



## Propuesta de diseño para la mejora de los procesos de compras y almacenamiento de la empresa de calzado IMACAL

Santiago Andrés Aya Parra <sup>a,c</sup>, Laura Marcela Ramos Páez <sup>a,c</sup>, Santiago Reyes Zabaleta <sup>a,c</sup>

Paula Cristina Mateus Castro <sup>b,c</sup>

<sup>a</sup>Estudiante de Ingeniería Industrial

<sup>b</sup>Profesor, Director del Proyecto de Grado, Departamento de Ingeniería Industrial

<sup>c</sup>Pontificia Universidad Javeriana, Bogotá, Colombia

---

### Resumen de diseño en Ingeniería

The present work is carried out in Imacal, a Colombian leather footwear manufacturing company, specifically in the purchasing area and the warehouse, where several opportunities for improvement were found, the first referring to the purchasing system managed by the company, which is not based on a clear inventory policy, the purchasing process is currently done manually by the purchasing manager who has a wide range of experience to generate raw material purchases, however it is important to note that apart from him, there is no trained staff to perform this process, so that, an inventory policy is necessary, in addition it would help to minimize the costs associated with the purchases of raw material.

The second opportunity for improvement was identified in the warehouse, where the receipt process of raw materials lacks a standardized quality test to accept or not a material; also in the warehouse it can be seen the lack of order and follow-up of the materials and it can lead to the purchase of more materials that is not required. On this, it is worth highlighting that the company already apply the 5'S methodology, but the currently problem was not fixed because the warehouse store quitted when they were setting up the third "S" (Sweep). It can be appreciated as the warehouse got the worst score and mark when an audit was done.

In order to solve the previously described issues, it was decided to cover each problem with a different design. In the first place, an application was developed using Visual Basic tool in Excel. It generates demand forecasts, which is fed by the historical monthly sales of the company. With these forecasts an inventory policy is established to show us the requirement of raw materials and how often is necessary to order these materials in order to minimize the different costs associated with purchasing process. It is important to mention that the application is evaluating constantly 5 different policies (PPB, Silver-Meal, Last Unit Cost, ST, SST) and it chose the best one for each different raw material. Furthermore, the application was done taking into account the ISO 9126 international standard for the evaluation of software quality.

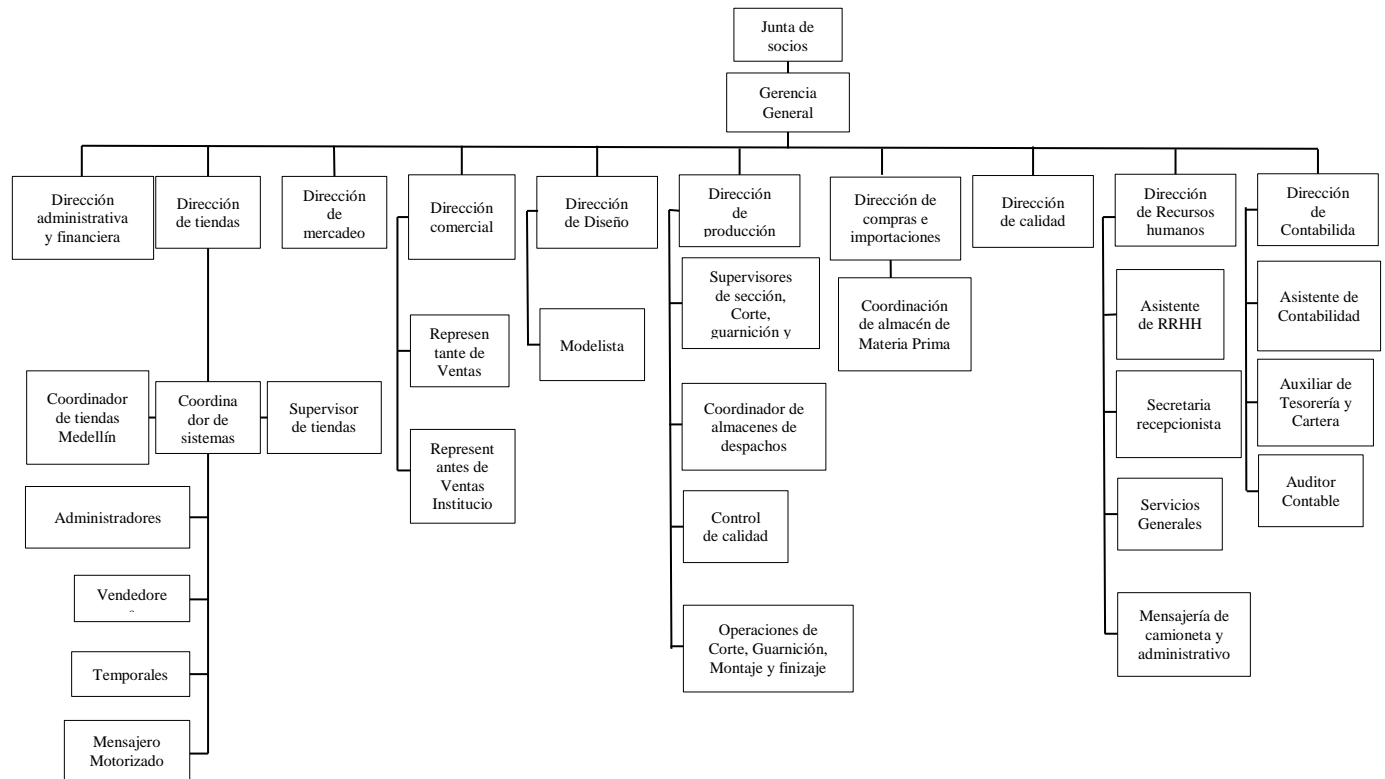
Performance tests were done in order to evaluate the results given by the application. Specifically, Montecarlo simulation was used to generate 1000 scenarios where the costs were calculated and compared to the actual inventory policy costs. Based on the results, it can be concluded that the application is able to reduce the total annual cost in approximately \$35.000.000 COP, what means a massive improvement.

On the other hand, ergonomic studies were carried out in the warehouse of raw materials and using Kaizen and 5'S methodologies a series of recommendation were made as well as a proposal for the reception of raw materials where it is specified when to accept or reject a lot according to its characteristics. It is important to point out that the proposal for the reception of raw material was done following up the international standard ISO 2859, which establishes a sampling procedures for inspection by attributes based on an acceptance quality limit (AQL). Another simulation was used to test the performance of this procedure. It suggests that if the company decide to follow this proposal for the inspection, the company would reduce approximately \$2.000.000 COP per year due to the rejection of raw material with a lack of a high quality.

## 1. Justificación y planteamiento del problema

La empresa Imacal Ltda tiene como objeto social el diseño, la fabricación y comercialización de calzado de cuero para hombres y mujeres, la fábrica se encuentra ubicada en Bogotá, específicamente en la Carrera 41b #9-65 (Zona Industrial). El siguiente organigrama (Gráfica 1) presenta el orden jerárquico con el que funciona la empresa. En esta grafica se observa una gerencia general que dirige las 10 direcciones de toda la compañía, en donde esta a su vez supervisan los mandos medios y bajos de toda la compañía, cabe resaltar que la empresa está catalogada como una pequeña de más de 500 empleados

Gráfica 1. Organigrama de la empresa IMACAL. Fuente: Autores



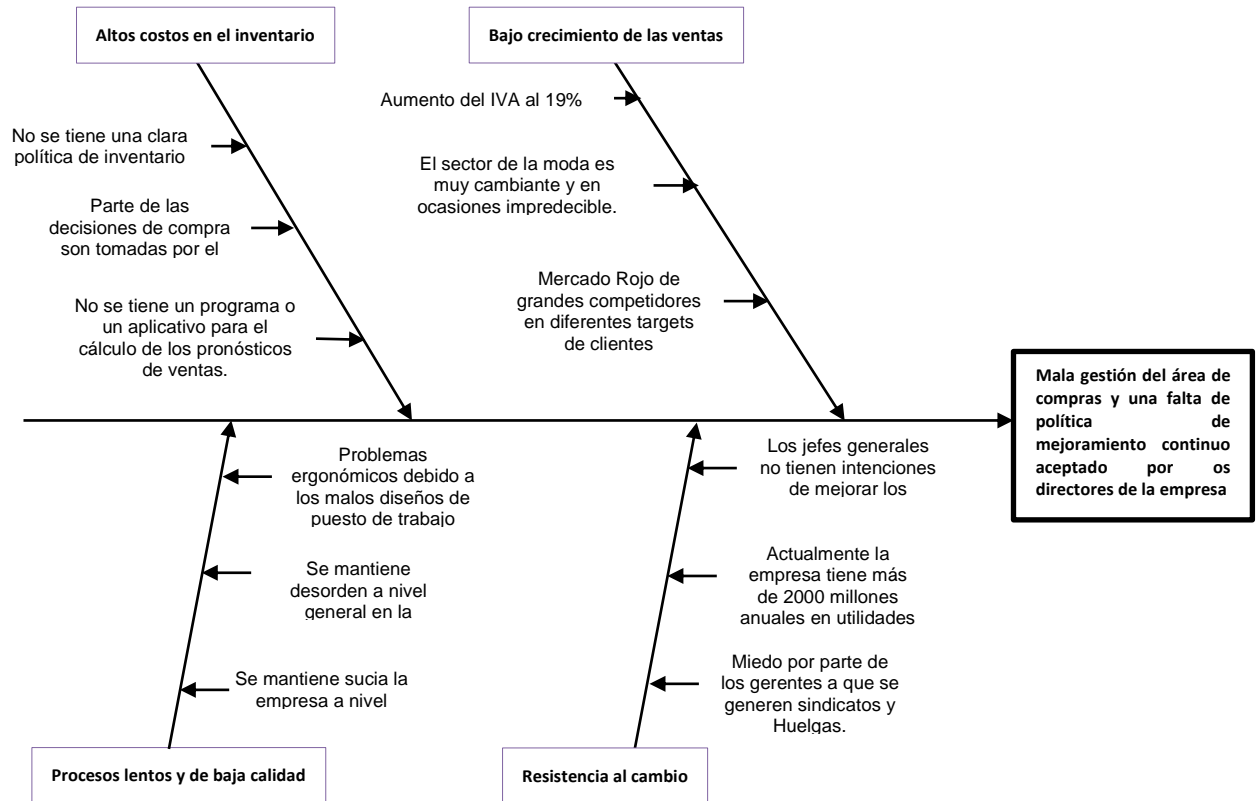
Continuando con el análisis de la empresa es necesario partir de un punto de vista general para poder determinar las posibles propuestas de mejora que tengan un mayor impacto en la compañía, es por esto que a continuación se muestra el análisis DOFA (Gráfica 2), en donde se observan las debilidades, oportunidades de mejora, fortalezas y amenazas.

Gráfica 2. Diagrama DOFA de la empresa IMACAL. Fuente: Autores

Debilidades	Oportunidades
<ul style="list-style-type: none"> <li>* Falta de una política clara de inventarios</li> <li>* Desorden en la planta de producción</li> <li>* Falta de un control de los procesos para las áreas de almacenamiento y compras</li> <li>* Reprocesos por el desorden generado en diferentes áreas de la empresa</li> <li>* Ambiente negativo de baja productividad</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>* Opciones de incrementar la demanda dado que es un producto de consumo masivo y de moda.</li> <li>* Opciones de implementar un Software de gestión de inventarios para poder gestionar en tiempo real, el inventario, el producto final, el producto en proceso con el fin de tener mayor controles y mejorar la producción</li> </ul>
Fortalezas	Amenazas
<ul style="list-style-type: none"> <li>* Crecimiento de ventas</li> <li>* Compañía líder en calzado específicamente en el target para un cliente promedio</li> <li>* Calzado 100% cuero colombiano</li> <li>* Calzado de buena calidad</li> <li>* Grandes ganancias por las ventas de los pares, más del 200%.</li> <li>* Estrategias comerciales que llegan fácilmente al cliente</li> <li>* Poca rotación de personal, generando fidelización por parte de los operarios.</li> <li>* Implementar una política clara de inventario que mejore los tiempos y cálculos para poder minimizar los costos de mantener, ordenar y faltantes.</li> <li>* Implementar una política de mejoramiento continuo que mejore la cultura organizacional y de esta forma minimizar los reprocesos generados por el desorden</li> <li>* Opciones de ampliación de la producción, en dado caso que se pidan licitaciones del ejército.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>* Mercado de moda que varía mucho la demanda, en donde en ocasiones depende en gran medida sus ventas gracias a un adecuado mercadeo</li> <li>* Posible aumento de impuestos al consumidor que reduzcan las ventas</li> <li>* Posible Aumento de impuestos en las industrias, que reduzcan las utilidades netas totales.</li> <li>* Grandes competidores de gran renombre a nivel nacional e internacional, en donde pueden llegar a atacar el Target de la empresa.</li> <li>* Tener faltantes en la tienda obtenidos por no tener un proceso logístico adecuado que permita tener un stock de seguridad adecuado</li> </ul>

Por otro lado, para tener otro punto de vista de la situación actual de la empresa, se realizó el diagrama Ishikawa para poder determinar las principales causas del problema general de la empresa (gráfica 3). En esta grafica se identifica un problema general el cual es: La mala gestión del área de compras y una falta de política de mejoramiento continuo aceptado por los directores de la empresa. Causados por 4 factores principales: Altos costos en el inventario, procesos lentos y de baja calidad, resistencia al cambio y el bajo crecimiento de las ventas.

Gráfica 3. Diagrama ISHIKAWA de la empresa IMACAL. Fuente: Autores



Después de realizar los anteriores análisis a nivel general en la empresa Imacal Ltda se determinó que una de las principales problemáticas que presenta la empresa se encuentra en el área de compras, por eso se realizaron varias entrevistas con el Director de Compras, en donde Enrique Garay, Director del área de Compras, explicó detalladamente el proceso que constituye el abastecimiento de las materias primas necesarias para producir las diferentes referencias de calzado. Garay afirma que se ha identificado como una problemática la ausencia de una política clara de inventarios, la cual se pueda seguir para realizar la compra de materias primas. Adicionalmente el director de compras mencionó aspectos a mejorar en el área de almacenamiento, los cuales tienen que ver con la recepción y aceptación de materia prima y el almacenamiento de esta. A continuación, se desarrollará el planteamiento de los problemas en dos partes: la primera referente al área de compras de la empresa y en segundo lugar las oportunidades de mejora en el área de almacenamiento.

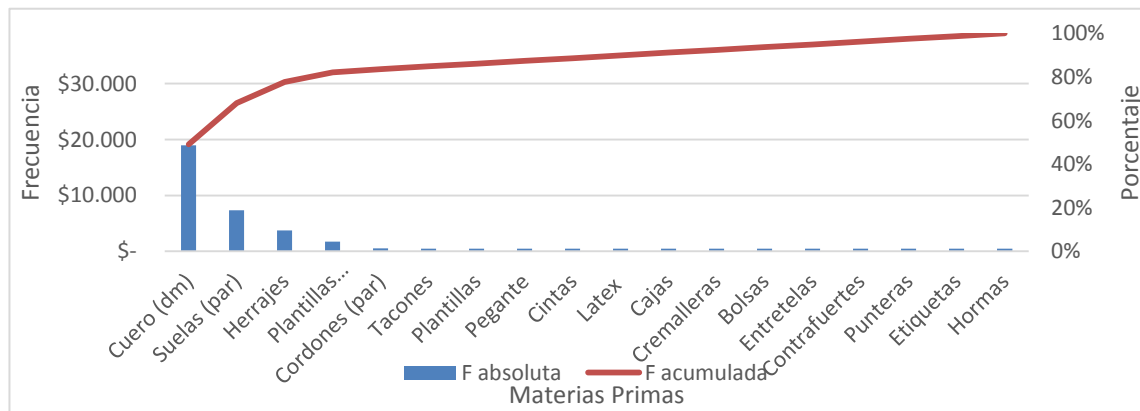
El proceso de compra de materias primas se realiza por parte del jefe de compras. El flujograma del proceso se muestra en el Anexo 1. A continuación se mostrará un resumen de las principales actividades del proceso de compras:

1. Recepción de información de demanda independiente: La directora de ventas ingresa los datos de las demandas independientes recolectados de las tiendas en el sistema de información (ERP) implementado por la empresa, con una periodicidad de un mes aproximadamente. Adicional a la directora de ventas, los clientes independientes a Caprino (tiendas externas a la compañía), también ingresan pedidos en este sistema.

2. Obtención de faltantes: Se realiza un cruce de información entre la demanda independiente y el inventario en bodega, de donde se sacan las referencias a producir.
3. Explosión de materiales: A partir de la base de datos suministrada por el área de diseño, la cual contiene las fichas técnicas de cada referencia de calzado se determinan las cantidades de materia prima necesarias para producir una unidad.
4. Obtención de demanda dependiente: Se realiza un cruce de información entre la explosión de materiales y los faltantes, para así obtener la demanda dependiente total para todas las referencias faltantes.
5. Generación de órdenes de compra: Se ingresa la demanda independiente por proveedor al sistema ERP, el cual genera la orden de compra respectiva.
6. Recepción de materia prima y calificación de proveedores: Al recibir las materias primas ordenadas, se realizan las pruebas de calidad establecidas según su tipo; posteriormente se procede a calificar el proveedor según diferentes criterios dados por el director de compras.

Cabe resaltar que el proceso anteriormente descrito se realiza para las materias primas más importantes según el criterio de la empresa. Para identificarlas se realizó una gráfica de Pareto cuantitativo a partir de la información dada por el jefe de compras donde se nos informó del costo de las materias primas más relevantes según el costo para hacer un par de zapatos en promedio, en donde se obtuvieron 18 materiales. Ver Anexo 9. Cabe resaltar que se obtuvo el 82% de los costos totales hasta las plantillas de armado, pero por conocimiento del director de compras se incluyó una quinta materia prima (Cordones). Obteniendo como resultado el 84% del costo de las materias primas como trabajo de estudio. Es decir que en promedio los costos de estas materias primas a trabajar equivalen a \$32.337 y el total del costo de materias primas para un par de zapatos es de \$38.677. A continuación, se presenta el gráfico de Pareto

*Gráfica 4. Pareto cuantitativo del costo de materiales para fabricar un zapato en promedio. Fuente: Autores*



Como conclusión del anterior gráfico se puede resaltar que las materias primas principales para el proceso de compra son: cuero, suelas, herrajes, plantillas de armado o estructurales y cordones, estas 5 materias primas serán el foco para el desarrollo del proyecto.

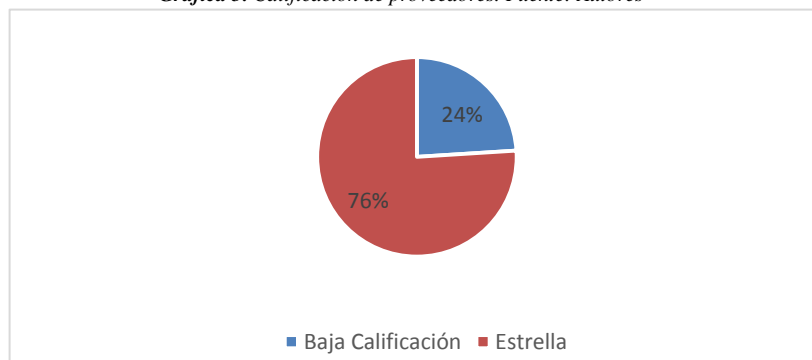
En primer lugar, se analizó el proceso de compras anteriormente descrito y se identifican las siguientes fallas: el director de compras trabaja día a día con las demandas en tiempo real y no tiene ningún pronóstico de las mismas; los pronósticos son fundamentales para un sistema de inventarios, ya que son su principal insumo. Además, ayudan a prever la demanda independiente para tener un alistamiento adecuado de materias primas, lo cual sería lo ideal para aplicar un sistema de inventarios óptimo y así minimizar costos. Según Ramírez, Soto, Pérez & Gámez (2009) la gran dificultad en un sistema de inventarios es el desconocimiento del comportamiento de la demanda y una mala planeación de los pronósticos; con esto se concluye que una problemática a trabajar es la falta de pronósticos dentro de la empresa.

Además, el cruce diario entre la demanda, la explosión de materiales y faltantes es un proceso repetitivo que puede ser omitido la mayoría de las veces al implementar la política más adecuada para este tipo de empresa. En el artículo de Gutiérrez & Vidal (2007), se menciona que una política de inventarios debe dar

respuesta a las preguntas de cada cuánto debe revisarse el inventario, cuándo y cuánto ordenar, bien sea ítems de demanda independiente o dependiente. De lo anterior se puede señalar la importancia, en este caso, de tener una política adecuada, la cual indique con claridad cuándo y cuánto ordenar, para así disminuir las veces que se realiza este cruce de información, lo cual llevará a que las decisiones de cantidad y frecuencia de orden de compra no dependa de la experiencia del director de compras, sino de la información obtenida por el sistema de inventarios.

Por último, haciendo referencia al primer aspecto a trabajar del proyecto, se habló acerca de la inconformidad con algunos proveedores en cuanto a tiempos de entrega, calidad, cantidad, servicio posventa y precio. A partir de la calificación dada a los proveedores (Anexo 6), se crea una lista de los proveedores estrella que serán tenidos en cuenta para el actual estudio, ya que en un sistema de inventarios es esencial tener una confiabilidad en la calidad y tiempo de entrega de los proveedores. A continuación, se muestra en la Gráfica 5 el porcentaje de proveedores estrella y de baja calificación.

*Gráfica 5. Calificación de proveedores. Fuente: Autores*



En segundo lugar, se encuentran algunas falencias en el proceso de recepción y almacenamiento de materias primas. Con respecto a las pruebas de calidad en la recepción de material se encontró que, a pesar de tener un proceso estandarizado, estas pruebas no se aplican con rigurosidad sino esporádicamente. Además, no se tiene el conocimiento suficiente para hacer el debido muestreo según la cantidad de materia prima recibida.

Por otra parte, el director de compras expresa su inconformidad con el manejo del área de almacenamiento de materias primas, mencionados a continuación:

En las siguientes imágenes se puede evidenciar el estado actual del almacén de materia prima, en donde se observa que, aunque si existe algún tipo de orden para cada material, estos no están totalmente clasificados por sus características. Por ejemplo, en la Ilustración 1 se puede ver cómo todos los cueros están amontonados en un estante, pero estos no están clasificados por color o tipo de cuero, lo cual, según el Director de Compras de la empresa, sería lo ideal para no incurrir en errores como el de compra de material existente. Adicionalmente en la ilustración 3 se observan cajas y diferentes materiales en el suelo del almacén, lo cual puede generar accidentes laborales.

*Ilustración 1. Estantes de almacenamiento de cuero. Fuente: Autores*



*Ilustración 2. Almacén de materias primas. Fuente: Autores*



Finalmente, en esta empresa se implementó la metodología de las 5S con el fin de mejorar el orden y limpieza de todas las áreas. En primera instancia la calificación que obtuvo el almacén de materias primas en promedio para las tres S (clasificar, ordenar, limpiar), fue de un 0%, la más baja de toda la empresa, después de hacer una ardua labor de mejora en estos tres aspectos, esta área logro subir su calificación a un 46,7% en promedio; en el Anexo 2, 3 y 4 se puede ver cuál fue la calificación en porcentaje en las tres primeras S las cuales fueron el objetivo a mejorar. En estas se observa cómo el área de almacenamiento de materias primas cuenta con una mala calificación en estos tres aspectos y, aunque esta área tuvo un proceso de mejora, aún no alcanza la calificación mínima requerida de 80%. Por este motivo es importante realizar un proceso de mejora continua en esta área y dejar establecidas recomendaciones para que el orden y la limpieza permanezcan, de modo que éste sea un espacio de trabajo adecuado para los requerimientos de la empresa.

¿Cuál es el impacto de un modelo de inventarios y del uso de metodologías de mejoramiento continuo en el área de compras y almacenamiento de la empresa Imacal?

## **2. Antecedentes**

Haciendo un recorrido bibliográfico acerca de modelos de inventarios y mejoramiento de procesos en diferentes industrias, encontramos un acercamiento a casos y metodologías sobre el problema planteado, las cuales se explicarán a continuación.

El primer acercamiento lo propone Giraldo & López Santana (2014), con una metodología para pronosticar la demanda para una empresa que maneje multiproducto en dos fases. La primera busca clasificar los diferentes productos, con el fin de encontrar qué productos son los más importantes y cuáles se podrían discontinuar. La segunda realiza el pronóstico agregado de la demanda teniendo en cuenta la variabilidad de las categorías de los diferentes productos. Esta metodología se implementó en una empresa colombiana líder en la industria de polivinilos, dando como resultado la mejora del 10 % en la desviación absoluta promedio de la demanda y mostrando una reducción significativa en el inventario promedio de todo el sistema. Adicionalmente, la metodología propuesta en este artículo es una primera instancia para desarrollar una clasificación de los productos para la gestión integral de inventarios. Como resultados para esta metodología, la cual se implementó durante seis meses, se realizó un proceso comparativo entre la metodología anterior con la implementada y los resultados para las medidas de MAD (Error Absoluto Medio) en promedio, para el último trimestre de validación en un 10,2% de mejora. También se muestra la reducción de las existencias de producto terminado y de materiales debido a la mejora de la estimación de demanda.

En este artículo, los autores desarrollan un acercamiento teórico y práctico para un ambiente industrial que maneje un sistema de multiproducto y que, además, tenga demanda variable, lo que resulta bastante aproximado a la situación encontrada en Caprino. Allí se manejan diferentes variantes de calzado y accesorios en cuero, además estos productos tienden a tener demandas variables, por lo tanto, resulta de gran utilidad a la hora de pronosticar la demanda para la situación actual de la empresa.

De igual forma, Nenni, Giustiniano, & Pirolo (2013), resaltan en su artículo “Demand Forecasting in the Fashion Industry: A Review” que aunque los pronósticos de demanda son de suma importancia para toda la cadena de suministros de una empresa, especialmente en el manejo de inventarios, es de resaltar que en la industria de la moda, hay diferentes factores relacionados con los productos que no permiten pronosticar de manera acertada la demanda, ya que los métodos convencionales de pronósticos no siempre tiene en cuenta variables como ciclos de vida muy cortos en los productos, periodos cortos de ventas y largos plazos de reposición. Sin embargo los autores aclaran que por los factores anteriormente mencionados no se debe pensar que en la industria de la moda es imposible pronosticar demanda, mencionan (Nenni, et al.,2013) “Necesitamos reconocer que los mercados de la moda son sistemas abiertos complejos que frecuentemente demuestran altos niveles de “caos”.

Para finalizar, en el artículo se mencionan los acercamientos de diferentes autores acerca de cuáles métodos son los más acertados en esta industria; por ejemplo, hay un número importante de artículos que proponen métodos estadísticos para pronosticar la demanda, utilizando extensiones de métodos

convencionales y variantes del modelo Poisson. Este artículo es de gran utilidad para este proyecto ya que el calzado hace parte de la industria de la moda, y se debe tener en cuenta los diferentes factores mencionados en este para que los pronósticos que se van a realizar sean los más acertados posibles y tengan aplicabilidad en la empresa.

En segundo lugar, el nivel de servicio a clientes internos y la presencia de inventarios de seguridad son políticas para la optimización de inventarios y a su vez son indicadores en la gestión administrativa (Ramírez, Soto, Pérez, & Gámez, 2009), esta problemática es tratada en el artículo de la revista *Ingenio Libre*, donde se especifica la importancia de la determinación de la demanda mediante el buen uso de pronósticos. Por lo tanto, los objetivos para ese caso fueron: entender el comportamiento de la demanda, aplicar el modelo matemático desarrollado por Hopp, Spearman y Zhang (1997), encontrar puntos de reorden y tamaños de pedidos óptimos logrando una minimización de costos.

Actualmente, en las empresas existen cientos o miles de referencias, por lo cual una práctica común es realizar el control de inventarios individuales para las referencias “más importantes” consideradas por la empresa, ya que el costo que podría causar un seguimiento individual de cada referencia sería muy alto y virtualmente imposible de lograr (Ramírez, Soto, Pérez, & Gamez, 2009). Para ello se propone un enfoque aceptado en la práctica, el cual es el método ABC. Posteriormente cuando se conocen las referencias a las cuales vale la pena realizar el estudio, proceden a evaluar diferentes modelos matemáticos que puedan ser usados a las empresas bogotanas, en este caso se presentó un modelo de inventarios multiproducto. Este modelo está basado en el Q, R y tiene como finalidad la minimización de inversión en inventario, el cual debe estar sujeto a un nivel de servicio y una frecuencia de pedido.

Como conclusión de este artículo, el grupo investigador determinó que los modelos matemáticos bien planteados ofrecen una aproximación real, si se trabaja con una distribución de demanda que represente la realidad. También se determinó que las heurísticas realizadas en este artículo son de fácil implementación, lo cual es importante para las empresas que necesitan de sistemas flexibles y que puedan ser modificados con relativa facilidad de acuerdo a nuevas políticas de la organización o cambios repentinos de la demanda. Teniendo en cuenta lo anterior, se planea aplicar un modelo de pronósticos con el objeto de tener claridad sobre la demanda independiente y, a partir de ahí, realizar el modelo de inventarios multiproducto más óptimo para la demanda dependiente.

Por otro lado, en la literatura se encuentra un modelo en el cual los inventarios son administrados por el vendedor, conocido en inglés como Vendor managed inventory o por sus siglas VMI. Este modelo presenta varios casos de éxitos internacionales como por ejemplo Wal-Mart y JC Penney. En este modelo la empresa es la que suministra información con respecto a sus niveles de inventarios y de ventas al distribuidor o proveedor y este será el encargado de determinar el cuanto y cuando despachar. Aparecen por lo tanto varias investigaciones donde se tiene por objetivo mejorar este modelo de inventario; una de estas investigaciones combina el modelo EOQ con un algoritmo genético, formulando un modelo matemático no lineal al cual se le aplica el algoritmo genético planteado por Akhavan Niaki, Reza Pasandideh, & Roozbeh Nia (2011). Dando como resultado un posible método para optimizar el VMI sin embargo se dan recomendaciones las cuales se basan en que este modelo está limitado a la eficiencia en el intercambio de información entre proveedor y comprador, en el cual es necesario de un buen sistema EDI (Electronic data interchange) con el fin de tener información fiable y en tiempo real, además que es de vital importancia la buena relación proveedor-comprador limitando de esta forma el uso de este modelo VMI (Xu, Dong, & Evers, 2000).

Adicionalmente, toda empresa en la actualidad busca ser competitiva y rentable. Para poder alcanzar esta meta, además de mejorar la calidad del producto, es necesario tener óptimos procesos, colaboradores calificados, buena publicidad e insumos y una excelente atención al cliente, entre otros. El Lean Manufacturing, según Orozco (2016) es un conjunto de siete técnicas desarrolladas que buscan minimizar el desperdicio: “1) Sobreproducción, 2) Espera del siguiente paso, 3) Transporte innecesario, 4) Procesamiento innecesario, 5) Exceso de inventario, 6) Movimiento innecesario y 7) Productos defectuosos”. Al eliminar estos desperdicios también existen beneficios en diferentes áreas de la empresa, como por ejemplo. “Reducción de 50% en costos de producción, reducción de inventarios, reducción del tiempo de entrega, mejor calidad, menos mano de obra y mayor eficiencia”.

Por otro lado, la empresa Caprino tiene problemas en el área de almacenamiento en donde falta seguimiento de la materia prima, falta rotulación a materiales, existe resistencia al cambio. Es necesario la aplicación de un método que permita una mejora continua como es el Kaizen, que en la práctica pretende involucrar por igual a todos los miembros de la organización en el proceso que se está analizando y a un costo bajo. El método Kaizen es cíclico y sirve para analizar y mejorar procesos, además busca que aumente la productividad con poca inversión económica (Masaki, 2011). Para poder obtener los mejores resultados de estos principios, existen varias técnicas, como el mantenimiento productivo total, estandarización, cero defectos y eliminación de problemas, equipos de mejora, control total de calidad, despliegue de políticas, Hoshin Kanri, 5'S y control visual, entretenimiento y sugerencias, comunicación y disciplina, entre otras (Suarez Barraza & Davila, 2008). A su vez, es importante abarcar la metodología de 5'S, que hace parte de la estrategia de mejora Kaizen, ya que en la empresa Imacal se llevó a cabo un proceso de diagnóstico e implementación de este método. El objetivo de las 5'S (Combe, 2014) es establecer un orden, limpieza y disciplina en el lugar de trabajo, haciendo factible la gestión visual y contribuyendo tanto a la eliminación de desperdicios, como al mejoramiento en las labores de mantenimiento de equipos y a la disminución en los niveles de accidentes, al permitir la ampliación de los espacios físicos.

Finalmente, es importante enfatizar en el estudio del método ergonómico desarrollado por el National Institute for Occupational Safety and Health (NIOSH) este es un método para evaluar el manejo de cargas en el trabajo. Su intención era crear una herramienta para poder identificar los riesgos de lumbalgias asociadas a la carga física a la que estaba sometido el colaborador, en donde se recomienda un límite de peso adecuado para cada tarea en cuestión, de manera que un determinado porcentaje de la población pueda realizar sin riesgo elevado de desarrollar lumbalgias. (Moreno, 2016). Este método se aplica a la situación de la empresa Imacal puesto que actualmente el encargado del manejo de materia prima presenta dolores lumbares.

### **3. Objetivos**

*Diseñar una propuesta de mejora para el aprovisionamiento de la empresa Imacal, específicamente para las áreas de compras y almacenamiento.*

- a. Realizar un diagnóstico de las condiciones iniciales en el área de compras de la empresa por medio de visitas técnicas y entrevistas para obtener la información necesaria para el diseño del modelo de inventarios.
- b. Realizar el pronóstico de la demanda independiente utilizando datos históricos de ventas suministrados por la empresa para poder determinar la demanda dependiente de las materias primas principales por medio de un MRP.
- c. Diseñar un modelo de inventario multiproducto, con base en la demanda dependiente obtenida, el cual logre optimizar la gestión de inventarios.
- d. Realizar un aplicativo que genere los pronósticos con la información suministrada, y que con estos se ejecute el modelo de inventarios para dar respuesta a cuándo y cuánto ordenar.
- e. Realizar una propuesta de recepción e inspección de materias primas usando la metodología Kaizen para poder reducir la aceptación de productos no conformes.
- f. Realizar una propuesta de mejoramiento en el área de almacenamiento por medio la metodología de 5'S y de estudios ergonómicos.
- g. Realizar una evaluación financiera de las propuestas planteadas.

## 4. Metodología

Para dar solución a la falta de una política clara de inventarios en la empresa IMACAL, se realizaron varias visitas técnicas, en donde se recolectaron los datos necesarios por tipología de calzado tales como ventas históricas, proporción de ventas por género, lead times y requerimientos de material. (Ver anexo 10). Y se diseñó un aplicativo para optimizar la gestión de inventario en el área de compras, además de realizar propuestas de mejoramiento para el área de almacenamiento, lo cual se llevó a cabo por medio de las siguientes fases: diagnóstico de las condiciones iniciales, análisis de la demanda mensual por cada familia de zapatos, generación de pronósticos, cálculos para obtener el stock de seguridad, construcción del MRP por cada materia prima, aplicación de una metodología para reducir costos, simulación de Montecarlo, propuesta de mejoramiento para el área de almacenamiento y evaluación financiera. Las fases mencionadas anteriormente son detalladas a continuación.

### 4.1. Diagnóstico de las condiciones iniciales

Se realizaron varias visitas técnicas a la empresa IMACAL con el fin de tener claridad de la situación actual de la empresa, donde se hicieron entrevistas en profundidad con: el director de compras, directora comercial y de ventas de la empresa. Surge por lo tanto, la conclusión de trabajar en el área de almacenamiento ya que presenta problemas por la falta de una política clara de inventarios; además, según un estudio anterior de aplicación de las 5'S en esta área específicamente, la bodega presentó la más baja calificación de la empresa (Ver anexo 5). Se procedió en consecuencia, a realizar un estudio detallado del proceso en el área de almacenamiento, obteniendo el flujograma (Anexo 1) del proceso. Esto permitió determinar que también existen problemas en el área de recepción e inspección de la materia prima, para lo cual se realizó un estudio ergonómico tanto del ambiente como de cargas y movimientos del almacenista (Anexo 14).

### 4.2. Análisis de la demanda mensual

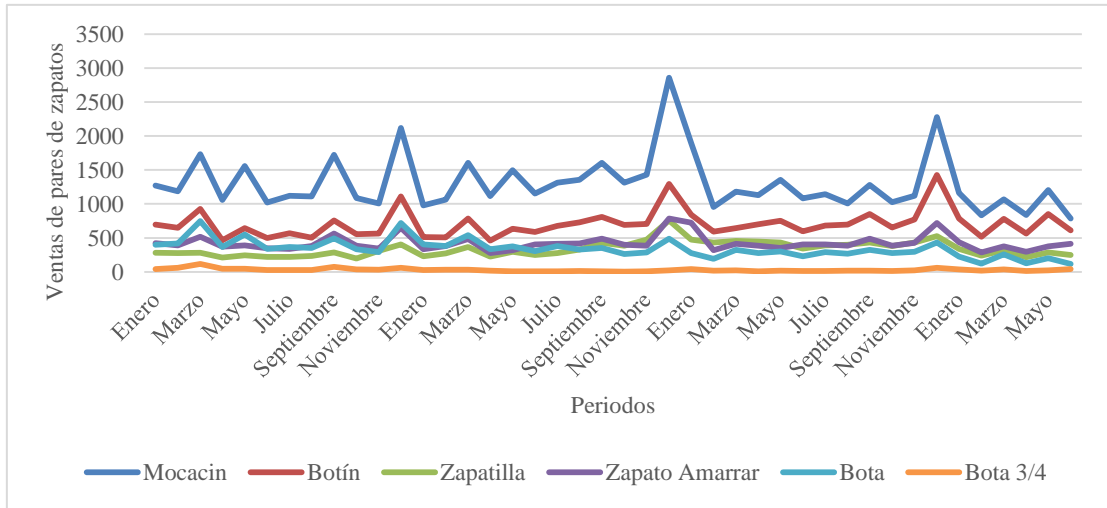
La empresa maneja los datos históricos de ventas por familia de calzado en el sistema de información. Actualmente, la empresa maneja 6 tipos de familias, según la tabla 1 se muestra el porcentaje de ventas históricas.

*Tabla 1. Porcentaje histórico de ventas. Fuente: IMACAL Ltda.*

Mocasín	41,4%
Botín	22,8%
Zapato de Amarrar	13,6%
Zapatilla	11,3%
Bota	10,2%
Bota 3/4	0,8%

Para tener una perspectiva más amplia de las características de cada familia de zapatos se graficaron las demandas históricas, las cuales son mostradas en la gráfica 6. Se puede ver que se trata, en todos los casos, de una demanda estacional con la característica de tener picos de demanda cada 12 meses en el mes de diciembre; en marzo y junio algunos picos pequeños. Lo que era de esperarse por el tipo de producto que se vende y también por la información recolectada en las entrevistas con el jefe de compras. Posteriormente, para verificar esta afirmación se aplicaron varios métodos cualitativos de pronósticos para cada familia, de tipo estacionario, tendencia y estacional con diferentes periodos (n). Específicamente: Winters multiplicativo y aditivo, promedios móviles, suavización exponencial simple y doble. (Nahmias, 2007)

Gráfica 6. Demanda histórica por tipología de calzado. Fuente: IMACAL Ltda.



En donde se utilizaron dos medidas de error. El MAD (desviación absoluta media) y el MAPE (Error porcentual absoluto medio), fórmulas 1 y 2. Las cuales son medidas de error que comparan los pronósticos con las ventas históricas. A continuación, se presentan las fórmulas, en donde  $y_i$  es la demanda real,  $y_k$  es el valor pronosticado y  $n$  es la cantidad de datos utilizados. (Nahmias, 2007)

$$MAPE = \frac{100\%}{n} * \sum \left| \frac{(y_i - y_k)}{y_i} \right| \quad (1)$$

$$MAD = \frac{\sum_{t=1}^n |y_i - y_k|}{n} \quad (2)$$

Como conclusión, los métodos que arrojaron menores errores fueron los de Winters aditivo y multiplicativo con estacionalidad de 12 meses, en el 100% de los casos estos fueron los mejores pronósticos, como se puede observar en el Anexo 11.

#### 4.3. Generación de pronósticos de demanda por familia de zapatos- (Método Winters Multiplicativo y Aditivo de 12 periodos)

Como se mostró anteriormente, los mejores métodos para realizar los pronósticos son los de estacionalidad de Winters de 12 periodos. La diferencia entre los dos métodos es que en el método multiplicativo la amplitud de la tendencia de la demanda se cambia, mientras que en el aditivo se mantiene constante. A continuación, se presentan en la tabla 2 las fórmulas usadas. (Nahmias, 2007)

Tabla 2. Fórmulas de pronósticos por el método Winters-multiplicativo y Winters-aditivo. Fuente: S. Nahmias.

Multiplicativo	Aditivo
$F_{t,t+\tau} = (S_t + \tau * G_t) * C_{t+\tau-N} \quad (3)$	$F_{t,t+\tau} = (S_t + \tau * G_t) + C_{t+\tau-N} \quad (4)$

Donde,

$F_{t,t+\tau}$  = Pronóstico en el periodo  $t$  para el periodo  $t + \tau$

$S_t$  = serie de tiempo

$G_t$  = tendencia de la serie de tiempo

$C_{t+\tau-N}$  = Índice de estacionalidad

$N = \text{períodos de la estacionalidad}$

#### 4.4. Cálculos para obtener el stock de seguridad

En primer lugar, para poder obtener un stock de seguridad adecuado, se hizo una prueba de hipótesis para poder saber si la tendencia era de una curva normal. La prueba hecha fue la Kolmogorov- Smirnov, en donde como dato final se obtuvo que no se rechaza la hipótesis nula, la cual confirma que con un 99% de confianza las familias de zapatos tienen una tendencia normal (Anexo 12).

Después, se calculó la cantidad de orden óptima para cada familia, en donde se utiliza la fórmula 5 mostrada a continuación. (Nahmias, 2007)

$$Q = \sqrt{\frac{2 * \lambda * (K + p * n(R))}{h}} \quad (5)$$

Donde,

$k = \text{Costo de ordenar}$

$\lambda = \text{Demanda promedio}$

$h = \text{Costo de mantener}$

$p = \text{Costo por faltante}$

$n(R) = \text{Valor esperado de faltantes}$

Finalmente, después de obtener el valor óptimo de  $Q$ , se procedió a calcular los valores de stock de seguridad ( $Sst$ ). Utilizando la fórmula 6. (Nahmias, 2007)

$$Sst = \sigma(\tau) * z \quad (6)$$

Donde,

$\sigma = \text{Desviación estandar}$

$\tau = \text{Tiempo de gestión}$

$z = \text{Estadístico de la curva de distribución normal}$

#### 4.5. Construcción de MRP por materia prima

Para construir la planeación de requerimiento de material (MRP) es necesario tener en cuenta los pronósticos obtenidos para cada familia y los distintos requerimientos de materia prima para cada familia de zapatos y género (ver tabla 3). Actualmente, existen familias que son producidas exclusivamente para el género femenino. Específicamente, las familias de las botas 3/4 y de las zapatillas.

**Tabla 3.** Requerimientos de material por género y tipología de calzado. Fuente: IMACAL Ltda.

		Cuero (Dm)	Herrajes/ unidad	Par de Cordones	Par de suelas	Par de Plantillas
Hombre	Mocasín	23	4	1	1	1
	Botín	27	4	1	1	1
	Zapatilla	0	0	0	0	0
	Zapato Amarrar	23	4	1	1	1
	Bota	31	4	1	1	1
	Bota 3/4	0	0	0	0	0
Mujer	Mocasín	18	4	1	1	1
	Botín	25	4	1	1	1
	Zapatilla	16	4	1	1	1
	Zapato Amarrar	19	4	1	1	1
	Bota	34	4	1	1	1
	Bota 3/4	47	4	1	1	1

A su vez, se analizaron los datos históricos de las ventas por género y familia de calzado para obtener la proporción de ventas totales por género. (ver tabla 4)

**Tabla 4.** Proporción de ventas por género y tipología de calzado. Fuente: IMACAL Ltda.

Mocasín		Botín		Zapatilla		Zapato Amarrar		Bota		Bota 3/4	
Hombre	Mujer	Hombre	Mujer	Hombre	Mujer	Hombre	Mujer	Hombre	Mujer	Hombre	Mujer
10.5%	89.5%	13.3%	86.7%	0.0%	100.0%	45.2%	54.8%	10.6%	89.4%	0.0%	100.0%

Finalmente, se obtienen los *leads time* promedio, con el fin de poder determinar la liberación de orden planeada (LOP) y la recepción de orden planeada (ROP) es decir, la orden que se espera sea recibida. A continuación, se presentan los tiempos de demora por días y por semanas (ver tabla 5), en donde los tiempos por semanas fueron redondeados al entero mayor más cercano. Cabe resaltar, que la escala tomada de este MRP está en semanas.

**Tabla 5.** Lead Time por materia prima. Fuente: IMACAL Ltda.

Materia prima	Tiempo en días	Tiempo en semanas
Cuero (dm)	32	5
Herrajes	25	4
Cordones (par)	2	1
Suelas (par)	10	2
Plantillas Armado (par)	12	2

Con base en los anteriores datos se procede a obtener el MRP, donde el requerimiento bruto (RB) es la demanda obtenida de los pronósticos dividida en 4 semanas, dado que la demanda obtenida está en meses. Como resultado, se obtienen los requerimientos de órdenes programadas (ROP) y la liberación de órdenes programadas (LOP). También, se encuentra el requerimiento neto (RN), el cual se obtiene sustrayendo el inventario a la mano y la recepción programada de los requerimientos brutos. Finalmente, se encuentra la entrada de inventario disponible (INV). (ver tabla 6)

**Tabla 6.** Ejemplo MRP para cuero. Fuente: Autores.

Cuero	-2	-1	0	1	2	3	4	5	6	7
RB	0	0	15642	15642	15642	15642	20712	20712	20712	20712
ROP	0	0	0	0	0	0	10827	20712	20712	20712
RN	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
INV	0	0	72453	56811	41169	25527	9885	0	0	0
LOP	10827	20712	20712	20712	15319	15319	15319	15319	16133	16133
SS	0	0	7547	7547	7547	7547	7547	7547	7547	7547

Cuero	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
RB	15319	15319	15319	15319	16133	16133	16133	16133	32434	32434
ROP	15319	15319	15319	15319	16133	16133	16133	16133	32434	32434
RN	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
INV	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
LOP	16133	16133	32434	32434	32434	32434	0	0	0	0
SS	7547	7547	7547	7547	7547	7547	7547	7547	7547	7547

#### 4.6. Aplicación de una metodología para reducir costos

Teniendo en cuenta que el MRP actual maneja una política lote a lote, en donde se pide exactamente lo que se consume en el período correspondiente, según el lead time y el inventario a la mano, se busca reducir los costos de: mantener inventario, ordenar materia prima y costo por faltante en bodega, evaluando así diferentes heurísticas, las cuales son: PPB (Balance del periodo parcial), MCU (Menor costo unitario), Silver Meal (Menor costo periódico). Adicional a estas heurísticas se evaluaron dos políticas de inventario de tipo periódicas las cuales son: SST Y ST. Cabe resaltar que se revisan únicamente las políticas periódicas dado que actualmente la compañía no cuenta con un sistema de información, que permita implementar políticas de revisión continua en donde se sabe con certeza el inventario de cada material.

Para evaluar los costos se utilizó la siguiente fórmula:

$$CT = \sum_{Mp=1}^5 K * NP_{Mp} + \sum_{Mp=1}^5 \sum_{t=1}^n h_{Mp} * I_{Mp,t} + \sum_{Mp=1}^5 \sum_{t=1}^n F_{Mp,t} * CF_{Mp} ; \forall PI \quad (7)$$

Donde:

$k$  = Costo de ordenar

$NP_{Mp}$  = Número de pedidos de materia prima "Mp"

$h_{Mp}$  = Costo de mantener por materia prima "Mp"

$I_{Mp,t}$  = Inventario de materia prima "Mp" en el periodo "t"

$F_{Mp,t}$  = Faltantes de materia prima "Mp" en el periodo "t"

$CF_{Mp}$  = Costo de faltante de materia prima Mp

PI = Política de inventario (PPB, MCU, Silver – Meal, ST y SST)

Al tener los costos totales de cada política se usa la que menor costo arroje, ya que es ésta la que nos estaría minimizando los mismos.

#### *4.7. Simulación de Montecarlo*

Haciendo uso de la información histórica suministrada por la empresa, se procedió a realizar un análisis estadístico mes a mes, con el fin de encontrar las distribuciones que modelan el comportamiento de la demanda independiente mensual por tipología de calzado de la mejor manera. Consecutivamente, se utilizan estos resultados con el fin de generar nuevos datos de demanda independiente para poder usar el método de Montecarlo y simular de esta manera, 1000 iteraciones. Posteriormente, se realiza su respectivo análisis y se obtienen: costos totales, costos de ordenar, costos de mantener y costos de faltantes. Además, de establecer qué política de inventarios funciona mejor. Cabe resaltar que esta simulación se realizó para un año y teniendo en cuenta que el aplicativo funciona para alrededor de 3 meses se realizaron 4 simulaciones para cada trimestre del año, para obtener un año completo (Ver Anexo 15). Lo anterior, con el fin de evaluar la flexibilidad del aplicativo en la toma de decisiones en diferentes escenarios.

#### *4.8. Propuesta de mejoramiento en el área de almacenamiento*

Teniendo como base los resultados del diagnóstico de las condiciones iniciales del capítulo 4.1., se tomaron en cuenta, específicamente las cargas y los movimientos del almacenista en donde se utilizaron las metodologías de RULA y NIOSH, mapas ergonómicos (ruido, temperatura, iluminación y humedad) de la bodega, para realizar las propuestas de mejoramiento con base en las metodologías de mejora continua de Kaizen y 5'S. (ver anexo 19)

Adicionalmente, se realizó una guía para la recepción e inspección de calidad de materias primas basada en la norma ISO 2859 la cual establece un sistema de muestreo para la inspección por atributos basado en el nivel de calidad aceptable (AQL, por sus siglas en inglés). En el Anexo 17 se muestra la guía para poder determinar el muestreo según la materia prima y el tamaño del lote a revisar. A partir de este se plantean dos simulaciones, una para la política actual y otra para la política propuesta, en donde se simula en 500 corridas, en cada una se generan 55 pedidos que equivalen al promedio de pedidos de cuero en un año. Posteriormente se sacan la diferencia de lotes rechazados en un año entre la política actual y la propuesta, esto con el fin de calcular el número de lotes que fueron aceptados cuando debieron ser rechazados usando diferentes alfas de proveedor. Con esta información se calculó el ahorro anual que tendría la empresa al implementar la guía propuesta de recepción de materias primas.

#### *4.9. Evaluación financiera*

Para determinar la viabilidad financiera de la política de inventarios propuesta se determina el flujo de caja de la propuesta, posteriormente fueron calculados indicadores de viabilidad financiera con base en los niveles obtenidos en el flujo de caja. Para el cálculo de este se tomó como horizonte de evaluación un año cuya periodicidad de información es trimestral, lo que corresponde a 4 trimestres de referencia y abarca las variables: Costo actual; Costo implementando mejora; Beneficio financiero; Valor del mantenimiento periódico; Flujo Neto Acumulado y Periodos de Recuperación de la Inversión PRII.

### **5. Componente de Diseño en ingeniería.**

La propuesta busca proponer una política de inventario, teniendo en cuenta que no se tiene una política clara definida considerando las condiciones de la demanda, los proveedores, y costos de los principales productos

### *5.1. Declaración de Diseño:*

Se diseña un aplicativo que gestiona una política de inventarios multiproducto la cual permite optimizar el proceso de compras en la empresa, determinando cuándo y cuánto ordenar. Con este aplicativo se pretende dar solución a:

- La dependencia de la experiencia que tiene el director de compras, el cual lleva siete años en la empresa y es el único encargado de realizar el abastecimiento de materias primas. Esto con el fin de habilitar a otras personas calificadas para la toma de decisiones de cuánto y cuándo ordenar.
- La incertidumbre de la cantidad requerida de materias primas, mediante el uso de pronósticos, con los cuales se pretende tener un conocimiento acertado y anticipado a la demanda independiente para así prever la materia prima necesaria.
- El trabajo repetitivo de la verificación diaria manual del cruce de información entre las materias primas en bodega y los faltantes a producir.

Por otro lado, se pretende estandarizar la política de calidad a la hora de verificar la materia prima recibida, dado que no se tiene claro qué muestreo hacer según la cantidad y tipo de material. Además, éste no se realiza con rigurosidad ni se contempla como un proceso imprescindible para el control de las materias primas.

Así mismo, se busca mejorar la metodología actual con la que cuenta la empresa para almacenar las materias primas con el fin de optimizar espacios y reducir sobrecargas de trabajo, logrando que esta área se convierta en un espacio adecuado para el buen funcionamiento del proceso.

Con el diseño propuesto se tiene como objetivo la minimización de costos de ordenar y de mantener inventarios, reducir la aceptación de materias primas defectuosas y mejorar el proceso de almacenamiento para no incurrir en el mal manejo del material.

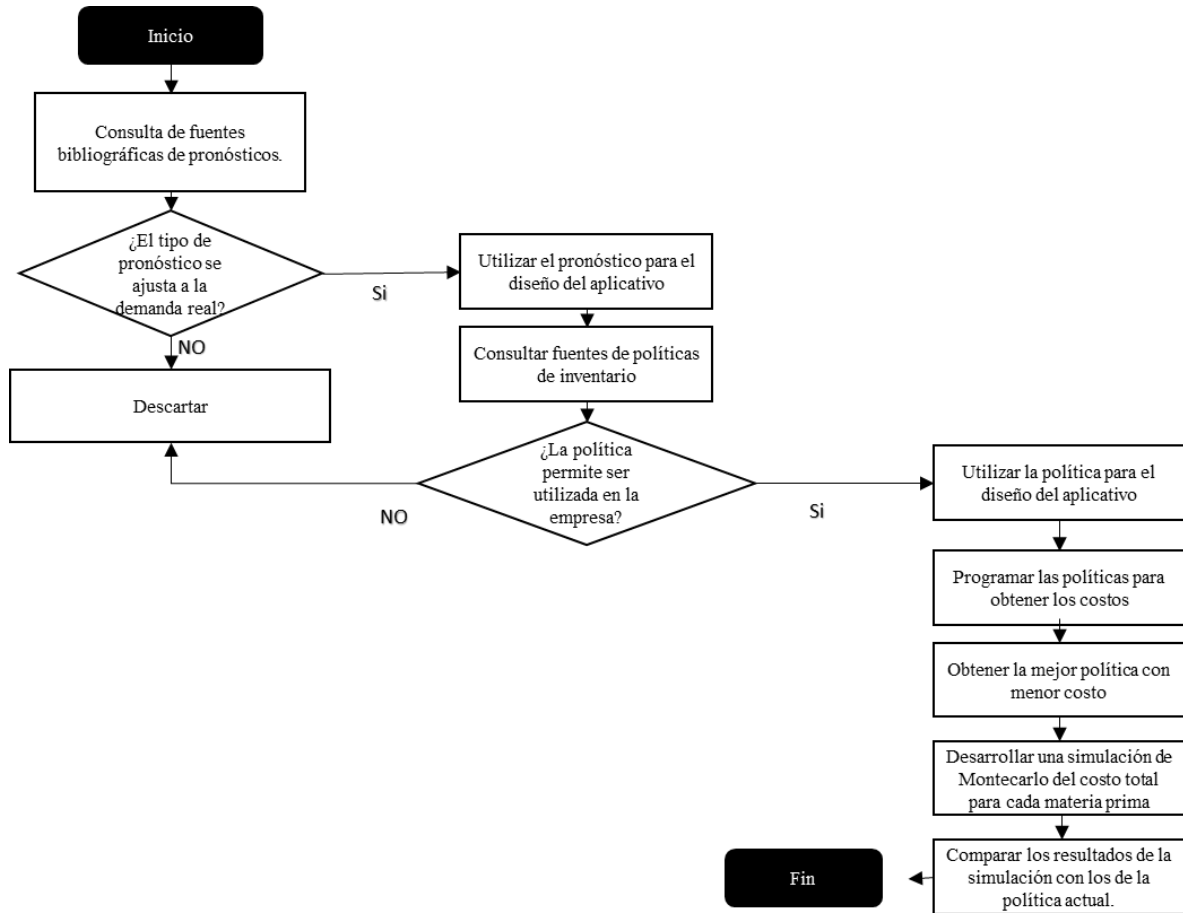
### *5.2. Proceso de Diseño:*

El proceso de diseño inicia con el estudio de referencias a nivel local e internacional de modelos de inventarios aplicados a empresas que tienen características similares a la de Imacal Ltda. Las cuales son de demanda estacional e industria de moda donde en algunas ocasiones no se permite pronosticar de manera acertada la demanda. De esta manera, se procedió a escoger las mejores alternativas encontradas, las cuales son:

- Pronósticos: Winters multiplicativo y aditivo con periodo  $n=12$  meses
- MRP haciendo usos de las heurísticas MCU, PPB y Silver-Meal comparando con las políticas ST y SST.

Consecutivamente se selecciona la mejor heurística y/o política, la cual es la que arroja el menor costo total. A esta se le realiza una simulación de Montecarlo con el fin de verificar su rendimiento comparándola con la política de inventarios actual que posee la empresa. Se muestra a continuación en la gráfica 7 el proceso de este diseño.

Gráfica 7. Demanda histórica por tipología de calzado. Fuente: Autores



### 5.3. Requerimientos de desempeño:

La solución propuesta se basa en dos puntos principales: El primero, un aplicativo, el cual al ser ejecutado obtiene una propuesta clara de la política de inventarios para las 5 materias primas evaluadas, en donde se reducen los costos totales, es decir los costos de mantener, ordenar y de faltantes. El segundo será la estructuración de la metodología donde se inspecciona la calidad de las materias primas al momento de recibirlas y finalmente una serie de recomendaciones para el mejoramiento del área de almacenamiento. Los requerimientos esperados para estos diseños son los siguientes:

- Porcentaje de reducción de costos totales.

$$\%R = \frac{CT_{Política actual} - CT_{Política propuesta}}{CT_{Política actual}} * 100 \quad (8)$$

Donde,

$\%R$  = Porcentaje de reducción de costos totales  
 $CT$  = Costos Totales

- Ahorro anual por rechazar materia prima defectuosa al implementar la metodología propuesta de recepción de materias primas.

$$AA = (\# LR_{propuesto} - \# LR_{actual}) * n * \alpha * PM \quad (9)$$

Donde,

*AA = Ahorro anual*

*#LR = Número de lote rechazados*

*n = Cantidad promedio que entrega el proveedor de material*

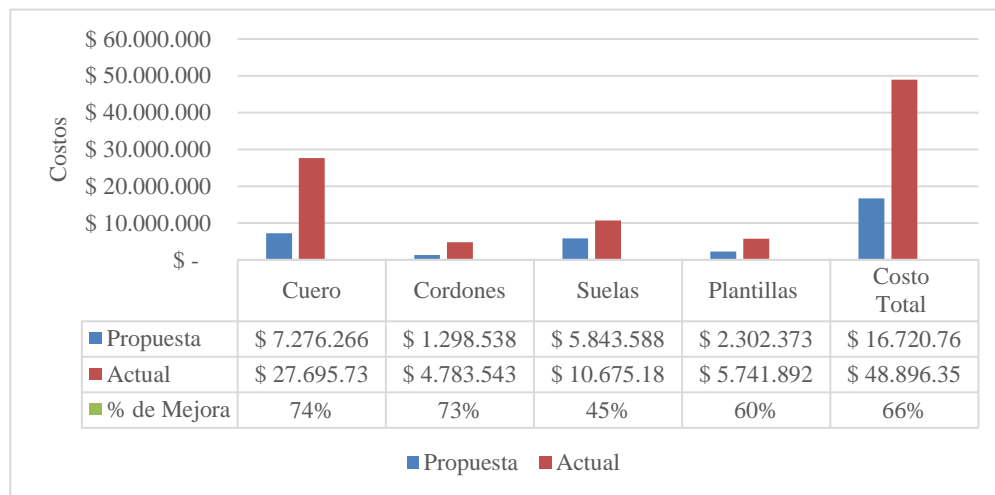
*$\alpha$  = Probabilidad de defectuosos de un proveedor*

*PM = Precio de venta del proveedor de la materia prima*

#### 5.4. Pruebas de rendimiento:

Se diseñó una simulación de Montecarlo teniendo en cuenta un tipo de distribución normal, el cual se valida con una prueba de hipótesis Kolmogorov- Smirnov con una confianza del 99% (Anexo 12) totales, de mantener, ordenar y faltantes para cada materia prima. A continuación, se muestran los costos totales obtenidos para un año por cada materia prima. Cabe resaltar que para la materia prima de herrajes no existen datos históricos de compra por lo tanto no se pueden comparar con la política propuesta.

**Gráfica 8.** Comparativo de costos totales de la política actual vs la política propuesta. Fuente: Autores



Por otro lado, se realizó una simulación de la metodología propuesta para la inspección de materia prima, en donde para este caso solo se tiene en cuenta las materias primas de cuero y herrajes ya que son las que tiene pruebas de calidad ya establecidas por la empresa, sin embargo, al no tener datos históricos de herrajes, solo se realizó la simulación para cuero.

Para esta se simularon 500 pedidos con diferentes probabilidades de defecto por parte del proveedor ( $\alpha$ ), en un rango de 0,01 a 0,1 (Ver anexo 18). Además, se simuló los criterios actuales de inspección, con las mismas probabilidades de defecto, en donde la política actual de inspección de materias primas establece que por pedido se inspeccionan 5 cueros al azar y si de estos se encuentran dos o más defectuosos el lote se rechaza.

#### 5.5. Restricciones:

A continuación, se presentan las restricciones de diseño que presenta esta tesis de grado:

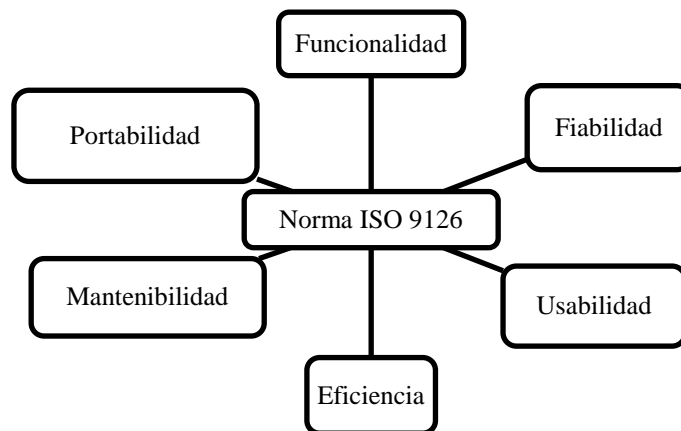
- Debe tenerse en inventario inicial como mínimo el stock de seguridad, en dado caso que este sea menor, se debe contemplar añadir este valor a la orden de compra.

- En la hoja “Supuestos” los datos que se deben ingresar, deben ser los promedios dependiendo del proveedor y/o tipo de calzado.
- El lead time debe ser menor o igual a 130 días lo que corresponde a 19 semanas.
- El número de materias primas debe ser igual o menor a 5.
- La resistencia al cambio por parte de los empleados de Imcal Ltda. Al verse enfrentados a realizar su labor de ordenamiento de pedidos, de inspección de calidad de manera diferente a la acostumbrada en su tiempo en la empresa y el cambio propuesto para el área de almacenamiento.
- Se debe dar un manejo confidencial a los datos suministrados por la compañía debido a su importancia para esta.
- La aceptación e implementación del diseño dependerá exclusivamente de la decisión final de la empresa.
- La empresa no cuenta con presupuesto comprometido para la implementación de este nuevo sistema de inventarios.

#### 5.6. Cumplimiento del estándar:

El cumplimiento estándar de referencia utilizado es la norma ISO 9126, el cual es un estándar internacional para la evaluación del Software. La normativa define seis características de la aplicación, estas seis características son divididas en un número de sub- características, las cuales representan un modelo detallado para la evaluación de cualquier sistema informático, a continuación, son presentadas en la siguiente gráfica.

*Gráfica 9. Norma Iso 9126. Fuentes Autores*



- **Funcionalidad:** En cuanto a la seguridad se ha protegido la programación de fondo del aplicativo, impidiendo el acceso a personas no autorizadas. Además, se ha demostrado que siempre y cuando se introduzcan datos coherentes y reales, se obtendrán resultados fiables, esta comprobación se realizó mediante una simulación de Montecarlo con 1000 corridas. En cuanto a la exactitud se están informando los errores generados por los pronósticos (DAM y MAPE), explicándole al usuario que es imposible generar pronósticos con 100% de exactitud.
- **Fiabilidad:** Como se mencionó anteriormente, se ejecutó el aplicativo 1000 veces donde se tomó un tiempo promedio de 14 minutos generando resultados coherentes y fiables. En ningún caso el aplicativo no respondió o dejó de funcionar.
- **Usabilidad:** Se anexa un manual de usuario (Ver anexo 21) donde se explica cómo manejar el aplicativo, donde se encuentran los supuestos realizados, además del paso a paso de cómo funciona. Sin embargo, el grupo de usuarios deben tener conocimientos en el área de compras y temas logísticos.
- **Eficiencia:** El tiempo de respuesta para el aplicativo es en total de 2 minutos, teniendo en cuenta que los datos históricos para los pronósticos son recolectados previamente del sistema de ventas de la empresa donde luego se evalúa 5 diferentes alternativas y escoge la mejor política de inventarios.

- **Mantenibilidad:** El aplicativo cuenta con una gran facilidad al cambio ya que este tiene una hoja de supuestos en la cual se pueden cambiar los parámetros más relevantes que afectan las políticas de inventario. Además, la hoja “Home” resume los resultados finales con sus respectivos indicadores y esto hace que su análisis sea de gran facilidad.
- **Portabilidad:** Al ser el aplicativo implementado en la herramienta de Microsoft Excel, su portabilidad es un aspecto sobresaliente ya que la suite de Microsoft Office es de conocimiento y usabilidad de la mayoría de las empresas. Además, el peso del aplicativo es menor a 5 Mb, lo que hace que se pueda transferir fácilmente.

## 6. Resultados

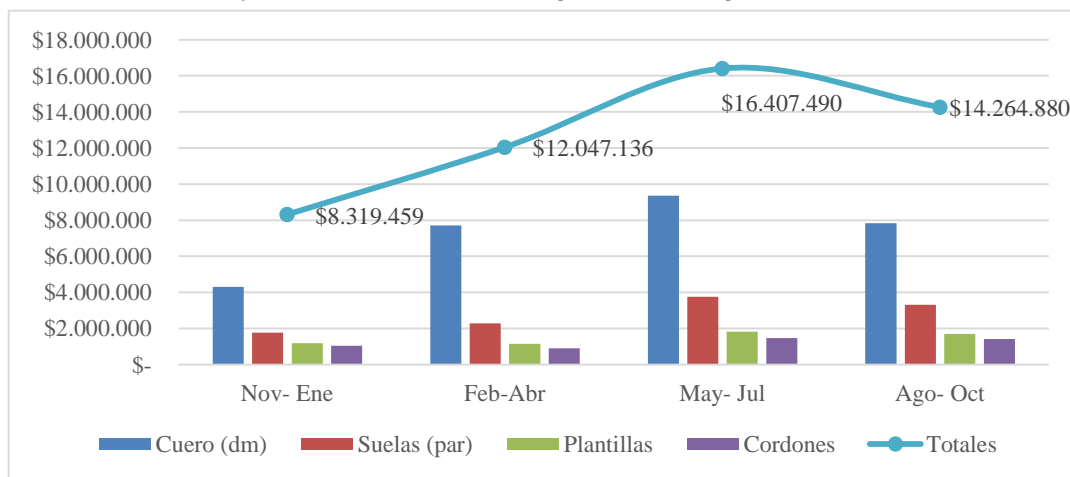
En este capítulo se muestran los resultados divididos por: Resultados de la política de inventarios propuesta con respecto a la política actual, los cuales a su vez poseen análisis para los cuatro diferentes trimestres, además de los resultados obtenidos a partir de los estudios ergonómicos (Rula, Niosh y mapas ergonómicos), Además, se muestra como anexo la propuesta de mejoramiento continuo utilizando la metodología Kaizen. Finalmente se muestran los resultados de la propuesta del proceso de recepción de materia prima y el análisis de viabilidad financiera.

### 6.1 Resultados de la política propuesta con respecto a la política actual.

A continuación, se presentan los resultados obtenidos entre Febrero de 2016 a Enero de 2017 de la política actual a partir de la trazabilidad recopilada de las entrevistas con el director de compras. Ver Anexo 16. Además, se muestran los resultados obtenidos de la simulación de Montecarlo para cada materia prima, en donde se simularon los 4 trimestres del año (Noviembre-Enero, Febrero-Abril, Mayo-Julio, Agosto-October) cada uno con 1000 iteraciones. Los costos totales de estas simulaciones por trimestre se comparan con la política actual. Las siguientes gráficas muestran los resultados de los costos totales, los cuales comprenden el costo de ordenar, mantener y faltantes.

De acuerdo con la Gráfica 10, mostrada a continuación, se observa que el mayor costo de la política actual es el de Mayo a Julio, con un valor de \$16'407.490, este costo revela que la política actual no es la adecuada, ya que se sabe por las ventas históricas que en estos meses no se maneja una gran demanda, por lo cual los costos no deberían ser tan altos a comparación del trimestre Nov-Ene.

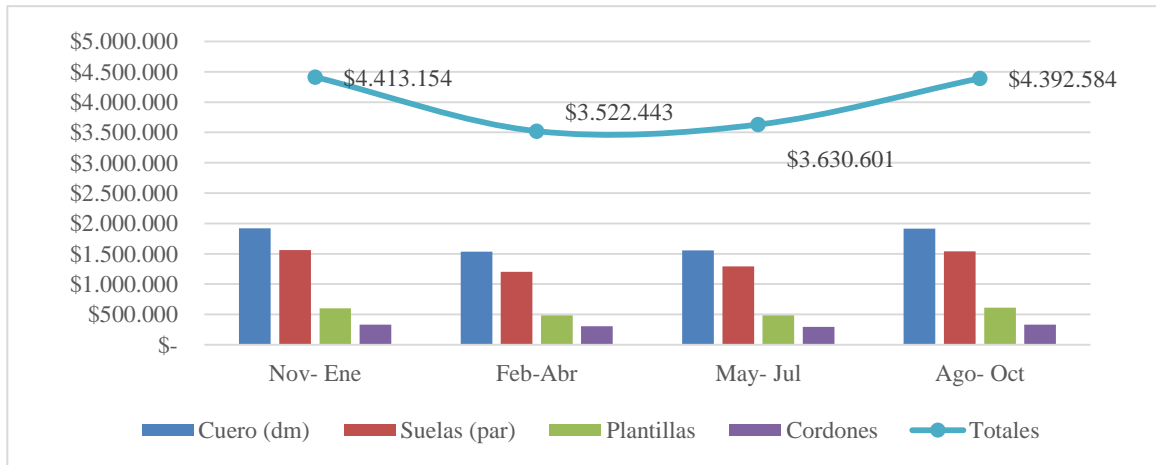
**Gráfica 10.** Costos totales anuales de la política de materia prima actual. Fuente: Autores



Por el contrario, si se revisa la gráfica 11 se evidencia como la política propuesta mejora considerablemente este trimestre (Mayo a Julio) y se observa que el mayor costo de la política propuesta son los de Nov-Ene, lo cual es lógico ya que son en estos meses donde se maneja un gran volumen de material. Además, los costos

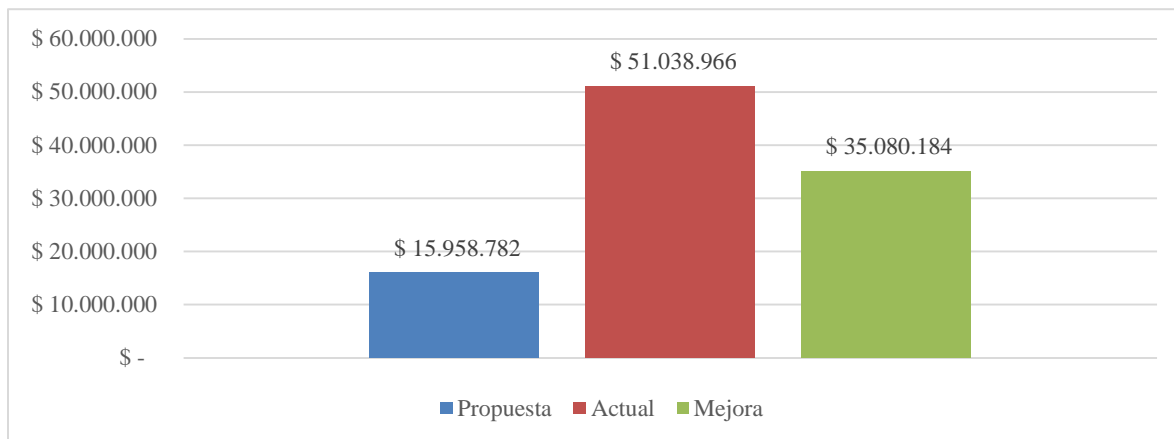
totales tienden a disminuir en los periodos de menor demanda y no como sucede en la política actual. Estos sobrecostos de la política actual son generados por no tener pronósticos acertados que permitan estimar la demanda estocástica con mayor exactitud y un buen análisis para considerar la política.

**Gráfica 11.** Costos totales de la política de materia prima propuesta. Fuente: Autores



En la gráfica 12 se puede observar como el costo total anual de la política actual es de \$51,038,966 mientras que el de la política propuesta es de \$15,958,758 lo que quiere decir que se logra una reducción de \$35,080,184 anual para la empresa si se usa la política propuesta mediante el aplicativo.

**Gráfica 12.** Comparación de los costos totales de la política actual y propuesta. Fuente: Autores



A su vez en la tabla 7 se observa que la mayor reducción lograda fue con respecto al costo de mantener, equivalente a \$20.592.883 lo que representa el 58,7% de la mejora total. (Anexo 16). Por otro lado, se evidencia que la segunda mejor reducción corresponde al costo de ordenar, ya que se reduce anualmente en \$8.843.985 lo cual es verificable ya que actualmente el director de compras puede generar varias órdenes durante una misma semana para la misma materia prima incrementando de esta manera el costo de ordenar.

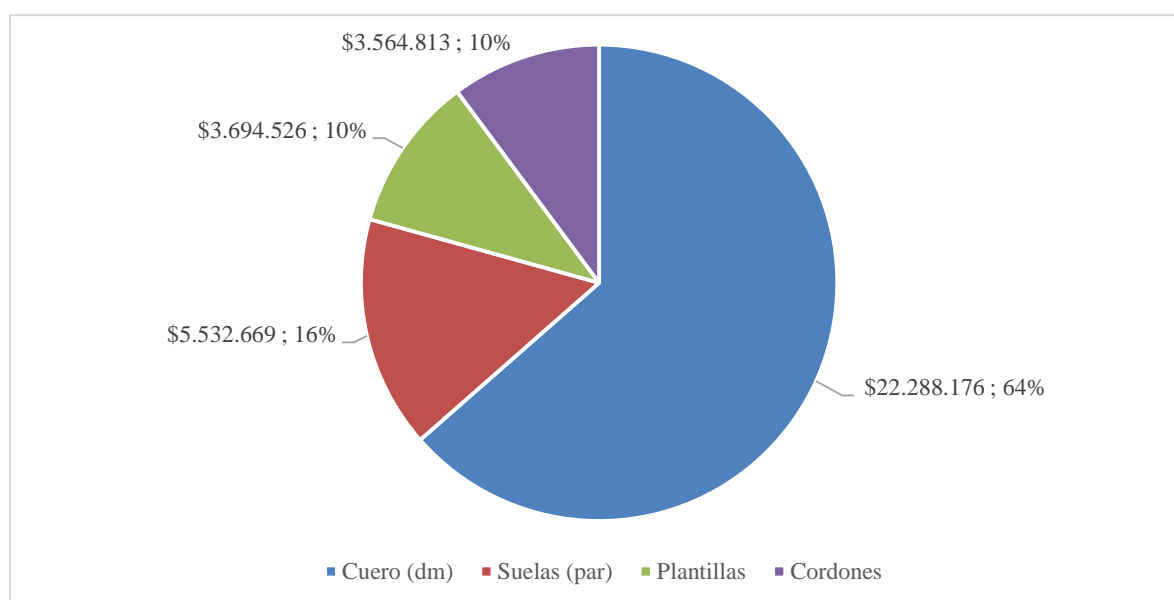
**Tabla 7.** Reducción de costos. Fuente: Propio.

Costo	Nov- Ene	Feb-Abr	May- Jul	Ago- Oct	Total
-------	----------	---------	----------	----------	-------

<b>Mantener</b>	\$ 689.602	\$ 5.458.049	\$ 8.472.314	\$ 5.972.919	\$ 20.592.883
<b>Ordenar</b>	\$ 1.989.929	\$ 1.464.747	\$ 2.735.496	\$ 2.653.812	\$ 8.843.985
<b>Faltantes</b>	\$ 1.226.775	\$ 1.601.897	\$ 1.569.079	\$ 1.245.566	\$ 5.643.317
<b>Total</b>	\$ 3.906.306	\$ 8.524.693	\$ 12.776.889	\$ 9.872.296	\$ 35.080.184

A continuación, se muestra la reducción del costo anual por materia prima y su respectivo porcentaje logrado por la política propuesta, segmentadas por materia prima. Como se esperaba la mayor reducción fue con respecto al cuero alcanzando un valor de \$22.288.176 equivalente a un 64%. Esta mejoría se da puesto que el cuero es la materia prima más importante para la empresa, por lo cual manejan unos inventarios en bodega excesivamente altos, incurriendo en un aumento del costo de mantener innecesario.

*Gráfica 13. Reducción de costos anual por materia prima.*

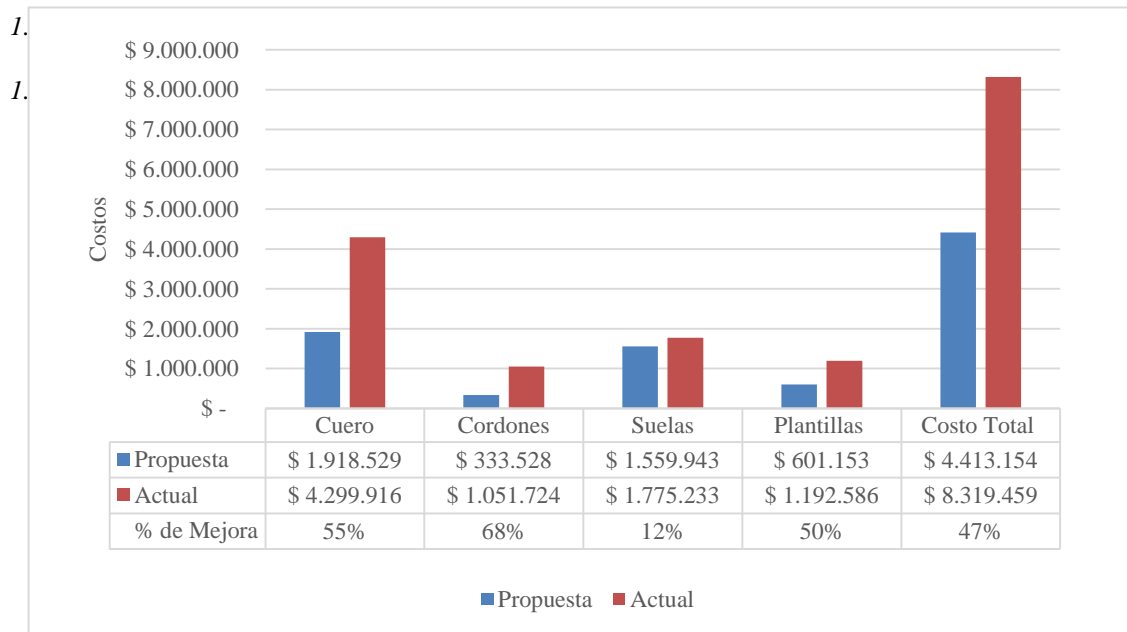


A continuación, se presentan los resultados por trimestre, en donde se comparan los resultados de la simulación de la política propuesta con la actual por materia prima. A su vez, también se muestran cuáles fueron las reducciones de los costos y las principales políticas escogidas por materia prima para cada trimestre.

#### 6.1.1 Resultados del primer trimestre (Noviembre- Enero)

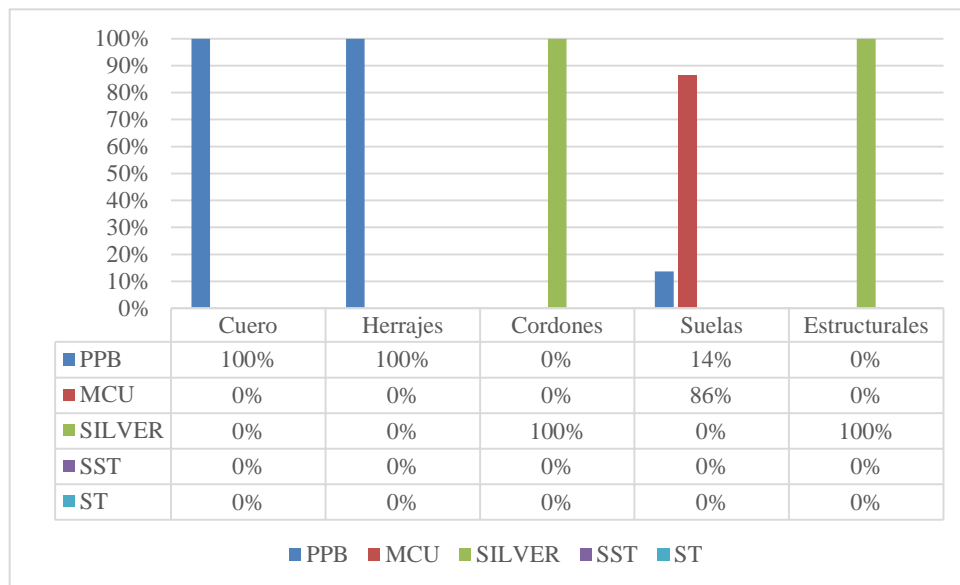
De acuerdo a la gráfica 14 del trimestre de Noviembre a Enero, la política propuesta reduce los costos en \$3'906.306, equivalente a un 47% respecto a la política actual, en donde el costo total promedio de las 1000 simulaciones de Montecarlo equivale a \$ 4.413.153,61 con una desviación de \$60.620. Siendo el cuero la materia prima que genera una mayor reducción con respecto a la reducción total con un valor de \$2.381.387.

**Gráfica 14. Resultados del segundo trimestre (Noviembre a Enero). Fuente: Autores**



Por otro lado, en la gráfica 15 se evidencia la mejor política según las 1000 iteración hechas para cada materia prima. Cabe resaltar que en ningún caso fueron seleccionadas las políticas periódicas, SST y ST debido a sus altos costos.

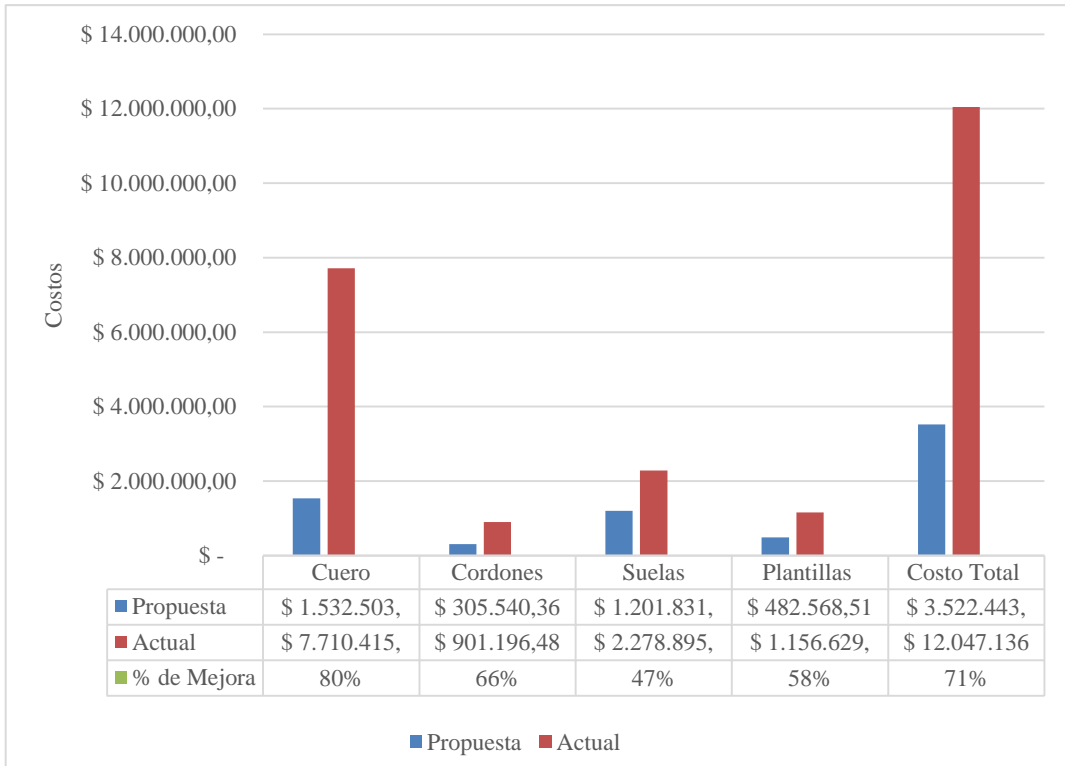
**Gráfica 15. Resultados de la política del primer trimestre (Noviembre a Enero). Fuente: Autores**



#### 6.1.2. Resultados del segundo trimestre (Febrero- Abril)

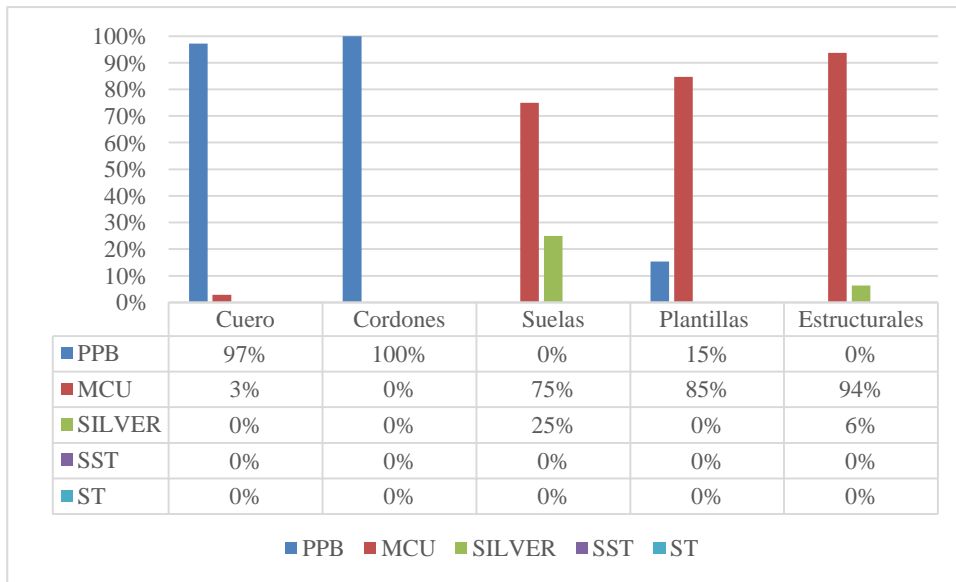
De acuerdo a la gráfica 16, para el trimestre Febrero-Abril la política propuesta reduce los costos en \$8'524.693, equivalente a un 71% respecto a la política actual, en donde el costo total promedio de las 1000 simulaciones de Montecarlo equivale a \$ 3.522.443,49 con una desviación de \$ 61.062. Siendo el cuero la materia prima que genera una mayor reducción con respecto a la reducción total con un valor de \$6.177.911.

**Gráfica 16. Resultados del segundo trimestre (Febrero-Abril). Fuente: Autores**



Por otro lado, en la gráfica 17 se evidencia la mejor política según las 1000 iteración hechas para cada materia prima, cabe resaltar que en ningún caso fueron seleccionadas las políticas periódicas, SST y ST debido a sus altos costos.

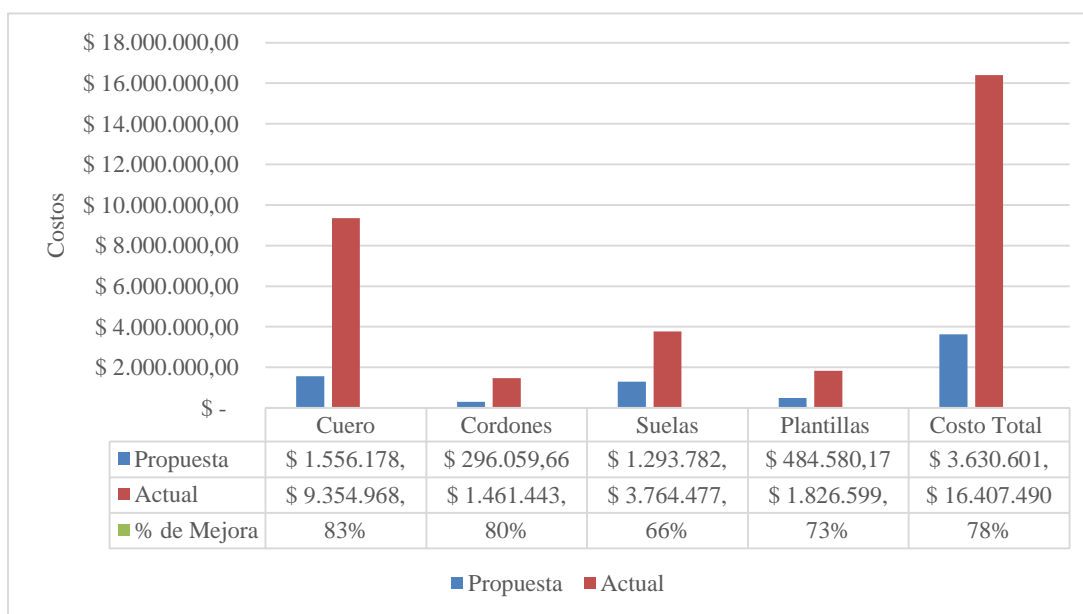
**Gráfica 17. Resultados de la política del primer trimestre (Febrero-Abril). Fuente: Autores**



### 6.1.3. Resultados del tercer trimestre (Mayo- julio)

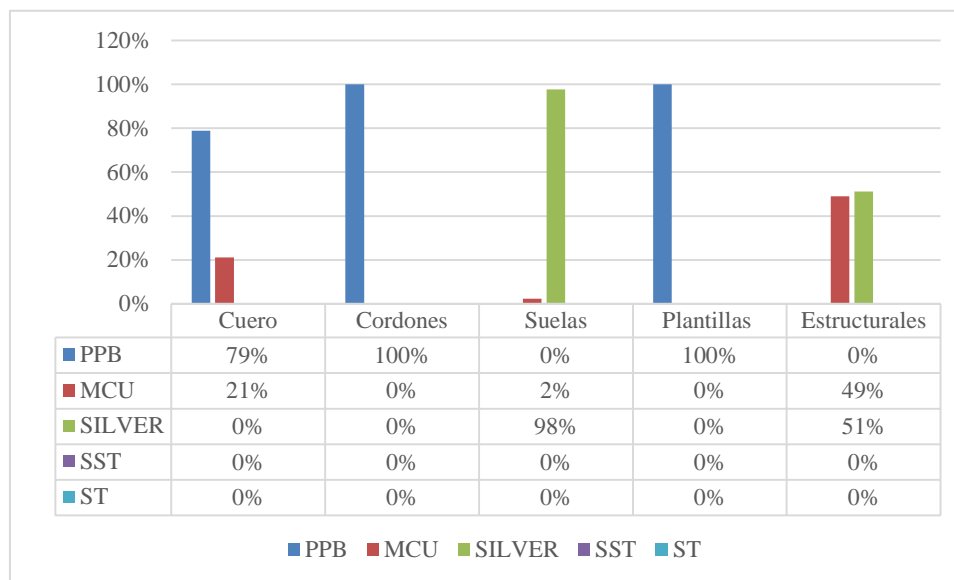
De acuerdo a la gráfica 18 del trimestre Mayo a Julio, la política propuesta reduce los costos en \$12.776.888,95, equivalente a un 78% respecto a la política actual, en donde el costo total promedio de las 1000 simulaciones de Montecarlo equivale a \$ 3.630.601,24 con una desviación de \$ 60.620. Siendo el cuero la materia prima que genera una mayor reducción con respecto a la reducción total con un valor de \$7.798.790.

**Gráfica 18. Resultados del tercer trimestre (Mayo-Julio). Fuente: Autores**



Por otro lado, en la gráfica 19 se evidencia la mejor política según las 1000 iteración hechas para cada materia prima, cabe resaltar que en ningún caso fueron seleccionadas las políticas periódicas, SST y ST debido a sus altos costos.

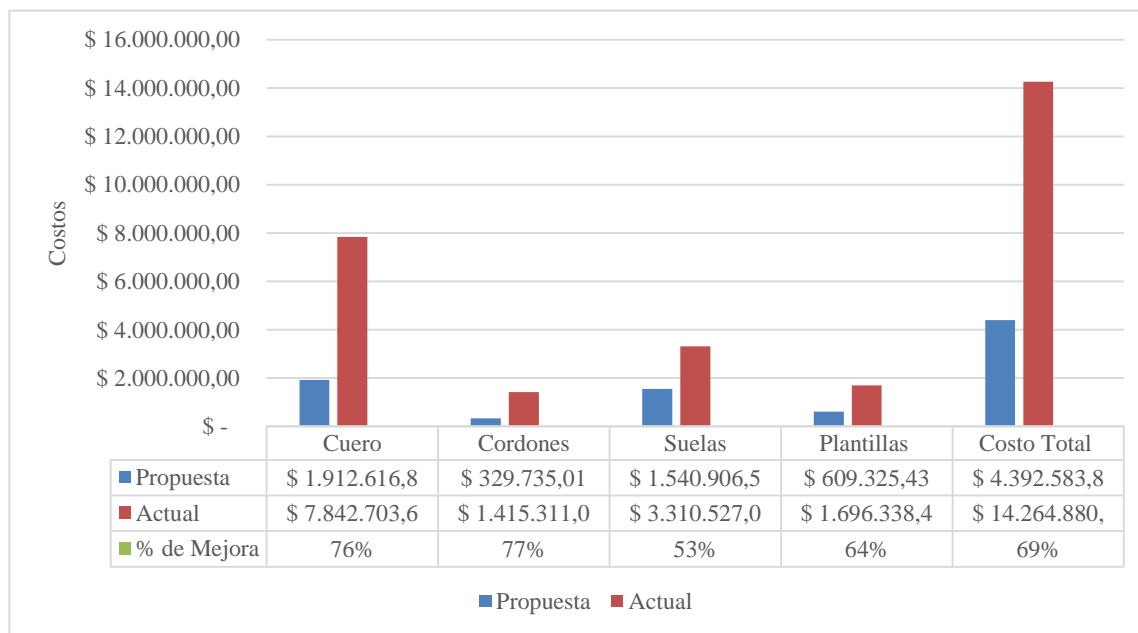
**Gráfica 19. Resultados de la política del primer trimestre (Mayo- Julio). Fuente: Autores**



#### 6.1.4. Resultados del cuarto trimestre (Agosto- Octubre)

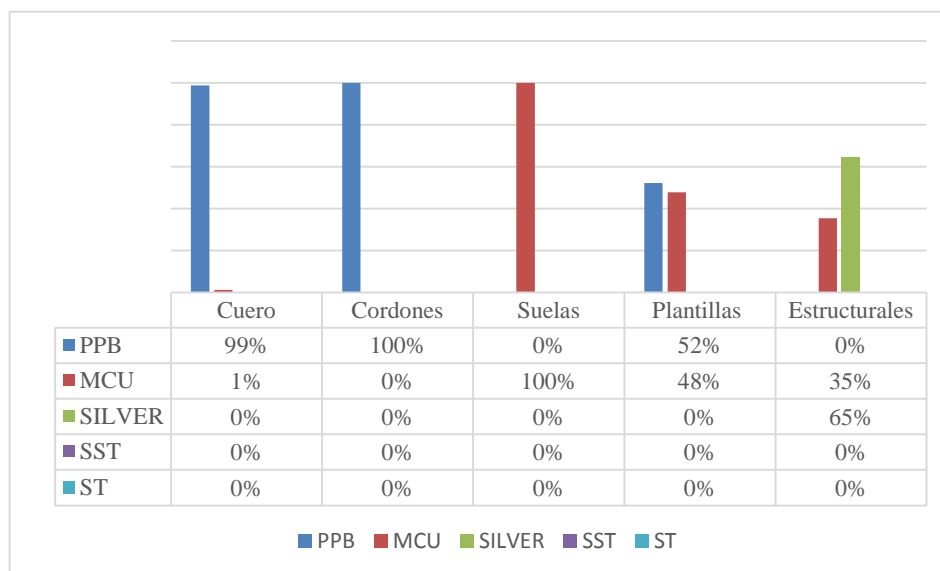
De acuerdo a la gráfica 20 el trimestre Mayo a Julio, la política propuesta reduce los costos en \$9.872.296,39, equivalente a un 69% respecto a la política actual, en donde los costos totales promedios de las 1000 simulaciones de Montecarlo equivalen a \$ 4.392.583,81 con una desviación de \$ 68.114. Siendo el cuero la materia prima que genera una mayor reducción con respecto a la reducción total con un valor de \$5.930.086.

Gráfica 20. Resultados del cuarto trimestre (Agosto- Octubre). Fuente: Autores



Por otro lado, en la gráfica 21 se evidencia la mejor política según las 1000 iteración hechas para cada materia prima, cabe resaltar que en ningún caso fueron seleccionadas las políticas periódicas, SST y ST debido a sus altos costos.

Gráfica 21. Resultados de la política del cuarto trimestre (Agosto- Octubre). Fuente: Autore



### 6.2 Recepción de materias primas

Teniendo en cuenta las simulaciones realizadas para la metodología actual y propuesta se determinó el ahorro anual para diferentes escenarios, en donde se asigna una probabilidad de defecto del proveedor para cada uno. A continuación, se muestra el ahorro anual promedio que se tendría si la empresa implementara la guía propuesta de muestreo para la recepción de material.

*Tabla 8. Ahorro anual de metodología propuesta de recepción de materia prima. Fuente: Propio*

<b>Ahorro anual</b>	\$ 100,771.85	\$ 272,876.59	\$ 760,884.10	\$ 2,052,801.88	\$ 4,063,709.85	\$ 7,203,489.02
<b>Alfa proveedor</b>	0.01	0.02	0.03	0.05	0.07	0.1

Como se puede observar se da un ahorro en todos los escenarios, cabe resaltar que entre más alto sea el alfa más ahorro se evidencia, sin embargo, por datos históricos se sabe que el proveedor de cuero maneja un alfa del 5% por lo cual el ahorro promedio estimado para la metodología propuesta es de \$ 2.052.801.

### 6.3 Análisis RULA

Como se mencionó en capítulos anteriores el almacenista presenta dolores lumbares debido a los diferentes esfuerzos físicos que significa la carga y descarga de material en el almacén, es por esto que se realizó un estudio de carga postural, en este caso se utilizó el método RULA. Se escogieron las tres posturas individuales más frecuentes realizadas por el almacenista para poder evaluar la exposición del trabajador a diferentes factores de riesgo y así poder mejorar y mermar el dolor lumbar que presenta el trabajador. En el anexo 14 se muestra el método de estudio RULA aplicado a las posturas del trabajador, en donde después de obtener el puntaje final se hicieron diferentes recomendaciones según los resultados de la tabla 9.

*Tabla 9. Niveles de actuación según puntaje final método RULA. Fuente: (Diego Mas, Jose Antonio, 2015)*

<b>Puntuación</b>	<b>Nivel</b>	<b>Actuación</b>
1-2	1	Riesgo aceptable
3-4	2	Pueden requerirse cambios en la tarea; es conveniente profundizar en estudio
5-6	3	Se requiere el rediseño de la tarea
7	4	Se requieren cambios urgentes en la tarea.

### 6.4 Ecuación de Niosh

Este estudio de levantamiento de cargas nos indicó que el RWL (Recommended Weight Limit) para el trabajador del almacén debe ser de 13.6 kg máximo, ya que cada rollo de cuero transportado por el almacenista pesa alrededor de 16 kg, se recomienda utilizar un carro de carga. Ver anexo 14

### 6.5 Análisis mapas ergonómicos

Las condiciones ergonómicas de iluminación, ruido, temperatura y humedad relativa son muy importantes para el buen desarrollo de las actividades diarias, por lo que a continuación se muestran los resultados para los diferentes mapas ergonómicos que se desarrollaron en el área de almacenamiento. Ver Anexo 13.

- Mapa de iluminación:

En primer lugar es importante mencionar que la bodega de almacenamiento de materias primas no cuenta con ninguna entrada de luz natural, lo que hace que sea de gran importancia los puntos de luz artificial alrededor de todo el almacén, como podemos observar en el Anexo13, aunque el almacén está iluminado en todos sus puntos, hay dos puntos de estantes de materias primas en donde la iluminación esta entre los 100 y 110 luxes, como se muestra en la tabla , la iluminación adecuada para un almacén según la norma DIN 5035 está alrededor de 120 lux, por lo que en los puntos mencionados anteriormente no se cuenta con una buena iluminación, lo que puede generar en el trabajador del almacén esfuerzos visuales innecesarios, esto trae como consecuencia cansancio e incomodidad para realizar los labores de almacenista, además que al estar expuesto a esta iluminación diariamente durante su jornada laboral puede tener repercusiones en la salud a largo plazo.

Con respecto al punto en donde se realiza la inspección del cuero se puede observar que cuenta con una iluminación entre 130 y 140 lux, lo que según la norma DIN 5035 no es suficiente para este tipo de labor, ya que para esta actividad se requiere entrar en detalle en las características del cuero, lo que hace que se clasifique en el rango de tareas visuales difíciles, detalles pequeños con bajo contraste, en donde se debería contar con una iluminación nominal alrededor de 1000 lux,

*Tabla 10. Estándares de iluminación. Fuente: DIN 5035*

<b>Iluminación nominal [Lux]</b>	<b>Clasificación de las tareas</b>	<b>Ejemplos Din 5035</b>
30	Orientación, sólo estancia temporal	Trasteros
120	Tareas visuales ligeras, detalles grandes con alto contraste	Almacenes, vestuarios
500	Tareas visuales normales, detalles de tamaño medio con contraste medio	Montaje de equipos finos, trabajo de oficina
1000	Tareas visuales difíciles, detalles pequeños con bajo contraste	Montaje de componente electrónicos
2000	Tareas visuales muy difíciles, detalles muy pequeños con muy bajo contraste	Componentes subminiatura, relojería
5000	Aplicaciones especiales	Iluminación de quirófano

Por último, se puede observar que la iluminación en la bodega varía significativamente entre algunos puntos, tomando en cuenta que este no es un espacio muy amplio y que en este solo se realizan dos actividades (almacenaje e inspección), esto debido principalmente a que el tipo de iluminación utilizada en diferentes puntos no es la misma.

- Mapa de humedad relativa

Como se puede ver en el Anexo 13, en el mapa de humedad relativa del almacén, se puede observar que este indicador esta entre el 42 y 46%, según INSHT (Instituto nacional de seguridad e higiene en el trabajo), un almacén debe tener una humedad relativa entre el 40 y 60%, lo que indica que el almacén está en condiciones adecuadas de humedad.

- Mapa de ruido

Dado que los niveles de ruido permitidos por la legislación Colombiana se dan según el tiempo de exposición que tenga un trabajador frente a estos, podemos observar en el mapa de ruido del almacén que el mayor ruido al que está expuesto el trabajador es 60 dB durante la jornada de trabajo que es de 8 horas, lo que hace que los niveles de ruido estén dentro de la norma establecida según la tabla 11, esto se debe que aunque el almacén se encuentra al lado de la maquinaria, estas no son muy ruidosas, además el almacén se encuentra en un cuarto independiente.

**Tabla 11.** Exposición máxima de decibeles en horario de trabajo. Fuente: (Escuela Colombiana de ingeniería, 2011)

Exposición diaria (hrs.)	NPS Permitido en dB(A)
8	90
7-6	92
5-4	95
3	97
2	100
1	102
1/2	105
1/4	110
1/8	115

- Mapa de temperatura

En cuanto a la temperatura ambiente que se encuentra en el almacén se puede observar que oscila entre 16 y 18 °, el empleado de almacén realiza un trabajo moderado ya que debe cargar y trasladar material de un lado para otro en su jornada laboral, sin embargo, no lo hace más de dos veces al día, por lo que su gasto calórico es de más o menos 250 Kcal/ hora, además se tiene que la proporción de trabajo y descanso de cada 75% y 25% respectivamente. Como indica la tabla 12 el promedio de temperatura que debería tener el lugar de trabajo del almacenista es de 28°, lo que indica que la temperatura actual esta aproximadamente 10° por debajo de lo sugerido.

**Tabla 12.** Valores de temperatura WBGT admisibles. Fuente: (Escuela Colombiana de ingeniería, 2011)

Régimen de trabajo-descanso	Carga de trabajo Kcal/hr		
	Ligero 200 Kcal/hora o menos	Moderado 200-300 Kcal/hora	Pesado 300 Kcal/hora o más
Trabajo continuo	30.0 °C	26.7 °C	25.0 °C
75% trabajo -25% descanso (cada hora)	30.6 °C	28.0 °C	25.9 °C
50% trabajo -50% descanso (cada hora)	31.4 °C	29.4 °C	27.9 °C
25% trabajo -75% descanso (cada hora)	32.2 °C	31.1 °C	30.0 °C

Esta medición es muy importante ya que afecta directamente el desempeño del trabajador a diario, además puede traer repercusiones de salud, tales como tos crónica o un resfriado severo, además que los factores ambientales influyen en la percepción que tiene el empleado acerca de su empresa y calidad de trabajo, lo que afecta igualmente directamente en el buen desempeño de las labores.

## *6.6. Metodología de 5'S*

Se puede observar que los apartados de limpieza y orden son los más urgentes a mejorar ya que por la falencia de estos se están presentando deficiencias que afectan al área de almacenamiento y de compras, además que genera retardos en la entrega de material para el área de producción. A continuación, se muestra un resumen de las sugerencias realizadas, para una mayor comprensión dirigirse al anexo 19.

- **Seiri/Clasificación:** se deben clasificar cada material según su uso o necesidad, esto con el fin de mantener las prioridades de la empresa. Se aconseja colocar en un lugar determinado todo aquello que será descartado.
- **Seiton/Orden:** se debe escoger un único lugar para cada material teniendo en cuenta las necesidades y prioridades diarias de la bodega, para esto se recomienda rotular cada estante y respetar los espacios para cada material.
- **Seiso/limpieza:** se recomienda implementar una jornada de limpieza semanalmente de al menos 1 hora en donde se recoja y se limpie cada espacio del almacén. En donde las mesas y muebles deben quedar limpios y en condiciones de uso, esto con el fin de tener un ambiente ideal para trabajar a gusto y obtener la calidad total.
- **Seiketsu/Higiene y visualización:** se recomienda utilizar la metodología de visual management la cual consiste en un grupo que realice visitas periódicas al almacén y detecte aquellos puntos que necesiten mejora.
- **Shitsuke/Disciplina:** se pretende mantener el compromiso y disciplina que se adquirieron en las cuatro "S" anteriores, en donde todas las prácticas se conviertan en hábitos y se reconozca un nivel de autodisciplina y autosatisfacción, todo esto teniendo en cuenta que esta herramienta es de mejoramiento continuo lo que significa que se debe estar trabajando diariamente, teniendo muy claro un horizonte de resultados.

## *6.7. Viabilidad financiera de la propuesta de mejoramiento*

A continuación, se muestra el flujo de caja y los indicadores financieros evaluados en la tabla 19 para definir si la propuesta es viable financieramente para la empresa.

Con lo que podemos concluir que el valor presente neto es de \$9.432.695 el cual es positivo y representa un beneficio financiero para la empresa dada la implementación de la propuesta. Una relación Beneficio Costo de 1,53 indica que se obtiene un ingreso de 1,5 pesos por cada peso invertido. Adicionalmente se evaluó la Tasa de Interna de Retorno, TIR equivalente al 25,6%, el cual es superior a la tasa de oportunidad que representa la variable DTF a 90 días.

**Grafica 22.** Viabilidad financiera de la propuesta. Fuente: Autores.

INDICADORES DE CONVENIENCIA

Viabilidad Financiera de la propuesta

Número de Periodos	4
Inversión Inicial	\$ 12,891,000
Valor de Mantenimiento Periódico	\$ 1,902,000

Valores del Flujo de Caja del Proyecto

Trimestre	Costo Actual	Costo Implementando Mejora	Beneficio Financiero	Valor del Mantenimiento Periódico	Flujo Neto	Flujo Neto Acumulado	PRII	Observación
0			\$ -	\$ 12,891,000.00	\$ (12,891,000.00)	\$ (12,891,000.00)	-	
1	\$ 8,319,459.00	\$ 5,095,103.47	\$ 3,224,355.53	\$ 1,902,000.00	\$ 1,322,355.53	\$ (11,568,644.47)	-	
2	\$ 12,047,136.00	\$ 4,204,393.47	\$ 7,842,742.53	\$ 1,902,000.00	\$ 5,940,742.53	\$ (5,627,901.94)	-	
3	\$ 16,407,490.00	\$ 4,312,551.47	\$ 12,094,938.53	\$ 1,902,000.00	\$ 10,192,938.53	\$ 4,565,036.59	-	
4	\$ 14,264,880.00	\$ 5,074,533.47	\$ 9,190,346.53	\$ 1,902,000.00	\$ 7,288,346.53	\$ 11,853,383.12	-	
Promedio	\$ 12,759,741.25	\$ 4,671,645.47	\$ 6,470,476.62	\$ 1,902,000.00	\$ 2,370,676.62	\$ 14,224,059.74	4.07	Periodo en el que se recupera la inversión
<b>Total</b>	<b>\$ 51,038,965.00</b>	<b>\$ 18,686,581.88</b>	<b>\$ 32,352,383.12</b>	<b>\$ 20,499,000.00</b>	<b>\$ 11,853,383.12</b>			

Evaluación Financiera del Proyecto

Variable	Valor	Observación
Tasa de Mercado	6.48%	DTF a 90 Días Promedio del Año 2016
VPN Flujos Proyecto	\$ 9,432,695.29	
VPN Ingresos	\$ 31,836,611.80	
VPN Egresos	\$ 20,798,562.63	
B/C	1.53	Veces
TIR	25.60%	
PRII	4.07	Trimestres

Por otro lado se creó un plan de implantación de la propuesta de mejoramiento para la empresa, este se encuentra en el Anexo 19, en este se explica específicamente nuestras propuestas y como se van a implementar en la empresa para que sea de fácil utilización para todos los empleados que se involucren en el área de compras, así mismo está dirigida a los directivos para que puedan ver como la propuesta se acopla a los procedimientos de la empresa

Finalmente, en cuando al cumplimiento de los objetivos específicos se determinó que fueron cumplidos en su totalidad, a continuación, en la tabla 13 se presenta una breve explicación de cómo se cumplió cada objetivo específico:

**Tabla 13.** Cumplimiento de objetivos específicos propuestos. Fuente: Autores

Objetivo	Estado	Justificación
a	Cumplido	Dado que se recolectó toda la información necesaria para todo el diseño y diagnóstico de la propuesta. Ver anexos (1 a 9)
b	Cumplido	Como se explicó en el capítulo 4.2 y 4.3 se utilizaron metodologías para pronosticar la demanda estocástica de la empresa. Ver anexo 20.
c	Cumplido	Con base en el diagnóstico y como se explicó en el capítulo 4.5 se diseñó un modelo multiproducto con base en los requerimientos brutos de la compañía, para la obtención de un MRP
d	Cumplido	El aplicativo diseñado (Anexo 20) utiliza los datos históricos de ventas como entrada para generar los pronósticos, con base en estos se ejecutan varias políticas de inventarios y posteriormente se elige la de menor costo para dar respuesta a cuándo y cuánto ordenar.
e	Cumplido	El anexo 17 es un aplicativo en donde indica la cantidad recibida a inspeccionar para determinar si un lote es aceptado o no, este reduce la aceptación de productos no conformes, dada la simulación hecha. Ver anexo 18.
f	Cumplido	El anexo 19, presenta una propuesta de mejoramiento en el área de almacenamiento por medio de la metodología de 5'S y de estudios ergonómicos. Ver anexo 14
g	Cumplido	En el capítulo 6.1.5. se presenta un análisis financiero para la propuesta de mejoramiento de la política de inventario, por otro lado, en el capítulo 6.2 se presenta un análisis financiero de la propuesta de recepción de materias primas. En donde se concluye que las dos propuestas son viables económicamente.

## 7. Conclusiones y recomendaciones

Con base en los resultados obtenidos de costos totales, entre la política actual y la política propuesta se puede afirmar que es posible reducir los costos en aproximadamente 69% anual. Esta reducción se ve más que todo en la materia prima de cuero, principalmente en el costo de mantener de este, debido a que la empresa por temor a tener faltantes en los periodos de menor demanda opta por tener un inventario en bodega muy alto para los requerimientos de material necesarios para esos períodos. En otras palabras, la empresa maneja unos inventarios de material similares a lo largo del año sin tener en cuenta que esta industria tiene una demanda de tipo estacional. A pesar de que la empresa cuenta con colaboradores calificados y de experiencia en el área de compras para la toma de decisiones, se demostró que es necesario utilizar metodologías para pronosticar la demanda estocástica, en este caso el aplicativo es una muy buena opción, dados los resultados. Además para tener una mayor confiabilidad se han modificado las políticas y agregado stocks de seguridad para cada materia prima teniendo en cuenta la época del año.

Por otra parte, en la toma de decisiones de cuanto y cuando ordenar es necesario tener una política de inventario para guiarse, en este caso las mejores, según las pruebas realizadas en el aplicativo son las heurísticas MCU, PPB y Silver Meal. Por esta razón se recomienda realizar un estudio más a profundidad en donde se reemplacen las políticas de SST y ST (debido a que estas no fueron escogidas por el aplicativo en ningún caso ya que estas presentaban costos muy elevados) por otras heurísticas que se acoplen a las situaciones específicas de la empresa.

Para concluir, en cuanto a la política actual de inventarios que maneja la empresa es urgente que se modifique y se recomienda que se implemente el aplicativo propuesto, ya que se demostró la reducción de costos totales en una gran proporción generando de esta forma un beneficio para la empresa.

Por otro lado, en cuanto a la recepción de materias primas se afirma que al no tener un estándar definido de aceptación y rechazo de materia prima y que no es de conocimiento para todos los empleados de esta área; se está incurriendo en costos de aceptación de lotes que deberían ser rechazados por no cumplir con los atributos buscados por la empresa en sus materias primas, principalmente en el cuero; por esto es importante que se implemente la metodología propuesta basada en norma ISO 2859, la cual mediante las pruebas de rendimiento realizadas comparando la metodología actual y la propuesta la empresa podría ahorrarse anualmente un promedio dos millones de pesos.

Adicionalmente, en cuanto a la situación del almacén se puede evidenciar a simple vista que se debe tener una mejora contundente en cuanto a su orden y limpieza, es por esto que se decidió proponer el uso de herramientas de mejoramiento continuo, específicamente 5'S y estudios ergonómicos. Con respecto a lo último cabe resaltar que no hay grandes falencias en el ambiente en donde debe laborar el almacenista, sin embargo, en cuanto a la iluminación del almacén es importante instalar una lámpara de al menos 1000 lux en la zona donde se realiza la inspección de calidad del cuero. Por último, se recomienda en cuanto al estudio de levantamiento de cargas, se use un carro destinado al transporte del cuero, para evitar futuras lesiones en el operario.

### Glosario

**KAIZEN:** “significa mejoramiento, más aún significa mejoramiento progresivo que involucra a todos y que supone que nuestra forma de vida, ya sea en el trabajo o en la vida social y familiar, es tan valiosa que merece ser mejorada de manera constante.” (UNMSM, 2016)

**METODOLOGÍA 5'S:** “Es una metodología / filosofía para organizar el trabajo de una manera que minimice el desperdicio, asegurando que las zonas de trabajo estén sistemáticamente limpias y organizadas, mejorando la productividad, la seguridad y proveyendo las bases para la implementación de procesos esbeltos”. (Lean Solutions, 2018).

ERP: “Enterprise Resource Planning – Planificación de Recursos Empresariales es un conjunto de sistemas de información que permite la integración de ciertas operaciones de una empresa, especialmente las que tienen que ver con la producción, la logística, el inventario, los envíos y la contabilidad.” (ANER, 2017)

PRINCIPIO DE PARETO: “Las innumerables causas concebibles pueden categorizarse en dos grupos, el primero de los cuales consiste en un pequeño número de causas, que, sin embargo, tienen un gran efecto (los pocos vitales), y un segundo grupo que incluye muchas causas que tienen solo efectos menores (los muchos triviales).” (Kume, 2002)

MAD: “la desviación absoluta media expresa exactitud en las mismas unidades que los datos, lo cual ayuda a conceptualizar la cantidad de error.” (Minitab, 2017)

ANÁLISIS ABC: Método de clasificación usualmente usado en gestión de inventarios, resultante del principio de Pareto (Fogarty, Blackstone, & Hoffman, 2000)

LEAN MANUFACTURING: “La manufactura esbelta es una filosofía o sistema de gestión que contribuye a la buena operación de un negocio. Haciendo uso de herramientas necesarias para la eliminación de todos los desperdicios, de tal forma que se pueda reducir el tiempo entre el pedido del cliente y el envío del producto con el fin de mejorar la calidad y reducir los costos.” (Lean Solutions, 2018)

MRP: “Material requirement planning- Planificación de necesidades de materiales determina las órdenes de compra de todos los artículos (en cantidades y fechas) que son necesarias para cumplir el plan maestro de producción.” (Delgado & Marín, 2000)

SILVER MEAL: “La heurística de Silver-Meal es un método de vanguardia que requiere la determinación del costo promedio por período como función del número de períodos que el pedido actual generará, y detener el cálculo cuando esta función se incremente.” (Nahmias, 2007)

PPB: “Ese método consiste en igualar el horizonte de pedido al número de períodos que más se ajuste al costo total de almacenamiento con el costo de preparación en dicho período. El horizonte de pedido que iguale exactamente los costos de preparación y almacenamiento difícilmente será un número entero de períodos (de ahí el nombre del método).” (Nahmias, 2007)

MCU: “La heurística de costo unitario mínimo (LUC, least unit cost) es similar al método de SilverMeal, excepto que en lugar de dividir el costo en  $j$  periodos entre el número de periodos,  $j$ , lo dividimos entre la cantidad total de unidades demandadas a lo largo del período  $j$ . Elegimos el horizonte de pedido que minimiza el costo por unidad de demanda, en lugar del costo por período.” (Nahmias, 2007)

## 8. Tabla de Anexos o Apéndices

No. Anexo	Nombre	Desarrollo	Tipo de Archivo	Enlace corto ( <a href="https://goo.gl/">https://goo.gl/</a> )	Relevancia para el documento (1-5)
1	Flujograma del proceso de compras	Propio	.pdf	<a href="https://drive.google.com/open?id=1xI-ZYWqKNKyjCKIEplv-7jm57pB3xNqa">https://drive.google.com/open?id=1xI-ZYWqKNKyjCKIEplv-7jm57pB3xNqa</a>	4
2	Gráfica de diagnóstico metodología 5'S (Clasificar)	Terceros	.pdf	<a href="https://drive.google.com/open?id=1KFO DMmKDfaZNMMy4MYU2X0YRe-hmyXFFA">https://drive.google.com/open?id=1KFO DMmKDfaZNMMy4MYU2X0YRe-hmyXFFA</a>	3
3	Gráfica de diagnóstico metodología 5'S (Organizar)	Terceros	.pdf	<a href="https://drive.google.com/open?id=1cA5df5M3UMLE0gACav-kgijOxshUIIJ0">https://drive.google.com/open?id=1cA5df5M3UMLE0gACav-kgijOxshUIIJ0</a>	3
4	Gráfica de diagnóstico metodología 5'S (Limpieza)	Terceros	.pdf	<a href="https://drive.google.com/open?id=15MFkiFSzC1jxSohQ65ghkwgC-oUIYttj">https://drive.google.com/open?id=15MFkiFSzC1jxSohQ65ghkwgC-oUIYttj</a>	3
5	Tabla de resultados de metodología 5'S por áreas	Terceros	.puf	<a href="https://drive.google.com/open?id=1b42-c0JxFaR8TAcrQtKF0xvAMFsyBill">https://drive.google.com/open?id=1b42-c0JxFaR8TAcrQtKF0xvAMFsyBill</a>	3
6	Calificación de proveedores	Terceros	.xls	<a href="https://drive.google.com/open?id=1A930d_2pqVP7ErAbTrkLxRP0thEdoEQ">https://drive.google.com/open?id=1A930d_2pqVP7ErAbTrkLxRP0thEdoEQ</a>	4
7	Evaluación de materia prima y de proveedores	Terceros	.xls	<a href="https://drive.google.com/open?id=1YRTUdxE5Q6r0LnIV1PTyUWHBx4cNxxqVb">https://drive.google.com/open?id=1YRTUdxE5Q6r0LnIV1PTyUWHBx4cNxxqVb</a>	3
8	Inspección de materias primas	Terceros	.xls	<a href="https://drive.google.com/open?id=197ObahzWZg1iLVKI3Be5QS2yYGirV_E0">https://drive.google.com/open?id=197ObahzWZg1iLVKI3Be5QS2yYGirV_E0</a>	3
9	Pareto de materias primas	Propio	.pdf	<a href="https://drive.google.com/open?id=1tfND8qZNY4REml7up1BqnJzIDbnGQeEG">https://drive.google.com/open?id=1tfND8qZNY4REml7up1BqnJzIDbnGQeEG</a>	4
10	Datos por tipología de calzado	Tercero	.xls	<a href="https://drive.google.com/open?id=1pP2LcL3clpXA8brVjKVnhY0d1KtdaXU">https://drive.google.com/open?id=1pP2LcL3clpXA8brVjKVnhY0d1KtdaXU</a>	4
11	Resultados finales del pronóstico	Propio	.xls	<a href="https://drive.google.com/open?id=1s93rSDxCYHVbwsy250tXezrK4-DNeOAt">https://drive.google.com/open?id=1s93rSDxCYHVbwsy250tXezrK4-DNeOAt</a>	4
12	Prueba de normalidad	Propio	.xls	<a href="https://drive.google.com/open?id=1nAKuls03XjXV_yKxjrSecwNH83Y3lrzE">https://drive.google.com/open?id=1nAKuls03XjXV_yKxjrSecwNH83Y3lrzE</a>	3
13	Simulación Mensual	Propio	.xls	<a href="https://drive.google.com/open?id=1knyZu6DNjOzZcqql4_GaVHm9VdkCelg">https://drive.google.com/open?id=1knyZu6DNjOzZcqql4_GaVHm9VdkCelg</a>	4
14	Estudio Ergonómico	Propio	.pdf	<a href="https://drive.google.com/open?id=1rt9fZlY60ztYQGxJJp2XjbZWz_5gfvm">https://drive.google.com/open?id=1rt9fZlY60ztYQGxJJp2XjbZWz_5gfvm</a>	3
15.1	Simulación de Montecarlo Agt-Oct	Propio	.xls	<a href="https://drive.google.com/open?id=1dJ9axVUjn5O9vvrPdPhA4fTkyJOxos6S">https://drive.google.com/open?id=1dJ9axVUjn5O9vvrPdPhA4fTkyJOxos6S</a>	5
15.2	Simulación de Montecarlo Feb-Abr	Propio	.xls	<a href="https://drive.google.com/open?id=1L3muYIFpKPQH6yaew7EZsNaRZ-3dALPs">https://drive.google.com/open?id=1L3muYIFpKPQH6yaew7EZsNaRZ-3dALPs</a>	5
15.3	Simulación de Montecarlo May-Jul	Propio	.xls	<a href="https://drive.google.com/open?id=1CMenYLxdmMzavslokOv9V4aGHqwniD8">https://drive.google.com/open?id=1CMenYLxdmMzavslokOv9V4aGHqwniD8</a>	5

15.4	Simulación de Montecarlo Nov- Ene	Propio	.xls	<a href="https://drive.google.com/open?id=10oxTCPwLdGqeRf-PkzjuArq6LuX4_fbK">https://drive.google.com/open?id=10oxTCPwLdGqeRf-PkzjuArq6LuX4_fbK</a>	5
16	Resultados de la Política actual	Propio	.xls	<a href="https://drive.google.com/open?id=1voYYc7ZGYJqGcTQBpype7zXDmVKPrFSL">https://drive.google.com/open?id=1voYYc7ZGYJqGcTQBpype7zXDmVKPrFSL</a>	4
17	Recepción de materias primas	Propio	.xls	<a href="https://drive.google.com/open?id=1tj7ZOrxNv8MsQWmN_z7ouNDrcmCJMFBN">https://drive.google.com/open?id=1tj7ZOrxNv8MsQWmN_z7ouNDrcmCJMFBN</a>	4
18	Simulación AQL	Propio	.xls	<a href="https://drive.google.com/open?id=1eyys2Zs_fet1CWMhmzCROS_tXKWxBjl">https://drive.google.com/open?id=1eyys2Zs_fet1CWMhmzCROS_tXKWxBjl</a>	4
19	Diseño e Implementación de la propuesta de mejora	Propio	.pdf	<a href="https://drive.google.com/open?id=18-JLQFrh4CCacG3EaJgJ9MON00YE7_4E">https://drive.google.com/open?id=18-JLQFrh4CCacG3EaJgJ9MON00YE7_4E</a>	3
20	Aplicativo: modelo de inventarios	Propio	.xls	<a href="https://drive.google.com/open?id=1CD75ISbleLmfVrDBRs4IZVB2nIK3h9rD">https://drive.google.com/open?id=1CD75ISbleLmfVrDBRs4IZVB2nIK3h9rD</a>	5
21	Manual de usuario	Propio	.pdf	<a href="https://drive.google.com/open?id=1AkHvHENYA3ARoQW3BPmnYG0DkFex9rUS">https://drive.google.com/open?id=1AkHvHENYA3ARoQW3BPmnYG0DkFex9rUS</a>	3
22	Diagrama de Gantt	Propio	.pdf	<a href="https://drive.google.com/open?id=1shPapoY5Jnl-eFfbbhFms5wRCe6KKtK">https://drive.google.com/open?id=1shPapoY5Jnl-eFfbbhFms5wRCe6KKtK</a>	3

## REFERENCIAS

- Akhavan Niaki, S. T., Reza Pasandideh, S. H., & Roozbeh Nia, A. (2011). *A genetic algorithm for vendor managed inventory control system of multi-product multi-constraint economic order quantity model*. Elsevier.
- ANER. (31 de 03 de 2017). ANER. Obtenido de ANER: [www.aner.com](http://www.aner.com)
- Combe, L. S. (2014). Eficiencia con las 5'S, limpieza y orden eficiente, clave del desarrollo japonés. *Hospitalidad ESDAI*.
- Delgado, J., & Marín, F. (2000). *Evolución en los sistemas de gestión empresarial*. Madrid: Universidad politécnica de Madrid.
- Diego Mas, Jose Antonio. (2015). Evaluación postural mediante el método RULA. Valencia. Obtenido de <https://www.ergonautas.upv.es/metodos/rula/rula-ayuda.php>
- Escuela Colombiana de Ingeniería. (2008). *Curso de higien y seguridad industrial*. Bogotá.
- Escuela Colombiana de ingeniería. (2011). *laboratorio de condiciones de trabajo*. Bogotá.

- Fogarty, Blackstone, D., & Hoffman, J. (2000). *Administración de la producción e inventarios*. Santiago de Chile: Continental.
- Giraldo, G. A., & Lopez Santana, E. R. (2014). Metodología para el pronóstico de la demanda en ambientes multiproducto de alta variabilidad. *Dialnet*.
- Gutierrez, V., & Vidal, C. J. (Noviembre de 2007). Modelos de Gestión de Inventarios en Cadenas.
- Kume, H. (2002). *Herramientas estadísticas básicas para el mejoramiento de la calidad*. Bogotá: Norma.
- Lean Solutions. (31 de 03 de 2018). *Lean Solutions*. Obtenido de Lean Solutions: <http://www.leansolutions.co>
- Masaki, I. (2011). *La clave de la Ventaja Competitiva Japonesa*. México: Random House. Obtenido de <https://www.scribd.com/doc/149944788/KAIZEN-La-Clave-de-La-Ventaja-Competitiva-Japonesa-Masaaki-Imai>
- Minitab. (31 de 03 de 2017). *Minitab*. Obtenido de Minitab: <http://support.minitab.com>
- Moreno, C. (17 de Junio de 2016). *Riesgos ergonómicos relativos a la manipulación de cargas y a la carga postural. Evaluación y prevención en diferentes puestos de trabajo: Envasador, Paletizador y operario agrícola*. Obtenido de <http://dspace.umh.es/bitstream/11000/3341/1/Moreno%20Mart%C3%ADnez,%20Cristina%20Eulalia%20TFM.pdfH.pdf>
- Nahmias, S. (2007). *Análisis de la producción y las operaciones*. México : Mc Graw Hill.
- Navarrete, C. E. (Marzo de 2016). Principio de Pareto . *Ingeniería de procesos*. Bogotá: Pontificia Universidad Javeriana.
- Nenni, M. E., Giustiniano, L., & Pirolo, L. (2013). Demand forecasting ni the fashion industry: A Review. *International Jurnal of Engeniering Business Management*.
- Orozco, W. A. (2016). Aplicación de la metodología manufacturera esbelta para el mejoramiento de los procesos operativos de un taller eléctrico industrial. Guayaquil.
- Ramírez, L., Soto, D., Pérez, M., & Gamez, W. (2009). Aplicación de un modelo de inventarios multiproducto para las PYMES en Bogotá. *Ingenio Libre*, 74-81.
- Suarez Barraza, M., & Davila, J. M. (2008). Encontrando al Kaizen: Un análisis teórico de la Mejora Continua.
- Testo Argentina SA. (2010). *Iluminación nominal segun DIN 5035*. Obtenido de <http://www.academiatesto.com.ar/cms/iluminacion-nominal-segun-din-5035>
- UNMSM. (31 de 03 de 2016). *UNMSM*. Obtenido de Univerisdad Nacional de san Marcos : <http://sisbib.unmsm.edu.pe>
- Xu, K., Dong, Y., & Evers, P. (2000). *Towards better coordination of the supply chain*. Transportation Research part E: Logistics and transportation Review.