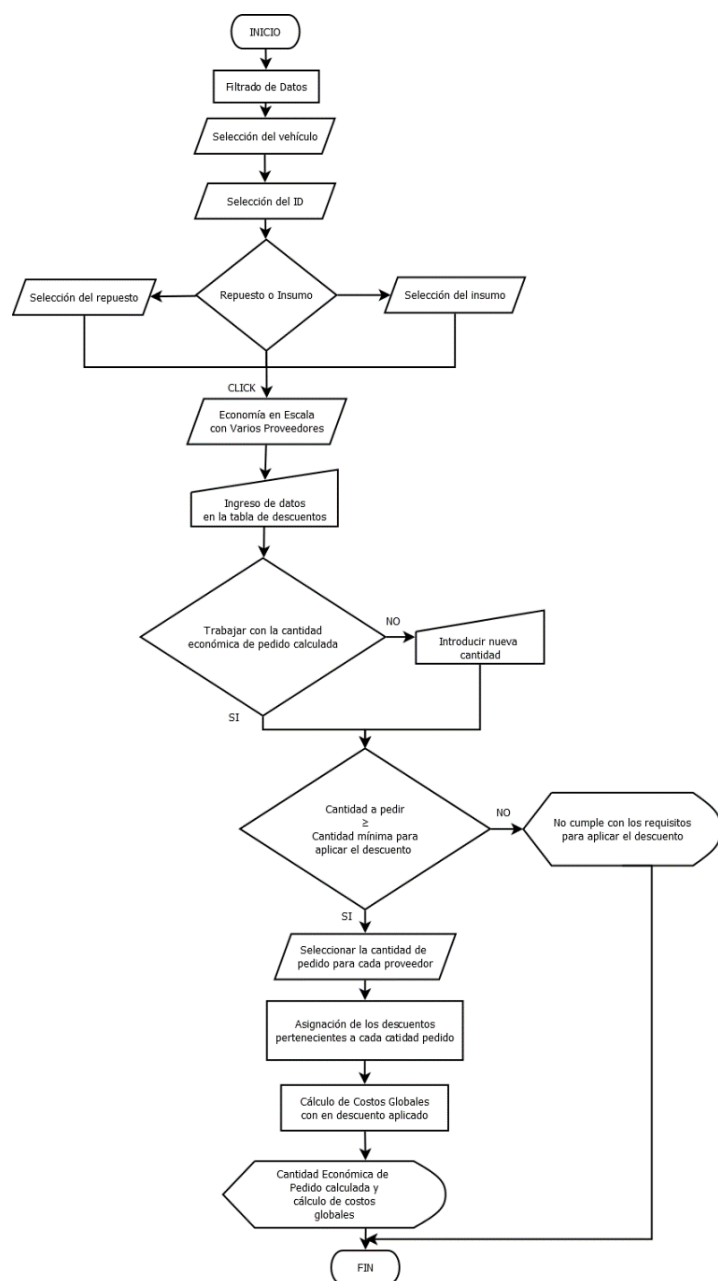
### *Cálculo de los Costos Globales de Economías a Escala de Varios Proveedores*



La Figura 51 presenta el apartado en donde se agregan datos de entrada y visualizarán los resultados del cálculo. La Figura 52 indica el flujo de filtrado de datos y toma de decisiones para calcular los costos globales considerando los descuentos de cada proveedor.

**Figura 52**

*Diagrama de Flujo para el Cálculo de Costos Globales de Economías en Escala de Varios Proveedores*



#### 3.4.4. Costos

El módulo actual direcciona directamente al análisis de costos globales con tasa de descuento.

**Costos globales con tasa de descuentos.** La herramienta informática también permitirá analizar el costo de los pedidos en función de la variación del valor monetario de la adquisición en un futuro tiempo. El usuario de la herramienta deberá introducir además de los valores normales de filtrado de datos de la Figura 53 para el cálculo de los costos globales un nuevo valor de entrada el cual determina en porcentaje conocido como tasa de descuento continuo para ello está la hoja de cálculo de la Figura 54.

#### **3.4.5. La Almacén**

El siguiente módulo está presente para desarrollar cálculos de inversión en un almacén en vez de realizar pedidos.

**Convenios con el proveedor.** El programa es capaz de analizar los costos de inversión para desarrollar un almacén y que se pueda mantener los repuestos a la mano con el proveedor y eliminando e la lista algunos costos que se produce cuando se realizan pedidos. En la Figura 56 se plantea el filtrado de datos con el propósito de conseguir la demanda del producto y costos unitarios debido a que los valores de entrada cambian en la Figura 57 se aprecia la hoja donde estos valores se introducen y se consideran costos de inversión, tasa de descuento y costos de operación.

Figura 55 indica el flujo de las decisiones y valores que se debe colocar como entrada para calcular los costos globales del pedido después de un periodo establecido.

### **Figura 53**

*Filtros de los Costos Globales con Tasa de Descuento*

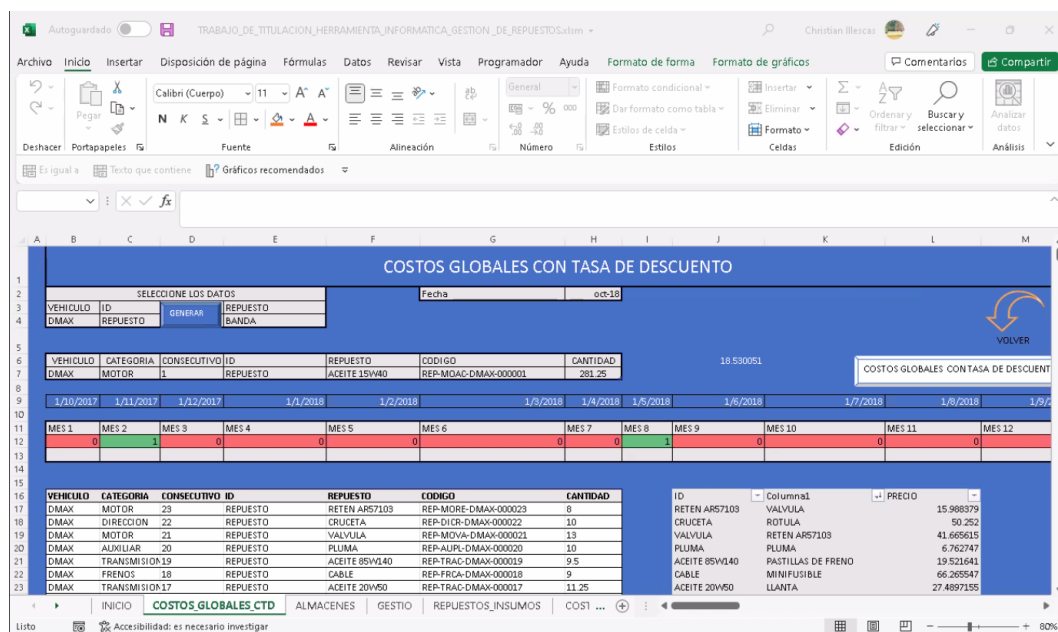
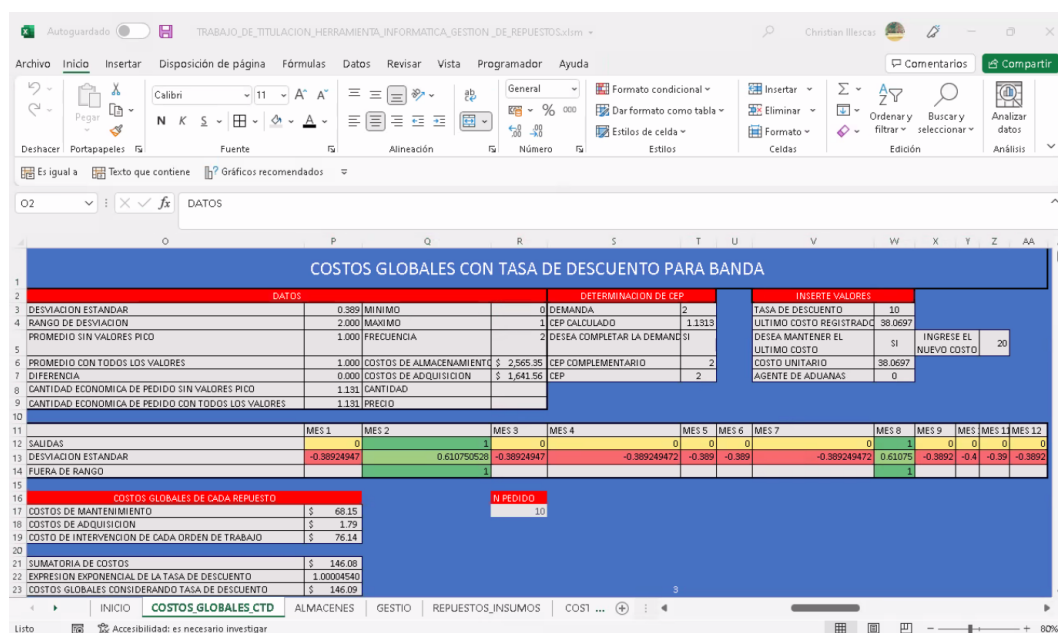


Figura 54

### Cálculo de los Costos Globales con Tasa de Descuento



### 3.4.6. Almacén

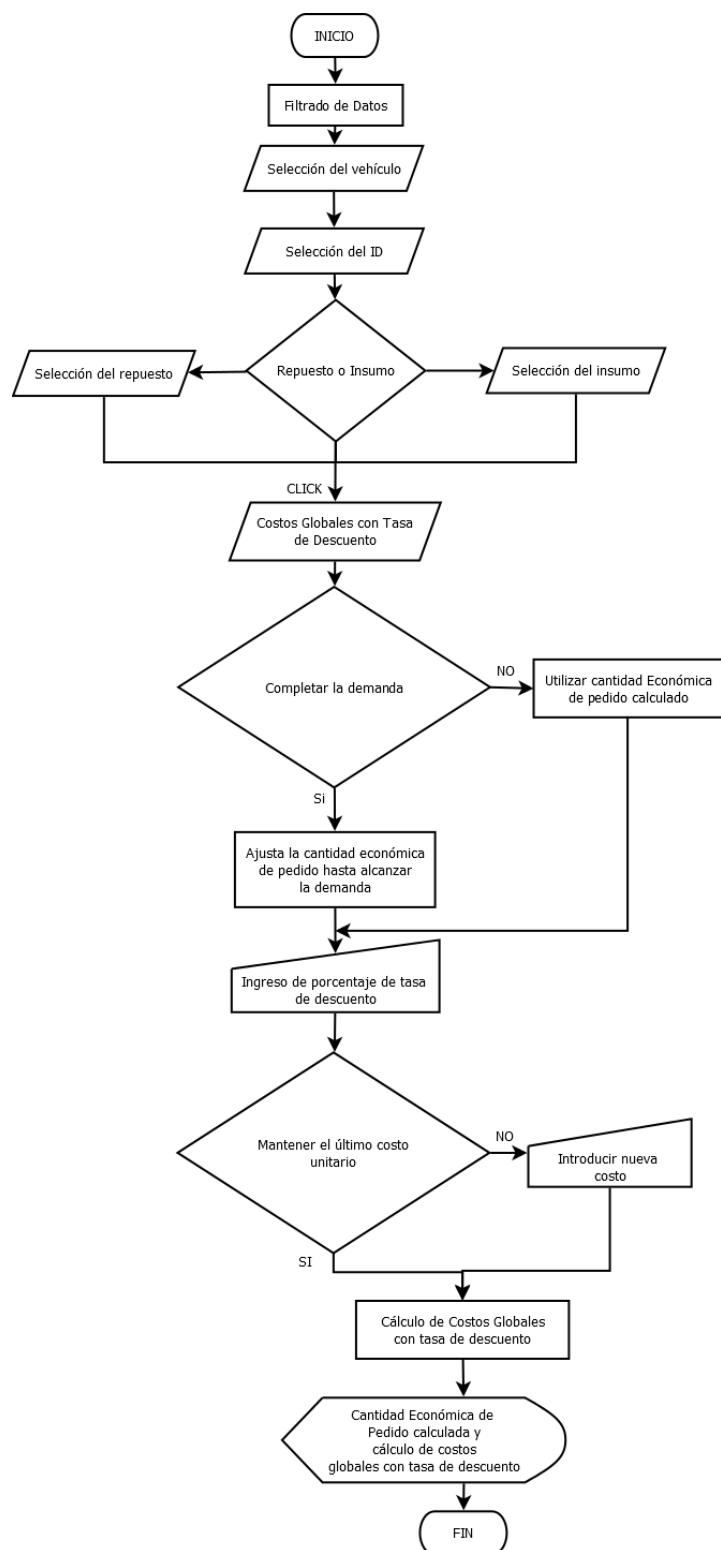
El siguiente módulo está presente para desarrollar cálculos de inversión en un almacén en vez de realizar pedidos.



**Convenios con el proveedor.** El programa es capaz de analizar los costos de inversión para desarrollar un almacén y que se pueda mantener los repuestos a la mano con el proveedor y eliminando e la lista algunos costos que se produce cuando se realizan pedidos. En la Figura 56 se plantea el filtrado de datos con el propósito de conseguir la demanda del producto y costos unitarios debido a que los valores de entrada cambian en la Figura 57 se aprecia la hoja donde estos valores se introducen y se consideran costos de inversión, tasa de descuento y costos de operación.

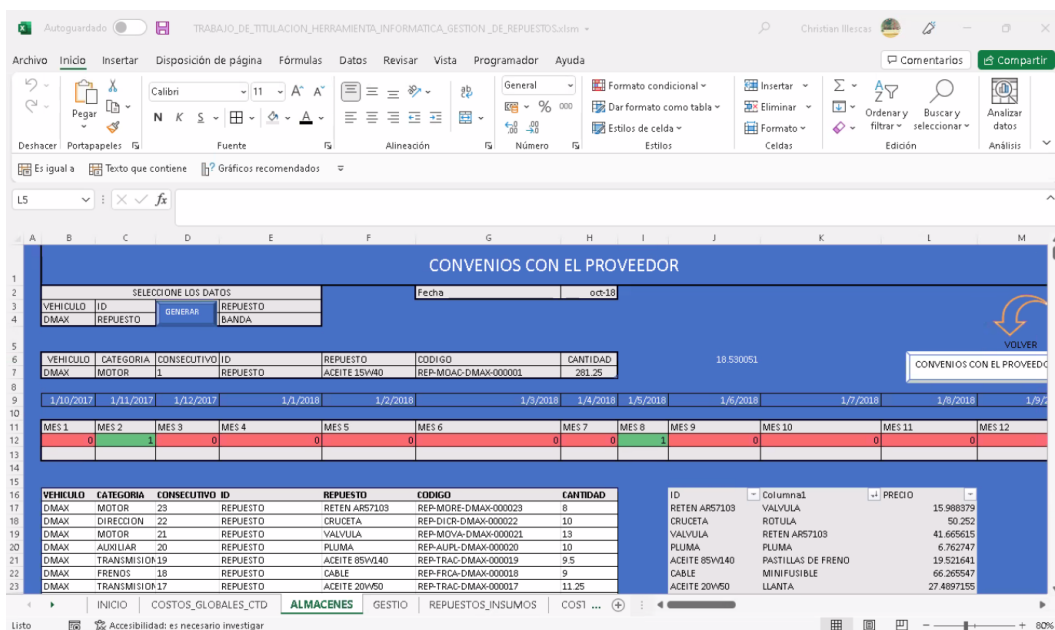
### **Figura 55**

*Diagrama de Flujo para el Cálculo de Costos Globales con Tasa de Descuento*



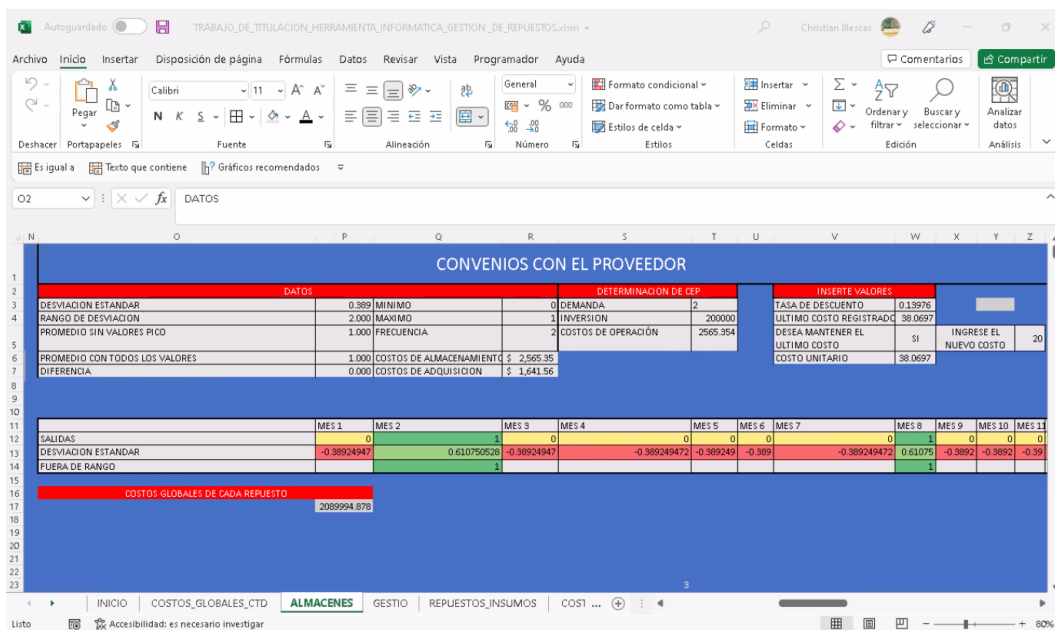
**Figura 56**

*Filtros de los Costos Globales para Convenios con el Proveedor*



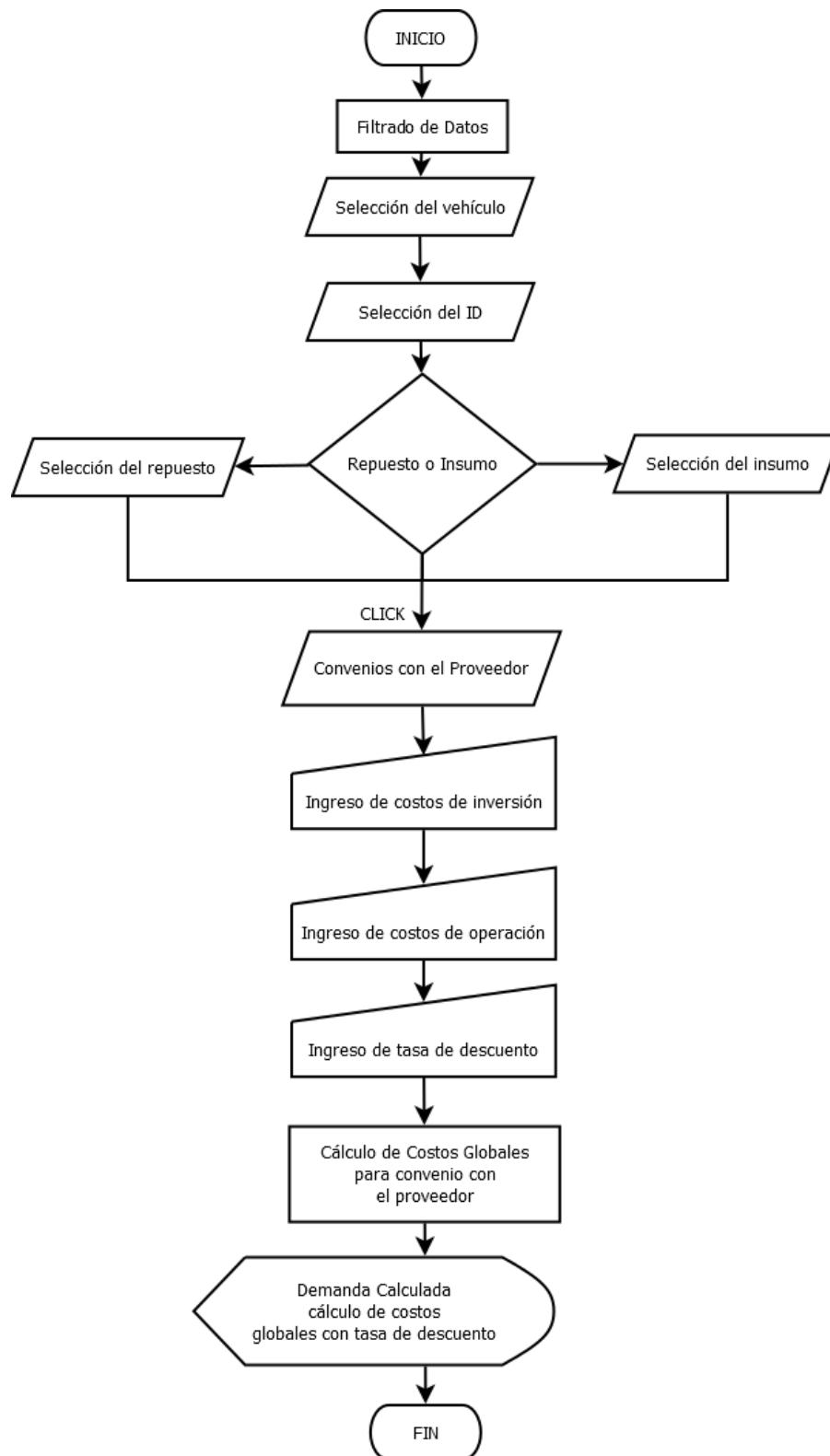
**Figura 57**

*Cálculo de los Costos Globales para Convenios con el Proveedor*



**Figura 58**

*Diagrama de Flujo del Cálculo de Costos Globales para Convenios con el Proveedor*



#### 4. Resultados

La herramienta informática tiene la capacidad de determinar varios tipos de cálculos que permitan optimizar el volumen de productos y costos globales en diferentes condiciones. Para probar la efectividad de la herramienta se utilizó uno de los repuestos de mayor demanda, el aceite lubricante 15W40 del vehículo Luv Dmax, en la Figura 59 se aprecia el filtrado de datos que servirá para selección del repuesto o insumo específico con el que se desea trabajar, esta sección se repite para cada cálculo que la herramienta es capaz de efectuar y calcular la cantidad económica de pedido que es necesaria para determinar los costos globales en cualquier condición.

**Figura 59**

*Sección de Filtrado de Datos*

SELECCIONE LOS DATOS				Fecha	oct-18	
VEHICULO	ID	GENERAR	REPUESTO	VISUALIZAR DATOS		
DMAX	REPUESTO		ACEITE 15W40			
VEHICULO	CATEGORIA	CONSECUTIVO	ID	REPUESTO	CODIGO	CANTIDAD
DMAX	MOTOR	1	REPUESTO	ACEITE 15W40	REP-MOAC-DMAX-000001	195.5

La cantidad económica de pedido se calcula a partir de la demanda y el modelo clásico Wilson establece que se debe mantener una demanda constante en un tiempo T el cual es un año, para ello la herramienta establece un promedio de la demanda registrado en la Figura 60 teniendo como base los doce meses anteriores a la fecha elegida.

**Figura 60**

*Histórico de demanda, doce meses antes de la Fecha Elegida*

1/10/2017	1/11/2017	1/12/2017	1/1/2018	1/2/2018	1/3/2018	1/4/2018	1/5/2018	1/6/2018	1/7/2018	1/8/2018	1/9/2018
MES 1	MES 2	MES 3	MES 4	MES 5	MES 6	MES 7	MES 8	MES 9	MES 10	MES 11	MES 12
3	1.5	4.25	1.5	1.5	3	1.5	2.75	4.25	1.5	3	3

En algunos de los repuestos registrados la demanda presentaba picos demasiado oscilantes, es decir, la demanda no tenía valores casi constantes, sino variaciones excesivas, en estos casos es difícil predecir el volumen de stock necesario para el mes seleccionado, por ello existe una característica en la herramienta que permite calcular la cantidad económica de pedido con valores

de menor oscilación, esto mediante la desviación estándar realizada a los valores de demanda en cada mes, en la Figura 61 se encuentra la sección del cálculo donde se obtiene dos resultados de los cuales el usuario podrá elegir entre una de ellas la más conveniente, que generalmente será el valor mayor para evitar riesgos de no poseer un producto.

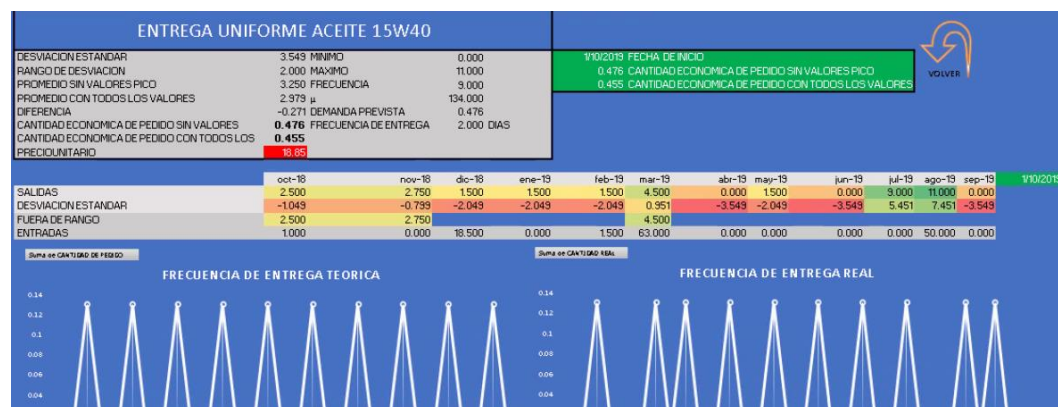
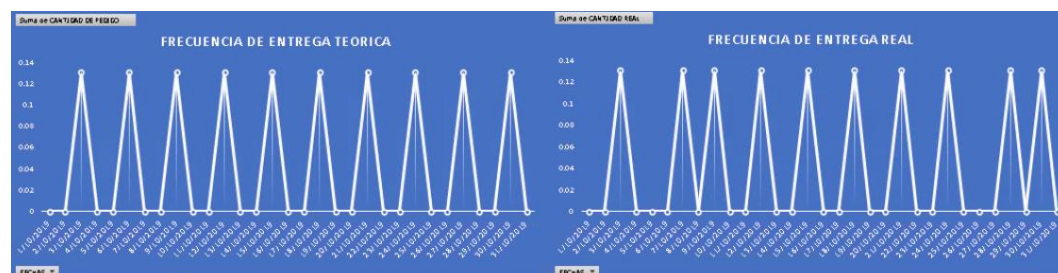
**Figura 61**

*Sección del Cálculo de la Cantidad Económica de Pedido*



La cantidad económica de pedido necesaria para el mes elegido se debe redondear al inmediato superior debido a que los lubricantes no siempre consumen un recipiente completo del mismo, dando como resultado la necesidad de adquirir dos para el mes actual del análisis estableciendo un patrón con el histórico demostrando la efectividad del análisis.

La Figura 62 muestra la cantidad económica a pedir con la característica de que el pedido se efectúa con entregas periódicas en la frecuencia establecida, de este modo se evita tener el stock completo en todo el mes disminuyendo los gastos de almacenamiento. Este tipo de entregas se recomienda usarla con repuestos que tienen demandas muy elevadas para que las entregas de productos tengan sentido y no sean valores que tiendan a la unidad o sean bajos en cada entrega. La entrega uniforme no será efectiva con los datos de la empresa que se tiene en la matriz debido a que dichos datos tienen una rotación a raíz del mantenimiento efectuado en una flota vehicular, pero podría aplicar a una empresa distribuidora.

**Figura 62***Sección del Cálculo de la Cantidad Económica de Pedido con Entrega Uniforme***Figura 63***Gráficas de Cantidad Económica de Pedido con Entrega Uniforme con fechas teóricas y reales*

Las gráficas de la Figura 63 indican el comportamiento de las entregas de manera teórica debido a que la herramienta calculará fechas sin considerar fines de semana, para ello, la segunda gráfica demostrará un desplazamiento en los días que no está disponible la entrega, para mejor visualización los datos específicos de los días disponibles se encuentran en la Figura 64.

En otro módulo se efectúa los mismos cálculos de cantidad económica de pedido, pero se necesita agregar datos en la sección de la Figura 65 para considerar descuentos aplicados a cada precio unitario al superar una cantidad de referencia, para ello también el usuario debe afirmar o reemplazar el valor del producto.

En la Figura 66 se visualizan los resultados del cálculo considerando descuentos en el precio unitario y aunque los costos globales puedan verse excesivos para un solo pedido, se debe tomar en cuenta que entran más parámetros a ser apreciados.

**Figura 64**

*Listado de Entrega Uniforme con fechas reales*

FECHAS	DÍA DE	DÍA	FRECUE	CANTIDAD	ENTREGA	VISUAL	VERIFICACION	VISUAL	CANTIDAD RE
1/10/2019	MARTES		1	1.00	0.000				0
2/10/2019	MÉRCOL		2	2.00	0.455 ENTREGA	✓	ENTREGA	✓	0.454824555
3/10/2019	JUEVES		3	1.00	0.000				0
4/10/2019	VIERNES		4	2.00	0.455 ENTREGA	✓	ENTREGA	✓	0.454824555
5/10/2019	SÁBADO		5	1.00	0.000				0
6/10/2019	DOMINGO		6	2.00	0.455 NO DISPONIBLE ✖		NO DISPONIBLE ✖		0
7/10/2019	LUNES		7	1.00	0.000		ENTREGA	✓	0.454824555
8/10/2019	MARTES		8	2.00	0.455 ENTREGA	✓	ENTREGA	✓	0.454824555
9/10/2019	MÉRCOL		9	1.00	0.000				0
10/10/2019	JUEVES		10	2.00	0.455 ENTREGA	✓	ENTREGA	✓	0.454824555
11/10/2019	VIERNES		11	1.00	0.000				0
12/10/2019	SÁBADO		12	2.00	0.455 ENTREGA	✓	ENTREGA	✓	0.454824555
13/10/2019	DOMINGO		13	1.00	0.000				0
14/10/2019	LUNES		14	2.00	0.455 ENTREGA	✓	ENTREGA	✓	0.454824555
15/10/2019	MARTES		15	1.00	0.000				0
16/10/2019	MÉRCOL		16	2.00	0.455 ENTREGA	✓	ENTREGA	✓	0.454824555
17/10/2019	JUEVES		17	1.00	0.000				0
18/10/2019	VIERNES		18	2.00	0.455 ENTREGA	✓	ENTREGA	✓	0.454824555
19/10/2019	SÁBADO		19	1.00	0.000				0
20/10/2019	DOMINGO		20	2.00	0.455 NO DISPONIBLE ✖		NO DISPONIBLE ✖		0
21/10/2019	LUNES		21	1.00	0.000		ENTREGA	✓	0.454824555

**Figura 65**

*Sección del Cálculo de Descuentos con Economías en Escala*

CALCULO DE ECONOMIA EN ESCALA PARA ACEITE 15W40														
DATOS				DETERMINACION DE CEP			INSERTE VALORES							
DESVIACION ESTANDAR	1.051	MÍNIMO		1.5	DEMANDA	2	DESCUENTO	10						
RANGO DE DESVIACION	2.000	MÁXIMO		4.25	CEP CALCULADO	1.9606	ÚLTIMO COSTO REGISTRADO	18.530051						
PROMEDIO SIN VALORES PICO	3.000	FRECUENCIA		12	DESEA COMPLETAR LA DEMANDA	SI	DESEA MANTENER EL ÚLTIMO COSTO	SI	INGRESE EL NUEVO COSTO	20				
PROMEDIO CON TODOS LOS VALORES	3.000	COSTOS DE ALMACENAMIENTO	\$ 2,565.35		CEP COMPLEMENTARIO	2	COSTO UNITARIO	18.530051						
DIFERENCIA	0.000	COSTOS DE ADQUISICION	\$ 1,643.56		CEP	2	AGENTE DE ADUANAS	0						
CANTIDAD ECONOMICA DE PEDIDO SIN VALORES PICO	1.961	CANTIDAD	\$ 2.00		CANTIDAD DE REFERENCIA	2								
CANTIDAD ECONOMICA DE PEDIDO CON TODOS LOS VALORES	1.961	PRECIO			DESCUENTO	10								
	MES 1	MES 2	MES 3	MES 4	MES 5	MES 6	MES 7	MES 8	MES 9	MES 10	MES 11	MES 12		
SALIDAS	3		1.5	4.25	1.5	1.5	3	1.5	2.75	4.25	1.5	3		
DESVIACION ESTANDAR	1.949432		0.449431972	3.19943197		0.4494	1.9494		0.449431972	1.699432	3.19943	0.45	1.949	1.94
FUERA DE RANGO	3		1.5			1.5	1.5	3	1.5	2.75		1.5	3	
COSTOS GLOBALES DE CADA REPUESTO														
COSTOS DE MANTENIMIENTO		\$ 51.84	DATOS CORRECTOS											
COSTOS DE ADQUISICION		\$ 1.79												
COSTO DE INTERVENCION DE CADA ORDEN DE TRABAJO		\$ 3.37												

**Figura 66**

*Sección de Resultados del Cálculo de Costos Globales con Economías en Escala*

N PEDIDOS		9
COSTOS DE MANTENIMIENTO	\$	697.72
COSTO DE INTERVENCION DE CADA ORDEN DE TRABAJO	\$	33.69
COSTOS DE ADQUISICION	\$	1,953.80
<b>COSTOS GLOBALES</b>		<b>2685.206539</b>



Para descuentos aplicados al volumen es necesario que el usuario introduzca los valores de descuento referentes a los posibles proveedores con sus respectivas cantidades de stock para que estos sean aplicados en el apartado de la Figura 67 y considerando que el volumen de la cantidad económica de pedido cumpla por lo menos con un descuento se visualizarán los costos globales bajo estas condiciones. En la herramienta debido al bajo valor de la demanda se estableció referencias de descuentos aplicables relativamente pequeños para la demostración del cálculo.

**Figura 67**

*Sección de Cálculos de Costos Globales para Descuentos por Cantidad*

		CANTIDAD REFERENCIAL	DESCUENTO APLICADO	
CANTIDAD ECONOMICA DE PEDIDO SIN VALORES PICO	2.000	2	10 %	10
DESCUENTO	10	4	30 %	30
SUMATORIA DE CANTIDAD ECONOMICA DE PEDIDO	4	6	40 %	40

COSTOS DE MANTENIMIENTO	\$	51.84	<input type="button" value="GENERAR"/>	<b>COSTO GLOBAL</b> \$ <b>104.59</b>
COSTOS DE ADQUISICION	\$	2.72		
COSTOS DE INTERVENCION DE CADA ORDEN DE TRABAJO	\$	50.031		

En la misma sección se pueden aplicar un cálculo que determine si es más factible optar por un descuento mayor o por cualquier descuento en caso de que la cantidad económica de pedido no cumpla con la cantidad de referencia, para ello el análisis plantea completar la cantidad a pedir con el volumen faltante para canjear el siguiente descuento, por esta razón se implementó datos teóricos de descuentos con el propósito de comprobar la validez del programa.

Al no cumplir con la primera condición de cantidad requerida, entonces el cálculo se desplaza a la otra tabla en la Figura 68 donde completa el volumen con el aumento faltante y así hacer factible el descuento. En este punto los costos de adquisición disminuyen al adquirir más producto, esto debido a que los costos por unidad de producto se reducen ya que solo se considera un tipo de repuesto, pero en volumen no.

En la Figura 69 se aprecia una tabla de entrada de datos para varios proveedores con diversos descuentos donde cada uno posee una cantidad de referencia a la que la empresa puede aplicar bajo un mismo producto.

**Figura 68**

*Sección de Cálculos de Costos Globales para Descuentos por Cantidad considerando Stock no Necesario*

COSTOS DE MANTENIMIENTO	\$	51.84	GENERAR	COSTO GLOBAL \$ 309.77
COSTOS DE ADQUISICION	\$	2.72		
COSTOS DE INTERVENCION DE CADA ORDEN DE TRABAJO CONSIDERE STOCK NO NECESARIO				
STOCK NO NECESARIO				
CANTIDAD DE REFERENCIA		10		
CANTIDAD PARA LLEGAR AL DESCUENTO		8		
DESCUENTO		10		
COSTOS DE MANTENIMIENTO	\$	259.194	GENERAR	
COSTOS DE ADQUISICION	\$	0.543		
COSTOS DE INTERVENCION DE CADA ORDEN DE TRABAJO	\$	50.031		
STOCK NO NECESARIO				
CEP DE REFERENCIA		10		10.000
CANTIDAD PARA LLEGAR AL DESCUENTO		8.000		
DESCUENTO		10		
COSTOS DE MANTENIMIENTO	\$	259.19	GENERAR	
COSTOS DE ADQUISICION	\$	0.54		
COSTOS DE INTERVENCION DE CADA ORDEN DE TRABAJO	\$	50.031		

**Figura 69**

*Tabla de Ingreso de Datos para cada Proveedor*

PROGRAMA DE DESCUENTOS PROVEEDOR 1	CEP REFERENCIAL		
	2	10	%
	4	20	%
	6	40	%
PROGRAMA DE DESCUENTOS PROVEEDOR 2	CEP REFERENCIAL		
	4	10	%
	8	15	%
	12	50	%
PROGRAMA DE DESCUENTOS PROVEEDOR 3	CEP REFERENCIAL		
	6	10	%
	8	30	%
	10	40	%

**Figura 70**

*Sección de Selección de Cantidad Económica de Pedido y Resultados de Costos Globales para Descuentos con Varios Proveedores*

DESCUENTOS DEL PROVEEDOR			PROVEEDOR 1	PROVEEDOR 2	PROVEEDOR 3	TOTAL
CANTIDAD ECONOMICA DE PEDIDO CON TODOS LOS VALORES	15.000	ELIJA LA CANTIDAD	6	8	6	20
DESEA USAR LA CEP CALCULADA	SI	DESCUENTO APLICADO	40	15	10	
CANTIDAD MINIMA REQUERIDA APLICAR UN DESCUENTO	2		0.6	0.85	0.9	
INGRESE LA NUEVA CANTIDAD REQUERIDA	12		\$ 66.71	\$ 126.00	\$ 100.06	\$ 292.77
CANTIDAD REQUERIDA	15					
CANTIDAD APLICADA PARA DESCUENTO	20					
CANTIDAD QUE NO APLICA DESCUENTO	0					
CANTIDAD EXTRA	5					
COSTOS DE MANTENIMIENTO	\$	518.388				
COSTOS DE ADQUISICION	\$	0.272				
COSTOS DE INTERVENCION DE CADA ORDEN DE TRABAJO	\$	292.775				
<b>COSTOS GLOBALES</b>	<b>\$</b>	<b>811.43</b>				

El usuario participa directamente en la herramienta debido a que el apartado de la Figura 70 permite seleccionar si se desea usar la cantidad económica de pedido calculada o agregar una nueva cantidad de pedido, además, se puede jugar con los valores del volumen de descuento de cada proveedor para ver que cantidad le conviene para reducir sus costos y la misma sección visualiza el valor del costo global, en este caso los gastos se aprecian en los costos de intervención de cada orden de trabajo pues ahí se considera los descuentos aplicados.

Los siguientes cálculos son capaces de determinar si es conveniente una inversión en el periodo de análisis el cual es un año, para ello es importante introducir un nuevo valor conocido como la tasa de descuento en porcentaje y completar los campos de la Figura 71.

**Figura 71**

*Tablas de Ingreso de Datos para Costos Globales con Tasa de Descuento*

DETERMINACION DE CEP		INSERTE VALORES			
DEMANDA	2	TASA DE DESCUENTO	10		
CEP CALCULADO	1.9594	ULTIMO COSTO REGISTRADO	18.5301		
DESEA COMPLETAR LA DEMANDA	SI	DESEA MANTENER EL ULTIMO COSTO	SI	INGRESE EL NUEVO COSTO	20
CEP COMPLEMENTARIO	2	COSTO UNITARIO	18.5301		
CEP	2				

El análisis de los costos globales considerando la tasa de descuento se analiza si igual manera que los anterior pero la tasa de descuento se da al multiplicarse por una expresión exponencial que representa el flujo monetario, en la Figura 72 se aprecia que la tasa de descuento es unitaria por lo que no existe un descuento considerable en el año.

En la Figura 73 se introducen los nuevos datos de una posible inversión para un almacén donde los costos no serán igual y se descartan los anteriores.

En la Figura 74 se muestra el resultado de los costos globales los que indica la inversión que tendría que realizar la empresa para poseer un almacén donde el proveedor pueda almacenar productos y ser distribuidor, de este modo la empresa puede elegir entre hacer pedidos o invertir.

**Figura 72**

*Sección de Cálculo de Costos Globales con Tasa de Descuento*

COSTOS GLOBALES DE CADA REPUESTO	
COSTOS DE MANTENIMIENTO	\$ 33.17
COSTOS DE ADQUISICION	\$ 1.79
COSTO DE INTERVENCION DE CADA ORDEN DE TRABAJO	\$ 37.06
SUMATORIA DE COSTOS	\$ 72.02
EXPRESION EXPONENCIAL DE LA TASA DE DESCUENTO	1.00004540
COSTOS GLOBALES CONSIDERANDO TASA DE DESCUENTO	\$ 72.02

**Figura 73**

*Tabla de Ingresos de Datos para Convenios con el Proveedor*

DETERMINACION DE CEP	
DEMANDA	2
INVERSION	200000
COSTOS DE OPERACIÓN	2565.354

**Figura 74**

*Resultados de Costos de Inversión para Convenios con el Proveedor*

INVERSION EN ALMACEN PARA CONVENIOS CON EL PROVEEDOR	\$ 2,062,033.56
--	-----------------

Como se aprecia en los ejemplos, todos requieren de un filtrado de datos y el cálculo de la cantidad económica de pedido para usarla de referencia en los costos, sin embargo, los costos de adquisición y almacenamiento parecen ser elevados, esto tiene una explicación y es que estos gastos que tiene que pagar la empresa representan las características a cumplir de manera global, es decir, para un grupo de repuestos, mas no para el repuesto solitario, se consideran gastos como sueldos del personal encargado de cuidar, administrar o trasladar el producto y todo el equipo del almacén como minicargadores, estantes u otros complementos, además de gastos involucrados con

las instalaciones como luz, agua, teléfono, internet, etc. Es por ello que resulta imposible que estos costos le pertenezcan a un solo repuesto, por ello la herramienta genera un equivalente al repuesto que no es exacto por la baja demanda debió a que un mayor pedido involucra una reducción de costos para un repuesto, suponiendo que todas las expensas mencionadas sean para solamente dos repuestos, estos tendrán que cubrirlos, pero, cuando mayor es el stock, menor será lo que el producto deberá cubrir.

## 5. Conclusiones

En la revisión bibliográfica se realizó un estudio de distintos modelos aplicables a la gestión de repuestos entre los cuales encontramos el modelo ABC/XYZ, RCC (Repuestos centrados en confiabilidad), OCR (Optimización Costo – Riesgo), Simulación Montecarlo, Herramienta Máximos y Mínimos y el modelo clásico Wilson los cuales para evaluar cada uno de ellos se consideraron seis campos valorados en una escala de Likert entre uno y cinco que representa el grado de conformidad de aplicación donde el número mayor indica que siempre se efectúa el campo y el menor lo contrario, después del análisis se identificó el mayor puntaje se adapta al modelo clásico Wilson teniendo un resultado de veinte y cuatro, este modelo presenta ventajas como calcular un estimado de la cantidad económica de pedido en base a un histórico de datos, además de su gran flexibilidad para acoplarse a otros análisis y que permite determinar los costos globales considerando parámetros que influyen directamente en los gastos que una empresa debe cumplir, se toma en cuenta que su implementación abre las puertas a muchos análisis que las bibliografías ofrecen para mejorar la gestión de los repuestos.

Por medio del muestreo de datos referentes a los repuestos utilizados en una empresa de flotas de transporte, se generó un análisis de Pareto para efectuar un énfasis en aquellos que mayor rotación representan, en consecuencia, se determinó que estos están relacionados a la ficha de mantenimientos principales recomendados por el fabricante tal es el caso del aceite de motor, filtro de aceite, filtro de combustible, filtro separador y filtro de aire, estos representan el 58.71% del uso de repuestos en los vehículos Chevrolet Luv D'max, 58.44% Chevrolet Luv, 50% Kia Pregio, 86% Ford Expedition, 40.22% Nissan Patrol, 61.29% Toyota Land Cruiser, 61.99% Montero, 46.17% Rodeo.

Con el propósito de establecer a que vehículo pertenece cada producto, se asignó un código único mediante una serie de caracteres que lo identifican junto a un número consecutivo para evitar su duplicado y errores de contabilización, además se compilo la información de los repuestos de vehículos de igual modelo que utilizan los mismos ítems para obtener un valor de demanda que pueda ser analizada en la herramienta informática.

En base a los datos proporcionados por la empresa se estimó los gastos que el modelo clásico de Wilson solicita para calcular parámetros que ayudan a la empresa en su labor administrativo y valorar costos mensuales en función de los repuestos, siendo una tasa general, pues considera capital fuera del precio del producto, por consiguiente, se adjudican \$2,565.35 a costos de almacenamiento o mantenimiento y \$1641,56 a costos de adquisición.

Mediante el uso de hojas de cálculo y opciones de programador se filtró, restringió y automatizo las expresiones matemáticas del modelo de gestión Wilson, para obtener una interfaz interactiva, separada por módulos el cual cada uno cubre un área que permite interactuar con el ingreso de nuevos datos o variables de salida, capaz de generar resultados individuales de cada repuesto a través de una matriz de datos incorporada, la misma que posee históricos de repuestos utilizados en el mantenimiento que permite alimentar la efectividad de la herramienta informática, pues esta presenta una efectividad mayor al 80% de la cantidad economía de pedido en el cumplimiento de la demanda estimada en un año, siendo el margen de error una carencia de stock de seguridad, aun así el usuario es capaz de implementar planes de emergencia con los datos que puede obtener del análisis de costos globales que exponen el valor monetario que la empresa debe afrontar en distintas situaciones como descuentos, incremento por agente de aduanas, entregas constantes en un periodo o el buscar caminos alternativos como convenios o el manejo de entregas uniformes que posee una efectividad superior al 90% en cantidad económica de pedido y

dependiendo la demanda, esta presenta un margen de error de máximo 16% en fechas de entrega, por otra parte los costos globales tendrán la variación de acuerdo a la interferencia del proveedor, por ello la herramienta diseñada para que el usuario interactúe con valores de compra estimados.



## **6. Recomendaciones**

Al trabajar con la herramienta es posible que el usuario no compense el volumen de stock con el valor sugerido, por ello se recomienda siempre considerar el valor numérico mayor de la cantidad económica de pedido, esto para poseer un stock de anticipación. Además, es importante que la empresa establezca un modelo o complemento que permita agregar a su lista de compra un stock de seguridad.

El uso de la herramienta informática en un gran porcentaje involucra al usuario, pues la toma de decisiones que este realice dará valores aceptables o inadmisibles, esto dependiendo de las entradas que se realice ya sea perteneciente al histórico, calculado o introducido en cuando a demanda, el usuario deberá conocer cada parámetro que involucra en los costos, deberá tener en cuenta cuando un valor es excesivo y que no es posible predecir el futuro pero si estimar una cantidad que beneficie a la empresa con la cual se trabaja. Cuando se toma en cuenta los proveedores, la herramienta genera resultados como información de proveedores mantenga, por ello es importante mantener convenios con la mayor cantidad de proveedores que existan obteniendo mayores resultados para la toma de decisión.

Como recomendación general, la empresa debería realizar encargos a un gran volumen periódicamente y con una frecuencia de al menos un pedido por mes, esto con el propósito de equilibrar su demanda y estimar la cantidad que requiere en un futuro, disminuyendo costos de almacenamiento, además de tener un histórico con el número de los productos ya sean insumos o repuestos que se han utilizado en cada periodo, esto facilitará la estimación de la demanda y un posible análisis de lo consumido con el mantenimiento realizado. Al ser aplicado de manera general no puede establecerse la demanda de un producto para un vehículo, sin embargo, el

histórico de consumos puede ayudar a estimar el stock o surtido necesario independientemente del vehículo ya que algunos utilizan el mismo repuesto o los insumos que son generales. En este ámbito para las empresas que manejan flotas de vehículos se recomienda el evitar en lo máximo tener variedad de marcas pertenecientes a un mismo repuesto, estos tienden a variar sus precios al tener diferentes características y desvían los cálculos referentes a costos.

## 7. Referencias

- Análisis ABC / XYZ Método de clasificación de inventarios.* (2022, abril 29). [Simla]. Simla.  
<https://www.simla.com/blog/analisis-abc-xyz>
- Auto-data. (2012). *2006 Chevrolet LUV D-MAX 3.0D (130 CV) / Ficha técnica y consumo*  
<https://www.auto-data.net/es/chevrolet-luv-d-max-3.0d-130hp-14497>
- Contreras, J. (2010, mayo 11). *Una Introducción a RCS (repuestos centrados en Confiabilidad).*  
 Reliabilityweb. <https://reliabilityweb.com/sp/articles/entry/una-introduccion-a-rcs-repuestos-centrados-en-confiabilidad>
- D-Max / Camioneta 4x4 / Chevrolet.* (s. f.). ChevroletEcuador. Recuperado 9 de junio de 2022, de  
<https://www.chevrolet.com.ec/pickups/2022-d-max>
- Faulín, J., & Juan, Á. A. (2005). *Simulación de Monte Carlo con Excel*. 11.
- Gutierrez, E., & Romero, M. (2020, abril 30). *Optimización de inventarios basado en Confiabilidad.* Predictiva21. <https://predictiva21.com/optimizacion-de-inventarios-basado-en-confiabilidad/>
- Kia Pregio—Visión general del coche, la historia de la creación, especificaciones.* (s. f.).  
 AutoTalkz.com - Auto review. Recuperado 9 de junio de 2022, de <https://autotalkz.com/>
- Martínez, I. (2018, marzo 11). *Máximos, Mínimos y punto de re-orden.*  
<https://www.youtube.com/watch?v=6nWEXZ8qADI>
- Meana, P. (2017). *Gestión de inventarios* (1ra ed.). Ediciones Paraninfo, S.A.
- Parra, C. (2011). *Matriz de criticidad de acuerdo usado en el modelo RCC de jerarquización de repuestos.*  
<http://www.confiabilidadoperacional.com/files/1318953321modelo%20jerarquizacion%20repuestos%20-%20RCC.pdf>

- Parra, F. (1980). *Gestión de Stocks: Aplicabilidad del Modelo Clásico*. 14.
- Pascual, R. (2009). *El Arte de Mantener*.
- Ruiz, J., Moraro, J., & Gaitán, J. (2005). *Logística comercial*. McGraw-Hill Interamericana de España S.L.
- Rushton, A., Croucher, P., & Baker, P. (2014). *The handbook of logistics and distribution management: Understanding the supply chain* (5. ed). Kogan Page.
- Sotuyo, S. (s. f.). *Repuestos Centrados en Confiabilidad / PDF / Inventario / La investigación de operaciones*. Recuperado 10 de mayo de 2022, de <https://es.scribd.com/document/129897187/Repuestos-Centrados-en-Confiabilidad>
- Toro, F. (2010). *Costos ABC y presupuestos: Herramientas para la productividad*. 412.
- Veoaautos. (2022, febrero 5). Chevrolet LUV X-Treme 4WD y Premier 2WD Ficha Producto Chile 2002. *VeoAutos.cl*. <https://www.veoautos.cl/chevrolet-luv-x-treme-4wd-y-premier-2wd-ficha-producto-chile-2002/>