

**PROTOTIPO DE HERRAMIENTA SOFTWARE PARA LA GENERACION DE UN
PRONÓSTICO DE INVENTARIO MEDIANTE ALGORITMOS DE INTELIGENCIA
ARTIFICIAL: CASO DE ESTUDIO PRODUCCIÓN DE CACAO**

**DANIEL ANDRES PACHECO JAIMES
SERGIO ANTONIO LAGUADO SEQUEDA**

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE BUCARAMANGA
PROGRAMA DE INGENIERÍA EN SISTEMAS
FACULTAD DE INGENIERÍAS
BUCARAMANGA
2020**

**PROTOTIPO DE HERRAMIENTA SOFTWARE PARA LA GENERACION DE UN
PRONÓSTICO DE INVENTARIO MEDIANTE ALGORITMOS DE INTELIGENCIA
ARTIFICIAL: CASO DE ESTUDIO PRODUCCIÓN DE CACAO**

**DANIEL ANDRES PACHECO JAIMES
SERGIO ANTONIO LAGUADO SEQUEDA**

**TRABAJO DE GRADO PRESENTADO COMO REQUISITO PARA OPTAR AL
TÍTULO DE
INGENIERO EN SISTEMAS**

**DIRECTOR: FEISAR ENRIQUE MORENO CORZO
CODIRECTOR: LEONARDO HERNÁN TALERO SARMIENTO**

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE BUCARAMANGA
PROGRAMA DE INGENIERÍA EN SISTEMAS
FACULTAD DE INGENIERÍAS
BUCARAMANGA
2020**

TABLA DE CONTENIDO

	Pág.
1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA Y JUSTIFICACIÓN	10
1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	10
1.2 JUSTIFICACIÓN	11
2 OBJETIVOS Y PRODUCTOS	12
2.1 OBJETIVO GENERAL	12
2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	12
2.3 RESULTADOS OBTENIDOS	12
3 ANTECEDENTES Y ESTADO DEL ARTE	14
3.1 ANTECEDENTES	14
3.2 ESTADO DEL ARTE	15
4 MARCO TEÓRICO	21
4.1 TEORÍA DE INVENTARIOS	21
4.1.1 Sistemas de inventarios.	21
4.2 Sistemas MRP	23
4.2.1 MRP II	24
4.3 INTELIGENCIA ARTIFICIAL	24
4.3.1 Aprendizaje automático	25
4.4 PROCESOS ESTOCÁSTICOS	28
4.4.1 Procesos con incrementos independientes	28
4.4.2 Procesos con incrementos estacionarios	28
4.4.3 Procesos estacionarios	29
4.5 MODELOS PREDICTIVOS	29
4.5.1 Métodos cuantitativos de pronóstico.	29
4.6 TÉCNICAS ESTADÍSTICAS DE PREDICCIÓN	31

4.6.1	Árboles de clasificación y regresión.	31
4.7	REDES NEURONALES ARTIFICIALES	32
4.7.1	Analogía de la estructura básica de una red neuronal	33
4.7.2	Arquitectura y funcionamiento una red neuronal artificial	34
5	MARCO METODOLÓGICO	39
5.1	HERRAMIENTA DE DESARROLLO	39
5.2	ARQUITECTURA DE SOFTWARE	40
5.3	METODOLOGÍA DE DESARROLLO	41
5.4	REQUERIMIENTOS	43
5.5	DISEÑO DEL PROTOTIPO	43
5.5.1	Casos de uso	43
5.5.2	Descripción de Casos de uso	45
5.5.3	Diagramas de secuencia	60
5.6	DISEÑO DE INTERFACES	71
5.7	DISEÑO DE BASE DATOS RELACIONAL	75
5.8	RED NEURONAL	76
6	RESULTADOS	78
6.1	PRODUCTO FINAL	78
6.2	PRUEBAS REALIZADAS	79
6.2.1	Pruebas realizadas sobre el modelo	79
6.2.2	Pruebas de usuario final	82
6.3	RESULTADOS OBTENIDOS	83
6.3.1	Resultados obtenidos de pruebas sobre el modelo	83
6.3.2	Resultados obtenidos de pruebas de usuario	88
6.4	ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS	92
7	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	93
7.1	CONCLUSIONES	93
7.2	RECOMENDACIONES	94

BIBLIOGRAFÍA	95
ANEXOS	98
MANUAL DE USUARIO	98

LISTA DE CUADROS

	Pág.
Cuadro 1. Resultados obtenidos del proyecto.....	12
Cuadro 2. Diferencias entre cantidad de pedido fija y periodo fijo.....	22
Cuadro 3. Datos ejemplo 2.....	26
Cuadro 4. Requerimientos funcionales y no funcionales.....	43
Cuadro 5. Casos de uso.....	44
Cuadro 6. Índice Mape para el primer conjunto de datos.....	84
Cuadro 7. Índice Mape para el segundo conjunto de datos.....	85
Cuadro 8. Índice Mape para el tercer conjunto de datos.....	86

LISTA DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1. Árbol del problema	10
Figura 2. Comparación sistemas de inventario de cantidad de pedido fija y periodo fijo	22
Figura 3. Gráfica datos de ejemplo 2	27
Figura 4 Regresión lineal.....	30
Figura 5. Ejemplo de árbol de regresión.	32
Figura 6. Red neuronal biológica.....	33
Figura 7 Red neuronal artificial.....	34
Figura 8 Esquema de una red neuronal artificial	35
Figura 9 Tipos de funciones de activación	36
Figura 10. Esquema de una red neuronal monocapa	37
Figura 11. Esquema de una red neuronal multicapa.....	37
Figura 12 Esquema de una red neuronal recurrente	38
Figura 13 Modelo en cascada.	41
Figura 14 Diagrama casos de uso.....	44
Figura 15 Diagrama de actividad iniciar sesión	45
Figura 16 Diagrama de actividad registrar usuarios	46
Figura 17 Diagrama de actividad visualizar usuarios	47
Figura 18 Diagrama de actividad modificar usuarios.....	48
Figura 19 Diagrama de actividad inhabilitar usuario.....	49
Figura 20 Diagrama de actividad crear producto.....	50
Figura 21 Diagrama de actividad visualizar producto.....	51
Figura 22 Diagrama de actividad modificar productos	52
Figura 23 Diagrama de actividad inhabilitar productos de inventario	53
Figura 24 Diagrama de actividad reestablecer contraseña	54
Figura 25 Diagrama de actividad registrar inventario inicial	55
Figura 26 Diagrama de actividad registrar entradas de inventario	56
Figura 27 Diagrama de actividad registrar salidas de inventario.....	57
Figura 28 Diagrama de actividad proponer la demanda futura	58
Figura 29 Diagrama de actividad generar reportes de inventario.....	59
Figura 30 Diagrama de secuencia iniciar sesión	60
Figura 31 Diagrama de secuencia registrar usuario.....	61
Figura 32 Diagrama de secuencia visualizar perfiles de usuario.....	61
Figura 33 Diagrama de secuencia modificar perfiles de usuario	62
Figura 34 Diagrama de secuencia inhabilitar perfiles de usuario	62
Figura 35 Diagrama de secuencia reestablecer contraseña	63
Figura 36 Diagrama de secuencia crear producto.....	64

Figura 37 Diagrama de secuencia visualizar producto	64
Figura 38 Diagrama de secuencia modificar producto	65
Figura 39 Diagrama de secuencia inhabilitar producto	66
Figura 40 Diagrama de secuencia registrar inventario inicial	67
Figura 41 Diagrama de secuencia registrar entradas de inventario	67
Figura 42 Diagrama de secuencia registrar salidas de inventario	68
Figura 43 Diagrama de secuencia proponer la demanda futura.....	68
Figura 44 Diagrama de clases.....	70
Figura 45 Mockup página principal.....	71
Figura 46 Mockup inicio de sesión	72
Figura 47 Mockup creación de usuarios.....	72
Figura 48 Mockup perfiles de usuario	73
Figura 49 Mockup productos	73
Figura 50 Mockup salidas de inventario	74
Figura 51 Mockup entradas inventario.	74
Figura 52 Mockup proponer nivel de inventario.....	75
Figura 53 Diagrama base de datos relacional	75
Figura 54 Datos de ventas una durante 2 años y 10 meses.	79
Figura 55 Representación de los datos de venta de champú	79
Figura 56 Representación de los datos de prueba generados	80
Figura 57 Pruebas realizadas con cada una de las arquitecturas	83
Figura 58 Pruebas realizadas con cada una de las arquitecturas	85
Figura 59 Pruebas realizadas con cada una de las arquitecturas	86
Figura 60 Prueba de usuario final - Resultados de la primera pregunta	88
Figura 61 Prueba de usuario final – Resultados de la segunda pregunta	89
Figura 62 Prueba de usuario final – Resultados de la tercera pregunta.....	89
Figura 63 Prueba de usuario final – Resultados de la cuarta pregunta.....	90
Figura 64 Prueba de usuario final – Resultados de la quinta pregunta	90
Figura 65 Prueba de usuario final – Resultados de la sexta pregunta	91

RESUMEN

Palabras Clave: inteligencia artificial, planificación de producción, costo de producción, toma de decisiones, pronóstico de la demanda, sistema de trazabilidad.

Descripción:

El presente proyecto propone e implementa algoritmos de inteligencia artificial con técnicas de aprendizaje profundo para el desarrollo de un prototipo de herramienta software al servicio de usuarios cuya empresa ha reconsiderado un estricto control del flujo de recursos y una mejora del desempeño organizacional mediante la predicción del comportamiento de los procesos productivos con el fin de satisfacer la demanda del mercado.

Para lograr este fin, la aplicación incorpora tres modelos: uno para el pronóstico de demanda, otro para los precios de venta y un último modelo para la planeación de la producción que contempla los costos de operación; un módulo para lo que adquiere y otro módulo para lo que espera vender. A partir del desarrollo teórico de dichos modelos se realizará el diseño y prototipo correspondiente aplicable para el caso de estudio Producción de Cacao.

Además, frente a la dificultad que representa la toma de decisiones en rangos de tiempo, el sistema permite al empresario llevar la trazabilidad mensual. Por consiguiente, la herramienta es un sistema idóneo para la toma de decisiones, ya que efectúa la parametrización de nivel de inventarios óptimo, pronóstico de demanda y manejo del flujo de entradas y salidas de insumos.

ABSTRACT

Keywords: artificial intelligence, production planning, decision-making, demand forecasting, production cost, traceability systems.

Description:

This project proposes and implements artificial intelligence algorithms with deep learning techniques for the development of a prototype of a software tool at the service of users whose company has reconsidered a strict control of the flow of resources and an improvement of organizational performance by predicting behavior. of production processes in order to satisfy market demand.

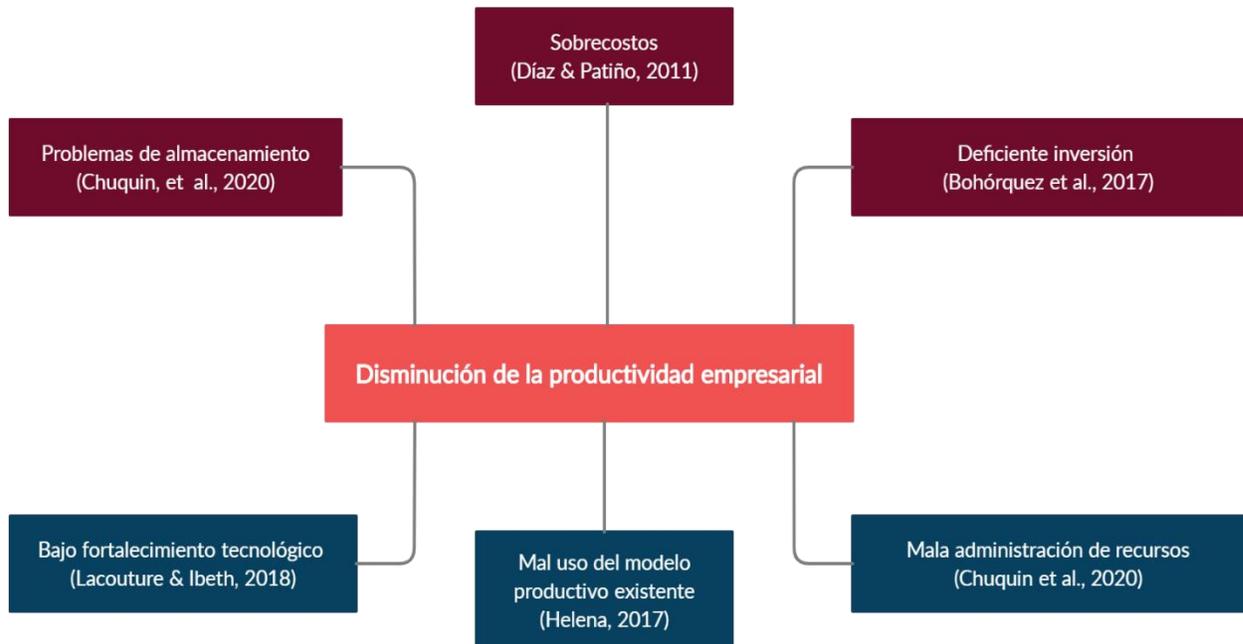
To achieve this end, the application incorporates three models: one for forecasting demand, another for selling prices and a last model for planning production that considers operating costs; a module for what you buy and another module for what you hope to sell. Based on the theoretical development of these models, the corresponding design and prototype applicable to the Cocoa Production case study will be made.

In addition, given the difficulty of making decisions in time ranges, the system allows the employer to carry out monthly traceability. Consequently, the tool is an ideal system for decision-making, since it carries out the parameterization of the optimal inventory level, demand forecast and management of the inflow and outflow of inputs.

1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA Y JUSTIFICACIÓN

1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Figura 1. Árbol del problema



Fuente: Los autores

Entre los principales problemas de productividad que las empresas enfrentan son: la falta de control en los procesos de producción, no manejar estándares de calidad adecuados y hacer un mal uso de los recursos. Dichos problemas conllevan a desajustes en términos de almacenamiento debido a que no existe un estricto control en la materia prima que es adquirida para la utilidad de la empresa, por ende, es posible que la empresa termine excediéndose en la producción del producto y genere un costo adicional de almacenamiento (Díaz & Patiño, 2011).

Por consiguiente, en la competitividad empresarial presente del mercado de bienes y servicios se ha evidenciado la necesidad de optimización de recursos para alcanzar un nivel de producción eficiente, que obliga a las pequeñas y medianas empresas a implementar modelos de competencia que mejoran la relación de variables intrínsecas en el proceso de lotes (Chuquin et al., 2020).

De la misma forma la medición de productividad por trabajador y la productividad total de los factores (PTF) ha evidenciado una disparidad abismal entre Colombia y Estados Unidos, debido a que en nuestro país en promedio se requiere de cinco trabajadores para llevar a cabo una igual producción de valor agregado, en específico en materia de agricultura se requieren de al menos 7 trabajadores para alcanzar una producción similar (Helena, 2017).

Por otro lado, la ausencia de productividad puede provocar efectos adversos y empeorar la sociedad en su conjunto, de modo que cuando una empresa planea el mejoramiento del proceso de producción y la eficiencia de esta, así mismo, debe contemplar una fuerte inversión económica a corto plazo con el fin de recuperar lo invertido de una manera rápida y no estar sujeto a posibles pérdidas(Bohórquez et al., 2017).

Las cifras de implementación de la Inteligencia Artificial en el ámbito empresarial han ido en aumento los últimos cinco años, tanto en Colombia como en el mundo entero los empresarios han coincidido y han dado visto bueno a los resultados obtenidos mediante esta tecnología, así mismo, estudios realizados han observado que el uso de este tipo de herramientas ofrece a las empresas un ahorro cerca del 25% anual en costos operativos. En materia tecnológica, nuestro país ocupó en 2018 el puesto 7 en América Latina y el 47 a nivel global, esto debido a la baja cantidad de empresas en Colombia que han adaptado el uso de tecnología en sus procesos. Por lo tanto, como bien se expone en la Política de Transformación Digital, es necesario la implementación de herramientas tecnológicas que permitan tanto a la población como a sus empresas ser más productivas y competitivas en un mundo globalizado(Lacouture & Ibeth, 2018).

1.2 JUSTIFICACIÓN

Desde el campo de ingeniería se pretende generar innovación y desarrollo de técnicas con el fin de satisfacer una problemática, en específico la presente investigación pretende mejorar la planificación de los procesos de producción, ya que debido a la alta competitividad del mercado y los bajos índices de productividad producidos por una ineficiente gestión de los recursos, precaria capacitación de personal y débil implementación tecnológica, el rendimiento de dichas compañías ha conllevado a la disminución de la productividad empresarial en Colombia. Por tanto, al desarrollar un prototipo herramienta de software que permita a los usuarios gestionar y optimizar la producción de valor agregado de la organización, la sociedad en conjunto se relacionará por esta herramienta con el fin de evaluar y predecir el comportamiento de la demanda futura.

2 OBJETIVOS Y PRODUCTOS

2.1 OBJETIVO GENERAL

Desarrollar un prototipo de herramienta software que, mediante algoritmos de inteligencia artificial y modelos de optimización, permita encontrar patrones en las operaciones del negocio para un pronóstico de la demanda de insumos. Caso de estudio: Producción de cacao.

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Diseñar el prototipo de herramienta software en lo referente a entradas y salidas de inventario.
- Diseñar el componente de aprendizaje profundo encargado de la estimación de demanda futura de insumos.
- Desarrollar el software a partir de los módulos de carga de datos y la librería de estimación de demanda futura.
- Evaluar el modelo implementado por medio de su aplicación a un conjunto de datos sintéticos, teniendo en cuenta el nivel de mejora del inventario.

2.3 RESULTADOS OBTENIDOS

Cuadro 1. Resultados obtenidos del proyecto

Objetivos específicos	Actividades	Productos
Diseñar el prototipo de herramienta software en lo referente a entradas y salidas de inventario.	Realizar el levantamiento de requerimientos de la herramienta software	Documento de especificación de requerimientos, análisis y diseño del prototipo de software a desarrollar. (Sección 5.4, 5.5, 5.6 y 5.7)
	Definir y detallar casos de uso	
	Diseñar los componentes software del prototipo a desarrollar	
	Diseñar las interfaces de la aplicación	
Diseñar el componente de aprendizaje	Examinar los modelos de aprendizaje profundo existentes.	Documento de especificación del

profundo encargado de la estimación de demanda futura de insumos.	Elaborar el componente de aprendizaje profundo escogido.	componente de aprendizaje profundo. (Sección 5.8)
Desarrollar el software a partir de los módulos de carga de datos y la librería de estimación de demanda futura.	Construir el módulo de configuración y carga de datos	Prototipo de aplicación software para el registro y estimación de inventarios y demandas (Ver Anexos)
	Elaborar el algoritmo de inteligencia artificial haciendo uso de técnicas de aprendizaje profundo para las proyecciones de demanda.	
	Aplicar pruebas unitarias y funcionales que permitan evaluar el correcto funcionamiento de la herramienta de software.	
Evaluar el modelo implementado por medio de su aplicación a un conjunto de datos sintéticos, teniendo en cuenta el nivel de mejora del inventario.	Realizar alistamiento y normalización de los datos de entrada.	Documento de diseño de pruebas y análisis de resultados (Sección 6.1, 6.2, 6.3 y 6.4)
	Aplicar el algoritmo de inteligencia artificial de proyección de demanda a los datos de entrada.	
	Realizar un análisis de los resultados obtenidos	

Fuente: Los autores.

3 ANTECEDENTES Y ESTADO DEL ARTE

3.1 ANTECEDENTES

Actualmente los sistemas de control de inventarios son una herramienta imprescindible dentro de la gestión administrativa de los negocios, debido a que permiten mantener un registro continuo, realizar estados financieros, minimizar los costos y tiempos requeridos de estos, y proporcionan cierta eficiencia en la organización empresarial.

Diferentes autores concuerdan en afirmar que los inventarios surgieron en la antigüedad, debido principalmente a la necesidad de hacer frente a los continuos periodos de escasez, de este modo, asegurar su supervivencia y la subsistencia de la comunidad. Este control de inventarios se llevaba a cabo con el almacenamiento de alimentos para posteriormente ser utilizados en temporadas en las que se dificultaba obtener un sustento.

Es probable que en América el primer sistema para representar un control de inventarios data del periodo comprendido entre 1400 y 1532 proveniente del pueblo inca. Ellos registraban datos importantes de una manera peculiar: haciendo uso de cordeles de algodón u, ocasionalmente, de fibras de animales como la llama o vicuña. Estos objetos, que poseían nudos de diferentes formas y colores, estaban sujetos a una cuerda principal, y toda esta estructura textil se conocía como quipu; allí se registran fechas y acontecimientos sobresalientes, que no debían olvidarse. El registro de datos era numérico y se cree que también literario. El primer código ha sido descifrado; sin embargo, el segundo permanece como un enigma, pues los incas no contaban con un sistema de escritura (Ibarra et al., 2007).

Con el paso del tiempo surgieron modelos para administrar convenientemente los inventarios según el tipo de demanda a la que estén sujetos los diferentes artículos que los componen. Uno de los modelos más significativos para la administración de las organizaciones, ha sido el sistema de Planificación de Requerimientos de Materiales (MRP) debido a que posibilita el manejo de grandes volúmenes de datos interrelacionados a velocidades impresionables. Y es por esto que el sistema MRP debe ser entendido como parte de la evolución de la gestión de materiales, de la empresa y de la tecnología a lo largo del siglo XX (Bustos & Chacón, 2007).

Como se ha indicado, los inventarios representan las existencias de los recursos que las organizaciones emplean para cumplir con sus objetivos. Dicho esto, es necesario también aclarar que existen ciertas diferencias en las connotaciones que se pueden presentar en

torno a los inventarios con relación a los tipos de organizaciones que implementan estos sistemas hoy en día; por ejemplo, en las empresas comerciales los stocks se refieren a diversos artículos elaborados; en las empresas industriales tienen que ver con la materia prima e insumos, los productos semi elaborados y los productos terminados; y en las empresas de servicios abarcan todos los suministros requeridos para la prestación del servicio. Las organizaciones darán mayor o menor importancia a cada uno de estos inventarios en función de la actividad económica a la que se dediquen (Bustos & Chacón, 2007).

A continuación, se presentan los antecedentes significativos con el manejo y control de inventarios, planificación de la producción e inteligencia artificial a un nivel regional. Por consiguiente, el siguiente apartado dará una mayor claridad sobre la problemática en cuestión. Los continuos avances en el campo de la inteligencia artificial han logrado la consolidación de dos conceptos: inteligencia artificial débil y fuerte, en la actualidad sólo se ha incorporado de manera paulatina en nuestra vida cotidiana aquellas del tipo específico y débil que han permitido una mejora significativa respecto a la eficiencia de tareas y procesos en la que son implementadas.

En específico, afrontar la complejidad de ciertas tareas presentes en el área organizacional o el gran manejo de datos, puede hacerse de manera eficiente mediante la inteligencia artificial como bien exponen los investigadores Ortega, García y Bautista (2015), de la Universidad de Pamplona y Unidades Tecnológicas de Santander, a través de su artículo: “El cultivo de cacao. Su optimización empleando analítica de datos e inteligencia artificial para el mejoramiento su producción y comercialización”, en el que efectúan la identificación de las distintas herramientas o técnicas existentes que permiten lograr la optimización y eficiencia de procesos en producción de agrocultivos, en específico, se enfoca con el propósito de optimizar el cultivo del cacao. El estudio es el producto de una investigación documental de las diferentes técnicas que son utilizadas en la agricultura, en específico la optimización del cultivo del cacao.

3.2 ESTADO DEL ARTE

Para el desarrollo de esta sección con el fin de obtener resultados apropiados que muestren los avances más importantes que se han logrado con respecto al control de inventarios se utilizaron palabras clave como *inventory control*, *demand*, *aggregate plan*, *artificial intelligence*, *decision making* para la realización de consultas en bases datos como Science Direct, Scopus, IEEE Xplore. En la primera búsqueda se encontraron 286.473 resultados, en la segunda búsqueda se encontraron 1.839.866, en la tercera 239.228, en la cuarta 237.394, en la quinta 1.108.835. Del total de 2.365.567 resultados obtenidos se encontraron un total de 30 publicaciones y se utilizaron 10 ellas que dándonos las bases necesarias para el proyecto.

❖ **Desarrollo de un prototipo de sistema de facturación e inventarios para tiendas minoristas de ropa que mediante redes neuronales mejore el control de inventarios**

Resumen:

Este trabajo consiste en el desarrollo de un sistema POS para calcular el inventario ideal haciendo uso de inteligencia artificial, aprovechando la información que se genera a partir de las ventas, clientes, descuentos y demás. El proyecto está orientado a las tiendas minoristas de ropa que mediante redes neuronales se pueda mejorar el control de sus inventarios (Ittiphalin & Chearanai, 2019).

Importancia para el proyecto:

La importancia de este proyecto radica en que se hizo uso de modelo de regresión ARIMA, debido a que este es un modelo predictivo que permite mejorar la precisión de las predicciones y así, por medio de una red neuronal, poder hallar la demanda de los productos de acuerdo con datos históricos (Ittiphalin & Chearanai, 2019).

❖ **A Constructive Heuristic for Solving the JobShop Scheduling Problem.**

Resumen:

Se concentra en desarrollar una solución del problema de optimización conocido como la programación de la tienda de trabajo (Job Shop Scheduling) mediante una heurística constructiva con el fin de obtener y ejecutar en el menor tiempo posible una planificación del uso en un tiempo finito de las máquinas por parte de los trabajos que tengan una menor cantidad de tiempos muertos o de no uso, esto considerando las restricciones presentes entre trabajos procesados y maquinas que permita una máxima minimización del makespan final (Mellado Silva et al., 2016).

Importancia para este proyecto:

Esta investigación aporta una revisión de los diferentes algoritmos que han intentado dar solución al problema de Job Shop Schedulling y su variante Job Shop Flexible mediante simuladores, algoritmos TABC y el uso de Neighborhood Struct que permiten mejorar los tiempos dentro de la planificación de la producción. Así mismo, se expone la heurística Shifting Bottleneck Procedure definido como un algoritmo incompleto de tipo constructivo y el desarrollo de una búsqueda tabú apto para la resolución de problemas de optimización combinatorial de alto grado de dificultad (Mellado Silva et al., 2016).

❖ **MLCP: A Framework Integrating with Machine Learning and Optimization for Planning and Scheduling in Manufacturing and Services.**

Resumen:

Se desarrolla un marco, MLCP, que integra el aprendizaje automático y la optimización para problemas reales de planificación y programación. Este marco MLCP puede ser una herramienta útil para construir un sistema de sistemas a gran escala con tareas complejas de planificación y programación (Zheng et al., 2020).

Importancia para el proyecto:

Este artículo provee un marco de trabajo para la planificación y programación organizacional, el cual integra en sus bases técnicas de machine learning, automatización y optimización. Esto con el fin de crear un sistema capaz de hacer uso de los conocimientos técnicos de la empresa y conocimiento de personal calificado para la generación de nuevos planes de trabajos u horarios acordados que afectan de manera directa los costos de producción y la calidad del producto (Zheng et al., 2020).

❖ **Multi-Operator Production Cost Modeling.**

Resumen:

En este informe se presenta un sistema de energía interconectado diseñado para reflejar el conocimiento limitado de cada operador sobre otras regiones al tomar decisiones de programación. Así mismo, mediante un análisis detallado con un sistema de prueba de confiabilidad IEEE revela que el enfoque imita las operaciones reales del sistema al proporcionar información imperfecta a cada operador sobre las operaciones y las restricciones externas. Debido a que el enfoque genera distintos problemas de programación regional, permite simulaciones de costos de producción a una escala previamente intratable (Barrows et al., 2019).

Importancia para el proyecto:

Este informe expone una metodología que describe un modelo típico de sistema eléctrico de un solo operador y la técnica de descomposición multioperador propuesta en dicho informe que consta de tres pasos: un pronóstico de intercambio, descompuesta y conciliación de flujo de potencia el cual ha sido implementado en un sistema informático de alto rendimiento que ha permitido la paralelización temporal del cálculo necesario para realizar simulaciones a gran escala para el estudio de interconexiones (Barrows et al., 2019).

❖ **The Application of Mathematical Model for Production Planning in a Polystyrene Factory.**

Resumen:

En este estudio se aborda la planificación de la producción de una fábrica de poliestireno, cuyo principal producto son las perlas de poliestireno, las cuales se pueden clasificar en dos tipos, el primero se refiere aquellos que son perlas transparentes y el otro aquellos que se componen con perlas opacas, así mismo, las perlas de poliestireno transparentes y opacas se pueden clasificar en 3 y 5 subproductos, respectivamente.

Del mismo modo las principales materias primas que se utilizan para la producción se obtienen del petróleo crudo, el cual varía según el precio mundial del petróleo crudo. Por ende, la presente investigación propone un modelo matemático para la planificación de la producción de poliestireno, para determinar el tamaño de lote óptimo y la secuencia considerando la planificación de múltiples períodos, para superar las variaciones de los precios de las materias primas. Los resultados indicaron que el tiempo de cálculo del modelo propuesto aumenta exponencialmente a medida que el período de pronóstico de planificación es más largo. Por lo tanto, se debe desarrollar un enfoque heurístico para resolver la planificación a largo plazo en investigaciones futuras (Ittiphalin & Chearanai, 2019).

Importancia para el proyecto:

Esta investigación con el fin de determinar una solución óptima para los múltiples periodos de producción hace un modelo matemático de la problemática mediante el uso de programación de enteros mixtos con el fin de minimizar la suma de inventarios, materia prima, configuraciones y costos de producción que determinan el tamaño del lote y secuencias de producción idóneas para la fábrica de poliestireno. Por ende, este modelo matemático puede ser aplicado en otros planes de optimización de la producción (Ittiphalin & Chearanai, 2019).

❖ **Modelo de gestión y control de inventarios para la determinación de los niveles óptimos en la cadena de suministros de la Empresa Modesto Casajoana Cía. Ltda.**

Resumen:

El artículo presenta un modelo de gestión de inventarios para la determinación de los niveles óptimos en la cadena de suministros de la empresa Modesto Casajoana Cía. Ltda. Para el desarrollo de este, se clasificó el inventario de acuerdo al sistema ABC considerando el nivel de ventas; se seleccionaron los productos de mayor rotación a fin de identificar el tipo de demanda; se aplicó el modelo probabilístico de revisión periódica con demanda dinámica para establecer el nivel óptimo de pedidos, el inventario de seguridad, los puntos de reorden y los costos totales de inventarios; finalmente se establecieron indicadores para medir el desempeño de gestión como resultado de estrategia de seguimiento y control (Juca et al., 2019).

Importancia para este proyecto:

Este artículo es útil debido a que es aplicable a nuestro proyecto debido a que expone métodos de valuación y control, sistemas de control de inventario, modelos determinísticos y probabilísticos que permiten una mejor organización de los productos producidos, por lo tanto, permite a su vez la planificación para empresas que presentan dificultades en el manejo del inventario como consecuencia de la deficiente gestión por

parte de los actores que intervienen en las distintas etapas de la cadena de suministros (Juca et al., 2019).

❖ **Forecasting of customer demands for production planning by local k-nearest neighbor models**

Resumen:

En este artículo se identifica la importancia que tiene la previsión de la demanda para las empresas de fabricación, debido a que esta proporciona una base para la planificación de la producción.

De igual forma se evalúa el desempeño de los modelos de pronóstico locales de los k vecinos más cercanos, en donde se comparan diferentes configuraciones de parámetros y estrategias de selección de modelos. Una media localmente constante y una mediana localmente constante se comparan con modelos de regresión localmente lineal con cuatro métodos de regularización diferentes y diferentes configuraciones de parámetros. En esta comparación, la media localmente constante y la regresión de la cresta localmente lineal con altos parámetros de regularización proporcionan las mejores compensaciones entre la precisión del pronóstico y los tiempos de cálculo (Kück & Freitag, 2021).

Importancia para este proyecto:

Este trabajo es útil, debido a que los modelos del algoritmo de los k vecinos más cercanos logran un alto rendimiento en cuanto a errores de pronóstico bajos, tiempos de cómputo cortos y altos niveles de servicio en una simulación de inventario en comparación con los métodos de referencia establecidos. Por lo tanto, los modelos locales de k vecinos más cercanos pueden considerarse una alternativa válida para el pronóstico de la demanda en un contexto industrial, logrando una alta precisión de pronóstico con tiempos de cálculo cortos (Kück & Freitag, 2021).

❖ **Fuzzy-genetic approach to aggregate production-distribution planning in supply chain management**

Resumen:

Se establece que generalmente nos enfrentamos a demandas y capacidades del mercado inciertas en el entorno de producción, tiempos de proceso imprecisos y otros factores que introducen una incertidumbre inherente a la solución. También se indica que el uso de modelos deterministas y estocásticos puede conducirnos a resultados no satisfactorios, por lo que se recomienda hacer uso de los modelos difusos, ya que facilita la inclusión de conocimientos expertos. Por lo tanto, se desarrolla un modelo de producción y distribución difuso integrado de múltiples períodos y múltiples productos en la cadena de suministro. El modelo se formula en términos de programación difusa y la solución la proporciona la optimización genética (Aliev et al., 2007).

Importancia para este proyecto:

La importancia es que este proyecto logra una integración de los dos procesos dentro de un único modelo de producción y distribución difuso, permitiendo así una mejora en la gestión y planificación en los procesos de producción (Aliev et al., 2007).

❖ **Tactical sales and operations planning: A holistic framework and a literature review of decision-making models**

Resumen:

Se realiza una revisión de la toma de decisiones existente, es decir, la optimización, los modelos que respaldan el S&OP (La planificación táctica de ventas y operaciones). Se presenta un marco holístico que comprende las decisiones involucradas en esta actividad de planificación. Básicamente este documento realiza una revisión de la literatura dentro de este marco, con el fin de contribuir a sentar las bases para una investigación más orientada y estructurada en el campo (Pereira et al., 2020).

Importancia para este proyecto:

Es importante debido a que nos presenta una revisión de la literatura existente relacionada a la planificación de la producción agregada, así como los modelos que respaldan la planificación táctica de ventas y operaciones (Pereira et al., 2020).

❖ **An intelligent decision support system for production planning based on machine learning**

Resumen:

Este artículo presenta una nueva metodología para resolver un problema de gestión de la cadena de suministro de circuito cerrado (CLSC) a través de un sistema de toma de decisiones basado en lógica difusa construida en aprendizaje automático. Uno de los principales aportes de la propuesta es la capacidad de rechazar los efectos que tienen los desequilibrios en el resto de la cadena sobre los inventarios de materias primas y productos terminados (Rodríguez et al., n.d.).

Importancia para este proyecto:

Este proyecto es importante debido a que busca cumplir con los objetivos de producción con la presencia de incertidumbres dentro de la gestión de la cadena de suministros utilizando lógica difusa y el aprendizaje automático (Rodríguez et al., n.d.).

4 MARCO TEÓRICO

4.1 TEORÍA DE INVENTARIOS

Inicialmente, se puede definir un inventario como las existencias de una pieza o recurso utilizado en una organización. Un *sistema de inventario* es el conjunto de políticas y controles con los cuales se hace vigilancia a los niveles del inventario para poder determinar lo que se va a mantener, reabastecer y así establecer las dimensiones de los pedidos (Jacobs & Chase, 2014).

El objetivo del análisis del inventario en la manufactura y los servicios es especificar cuándo es necesario pedir más piezas y las cantidades de los pedidos. Las empresas normalmente suelen establecer relaciones de plazos mayores con los proveedores para cubrir sus necesidades quizá de todo un año. Esto hace que cambien las cuestiones de “cuándo” y “cuántos pedir” por “cuándo” y “cuántos entregar” (Jacobs & Chase, 2014).

4.1.1 Sistemas de inventarios.

Un sistema de inventario nos permite tener la estructura organizacional y las políticas operativas para mantener y controlar los bienes en existencia. El sistema es el encargado de pedir y recibir los insumos o bienes: determinar el momento de hacer los pedidos y llevar un registro de lo que se pidió, la cantidad ordenada y a quién. El sistema también debe realizar un seguimiento que permita dar respuesta a preguntas como: ¿El proveedor recibió el pedido? ¿Ya se envió? ¿Las fechas son correctas? ¿Se establecieron los procedimientos para volver a pedir o devolver la mercancía defectuosa? (Jacobs & Chase, 2014).

Es importante resaltar que estos sistemas se clasifican en sistemas de un periodo y de periodos múltiples, basándose en decisiones relacionadas con la compra única permitiendo cubrir un periodo fijo, y en decisiones de adquirir una pieza en forma periódica siendo necesario mantener un inventario para garantizar su uso determinado por la demanda. (Jacobs & Chase, 2014)

4.1.1.1 Clasificación de los sistemas de inventarios.

❖ Modelo de inventario de periodo único

En este modelo se debe considerar el riesgo que una persona está dispuesta a correr de que el inventario se agote. Sin embargo, podemos encontrar gran variedad de utilidades

al aplicar los modelos de inventario de periodo único, debido a que brindan múltiples aplicaciones de servicios y manufactura como lo son las reservaciones adicionales para vuelos, los pedidos de artículos de moda y todo tipo de pedido único al que podamos relacionar. (Jacobs & Chase, 2014)

❖ **Sistemas de inventarios de varios periodos**

Existen dos tipos generales de sistemas de inventario de varios períodos. Estos sistemas son los siguientes:

- Los modelos de cantidad de pedido fija (también llamado cantidad de pedido económico, EOQ, y modelo Q).
- Los modelos de periodo fijo (conocidos también como sistema periódico, sistema de revisión periódica, sistema de intervalo fijo y modelo P).

Estos sistemas están creados de tal manera que se permita garantizar la disponibilidad de una pieza todo el año. Normalmente, la pieza se pide varias veces en el año; la lógica del sistema indica la cantidad real pedida y el momento del pedido (Jacobs & Chase, 2014).

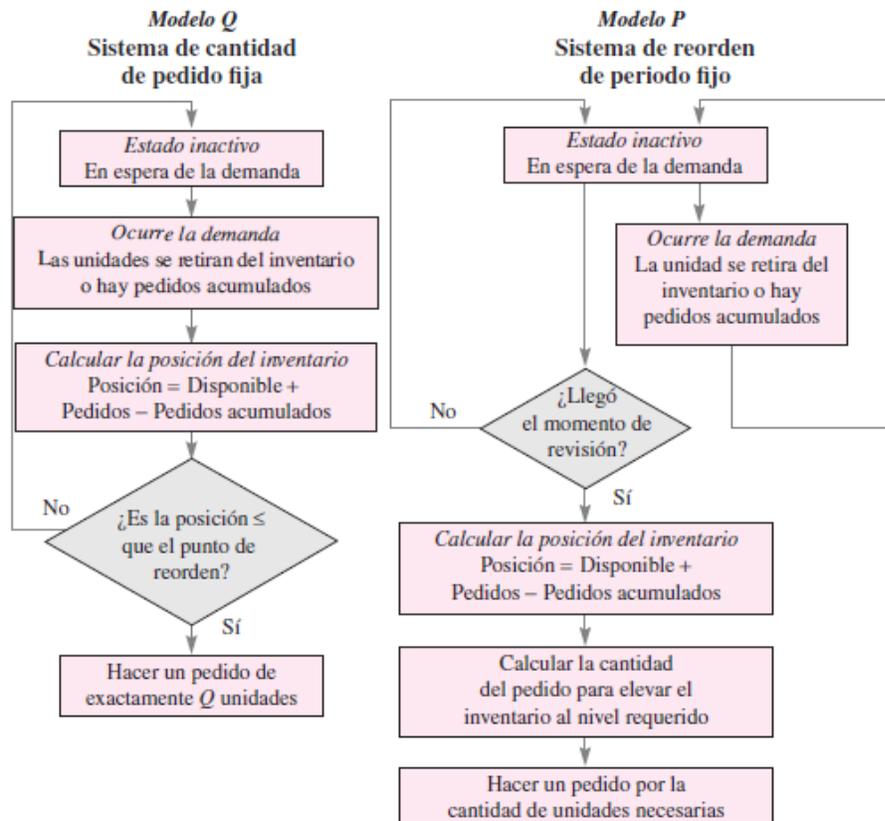
A continuación, se pueden evidenciar dos esquemas comparativos con las características que tienen los anteriores modelos.

Cuadro 2. Diferencias entre cantidad de pedido fija y periodo fijo

Característica	Modelo Q Modelo de cantidad de pedido fija	Modelo P Modelo de periodo fijo
Cantidad del pedido	Q, constante (siempre se pide la misma cantidad)	q, variable (varía cada vez que se hace un pedido)
Dónde hacerlo	R, cuando la posición del inventario baja al nivel de volver a pedir	T, cuando llega el periodo de revisión
Registros	Cada vez que se realiza un retiro o una adición	Solo se cuenta en el periodo de revisión
Tamaño del inventario	Menos que el modelo de periodo fijo	Más grande que el modelo de cantidad de pedido fija
Tiempo para mantenerlo	Más alto debido a los registros perpetuos	
Tipo de pieza	Piezas de precio más alto, críticos o importantes	

Fuente: Jacobs & Chase, (2014) – Administración de Operaciones Producción y Cadena de suministro.

Figura 2. Comparación sistemas de inventario de cantidad de pedido fija y periodo fijo



Fuente: Jacobs & Chase, (2014) – Administración de Operaciones Producción y Cadena de suministro.

4.2 Sistemas MRP

MRP (Planificación de Requisitos de Materiales), surge como necesidad para la toma de decisiones de reabastecimiento de materiales en el contexto de una operación de fabricación. Es así como en 1950, MRP, como herramienta de reordenación de inventario, se ha convertido en un método para planificar eficazmente todos los recursos de una empresa. (Sum & Ng, 2006)

En su forma más alta (MRP de clase A), vincula una variedad de funciones, incluyendo planificación de negocios, planificación de producción, compras, control de inventario, control de planta, gestión de costos, capacidad y gestión logística. MRP también integra la planificación operativa (en unidades de producción) y la planificación financiera (en dólares), y tiene la capacidad, utilizando la capacidad de simulación, para responder preguntas de "qué pasaría si". (Sum & Ng, 2006)

Entre los beneficios que se han encontrado al implementar sistemas MRP se incluye un mejor control de inventario y materias primas, menor apoyo administrativo y tiempos de entrega reducidos, así como la mejora de la comunicación y una mejor integración de la planificación.

En líneas generales, el enfoque MRP proporcionó una visibilidad anticipada muy necesaria, así como la capacidad de coordinar planes para artículos de inventario de demanda dependiente. Sin embargo, los sistemas basados en MRP se centraron en la planificación de materiales y la organización de las actividades de la planta. Por lo tanto, su alcance se limitó a la función de fabricación.

Al identificar ciertas falencias que tenía el enfoque MRP, se hicieron desarrollos que permitieron una mejor ejecución del plan y facilitaron la base de la planificación financiera en el plan de fabricación detallado, lo que dio lugar a un nuevo cuadro de sistemas conocidos como sistemas de planificación de recursos de fabricación descrito en el siguiente apartado.(Sridharan & LaForge, 2006)

4.2.1 MRP II

Planificación de Recursos de Fabricación (MRP II), es esencialmente un sistema de planificación empresarial. Además de mejorar la planificación de las actividades de fabricación, también integra sistemas de información en todos los departamentos.

En una empresa que implementa MRP II, los gerentes de fabricación y marketing, los funcionarios financieros y los ingenieros están vinculados a un sistema de información de toda la empresa. Cada gerente tiene acceso a la información relacionada con su área funcional de gestión, así como a la información relacionada con todos los demás aspectos del negocio. En realidad, para producir productos de mayor calidad y brindar un excelente servicio al cliente, esta integración es claramente obligatoria. Por ejemplo, el departamento de ventas necesita el cronograma de producción para prometer fechas de entrega realistas a los clientes, y las finanzas necesitan el cronograma de envío para proyectar el flujo de efectivo.(Sridharan & LaForge, 2006)

4.3 INTELIGENCIA ARTIFICIAL

Para definir lo que es la Inteligencia Artificial (IA) de manera sencilla, debemos entender cómo funciona la inteligencia humana, y para esto podemos precisar que esta se define como una capacidad mental en la que intervienen los procesos de percepción sensorial como lo son la visión, el tacto, audición, entre otros, permitiendo a las personas tener recuerdos, experimentar emociones e incluso soñar, y en base a esto poder resolver problemas, planificar situaciones, comprender ideas y aprender de las experiencias.

Es importante decir que para que ocurran este tipo de procesos es necesario que exista un elemento esencial que coordine las acciones realizadas por el humano. Este elemento es el cerebro, el órgano más increíble del cuerpo humano, sin él, seríamos organismos primitivos, incapaces de otra cosa que el más simple de los reflejos y es en definitiva lo que nos hace inteligentes.

En ese orden de ideas, los humanos a través del tiempo han querido construir máquinas inteligentes que tengan funcionalidades parecidas a las de un cerebro humano con el fin de emular algunas de sus facultades; por ejemplo, por medio de asistentes robotizados se puedan realizar de manera automática infinidad de cosas que normalmente haríamos de manera manual. Y es aquí donde surge el concepto de Inteligencia Artificial, definiéndose a grandes rasgos como el estudio de la informática centrándose en el desarrollo de software o máquinas que exhiben una inteligencia humana. Los objetivos que trae consigo la inteligencia artificial se centra en la deducción, el razonamiento y en todo lo que pensemos que se pueda automatizar. (*Inteligencia Artificial - Libro Online de IAAR*, 2018).

4.3.1 Aprendizaje automático

El aprendizaje automático consiste en hacer que las computadoras modifiquen o adapten sus acciones (ya sea hacer predicciones, resolver problemas de clasificación o controlar un robot) con el fin de que dichas acciones sean cada vez más precisas, donde la precisión se mide por qué tan bien las acciones elegidas reflejan las correctas (Stephen, 2014).

El aprendizaje automático comúnmente se divide en cuatro tipos de problemas de aprendizaje. Estos son:

- Aprendizaje supervisado,
- Aprendizaje no supervisado,
- Aprendizaje semi supervisado
- Aprendizaje reforzado.

Uno de los subconjuntos de aprendizaje automático que se ha popularizado en los últimos años es la técnica de Deep Learning, la cual funciona con una gran cantidad de redes neuronales unidas con el fin de conseguir una generalización del aprendizaje mediante el uso de algoritmos matemáticos, esto permite a la computadora reconocer y aprender rápidamente datos complejos. En la actualidad está integrado en diferentes soluciones tecnológicas de reconocimiento de patrones como son la clasificación de imágenes, traducción de idiomas, y el reconocimiento de voz.

4.3.1.1 Aprendizaje Supervisado.

El aprendizaje supervisado es la tarea de aprendizaje automático de inferir una función a partir de datos de entrenamiento etiquetados (Hoogendoorn, 2018). En este tipo de aprendizaje se proporciona un conjunto de entrenamiento de ejemplos con las respuestas correctas (objetivos) y, en base a este conjunto de entrenamiento, el algoritmo se generaliza para responder correctamente a todas las entradas posibles. A esto también se le llama aprender de los ejemplares (Stephen, 2014).

Ejemplo 1:

Un padre estaba en el parque con su hijo y de pronto ven un Ferrari de color rojo. Seguido a esto su padre le indica que este coche es un Ferrari. Llegando a casa se topan con un auto color rojo de marca Mazda, a lo que su hijo le dice:

- ¡Mira papá, un Ferrari!

El padre le indica que se ha equivocado y le pregunta por qué ha dado esa respuesta, a lo que responde:

- ¡Todos los autos de color rojo son Ferrari!

Este es un ejemplo de aprendizaje supervisado. Aquí el padre desempeña el papel de *supervisor* y su hijo el de *aprendiz*. Aquí se pueden identificar algunos inconvenientes con este algoritmo, ya que el hijo dio una respuesta incorrecta al identificar que los coches de color rojo que veía eran de marca Ferrari. Esto se debe a que la información dada no fue lo suficientemente completa como para dejar claro el concepto de cuales coches pertenecen a la marca. En este ejemplo podemos ver una importante diferencia entre tener un buen rendimiento con los datos de entrenamiento y tener un buen rendimiento con nuevos datos de prueba (Barber, 2011).

Según (Barber, 2011), el principal interés del aprendizaje supervisado es descubrir un patrón que pueda generalizarse bien, lo que conducirá a una predicción precisa sobre nuevos datos.

4.3.1.2 Aprendizaje No Supervisado.

En el aprendizaje no supervisado, no hay una medida (o etiqueta) objetivo, y el objetivo es describir las asociaciones y patrones entre los atributos (Hoogendoorn, 2018).

Aquí no se dan respuestas correctas, sino más bien el algoritmo trata de identificar similitudes entre las entradas, de modo que las entradas que tienen algo en común se clasifican juntas. El enfoque estadístico del aprendizaje no supervisado es conocido como estimación de densidad. (Stephen, 2014)

Ejemplo 2:

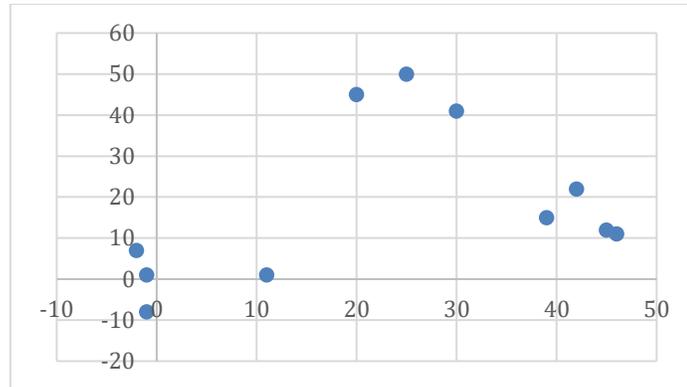
El cuadro 3 muestra una serie de datos tabulados de manera bidimensional sin etiquetar, los cuales están representados en la figura 3.

Cuadro 3. Datos ejemplo 2

x1	-2	20	-1	11	-1	46	39	42	30	45	25
x2	7	45	1	1	-8	11	15	22	41	12	50

Fuente: Adaptado de (Barber, 2011)

Figura 3. Gráfica datos de ejemplo 2



Fuente: Adaptado de (Barber, 2011)

Como se puede evidenciar a grandes rasgos, estos datos parecen estar formando 3 subconjuntos. El objetivo del aprendizaje no supervisado es identificar una descripción compacta de los datos e interpretar el comportamiento de los datos para que la inteligencia artificial pueda determinar estos subconjuntos y las directrices que determinan en qué subconjunto va cada entrada (Barber, 2011).

Una de las principales ventajas de usar este método de aprendizaje es que con éste se puede ayudar a comprender grandes volúmenes de datos sin clasificar (sin etiquetar).

4.3.1.3 Aprendizaje Semi-supervisado.

Este tipo de aprendizaje se puede entender como una utilización de los dos anteriores, siendo este una técnica para aprender patrones en la forma de una función basada en ejemplos de entrenamiento etiquetados y no etiquetados (Hoogendoorn, 2018).

En el escenario del aprendizaje automático, es común tener una pequeña cantidad de datos etiquetados y una gran cantidad de datos sin etiquetar (esto debido a que, normalmente, en ocasiones resulta caro acceder a datos ya etiquetados). Por ejemplo, puede ser que tengamos acceso a muchas imágenes de rostros; sin embargo, solo un pequeño número de ellos puede haber sido etiquetado como instancias de caras conocidas. En el aprendizaje semi-supervisado, se intenta utilizar los datos no etiquetados para hacer un clasificador mejor que el que se basa únicamente en los datos etiquetados (Barber, 2011).

4.3.1.4 Aprendizaje por refuerzo.

El aprendizaje por refuerzo intenta encontrar acciones óptimas en una situación dada para maximizar una recompensa numérica que no viene inmediatamente con la acción sino más tarde en el tiempo (Hoogendoorn, 2018).

Según, (Barber, 2011), en el aprendizaje por refuerzo, un agente habita en un entorno en el que puede realizar acciones. Y basándose en la experiencia acumulada obtenida en dichas acciones, las cuales eventualmente han podido ser beneficiosas o desastrosas, el agente necesita aprender qué acción tomar en una situación dada para maximizar la probabilidad de obtener una meta deseada a largo plazo. Es así, que las acciones que conducen a recompensas a largo plazo deben reforzarse.

4.4 PROCESOS ESTOCÁSTICOS

De manera general, los procesos estocásticos son una pieza fundamental en la investigación de fenómenos aleatorios que dependen del tiempo. Un *proceso estocástico* es una colección de variables aleatorias $\{X_t: t \in T\}$ parametrizada por un conjunto T , llamado *espacio parametral*, y con valores en un conjunto S llamado *espacio de estado* (Rincón, 2011).

En la siguiente sección, se definen algunos tipos de procesos estocásticos, los cuales se obtienen al tener en consideración posibilidades para el espacio parametral, el espacio de estados, las características de las trayectorias, y principalmente las relaciones de dependencia entre las variables aleatorias que conforman el proceso.

4.4.1 Procesos con incrementos independientes

Se dice que un proceso estocástico a tiempo continuo $\{X_t : t \geq 0\}$ tiene incrementos independientes si para cualesquiera tiempos $0 \leq t_1 < t_2 < \dots < t_n$, las variables $X_{t_1}, X_{t_2} - X_{t_1}, \dots, X_{t_n} - X_{t_{n-1}}$ son independientes. Esto quiere decir que los desplazamientos que tiene el proceso en estos intervalos disjuntos de tiempo son independientes unos de otros (Rincón, 2011).

4.4.2 Procesos con incrementos estacionarios

Se dice que un proceso estocástico a tiempo continuo $\{X_t : t \geq 0\}$ tiene incrementos estacionarios si para cualesquiera tiempos $s < t$, y para cualquier $h > 0$, las variables $X_{t+h}, X_{t_2} - X_{s+h}$ y $X_t - X_s$ tienen la misma distribución de probabilidad. Es decir, el incremento que tiene el proceso entre los tiempos s y t sólo depende de estos tiempos a través de la diferencia $t - s$, y no de los valores específicos de s y t (Rincón, 2011).

4.4.3 Procesos estacionarios

Se dice que un proceso estocástico a tiempo continuo $\{X_t : t \geq 0\}$ es estacionario en el sentido estricto si para cualesquiera tiempos t_1, \dots, t_n , la distribución del vector $(X_{t_1}, \dots, X_{t_n})$ es la misma que la del vector $(X_{t_1+h}, \dots, X_{t_n+h})$ para cualquier valor de $h > 0$. En particular, la distribución de X_t es la misma que la de X_{t+h} para cualquier $h > 0$ (Rincón, 2011).

4.5 MODELOS PREDICTIVOS

Según (Espino, 2017), un modelo predictivo es un mecanismo que predice el comportamiento de un individuo. Se utilizan las características del individuo como entrada y posteriormente se proporciona una calificación predictiva como salida. En otras palabras, es un conjunto de procesos que permiten identificar, a través de técnicas de análisis, las probabilidades de que sucedan determinadas situaciones asociadas a sucesos previos a su consecución.

4.5.1 Métodos cuantitativos de pronóstico.

Los métodos cuantitativos de pronóstico se basan en datos históricos. Dentro de estos métodos podemos encontrar dos tipos: los métodos de series de tiempo y los métodos causales (modelos de regresión).

El método de series de tiempo, consiste en el uso de métodos analíticos, para poder determinar las tendencias y las variaciones estacionales (Juárez et al., 2016). Según (Masini & Vázquez, 2014), el objetivo de estos métodos es descubrir el comportamiento de los datos históricos y extrapolar su posible comportamiento en el futuro.

Los métodos causales asumen que la variable a pronosticar (variable dependiente) muestra una relación causa-efecto con una o más variables independientes. Es por esto que el propósito de este método es descubrir en qué forma se da esta relación y usarla para pronosticar valores futuros de la variable dependiente (Masini & Vázquez, 2014).

Dentro de los métodos anteriormente mencionados se tienen técnicas como el promedio móvil simple, promedio móvil ponderado y suavización exponencial simple, suavización exponencial con tendencia, regresión lineal. Para propósitos de esta investigación se tienen en cuenta los modelos de regresión lineal y de suavización exponencial.

4.5.1.1 *Modelo de regresión lineal.*

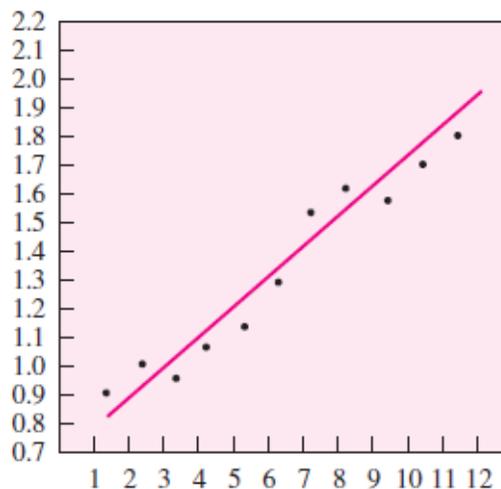
El enfoque de los modelos de regresión se basa en el establecimiento de una ecuación matemática como modelo para representar las interacciones entre las diferentes variables en consideración. Según (Jacobs & Chase, 2014), la regresión se define como una relación funcional entre dos o más variables correlacionadas. Con ella se pronostica una variable con base en otra. Generalmente, dicha relación se establece a partir de datos observados.

En el modelo de regresión lineal se analiza la relación que tiene la variable dependiente (de respuesta) y las variables independientes (predictoras), siendo expresado como una ecuación que predice la variable dependiente como una función lineal de los parámetros (Espino, 2017).

En ese sentido, el objetivo es seleccionar los parámetros del modelo que minimizan la suma de los errores al cuadrado (Espino, 2017). En otras palabras, la regresión lineal se refiere a la clase de regresión especial en la que la relación entre las variables forma una recta. Dicha regresión tiene la forma $Y = a + bX$, donde Y es el valor de la variable dependiente que se despeja, a es la secante en Y , b es la pendiente y X es la variable independiente (en el análisis de serie de tiempo, las X son unidades de tiempo)(Jacobs & Chase, 2014).

Para evidenciar lo anterior es necesario graficar los datos de las variables para ver si aparecen de forma lineal, como se muestra en la figura 4, los puntos representan los datos reales tomados, mientras que la recta representa el pronóstico en base a ese conjunto de datos.

Figura 4 Regresión lineal



Fuente: (Jacobs & Chase, 2014) – Administración de Operaciones Producción y Cadena de suministro.

La principal restricción al utilizar el pronóstico de regresión lineal es, como su nombre lo implica, que se supone que los datos pasados y las proyecciones a futuro caen sobre una recta (Jacobs & Chase, 2014).

4.5.1.2 Suavización exponencial.

Partiendo de la premisa que dice que la importancia de los datos disminuye conforme el pasado se vuelve más distante, es probable que el método de pronóstico más adecuado o fácil sea la suavización exponencial. La suavización exponencial es la técnica de pronóstico que comúnmente es más utilizada. Su uso es muy importante en programas de pronóstico por computadora, y se usa con mucha frecuencia al ordenar el inventario en empresas minoristas, compañías mayoristas y agencias de servicios. (Jacobs & Chase, 2014).

En este método solo se necesitan tres piezas de datos para pronosticar el futuro. Estas piezas son:

- El pronóstico más reciente.
- La demanda real que ocurrió durante el periodo de pronóstico.
- Una constante de suavización alfa (α).

Esta última determina el nivel de uniformidad y la velocidad de reacción ante las diferencias entre los pronósticos y los hechos reales (Jacobs & Chase, 2014).

4.6 TÉCNICAS ESTADÍSTICAS DE PREDICCIÓN

4.6.1 Árboles de clasificación y regresión.

Los árboles de clasificación y regresión (CART, por sus siglas en inglés), es un algoritmo cuyo resultado es en general, un árbol de decisión, las ramas representan conjuntos de decisiones y cada decisión genera reglas sucesivas para continuar la clasificación (partición) formando así grupos homogéneos respecto a la variable que se desea discriminar. Las particiones se hacen en forma recursiva hasta que se alcanza un criterio de parada, el método utiliza datos históricos para construir el árbol de decisión, y este árbol se usa para clasificar nuevos datos (Serna, 2009).

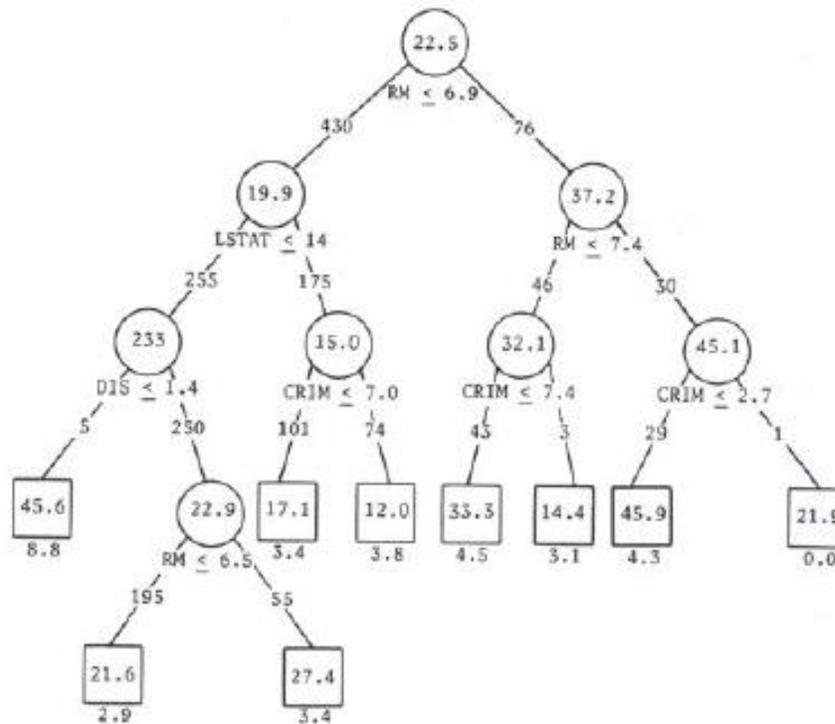
Según (Díaz Sepulveda, 2012), estos árboles CART pueden manipular fácilmente variables numéricas y/o categóricas. También se destacan su robustez a *outliers*, la invarianza en la estructura de sus árboles de clasificación o de regresión a transformaciones monótonas de las variables independientes, y sobre todo, su interpretabilidad.

Así mismo se tiene que esta metodología consta de tres pasos como lo son: la construcción del árbol saturado, escogencia del tamaño correcto del árbol, así como la clasificación de nuevos datos usando el árbol construido.

La construcción del árbol saturado se hace con particionamiento recursivo. La diferencia en la construcción de los árboles de clasificación y los árboles de regresión es el criterio de división de los nodos, es decir, la medida de impureza es diferente para los árboles de clasificación y de regresión (Díaz Sepulveda, 2012).

Una vez se tiene construido el árbol saturado se inicia la etapa de poda. La poda consiste en encontrar el subárbol del árbol saturado con la mejor calidad en cuanto a que sea el más predictivo de los resultados y menos vulnerable al ruido en los datos (Díaz Sepulveda, 2012).

Figura 5. Ejemplo de árbol de regresión.



Fuente: (Breiman, 1998) – Classification and Regression Trees

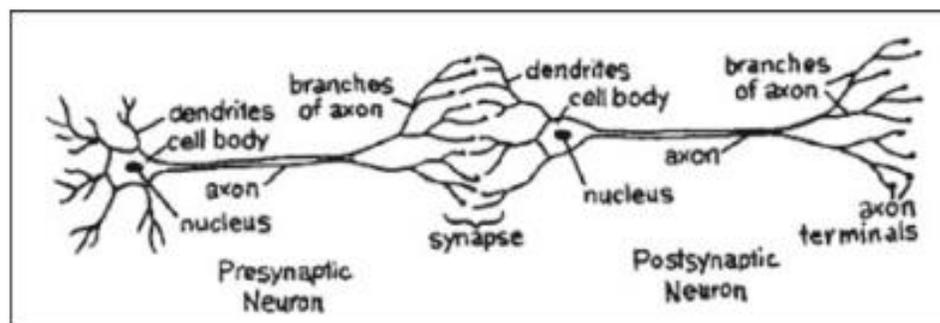
4.7 REDES NEURONALES ARTIFICIALES

Las Redes Neuronales Artificiales (RNA), es una técnica de procesamiento de información presente en el campo de la inteligencia artificial, estas pretenden imitar un comportamiento similar al de las redes neuronales biológicas del cerebro humano. En específico, estas redes de neuronas pueden procesar datos de entrada emulando un aprendizaje, pueden generalizar y abstraer información, son capaces de resolver funciones altamente no lineales cuyo comportamiento puede ser complejo y frecuentemente impredecible o caótico, generalmente difíciles de moldear.

4.7.1 Analogía de la estructura básica de una red neuronal

Una neurona es la unidad fundamental del sistema nervioso, cada una es en sí una unidad procesadora que recibe y combina señales desde y hacia otras neuronas. Nuestro cerebro contiene entre una o varios billones de neuronas densamente interconectadas, dicha conexión neuronal está conformada en un extremo por pequeñas ramificaciones conocidas como dendritas, las cuales se encargan de recibir los impulsos nerviosos de otras neuronas (datos de entrada) y enviarlas hasta el núcleo de la neurona, en el otro extremo se encuentran los axones, son una extensión de la neurona que presentan una ramificación al final de su estructura conocida como botones terminales, y su función básicamente es la de transmitir las señales nerviosas producidas por la neurona a través de las vesículas sinápticas que se encuentran en las puntas de la ramificación del axón.

Figura 6. Red neuronal biológica.



Fuente: Aggarwal, C. C. (2018). Neuronal Networks and Deep Learning.

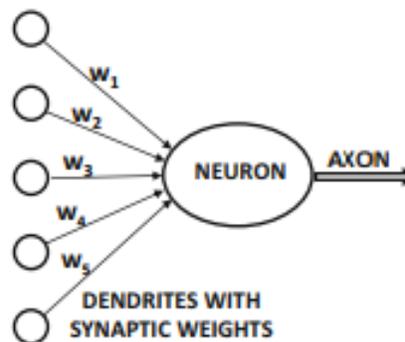
La unión entre el final de los axones y las ramificaciones de las dendritas es posible por los espacios sinápticos en medio de la conexión neuronal presináptica y postsináptica, estos espacios permiten que se concrete el proceso denominado sinapsis, el cual consiste en la liberación de una sustancia química producida en el cuerpo de las neuronas, los neurotransmisores. Estos son conducidos hasta el botón terminal del axón que se denominan terminales presinápticas de la unión neuronal, y posteriormente

liberados en el espacio sináptico, estos neurotransmisores sirven como modulador en la transmisión de los impulsos nerviosos, entre una neurona y otra.

Cuando el axón efectúa dicha transmisión de impulsos nerviosos, las células receptoras presentes en las ramificaciones de las dendritas, denominadas terminales postsinápticas de la unión neuronal son capaces de identificar la sustancia o neurotransmisor liberado por la terminal presináptica para posteriormente propagar los estímulos nerviosos al núcleo de la neurona receptora. Para Aggarwal (2018), Las fortalezas sinápticas de las conexiones a menudo cambian en respuesta a estímulos externos. Este cambio es lo que lleva el aprendizaje en los organismos vivos.

En consecuencia, el estudio de la estructura neuronal biológica, el análisis de su funcionamiento y la producción de neuronas funcionales por parte de la neurociencia han permitido el desarrollo de abstracciones de redes neuronales comúnmente utilizadas en el aprendizaje automático, así mismo, las redes neuronales han sido diseñada en base a algoritmos como la regresión por mínimos cuadrados y la regresión logística. Por otro lado, la simulación de dichas conexiones neuronales biológicas se logra mediante la implementación de unidades de cómputo denominadas como neuronas artificiales. Dicha conexión neuronal artificial contempla la unión de las neuronas artificiales mediante el procesamiento del peso de las entradas que funcionan como las terminales nerviosas presentes en el espacio sináptico biológico previamente mencionado.

Figura 7 Red neuronal artificial.



Fuente: Aggarwal, C. C. (2018). Neuronal Networks and Deep Learning.

4.7.2 Arquitectura y funcionamiento una red neuronal artificial

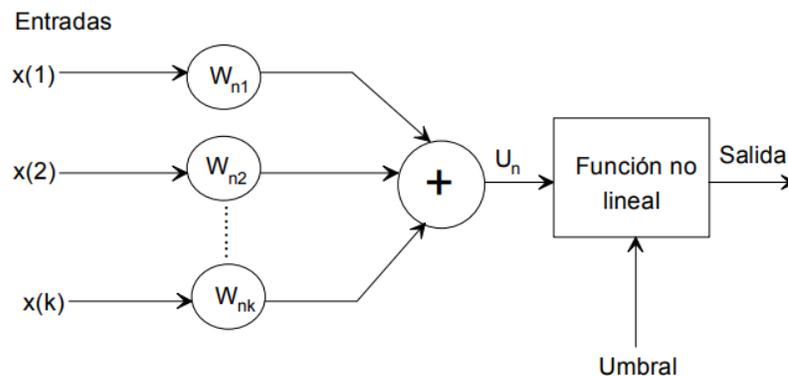
La arquitectura y la capacidad de cómputo de una red neuronal artificial son directamente proporcionales debido a que la potencia de cálculo de la red se compone por el número

de las conexiones existentes entre las diferentes neuronas artificiales. De acuerdo con (Serrano et al., 2009) existen tres parámetros al momento de estructurar una red neuronal: número de capas, tipo de conexión y grado de conexión. Para la presente investigación se indagará sobre las diferencias presente el número de capas existentes en las redes neuronales.

El entrenamiento de la red neuronal sobre un conjunto finito de pares entrada-salida da paso a lo que se define como generalización del modelo, por ejemplo, una red neuronal ha sido entrenada con una gran cantidad de fotos de mazorca de cacao eventualmente esta podrá reconocer correctamente una mazorca de cacao que no ha sido utilizada en dicho entrenamiento.

A continuación, se presenta un esquema que permite identificar con mayor facilidad cada uno de los componentes presentes en cualquier arquitectura de una red neuronal artificial.

Figura 8 Esquema de una red neuronal artificial



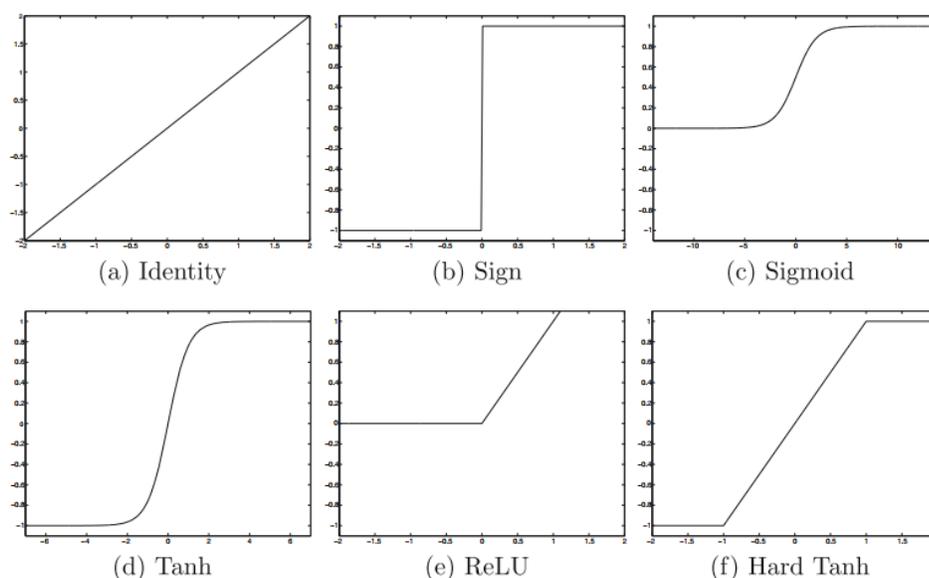
Fuente: (Serrano et al., 2009). Redes Neuronales Artificiales

En específico, determinar “el impulso nervioso” que recibirá la neurona artificial al modificar los valores de la función calculada, se hace mediante los pesos ya que sirven de parámetro intermedio que son escalados con los datos de entrada, al resultado de este proceso se le conoce como *pre-activation value* ya que hasta este punto no han sido procesados con la función de activación de la red neuronal. Es importante destacar que entre más se repita sucesivamente dicho proceso de reajuste de los pesos, conlleva a que la red neuronal se refine con el paso del tiempo para poder proporcionar predicciones aún más precisas en iteraciones futuras.

Siendo entonces el dato de salida de la red neuronal la multiplicación entre las características y las aristas de peso, posteriormente estas pasan a ser procesadas por la

función de activación que puede ser una lineal, de umbral o no lineal para la generación de los datos de salida (*post-activation value*) de la neurona. Las funciones clásicas de utilizadas en las redes neuronales artificiales para la activación del nodo de salida son las del tipo no lineal: Signo, Tangente Hiperbólica o Sigmoidea. Dichas funciones de activación no lineales son implementadas en cálculo probabilístico y generación de predicciones, no obstante, tienen una relevancia significativa solo cuando se implementan en arquitecturas de múltiples capas. Pese a que las funciones de activación no lineales han tenido una extendida aplicación en el campo de la inteligencia artificial, en el transcurso de los últimos años se ha popularizado la implementación de funciones de activación lineales

Figura 9 Tipos de funciones de activación



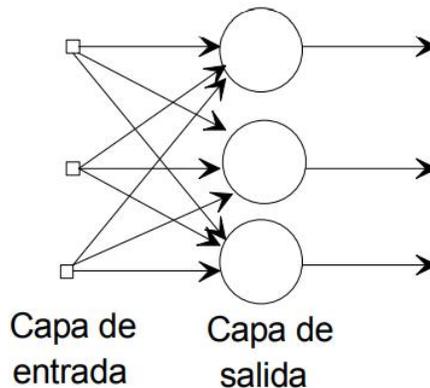
Fuente: Aggarwal, C. C. (2018). *Neuronal Networks and Deep Learning*.

4.7.2.1 Red neuronal monocapa: El perceptrón

Esta arquitectura es conocida como perceptrón, la forma elemental de una red neuronal, ya que sólo consta de dos capas, la primera denominada como capa de entrada y la segunda como capa de salida. El funcionamiento de la red neuronal consiste en que la capa de entrada solo transmite las características $X = [x_1 \dots x_d]$ con sus correspondientes aristas de peso $W = [w_1 \dots w_d]$ por medio de los grafos dirigidos hacia la capa de salida, de modo que nunca procesa la información. La segunda capa está encargada de realizar el trabajo computacional que comprende la aplicación de la función de signo para convertir el valor agregado en una etiqueta de clase.

Debido a que en el perceptrón solo la capa de salida se encarga del trabajo computacional, se denomina a esta como una red neuronal monocapa ya que no se incluye la capa de entrada en el recuento del número de capas. De igual modo, al revisar el funcionamiento del perceptrón se puede diferir que tiene una cierta similitud a los modelos tradicionales de aprendizaje automático, no obstante, difiere de estos debido a que posibilita el acoplamiento de varias unidades para la creación de modelos más potentes que los tradicionales modelos de aprendizaje automático Aggarwal, C. C. (2018).

Figura 10. Esquema de una red neuronal monocapa

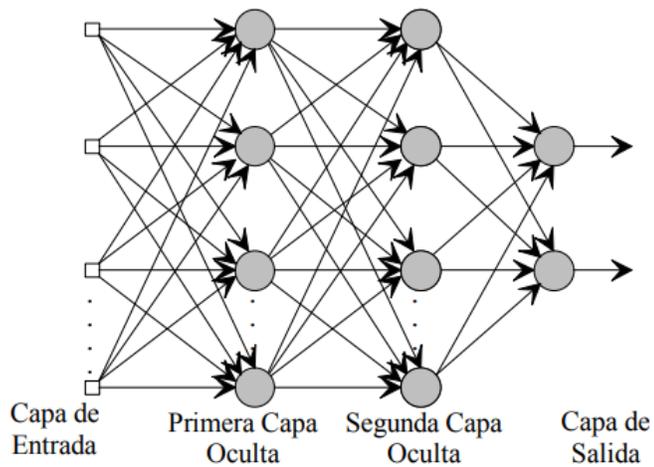


Fuente: (Serrano et al., 2009). Redes Neuronales Artificiales

4.7.2.2 *Red neuronal multicapa*

Esta arquitectura como su nombre lo indica incorpora múltiples capas computacionales para el procesamiento de los datos de entrada. En medio de esta red neuronal se encuentran capas intermedias adicionales que son denominadas capas ocultas debido a que el usuario no puede ver la realización de los cálculos. De dicha estructura se afirma que “es una generalización de la anterior estructura ya que integra sólo un conjunto de capas intermedias entre la entrada y la salida (capas ocultas). Este tipo de red puede estar total o parcialmente conectada” (Serrano et al., 2009).

Figura 11. Esquema de una red neuronal multicapa

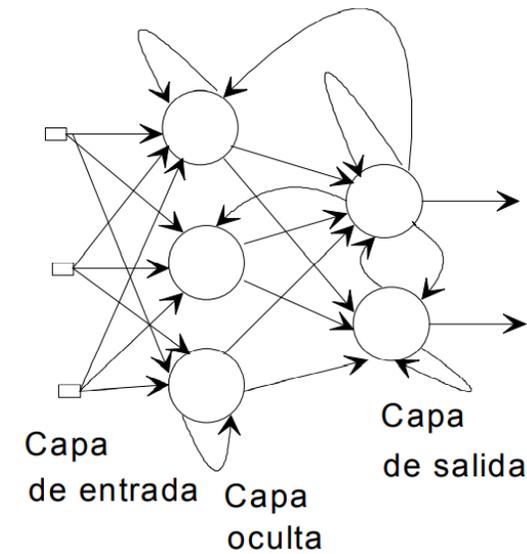


Fuente: (Serrano et al., 2009). Redes Neuronales Artificiales

4.7.2.3 *Red neuronal recurrente*

Esta estructura de red neuronal a diferencia de las anteriores estructuras posee como mínimo un ciclo en alguna de sus neuronas, estos ciclos se denominan lazos, lo que brinda una mayor potencia de procesamiento y por ende una mejora significativa del aprendizaje. En específico, estos lazos pueden estar interconectado entre neuronas de diferentes capas, neuronas alojadas en la misma capa o en una sola neurona (Serrano et al., 2009).

Figura 12 Esquema de una red neuronal recurrente



Fuente: (Serrano et al., 2009). Redes Neuronales Artificiales

5 MARCO METODOLÓGICO

En este capítulo se presenta la metodología propuesta para el desarrollo del prototipo del presente proyecto, se expone los pro y contras correspondientes de la herramienta de desarrollo seleccionada, la metodología, la arquitectura propuesta y el tipo de base de datos implementada.

5.1 HERRAMIENTA DE DESARROLLO

Para el desarrollo del correspondiente prototipo, se analizó las diferentes alternativas dispuestas en las que se puede llevar a cabo el desarrollo del prototipo, esto teniendo en cuenta cuestiones de tipo funcional, diseño, conocimiento y manejo de las diferentes herramientas de desarrollo disponible.

Por consiguiente, se optó que para el presente proyecto la mejor alternativa posible es realizar el desarrollo de una aplicación web, puesto que este tipo de aplicaciones ofrece ventajas significativas a los usuarios en comparación con aplicaciones dirigidas para dispositivos móviles o computadoras de escritorio, ya que las aplicaciones web son consideradas como software multiplataforma debido que no requiere de una instalación previa para su uso, por tanto, al efectuarse una actualización o incorporación de características no es necesario que el usuario descargue e instale de nuevo el aplicativo. De igual manera, permite que los usuarios puedan acceder a la herramienta de software en cualquier momento y desde diferentes plataformas mediante el navegador web de su preferencia.

Sin embargo, es relevante para el desarrollo de este proyecto tener presente los aspectos negativos que conlleva realizar el desarrollo de la herramienta de software en aplicación web, entre cuales se encuentra: la interrupción o inaccesibilidad al aplicativo del usuario por fallas en la conexión a internet; las posibles brechas de seguridad presentes en el aplicativo y la filtración de datos confidenciales de los usuarios; puede resultar en una mala experiencia para el usuario si el Frontend no es responsivo; ralentización en el uso del aplicativo por el hosting donde se aloja.

5.2 ARQUITECTURA DE SOFTWARE

El presente proyecto busca desarrollar una aplicación web para la planeación de la producción haciendo uso del framework de desarrollo web Laravel. Dicho framework ha sido seleccionado debido a que es de código abierto y permite el uso de una sintaxis elegante y expresiva para crear código de forma sencilla y permitiendo multitud de funcionalidades.

Cabe destacar que Laravel intenta aprovechar las características de las últimas versiones de PHP. Así mismo, el framework propone en el desarrollo hacer uso de '*Routes in Closures*' en lugar de un patrón MVC tradicional, con el objetivo de hacer el código más claro.

Con relación al modelo, Laravel incluye un sistema de datos llamado Eloquent ORM que facilita la creación de modelos. Con respecto a las vistas, Laravel incluye un sistema de procesamiento de plantillas llamado Blade. Este sistema de plantillas favorece un código mucho más limpio en las Vistas, además de incluir un sistema de Caché que lo hace mucho más rápido. El sistema Blade de Laravel, permite una sintaxis mucho más reducida en su escritura. En cuanto a los controladores, estos permiten organizar el código en clases sin la necesidad de tener que escribirlo en todas las rutas.

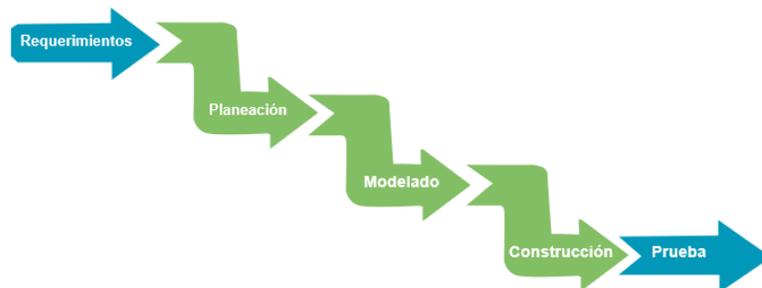
Seguidamente se decidió hacer uso de una base de datos relacional SQL, en específico, se realizará con MySQL. Debido a que este es un gestor de base de datos de código abierto, compatible con otros motores de bases de datos, estable, permite automatizar algunas tareas en la base de datos y cuenta con documentación suficiente para su fácil adopción e integración con el framework Laravel.

Por otra parte, para el presente proyecto después de efectuar una revisión de las diferentes plataformas disponibles para el hosting de aplicaciones web basadas en el framework Laravel, se propuso que Heroku y Azure, son entre las consultadas las mejores alternativas para el hosting del aplicativo web. Debido a que estas ofrecen una alta compatibilidad con la herramienta de software, la base de datos MySQL, además, estas plataformas tienen actualmente un convenio para el uso gratuito de sus servicios para estudiantes adscritos a la UNAB.

5.3 METODOLOGÍA DE DESARROLLO

Se determinó que la metodología de desarrollo apropiada para el presente proyecto es la del modelo en cascada ya que al ser un proceso de desarrollo secuencial requiere que cada etapa se realice por completo antes de iniciar la siguiente, así mismo, al ser un proceso lineal y bien estructurado permite una rápida comprensión del proyecto y, por tanto, una fácil implementación. Además, este ciclo de vida de software está contemplado para proyectos donde los requerimientos están bien definidos y no están sujetos a cambios a lo largo del proceso de desarrollo de software.

Figura 13 Modelo en cascada.



Fuente: Los autores, basado en modelo de la cascada: Pressman, R. S. (2010). Ingeniería del software: un enfoque práctico séptima edición.

El modelo en cascada contempla seis procesos que se realizan a lo largo del desarrollo del software: especificación de los requerimientos por parte del cliente, planeación, modelado, construcción, despliegue y por último el apoyo o mantenimiento del software Pressman (2010). A continuación, se expone de manera detallada cada uno de los procesos previamente mencionados.

- ❖ **Especificación de los requerimientos:** ya que el software es un sistema mayor, en este proceso se centra específicamente en la recolección de los requerimientos por parte del cliente. Por ende, para este proyecto el proceso de análisis y recolección de los requerimientos se llevará a cabo mediante un análisis de la problemática y objetivos definidos en los capítulos previos del presente proyecto; ya que al ser este un proyecto de grado no se contempla un cliente a quien se deba consultar dichos requerimientos.
- ❖ **Planeación:** en este punto el desarrollador o ingeniero de software debe comprender la naturaleza de la problemática tratada y la funcionalidad que deberá tener el software para satisfacer dichos requerimientos. Por tanto, para el presente proyecto los ingenieros se encargarán de categorizar los requerimientos obtenidos

en funcionales y no funcionales para comprender completamente el paradigma y las características que debe adoptar el software. Además, en este momento se espera que, con los datos recopilados, se tome una decisión con respecto a la técnica de desarrollo a implementar, ya sean arboles de regresión o redes neuronales.

- ❖ **Modelado:** este proceso se encarga de traducir a software los requerimientos recopilados, esto mediante la definición de las estructuras de datos, la arquitectura del software, el diseño de interfaz y los algoritmos. En específico, el presente proyecto se enfocará en la estructura de los datos, definir las interfaces requeridas, acoger estrategias de diseño de interfaces para mejorar el rendimiento y experiencia del software.
- ❖ **Construcción:** este proceso consiste en tomar el modelado realizado y pasar a la generación del código que será legible por la máquina para el funcionamiento del software. En específico, se espera que el modelado del presente proyecto sea lo suficientemente detallado, de modo, que la codificación en el lenguaje de programación adoptado (PHP) pueda realizarse rápidamente de forma mecánica.
- ❖ **Prueba:** No se contempla como tal una entrega de producto, debido a que el presente proyecto no está dirigido hacia un cliente en específico, por ende, no es posible recibir una retroalimentación del software por parte del cliente. Por el contrario, este proceso sólo centra en la realización de pruebas en los procesos lógicos internos del software y la detección de errores en los procesos externos funcionales. De modo que, una vez generado el código, se pasará a efectuar las pruebas correspondientes al software desarrollado, ya sean funcionales: pruebas unitarias; pruebas de regresión; pruebas de aceptación y no funcionales: pruebas de escalabilidad, pruebas de estrés y pruebas de portabilidad.
- ❖ **Apoyo o mantenimiento:** este proceso al igual que el anterior no contempla la retroalimentación dada por el cliente, puesto que el presente proyecto no tiene este rol como uno de los participantes involucrados en el desarrollo del software. De modo que los cambios que puede sufrir el software posterior a su desarrollo son el producto de errores identificados en la realización de pruebas funcionales y no funcionales. De igual manera, sólo se contempla la actualización o implementación de características en el software si y sólo si se requiere de algún modelo u librería que afecta directamente el rendimiento y la funcionalidad de este.

5.4 REQUERIMIENTOS

A partir de los objetivos del proyecto y lo estipulado en el resumen y planteamiento del problema, se formuló la siguiente lista de requerimientos:

Cuadro 4. Requerimientos funcionales y no funcionales

Identificador	Nombre
RF01	El sistema permite autenticar usuarios (Login)
RF02	El sistema permite registrar usuarios (Sign In)
RF03	El sistema debe permitir registrar un inventario inicial
RF04	El sistema permite registrar entradas y salidas de productos al inventario
RF05	El sistema permite verificar la disponibilidad de productos en el inventario
RF06	El sistema podrá entregar reportes de inventario
RF07	El sistema permite realizar un cálculo prospectivo para proponer el nivel de inventario futuro
RNF01	Disponibilidad del sistema en los horarios requeridos
RNF02	Realizar mantenimiento al sistema fuera de los horarios de producción

Fuente: Los autores.

5.5 DISEÑO DEL PROTOTIPO

5.5.1 Casos de uso

Estos diagramas se elaboraron con el propósito de especificar el comportamiento de las diferentes interfaces presentes del prototipo de software con el usuario. Del mismo modo, los diagramas de caso de uso permiten comprender cómo se comportan los requerimientos frente a los posibles eventos que se producen. A continuación, se presenta la correspondiente identificación de actores del sistema.

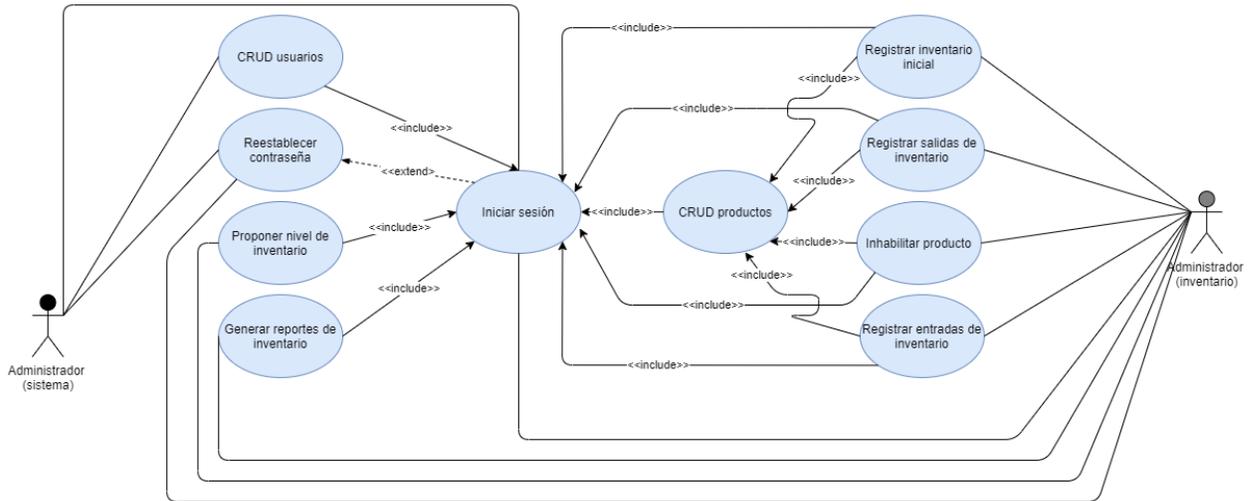
5.5.1.1 Actores identificados

- Administrador (inventario)
- Administrador (sistema)

5.5.1.2 Diagrama de caso de uso

- Sistema

Figura 14 Diagrama casos de uso



Fuente: los autores

Cuadro 5. Casos de uso

N°	Caso de Uso	Incluye	Extiende	Actor(es)
1	Iniciar sesión		5	Administrador (inventario), Administrador (sistema)
2	CRUD usuarios	1		Administrador (sistema)
3	CRUD productos	1		Administrador (inventario)
4	Inhabilitar productos de inventario	1,2		Administrador (inventario)
5	Reestablecer contraseña			Administrador (inventario) - Administrador (sistema)
6	Registrar inventario inicial	1, 2		Administrador (inventario)
7	Registrar entradas de inventario	1, 2		Administrador (inventario)
8	Registrar salidas de inventario	1, 2		Administrador (inventario)
9	Proponer el nivel de inventario futuro	1		Administrador (inventario)
10	Generar reportes de inventario	1		Administrador (inventario)

Fuente: Los autores

5.5.2 Descripción de Casos de uso

A continuación, se abordará detalladamente cada uno de los casos de uso

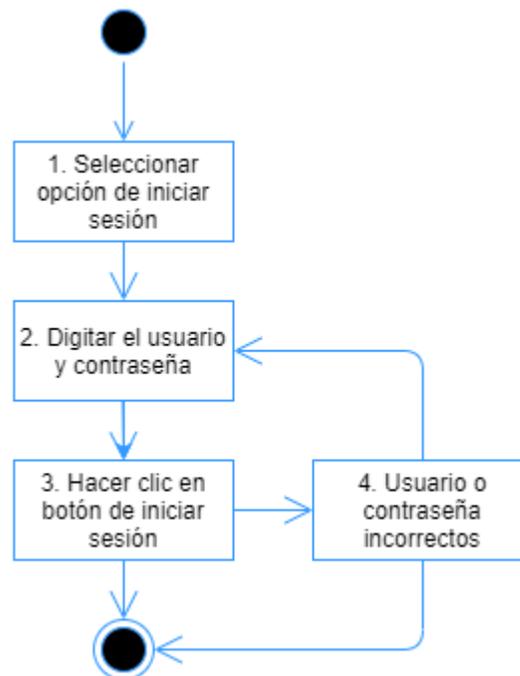
5.5.2.1 Iniciar sesión

Actores

Administrador (inventario).

Administrador (sistema).

Figura 15 Diagrama de actividad iniciar sesión



Fuente: Los autores

Flujo básico:

1. El usuario ingresa a la página de iniciar sesión
2. Se escribe el usuario y contraseña
3. Se hace clic en el botón de iniciar sesión

Flujos alternativos:

En el paso 3:

4. El usuario ingresa un usuario o contraseña incorrectos, por lo tanto, puede regresar al paso 2 para volver a ingresar esos datos y así intentar iniciar sesión de nuevo.

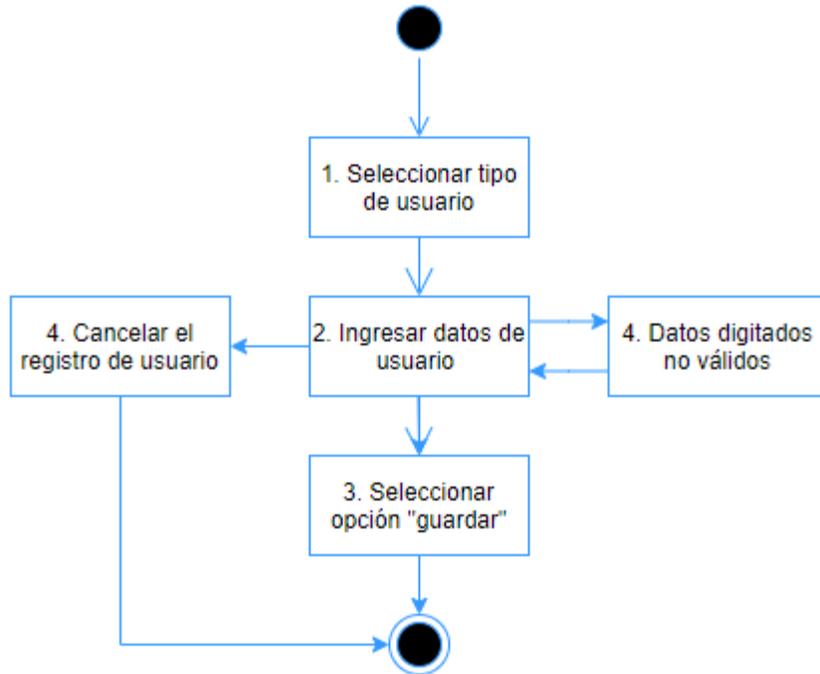
4. El usuario digita un usuario o contraseña incorrectos, por lo tanto, el proceso de iniciar sesión se da por terminado.

5.5.2.2 Registrar-crear usuarios

Actores

Administrador (sistema)

Figura 16 Diagrama de actividad registrar usuarios



Fuente: Los autores

Flujo básico:

1. El administrador del sistema selecciona el tipo de usuario que va a registrar dependiendo del rol.
2. Se escriben los datos del usuario como el usuario, contraseña, entre otros.
3. Se hace clic en guardar y finaliza el proceso de registro.

Flujos Alternativos:

En el paso 2:

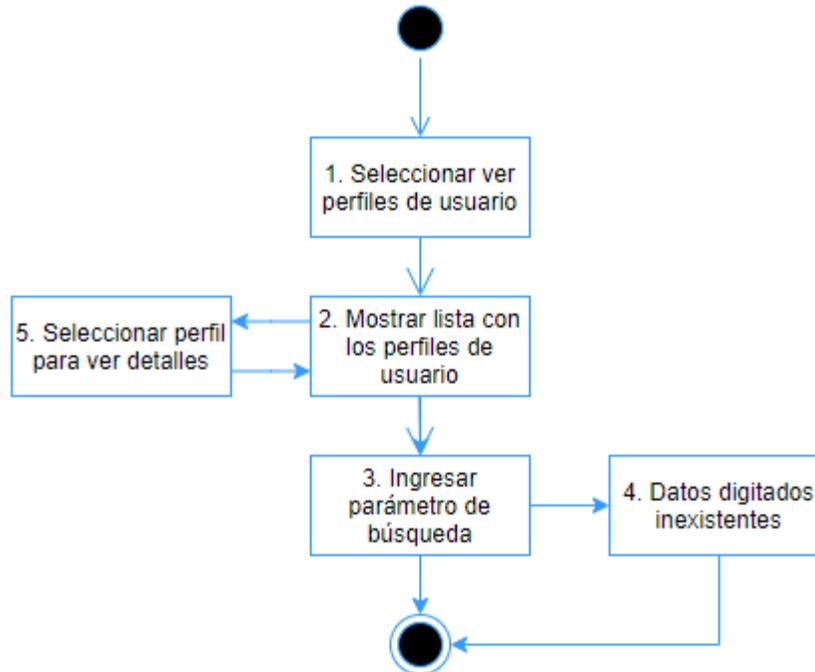
4. El administrador del sistema escribe un valor incorrecto del usuario que está registrando.
5. El administrador decide cancelar el registro de usuario. No se guardan los cambios y finaliza el proceso

5.5.2.3 Visualizar perfiles de usuario

Actores

Administrador (sistema)

Figura 17 Diagrama de actividad visualizar usuarios



Fuente: Los autores

Flujo básico:

1. El administrador hace clic en la opción de visualizar perfiles de usuario.
2. Se visualiza en pantalla una lista con los perfiles de usuario existentes
3. El administrador ingresa un parámetro de búsqueda con los datos del usuario a visualizar.

Flujos Alternativos:

Después del paso 3:

4. El administrador digitó algún parámetro de búsqueda con el que ningún perfil cumplía por lo cual se da por finalizado el proceso.

Después del paso 2:

5. El administrador puede seleccionar un perfil de usuario en específico para ver sus detalles.
6. El administrador regresa a ver la lista de perfiles después de visualizar los detalles de un perfil determinado.

5.5.2.4 Modificar usuarios

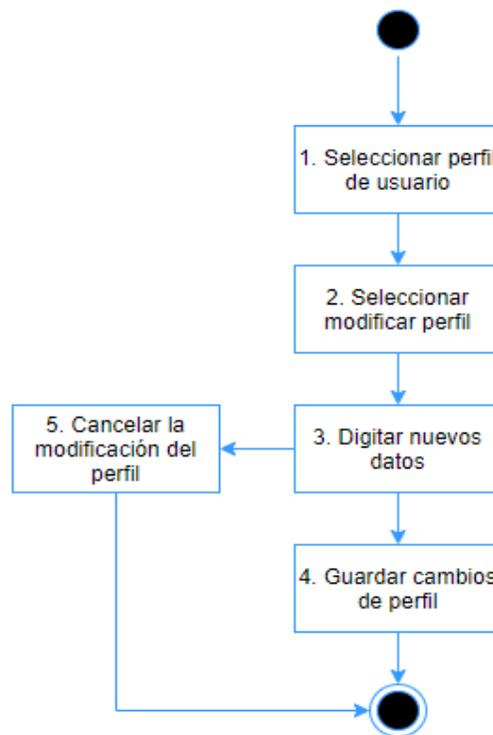
Actores

Administrador (sistema)

Precondiciones:

El administrador debe haber ingresado al caso de uso “visualizar perfiles de usuario” para que este sea llamado.

Figura 18 Diagrama de actividad modificar usuarios



Fuente: Los autores

Flujo básico:

1. El administrador selecciona un perfil de usuario.
2. El administrador del sistema selecciona la opción de modificar usuarios.
3. Se digitan los nuevos datos del perfil de usuario.
4. Se hace clic en el botón guardar.

Flujos Alternativos:

En el paso 3:

5. El administrador decide cancelar el proceso de modificación de los datos y salir de la pantalla sin guardar los cambios realizados al perfil.

5.5.2.5 Inhabilitar usuarios

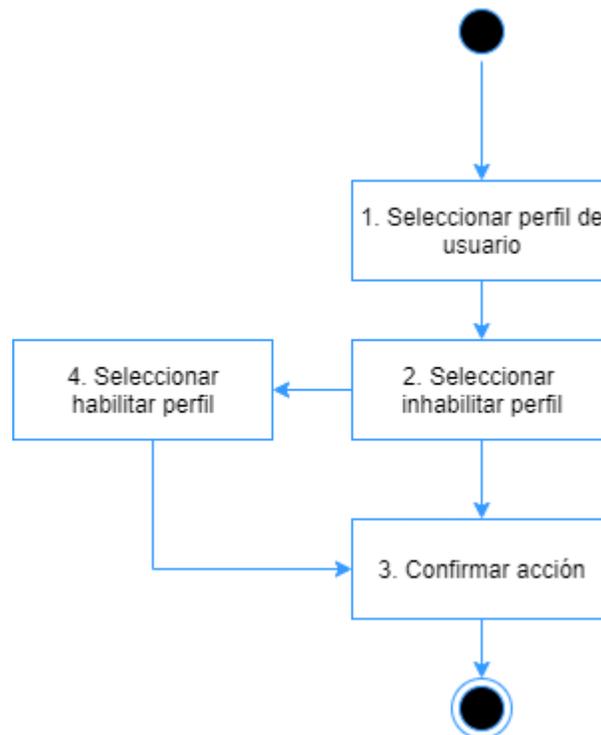
Actores

Administrador (sistema)

Precondiciones:

El usuario debe haber ingresado al caso de uso “visualizar perfiles de usuario” para que este sea llamado.

Figura 19 Diagrama de actividad inhabilitar usuario



Fuente: Los autores

Flujo principal:

1. El administrador hace clic en un perfil de usuario
2. Se selecciona la opción “inhabilitar perfil de usuario”
3. Se confirma la acción de perfil cambiado.

Flujos Alternativos:

En el paso 3:

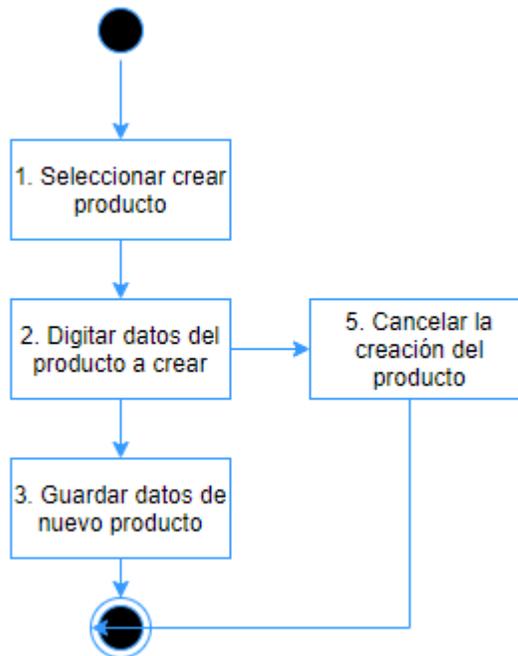
4. Se selecciona la opción “habilitar perfil de usuario”

5.5.2.6 Crear producto

Actores

Administrador (inventario)

Figura 20 Diagrama de actividad crear producto



Fuente: Los autores

Flujo básico:

1. El administrador selecciona la opción de crear productos.
2. Se escriben los datos referentes al producto.
3. Se hace clic en guardar o crear producto y finaliza el proceso de creación.

Flujos Alternativos:

En el paso 2:

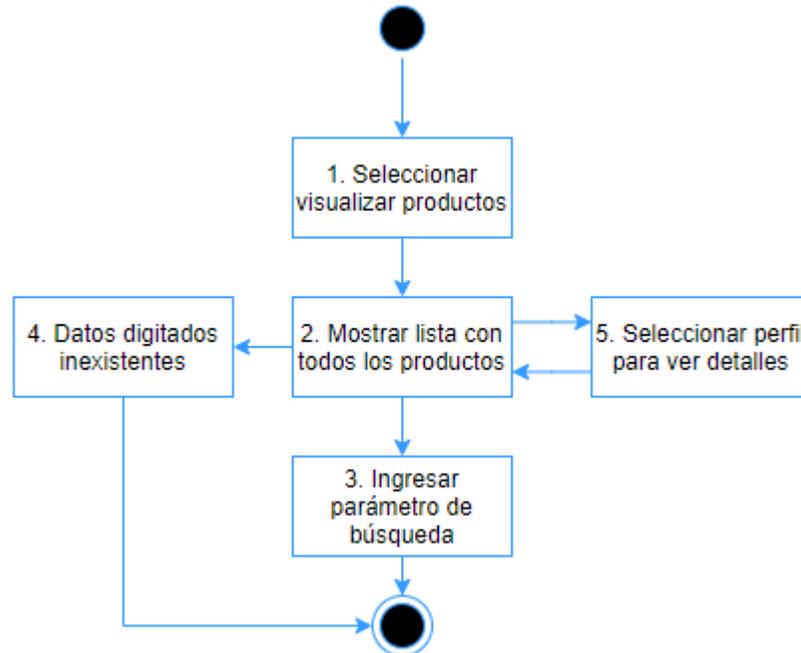
4. El administrador decide cancelar el proceso de creación del producto y salir sin guardar los cambios realizados al producto.

5.5.2.7 Visualizar producto

Actores

Administrador (inventario)

Figura 21 Diagrama de actividad visualizar producto



Fuente: Los autores

Flujo básico:

1. El administrador selecciona la opción de visualizar productos.
2. Se muestra en la pantalla una lista con todos los productos.
3. El administrador ingresa un parámetro de búsqueda con los datos del producto a visualizar.

Flujos Alternativos:

Después del paso 3:

4. El administrador digitó algún parámetro de búsqueda con el cual ningún producto cumplía por lo que se da por finalizado el proceso.

Después del paso 2:

5. El administrador puede seleccionar un producto en concreto para ver sus detalles.
 - El administrador vuelve a la lista de productos después de ver los detalles de un producto.

5.5.2.8 Modificar productos

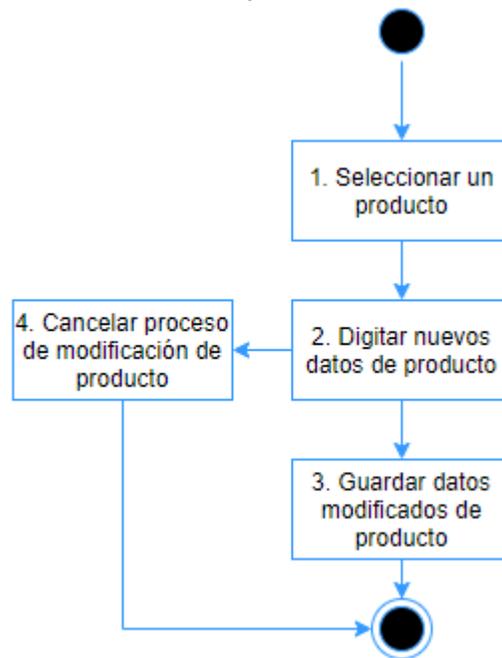
Actores

Administrador (inventario)

Precondiciones:

El usuario debe haber ingresado al caso de uso “visualizar productos” para que este sea llamado.

Figura 22 Diagrama de actividad modificar productos



Fuente: Los autores

Flujo básico:

1. El administrador selecciona un producto para modificar.
2. Se digitan los nuevos datos del producto.
3. Se hace clic en el botón guardar.

Flujos Alternativos:

En el paso 2:

4. El administrador decide cancelar el proceso de modificación de los datos y salir sin guardar los cambios realizados al producto.

5.5.2.9 Inhabilitar productos de inventario

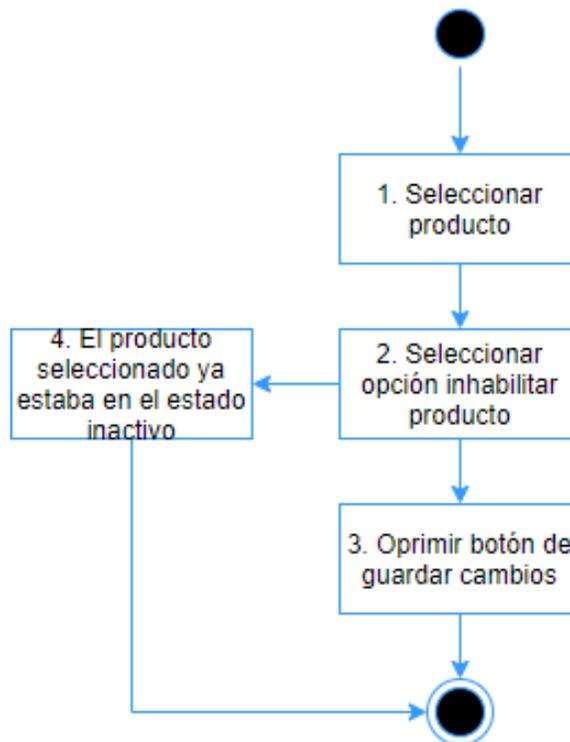
Actores

Administrador (inventario).

Precondiciones:

Este diagrama de actividades parte del caso de uso “visualizar producto”

Figura 23 Diagrama de actividad inhabilitar productos de inventario



Fuente: Los autores

Flujo principal:

1. El administrador selecciona determinado producto
2. Se selecciona la opción “inhabilitar producto”
3. Se oprime el botón de guardar cambios realizados al producto.

Flujos Alternativos:

En el paso 2:

4. El administrador selecciona la opción de inhabilitar producto, pero el producto ya se encontraba inhabilitado por lo que el proceso se da por finalizado.

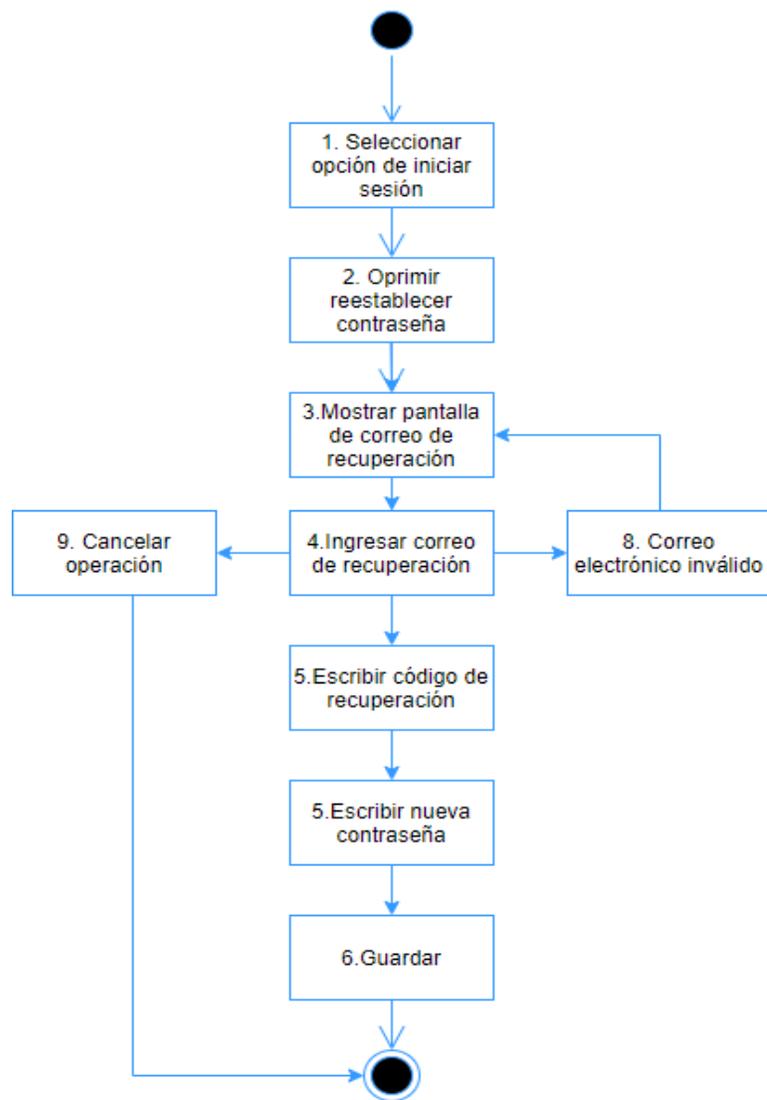
5.5.2.10 Reestablecer contraseña

Actores

Administrador (inventario).

Administrador (sistema).

Figura 24 Diagrama de actividad reestablecer contraseña



Fuente: Los autores

Flujo básico:

1. El usuario ingresa a la página de iniciar sesión
2. Oprime en la opción de reestablecer contraseña.
3. En la pantalla se pide el correo electrónico de recuperación.
4. El usuario escribe el correo electrónico de recuperación.
5. Se redirige a una pantalla para escribir el código de recuperación.
6. Se digita una nueva contraseña.
7. Se oprime guardar la nueva contraseña

Flujos alternativos:

En el paso 4:

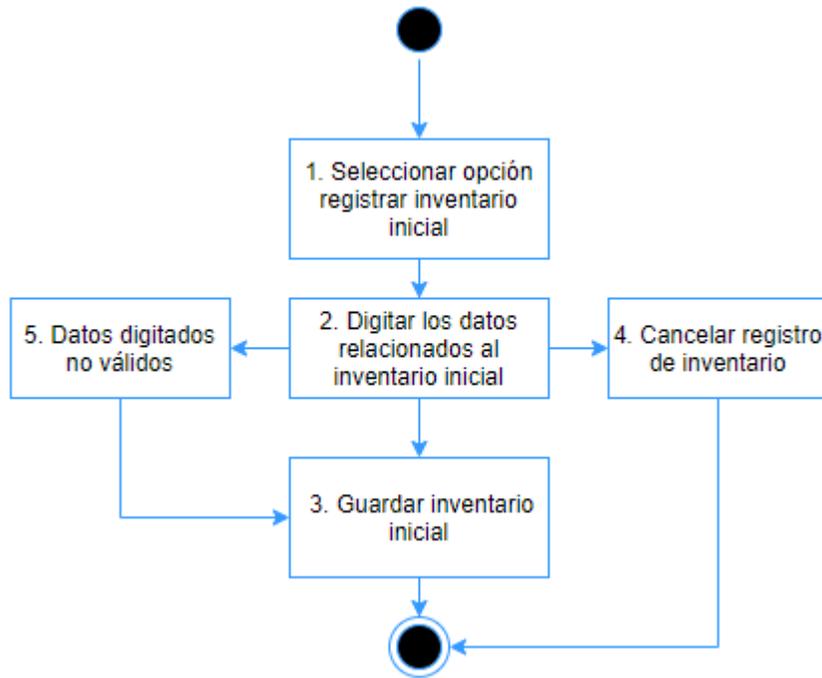
8. El usuario ingresa un correo electrónico inválido.
9. El usuario decide cancelar la operación de reestablecer contraseña.

5.5.2.11 Registrar inventario inicial

Actores

Administrador (inventario).

Figura 25 Diagrama de actividad registrar inventario inicial



Fuente: Los autores

Flujo principal:

1. El administrador selecciona la opción de registrar inventario inicial.
2. El administrador digita los datos relacionados al inventario a registrar
3. El administrador oprime en guardar el inventario inicial

Flujos Alternativos:

En el paso 2:

4. El administrador decide cancelar el registro de inventario inicial sin guardar los cambios realizados, por lo que se da por finalizado el proceso.
5. El administrador digitó incorrectamente alguno de los datos. En este caso se dará por finalizado el proceso.

5.5.2.12 Registrar entradas de inventario

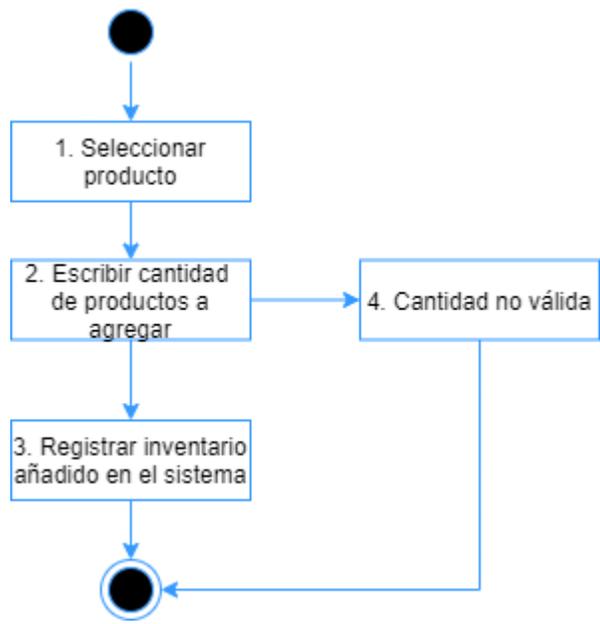
Actores

Administrador (inventario).

Precondiciones

Antes de realizar una entrada de inventario se debió haber realizado un registro inicial de inventario.

Figura 26 Diagrama de actividad registrar entradas de inventario



Fuente: Los autores

Flujo principal:

1. El administrador selecciona un producto para añadir al inventario
2. El administrador escribe las unidades que se pretenden agregar al inventario
3. Se registra el inventario añadido en el sistema

Flujos Alternativos:

En el paso 2:

4. El administrador digita una cantidad inválida de productos.

5.5.2.13 Registrar salidas de inventario

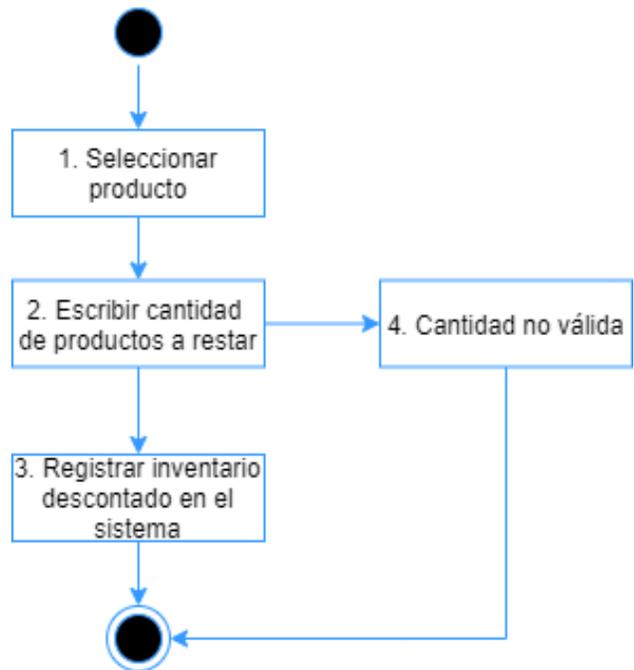
Actores

Administrador (inventario).

Precondiciones

Antes de realizar una entrada de inventario se debió haber realizado un registro inicial de inventario.

Figura 27 Diagrama de actividad registrar salidas de inventario



Fuente: Los autores

Flujo principal:

- 5. El administrador selecciona un producto para restar-descontar al inventario
- 6. El administrador escribe las unidades que se pretenden restar al inventario
- 7. Se registra el inventario descontado en el sistema

Flujos Alternativos:

En el paso 2:

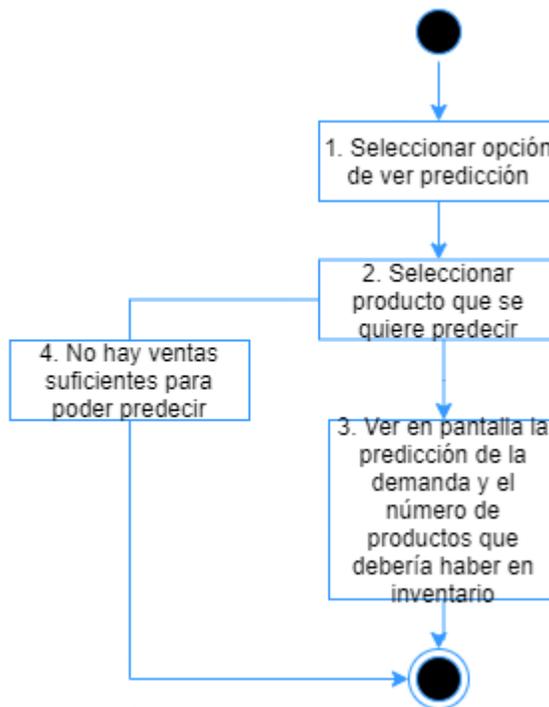
- 8. El administrador digita una cantidad inválida de productos.

5.5.2.14 Proponer el nivel de demanda futura

Actores

Administrador (inventario).

Figura 28 Diagrama de actividad proponer la demanda futura



Fuente: Los autores

Flujo principal:

- 1. El usuario selecciona la opción de ver predicción.
- 2. Se selecciona el producto que se quiere predecir.

3. Se muestra en pantalla la predicción de la demanda para determinado producto y el número de unidades que debería haber en inventario.

Flujos Alternativos:

En el paso 2:

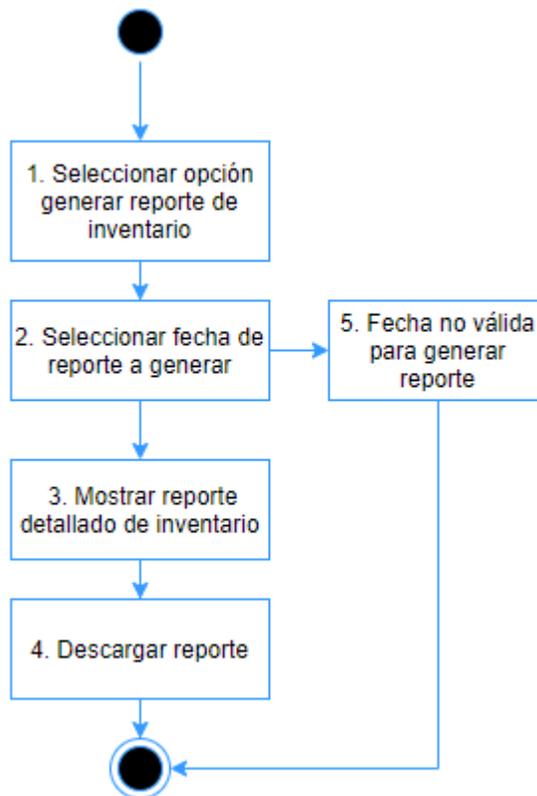
4. En el caso en el que no existan suficientes datos de movimientos de inventario relacionados a las ventas para predecir la demanda de manera adecuada y con base en eso determinar el el número de unidades que debería haber en inventario.

5.5.2.15 Generar reportes de inventario

Actores

Administrador (inventario).

Figura 29 Diagrama de actividad generar reportes de inventario



Fuente: Los autores

Flujo principal:

1. El administrador selecciona la opción de generar reporte de inventario.
2. El administrador selecciona la fecha de la que quiere generar el reporte.
3. El administrador muestra un reporte detallado del inventario en la fecha escogida.
4. El administrador decide descargar reporte.

Flujos Alternativos:

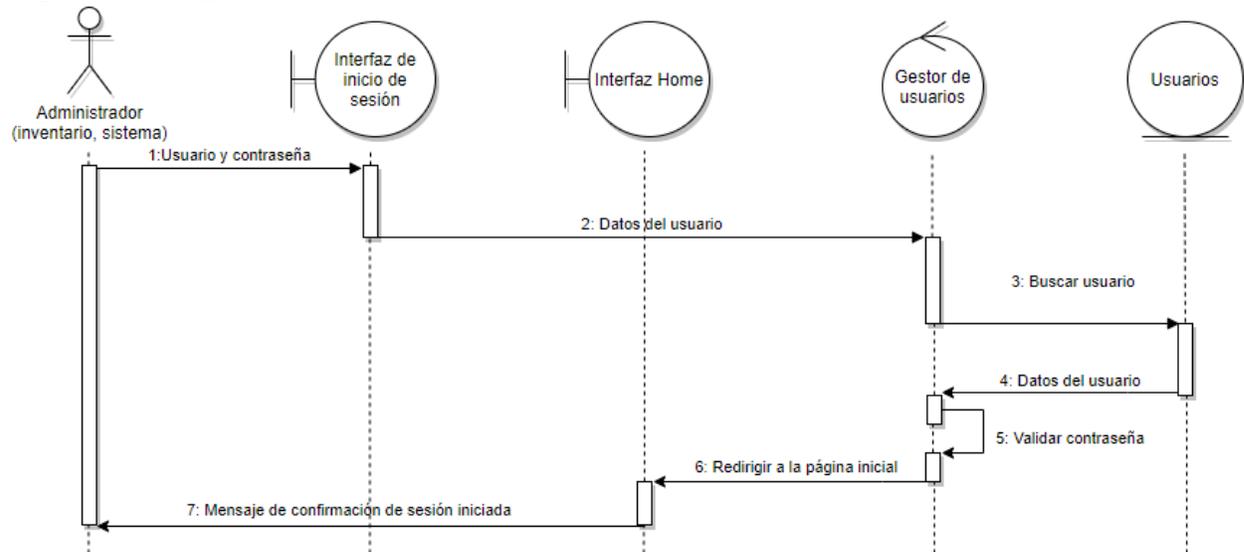
5. El administrador ingresó una fecha en la que no existen reportes de inventario.

5.5.3 Diagramas de secuencia

Ya obtenido un concepto amplio de las actividades que realizarán los usuarios en el sistema, se decidió elaborar diagramas de secuencia que permitieran detallar la implementación de estos procesos en la plataforma, como se ve a continuación:

5.5.3.1 Iniciar Sesión

Figura 30 Diagrama de secuencia iniciar sesión

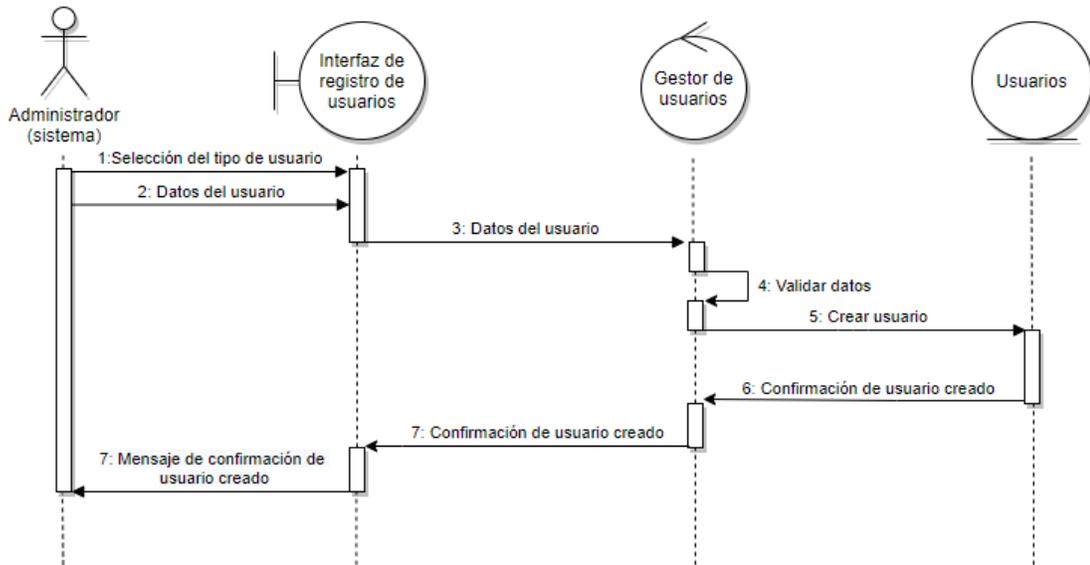


Fuente: Los autores

En esta interfaz relacionada con el inicio de sesión, el administrador (de sistema y de inventario) escribe sus datos (usuario y contraseña). Los datos son enviados al gestor de usuario, en donde se validará el usuario en cuestión con la tabla de usuarios. En el momento en el que se validen los datos del usuario, este será redirigido a la página inicial del sistema confirmando el inicio de sesión satisfactorio.

5.5.3.2 Registrar usuario

Figura 31 Diagrama de secuencia registrar usuario

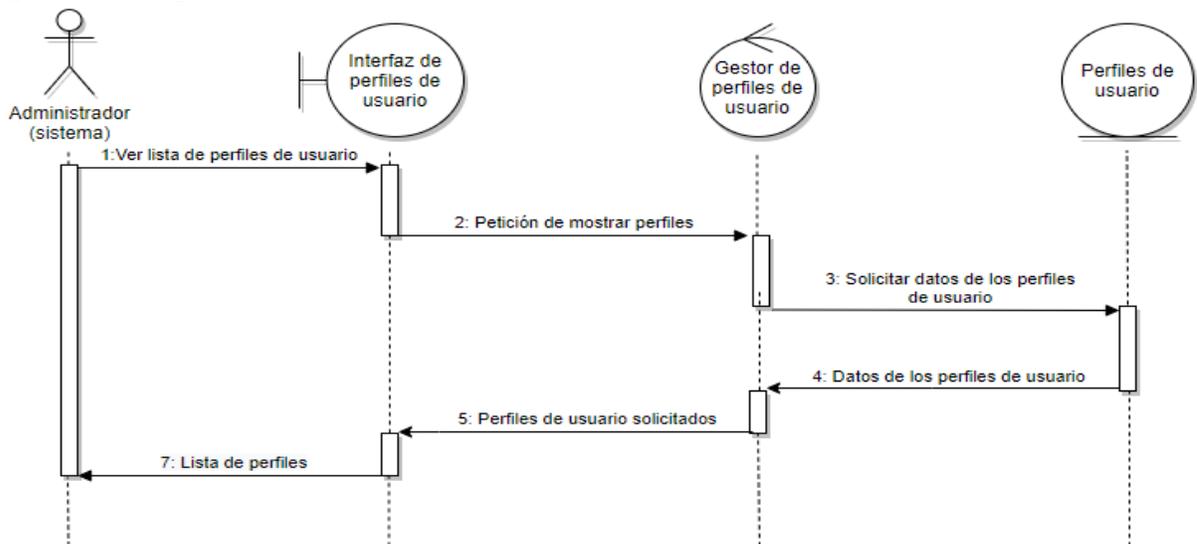


Fuente: Los autores

Para el registro de usuarios, en la interfaz se selecciona el tipo de usuario y se digitan los datos de usuario. En el gestor de usuarios dicha información es validada con el fin de evitar datos erróneos para posteriormente registrarlos de manera satisfactoria y mostrar un mensaje de confirmación de usuario creado.

5.5.3.3 Visualizar perfiles de usuario

Figura 32 Diagrama de secuencia visualizar perfiles de usuario

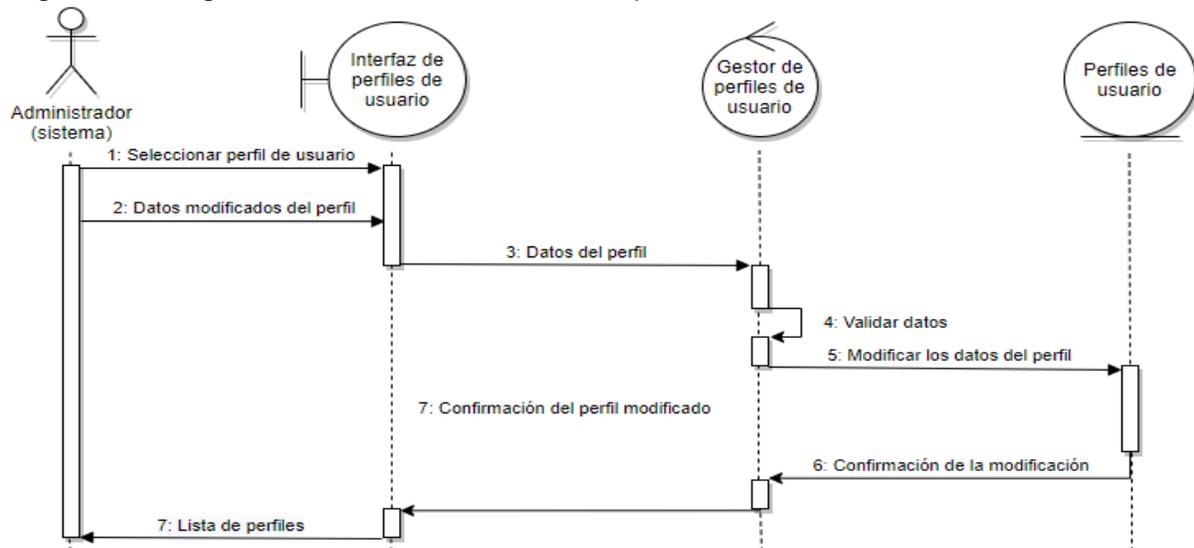


Fuente: Los autores

Con el fin de visualizar los perfiles de usuario, se debe seleccionar la opción de “visualizar perfiles de usuario”, allí el gestor de perfiles de usuario hace una petición solicitando los datos de los perfiles de usuario a la tabla relacionada a los perfiles. Dicha tabla responde con la lista de la información de los perfiles solicitados.

5.5.3.4 *Modificar perfiles de usuario*

Figura 33 Diagrama de secuencia modificar perfiles de usuario

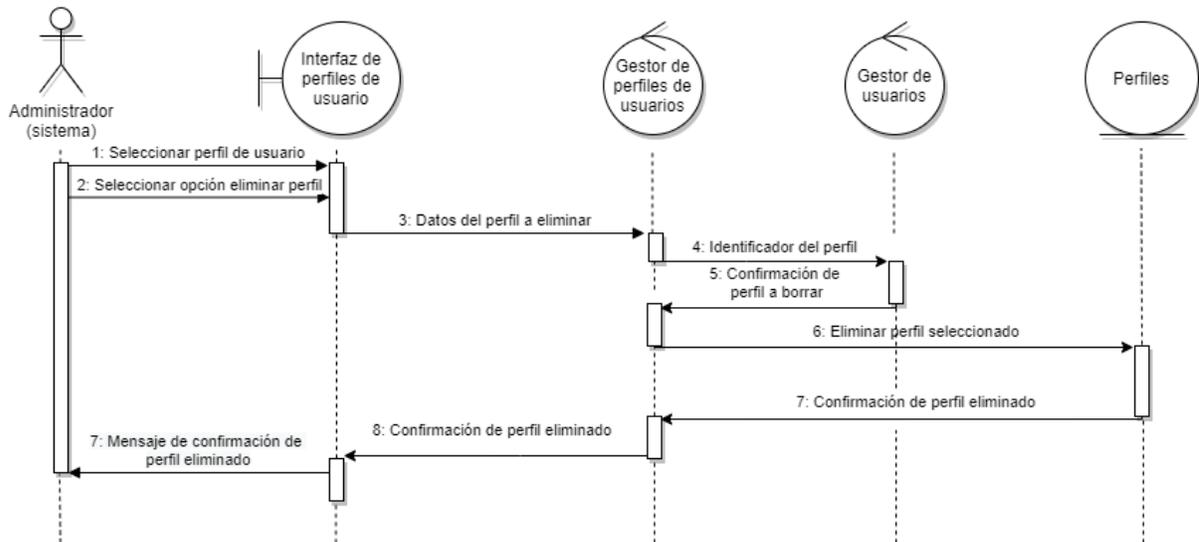


Fuente: Los autores

Al estar en la interfaz que muestra todos los perfiles de usuario, se selecciona un perfil de usuario específico para el ingreso de datos nuevos relacionados al perfil seleccionado. Posteriormente, la información ingresada es validada para evitar datos erróneos y de esta manera modificar la tabla de perfiles. Por último, se muestra un mensaje que permite confirmar la modificación del perfil de manera satisfactoria para posteriormente visualizar la lista de los perfiles de usuario en dónde se ve reflejada la información modificada.

5.5.3.5 *Inhabilitar perfiles de usuario*

Figura 34 Diagrama de secuencia inhabilitar perfiles de usuario

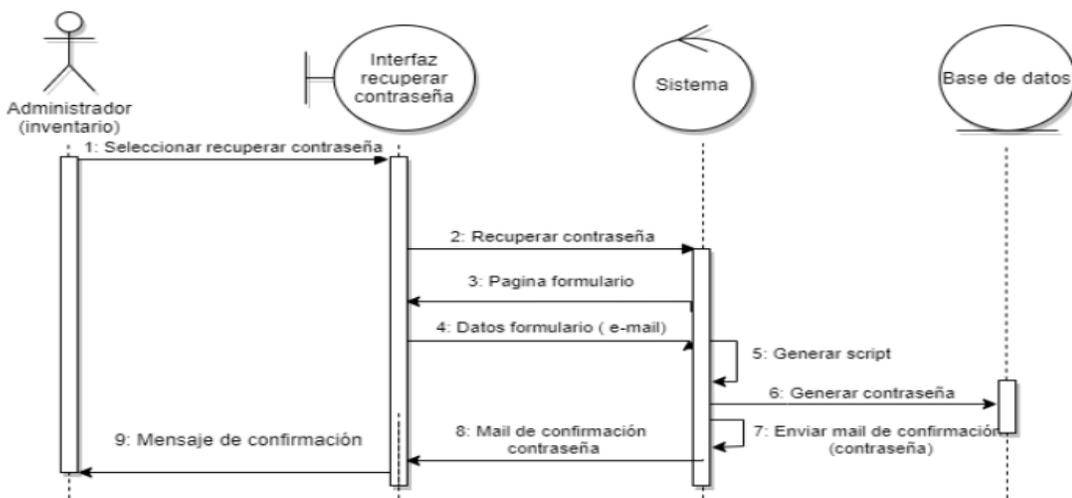


Fuente: Los autores

En la misma interfaz de perfiles usuario, una vez se ha seleccionado el perfil de usuario se selecciona la opción de inhabilitar perfil. Posteriormente se envían los datos del perfil a inhabilitar al gestor de perfiles de usuario. Este gestor envía el identificador del perfil al gestor de usuarios devolviendo la confirmación del perfil que será inhabilitado. Una vez confirmado, el perfil de usuario se inhabilita de la tabla perfiles, para que finalmente se muestre un mensaje confirmando la acción de perfil inhabilitado de manera exitosa.

5.5.3.6 Reestablecer contraseña

Figura 35 Diagrama de secuencia reestablecer contraseña

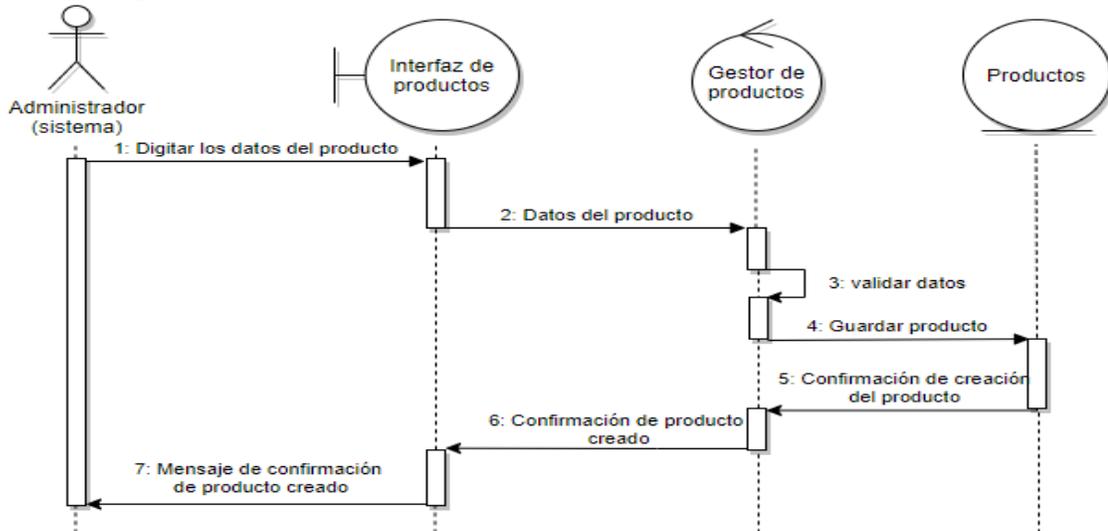


Fuente: Los autores

Una vez seleccionada la opción de recuperar contraseña se envía la petición al sistema, en la que devuelve un formulario solicitando datos como el correo o e-mail de recuperación. Una vez finalizado este proceso, el sistema genera una contraseña para guardarla en la base de datos y posteriormente enviar al usuario un correo de confirmación de contraseña generada y cambiada satisfactoriamente.

5.5.3.7 Crear producto

Figura 36 Diagrama de secuencia crear producto

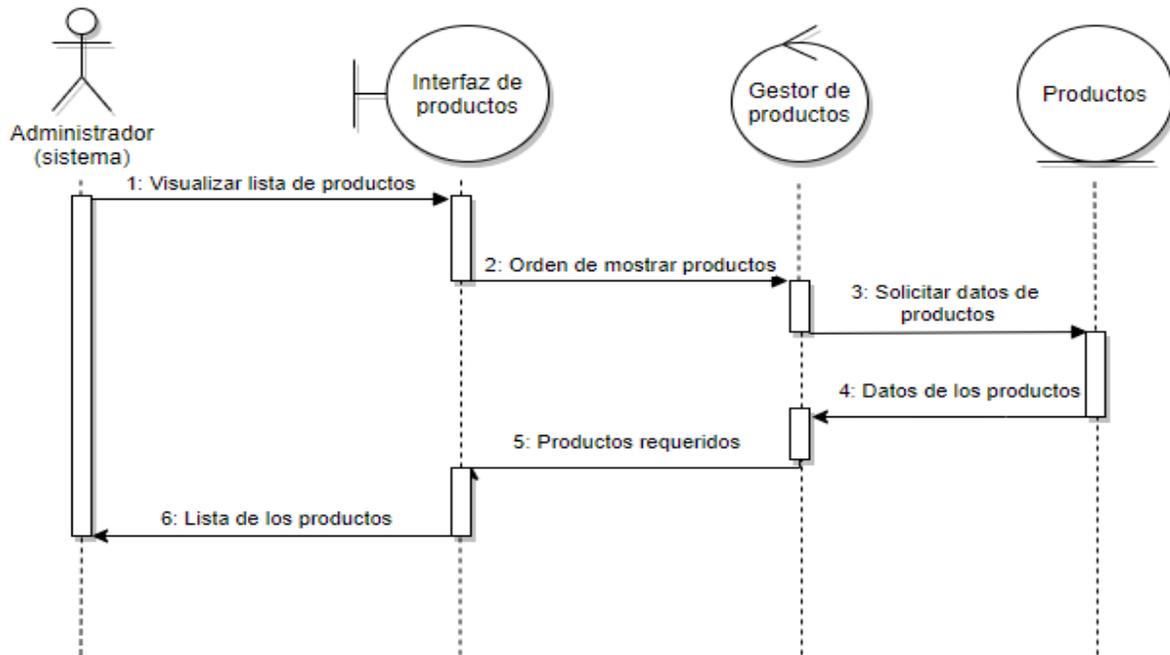


Fuente: Los autores

En la interfaz de productos se escriben los datos del producto a crear para enviarlos al gestor de productos. Allí la información se valida para evitar datos erróneos. Por último, los datos del nuevo producto son guardados en la tabla de productos para que posteriormente se confirme la creación por medio de un mensaje de confirmación.

5.5.3.8 Visualizar producto

Figura 37 Diagrama de secuencia visualizar producto

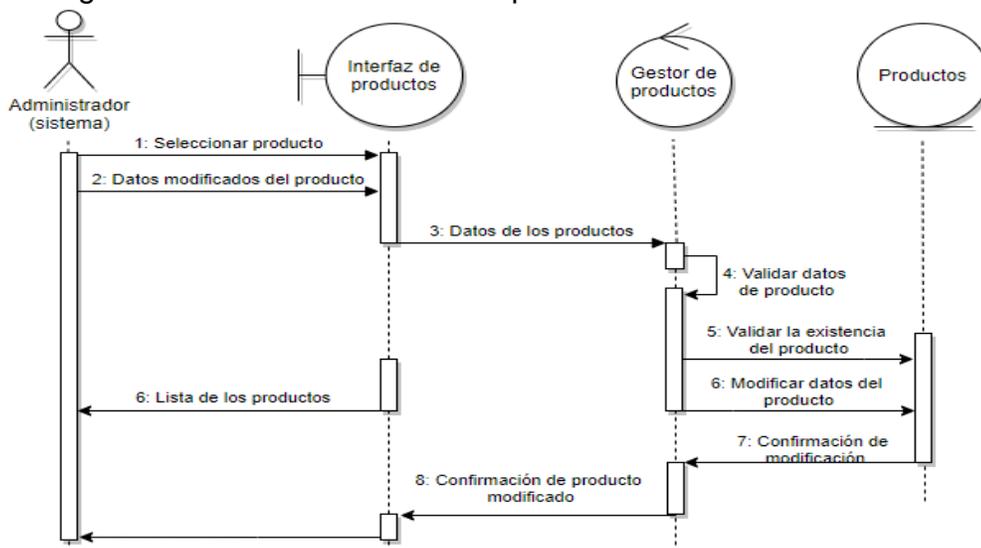


Fuente: Los autores

En la interfaz de productos se selecciona la opción que permite visualizar la lista de productos, es por eso por lo que el gestor solicita a la tabla de productos la lista con los datos de los productos y así poder visualizar su información.

5.5.3.9 Modificar producto

Figura 38 Diagrama de secuencia modificar producto

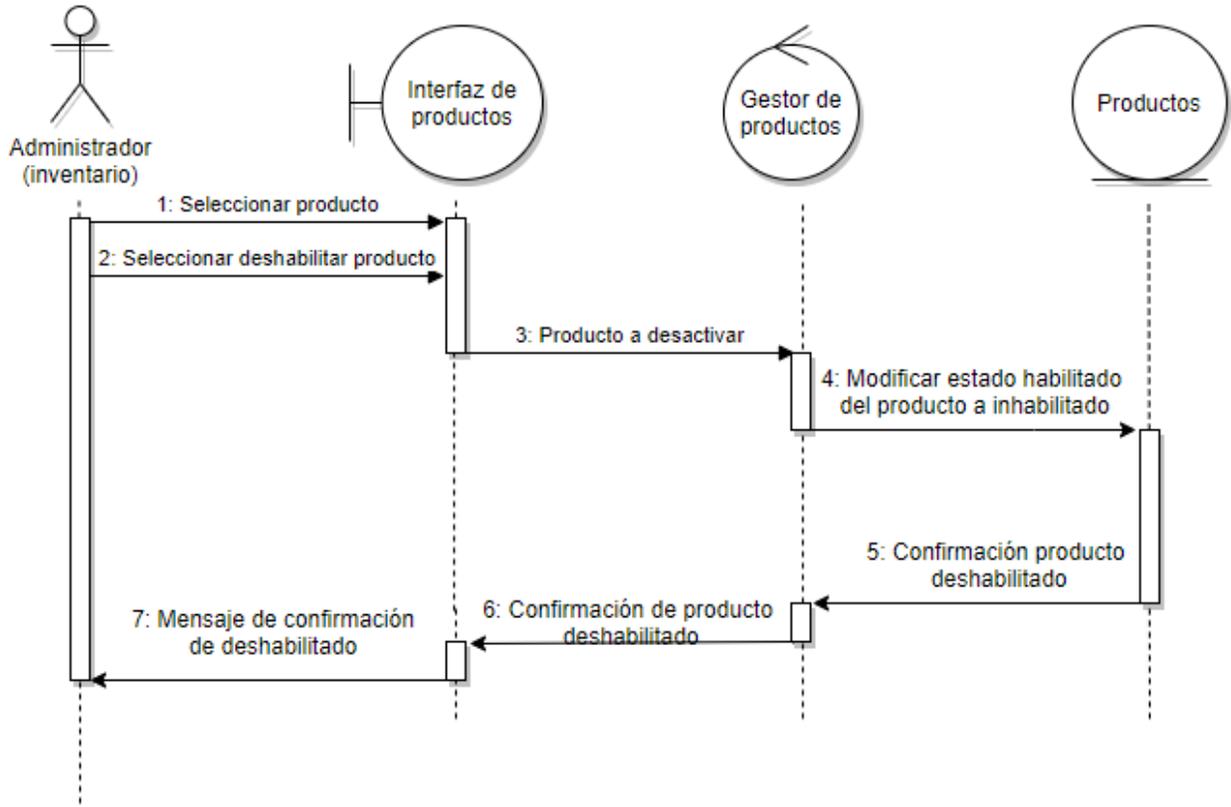


Fuente: Los autores

En la interfaz de productos se selecciona el producto para ingresar los datos modificados del producto. Estos datos son enviados al gestor de productos para que la información sea validada. Seguidamente, los datos del producto son modificados en la tabla de productos y por último, se envía un mensaje que permite confirmar la modificación de los productos de manera exitosa.

5.5.3.10 Inhabilitar producto

Figura 39 Diagrama de secuencia inhabilitar producto

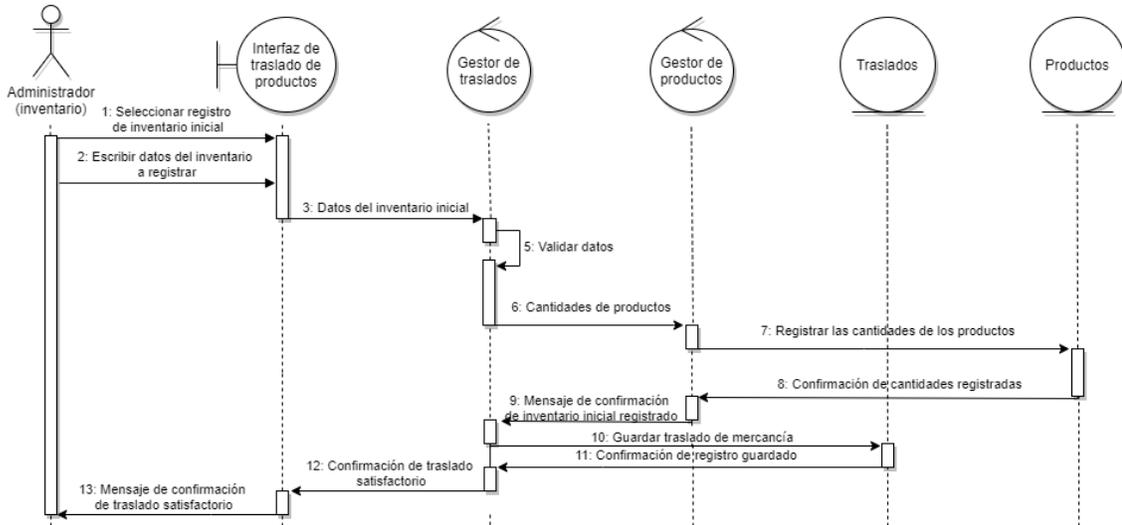


Fuente: Los autores

En la interfaz de productos se selecciona la opción que permite visualizar todos los productos. Allí se selecciona un producto para que se escoja la opción “inhabilitar producto”. Los datos del producto a inhabilitar se envían al gestor de productos para que este modifique el estado de habilitado a inhabilitado en la tabla de productos. Para finalizar el proceso, se envía un mensaje que permite confirmar el proceso realizado.

5.5.3.11 Registrar inventario inicial

Figura 40 Diagrama de secuencia registrar inventario inicial

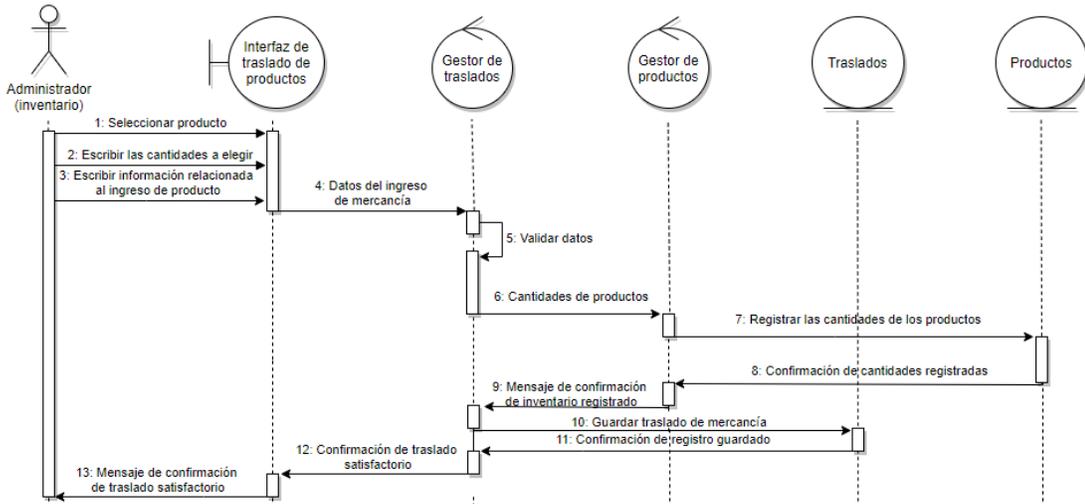


Fuente: Los autores

En la interfaz de traslado de productos se selecciona el producto y se digita la cantidad inicial del producto. Posteriormente el gestor de traslados valida los valores ingresados para evitar datos erróneos y así poder enviar dichos datos a la tabla de productos y guardarlos. Por último, se muestra un mensaje de confirmación que permite saber que las cantidades iniciales de producto han sido guardadas satisfactoriamente.

5.5.3.12 Registrar entradas

Figura 41 Diagrama de secuencia registrar entradas de inventario

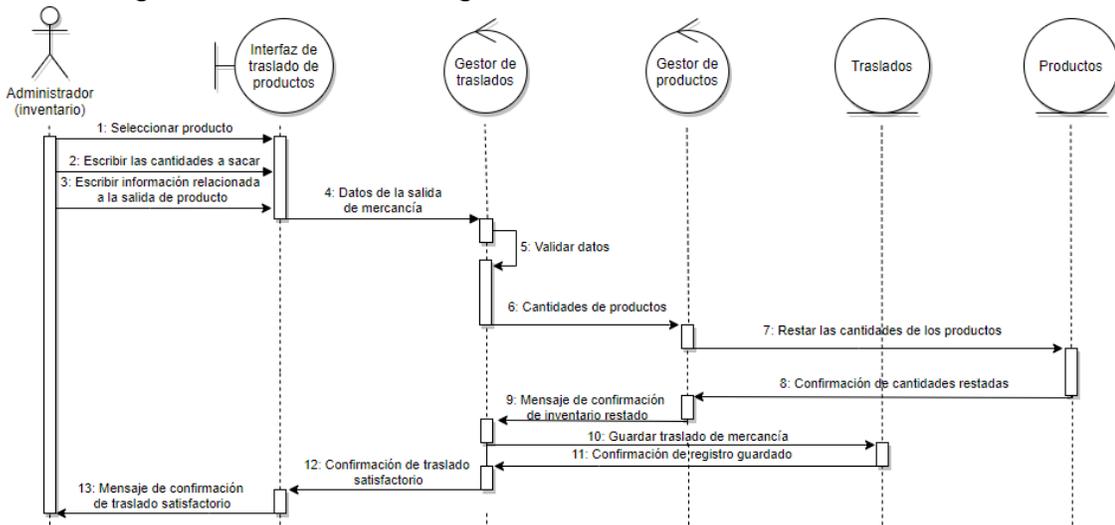


Fuente: Los autores

Para registrar entradas de inventario en la interfaz de traslado de productos se seleccionan los productos y las cantidades que se van a añadir al inventario, para que el gestor de traslados valide toda la información y se envíen las cantidades de productos al gestor de productos agregando todos los productos en la tabla de productos. De esta manera se selecciona la opción de guardar cambios para confirmar el registro de entradas de inventario.

5.5.3.13 Registrar salidas

Figura 42 Diagrama de secuencia registrar salidas de inventario

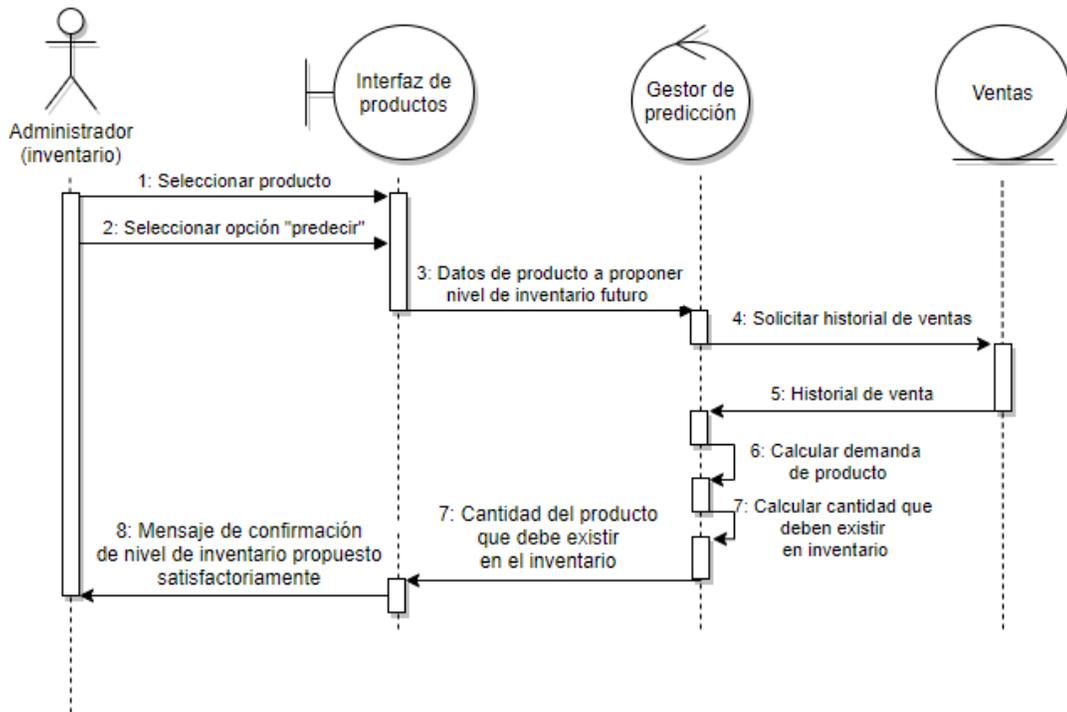


Fuente: Los autores

Para registrar salidas de inventario en la interfaz de traslado de productos se seleccionan los productos y las cantidades que se van a descontar al inventario, para que el gestor de traslados valide toda la información y se envíen las cantidades de productos al gestor de productos restando todos los productos en la tabla de productos. De esta manera se selecciona la opción de guardar cambios para confirmar el registro de salidas de inventario.

5.5.3.14 Proponer demanda futura

Figura 43 Diagrama de secuencia proponer la demanda futura



Fuente: Los autores

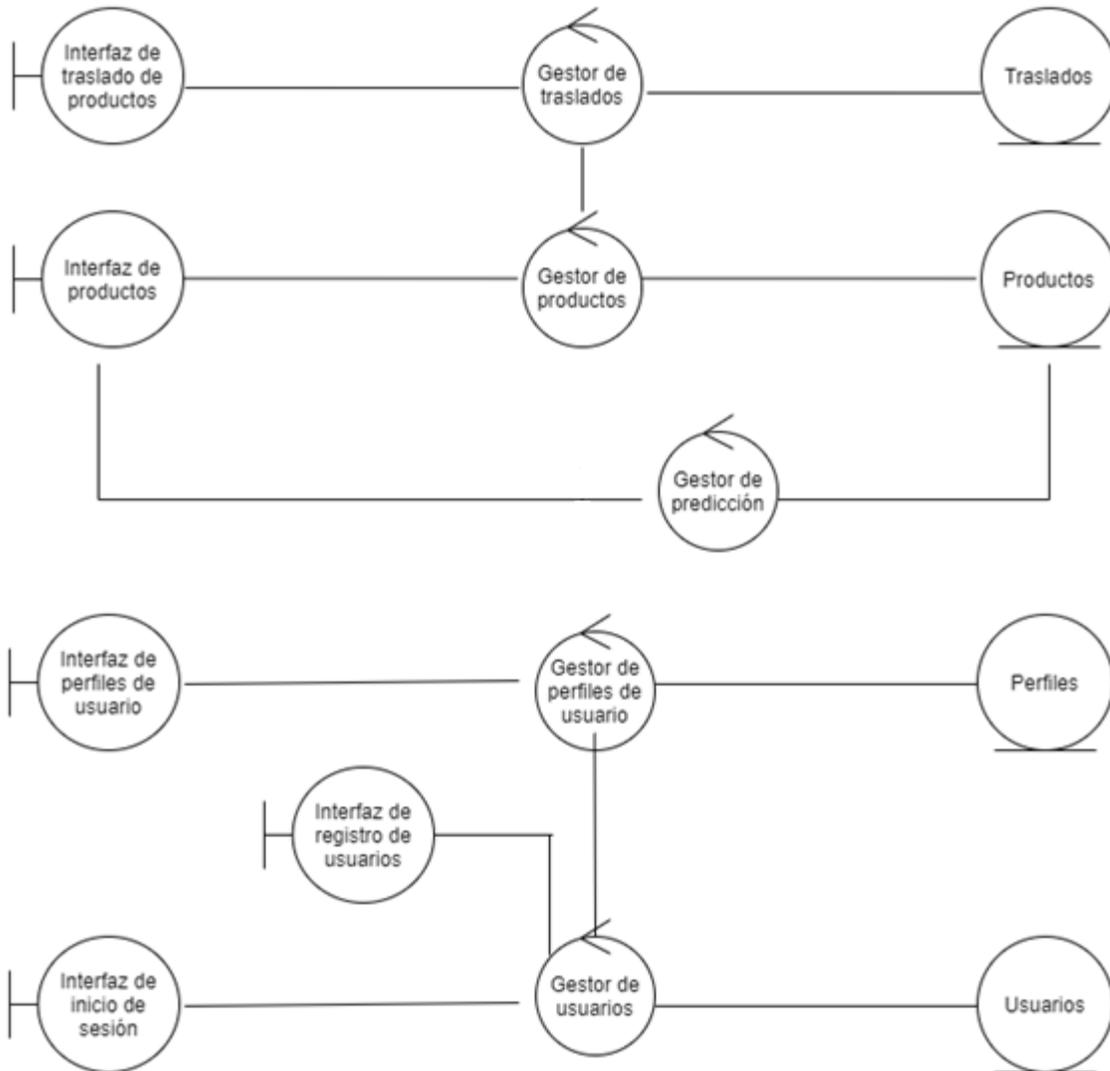
En la interfaz de proponer nivel de inventario futuro se selecciona el producto que se quiere predecir para cumplir con una demanda dada en un determinado tiempo. Seguidamente, se selecciona la opción de predecir, en donde el gestor de predicción solicita a la tabla en la que se encuentran todas las salidas relacionadas a las ventas para el producto requerido inicialmente.

Además, con dichos datos el gestor de predicción estimará la demanda futura por medio de la implementación de la red neuronal utilizada para series de tiempo. Una vez predicha la demanda se aplicará un modelo EOQ para calcular las cantidades óptimas de producto que debería haber en inventario y de esta manera satisfacer la demanda para el mes siguiente.

Ahora bien, una vez elaborados los anteriores diagramas se ha podido evidenciar un funcionamiento más claro acerca del sistema, facilitando la programación de la plataforma.

A continuación, se muestra el diagrama de clases que busca dar a entender de manera compacta todas las interfaces controladores y tablas que estarán en el sistema.

Figura 44 Diagrama de clases



Fuente: Los autores

5.6 DISEÑO DE INTERFACES

Finalmente, con base en el análisis y diseño se dio paso a la realización de una serie de mockups que permiten tener una idea del front-end que tendrá el sistema en su versión definitiva.

Figura 45 Mockup página principal



Fuente: Los autores

Como homepage o página principal de la plataforma, se dispone el siguiente mockup donde está dispuesto un diseño atractivo para presentar al usuario las características del software en cuestión, información detallada respecto a la iniciativa de proyecto y un acceso familiarizado para acceder al aplicativo o bien para efectuar una solicitud de acceso y registro a la plataforma.

Figura 46 Mockup inicio de sesión



The mockup shows a central white card on a light blue background. At the top left of the card is the word "SOFTWARE" in red, followed by a geometric logo of a sphere with connecting lines. Below this is the heading "Iniciar sesión" in bold black text. There are two input fields: "Correo electrónico" and "Contraseña". A dark grey button labeled "Aceptar" is positioned below the fields. At the bottom of the card, there are two links: "¿No tienes cuenta?" and "¿Olvidaste tu contraseña?".

Fuente: Los autores

Después de que el usuario da clic en el botón "Iniciar sesión" ubicado en la pantalla principal, aparecerá la siguiente interfaz en la que el usuario deberá ingresar sus correspondientes credenciales de acceso, o en caso tal efectuar su solicitud de registro en la plataforma o el restablecimiento de su contraseña.

Figura 47 Mockup creación de usuarios

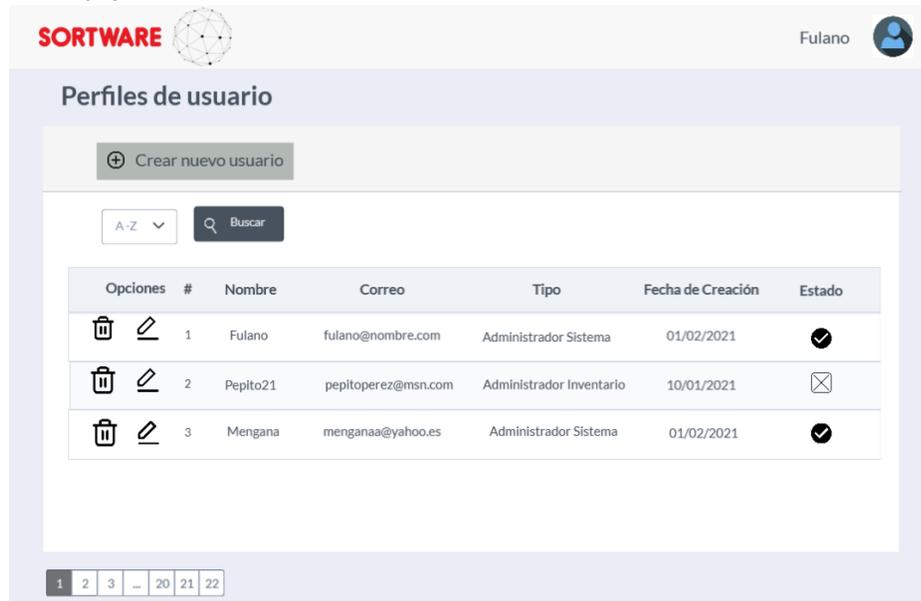


The mockup shows a central white card on a light blue background. At the top left of the card is the word "SOFTWARE" in red, followed by the same geometric logo. Below this is the heading "Registro de usuario" in bold black text. There are four input fields: "Nombre", "Correo electrónico", "Contraseña", and "Repetir contraseña". A dark grey button labeled "Registrarse" is positioned below the fields. At the bottom of the card, there is a link: "Ya tengo una cuenta".

Fuente: Los autores

Este mockup presenta la interfaz correspondiente donde el usuario efectuará la creación de su cuenta, para ello se le solicita ingresar su nombre, una dirección de correo electrónico y contraseña.

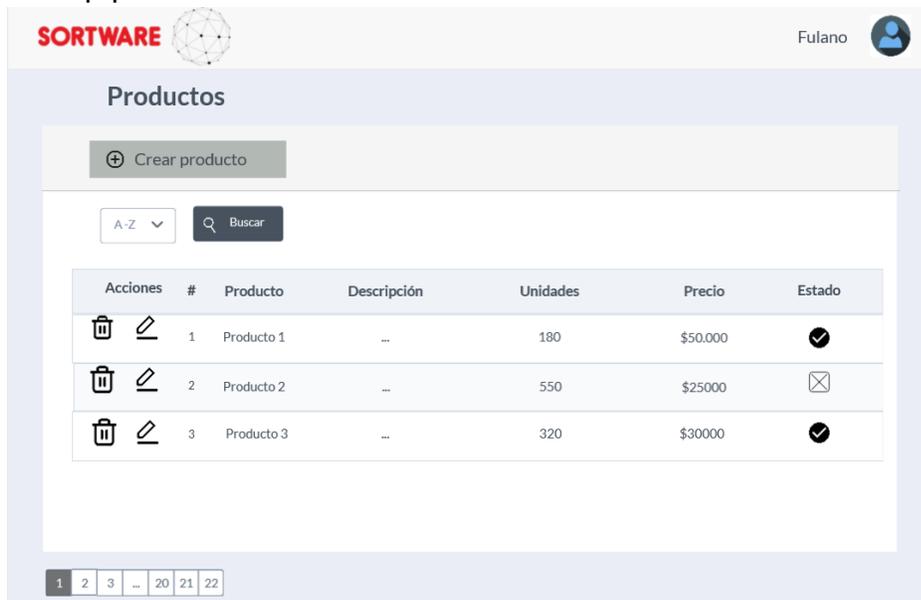
Figura 48 Mockup perfiles de usuario



Fuente: Los autores

En este mockup se presenta el diseño que tendrá la interfaz de 'Perfiles de usuario', donde el administrador del sistema podrá consultar y filtrar el listado de usuarios registrados. Dispone también de una consulta de estado donde el administrador podrá conocer si la cuenta del usuario se encuentra activa en el sistema, así mismo dispondrá de un apartado de opciones en la que podrá editar o eliminar la cuenta.

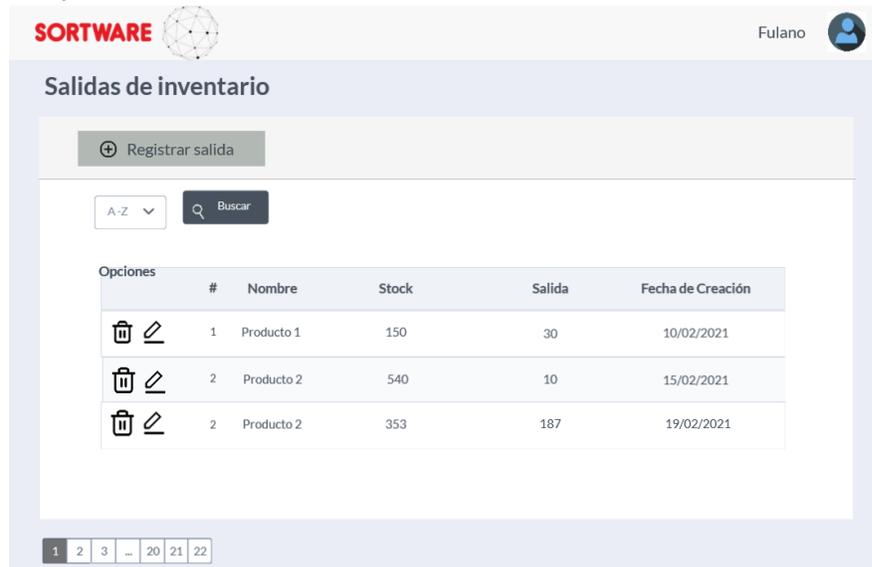
Figura 49 Mockup productos



Fuente: los autores

Este mockup presenta el diseño que tendrá la interfaz del 'Productos' donde el usuario podrá crear, eliminar y modificar productos del inventario, así mismo, tiene la opción de habilitar o deshabilitar los productos, filtrar e indexar el listado de productos.

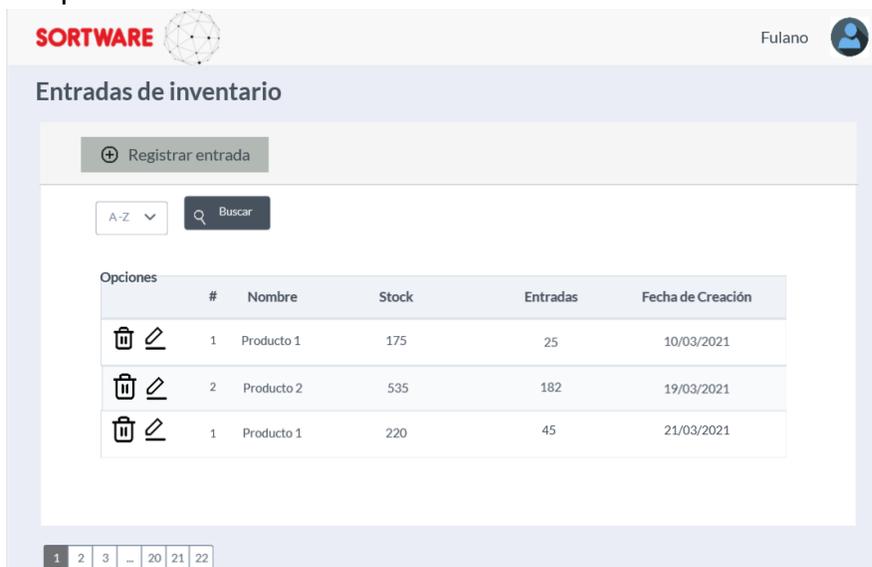
Figura 50 Mockup salidas de inventario



Fuente: los autores

En este mockup se presenta el diseño que tendrá la interfaz de 'Salidas de Inventario' donde el podrá crear, ver y eliminar los registros de salidas de los productos del inventario, por lo que se actualizará automáticamente el stock disponible del producto.

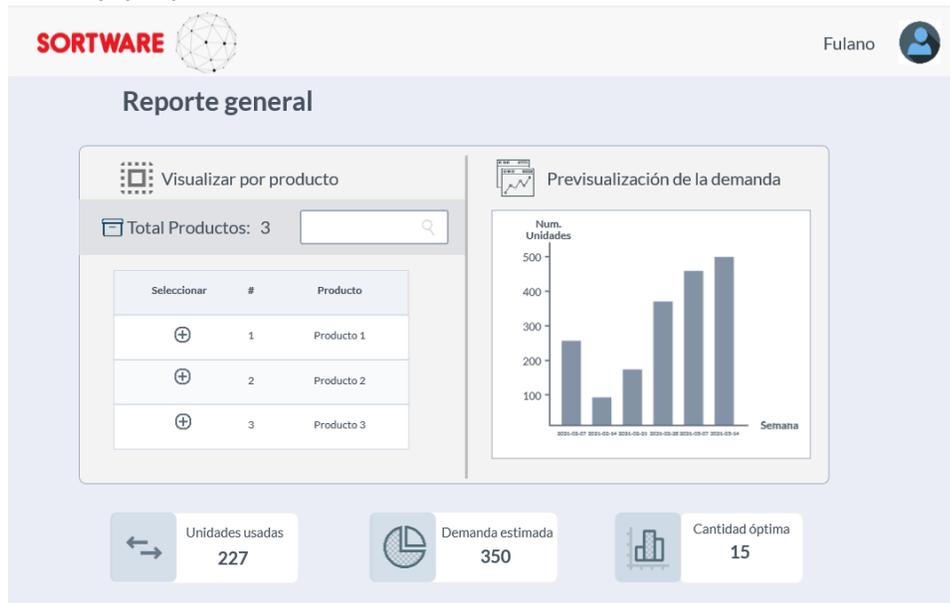
Figura 51 Mockup entradas inventario.



Fuente: los autores

En este mockup se visualiza el diseño que tendrá la interfaz 'Entradas de inventario' donde el usuario podrá crear, ver y eliminar los registros de entrada de los productos disponibles en el inventario.

Figura 52 Mockup proponer nivel de inventario.



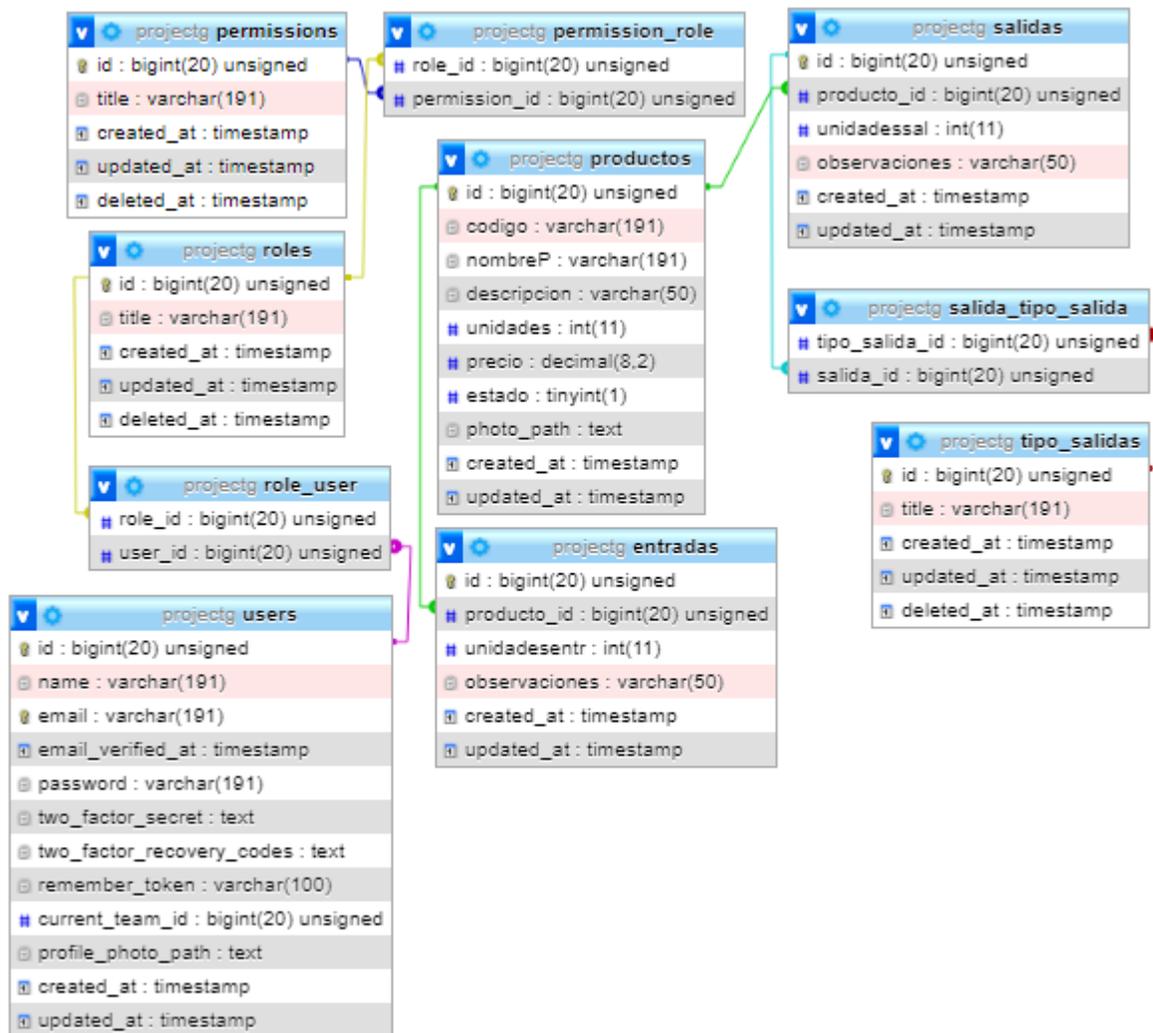
Fuente: los autores

En este mockup se visualiza el diseño que tendrá la interfaz 'Reporte general' donde el usuario podrá tener acceso a un reporte consolidado de la demanda de los productos, el número de unidades totales usadas, la demanda estimada y la cantidad óptima del inventario. Así mismo el usuario contará con una tabla con el listado total de productos disponibles en el inventario donde podrá filtrar y seleccionar el producto del cual desea obtener una información más detallada.

5.7 DISEÑO DE BASE DATOS RELACIONAL

A continuación, se presenta el diagrama relacional planteado en el proyecto para la creación de la base de datos el cual está basado en el diagrama de clases:

Figura 53 Diagrama base de datos relacional



Fuente: Los autores

La creación de la base de datos se llevó a cabo en *phpMyAdmin*, la cual fue configurada por medio del sistema de migraciones de *Laravel Framework* para facilitar un control de las versiones sobre la base de datos, y de esta manera poder crear tablas, establecer relaciones, modificarlas y por supuesto eliminarlas, y todo esto mediante la consola de comandos.

5.8 RED NEURONAL

Con relación a la red neuronal que se implementó para el pronóstico de la demanda, se hizo uso de una librería denominada *Brain.js* cuyo modelo utilizado ha sido LSTM o *Long short-term memory* aplicado a la predicción de series de tiempo. Allí se utilizaron como

parámetros de entrada el volumen de ventas y el precio de los productos para que con base en estos se logre calcular la demanda de los productos.

Brain.js es una librería acelerada por GPU para redes neuronales escrita en JavaScript. Esta proporciona múltiples implementaciones de redes neuronales y es ideal para alojar modelos previamente entrenados en un sitio web ya que permite importar de manera rápida los modelos de entrenamiento utilizando el formato JSON.

Seguidamente, teniendo en cuenta los datos de salida obtenidos por parte de la red neuronal (demanda pronosticada) se implementó el sistema EOQ para calcular la cantidad óptima de productos que deberían pedirse para el próximo mes y así tener una gestión de inventario eficiente, todo esto con el fin de minimizar los costos provenientes del inventario. La fórmula para calcular la cantidad de unidades óptima fue obtenida de (Jacobs & Chase, 2014).

$$Q^* = \sqrt{\frac{2DS}{H}}$$

Dónde:

- Q^* Cantidad óptima de unidades a ordenar.
- D Demanda mensual en unidades para el artículo en inventario.
- S El costo por ordenar o pedir.
- H Costo de mantener o llevar inventario por unidad por mes.

Estas variables son obtenidas de la siguiente manera:

D , es calculada por parte de la red neuronal.

S , hace parte de las características del producto y es ingresado por parte del usuario al momento de realizar la creación del producto.

H , es obtenida al multiplicar el precio de venta que tiene determinado producto por una constante 0,02083, la cual representa el índice de costos de almacenamiento mensual. Constante obtenida de (Mwansele et al., 2011).

6 RESULTADOS

Esta sección del documento está conformado por 4 apartados. En la primera de ellas se explica el producto final al que se llegó tras el desarrollo del aplicativo realizado. Luego, se presentan las pruebas que se realizaron con base en la implementación de la red neuronal así como las pruebas de usuario final. Seguidamente, se presentan los resultados que se obtuvieron al realizar dichas pruebas teniendo en cuenta ciertos conjuntos de datos para finalizar con un análisis de estos mismos.

6.1 PRODUCTO FINAL

A continuación, se presenta de manera detallada los cambios efectuados en el marco metodológico de desarrollo previsto para el diseño y desarrollo del prototipo.

En lo referente a la arquitectura de software se planteó inicialmente hacer uso de framework Laravel. No obstante, al momento de preparar la implementación de entorno de desarrollo se optó por hacer uso de Laragon, puesto que este permite hacer un uso eficiente de las librerías requeridas, al mismo tiempo que brinda un entorno local de desarrollo tal como bien suele ofrecer Xamp.

En términos de diseño y visualización del contenido de la página web se hizo uso de plantillas de administración denominadas AdminLTE construidas sobre Bootstrap, las cuales nos proporcionaron una gama de componentes receptivos, reutilizables y de uso común. Adicionalmente, dentro de las características se encuentra la posibilidad de tener un diseño responsivo adaptable a muchas resoluciones, desde grandes escritorios hasta pequeños dispositivos móviles, así como la compatibilidad que existe con los principales navegadores.

Una vez finalizado el desarrollo del sistema de administración de inventario se cuenta con las siguientes funcionalidades:

- CRUD de usuarios.
- CRUD de productos.
- Manejo/movimiento de inventario (entradas y salidas).
- Predicción de la demanda y cantidades óptimas.

6.2 PRUEBAS REALIZADAS

6.2.1 Pruebas realizadas sobre el modelo

Para la realización de las pruebas se utilizaron 4 conjuntos de datos para evaluar el comportamiento de la red neuronal sobre las distintas tendencias que marcaba cada dataset.

Los datos utilizados fueron:

- Ventas mensuales realizadas en una tienda en un periodo de 2 años y 10 meses.
- Ventas mensuales de champú en un período de 3 años
- Datos generados por meses en un periodo de 1 año y 7 meses.
- Ventas mensuales de aguacate por meses en un periodo de 1 año y 7 meses.

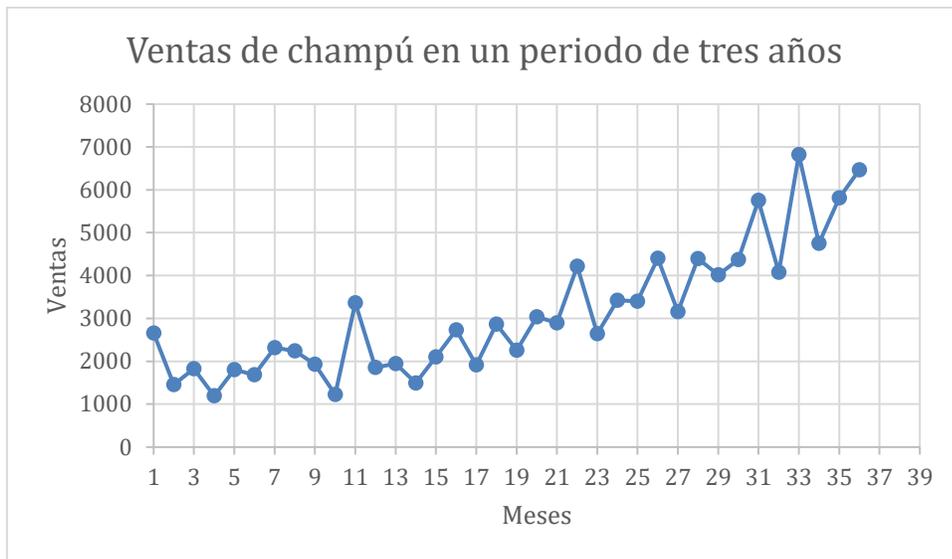
Los datos utilizados en las pruebas pueden visualizarse en las siguientes gráficas:

Figura 54 Datos de ventas una durante 2 años y 10 meses.



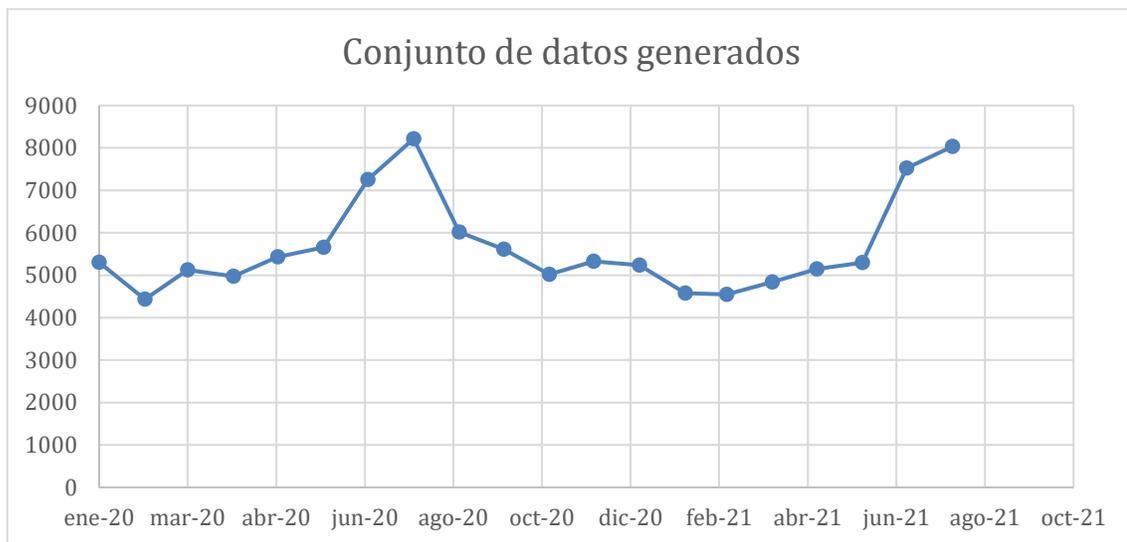
Fuente: Basado en (Singh Manjeet, 2017)

Figura 55 Representación de los datos de venta de champú



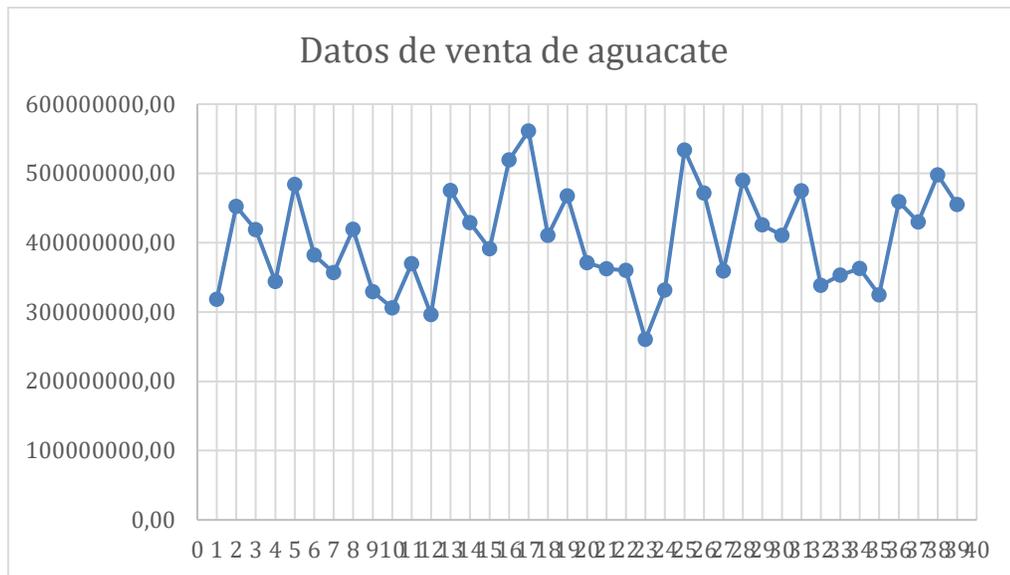
Fuente: Basado en (Furfaro, n.d.)

Figura 56 Representación de los datos de prueba generados



Fuente: Basado en (Na8, 2019)

Figura 57 Representación de los datos de venta de aguacate



Fuente: Basado en (Kiggins, 2018)

Al realizar las pruebas se determinó que se iban a predecir las ventas de los 3 últimos meses de cada uno de los conjuntos de datos utilizando 4 arquitecturas distintas de red neuronal. Para lograr esto se tuvo que realizar una normalización sobre los datos que permitiera a la red neuronal trabajar con ellos.

Para llevar a cabo esta normalización se usó la siguiente fórmula:

$$\frac{X_i}{X_{max}}$$

Donde:

- X_i , el valor a normalizar.
- X_{max} , el mayor número de ventas realizadas en un mes.

Ahora, con relación a las arquitecturas de redes neuronales que se utilizaron, se detallan a continuación:

- 1 capa oculta con 3 neuronas.
- 5 capas ocultas con 20, 10, 5, 3 y 2 neuronas.
- 4 capas ocultas con 3, 5, 7 y 2 neuronas.
- 3 capas ocultas con 4, 3 y 2 neuronas.

Una vez obtenidos los resultados de predicción se procedió a realizar el cálculo del índice MAPE para hallar el porcentaje (%) de error medio absoluto de las pruebas realizadas. La fórmula para calcular el índice MAPE es la siguiente:

$$MAPE = \frac{\sum_{t=1}^n \frac{|A_t - F_t|}{|A_t|}}{n}$$

1. $|A_t - F_t|$, se calcula la diferencia del error absoluto entre los resultados obtenidos (predicciones) y el valor esperado.
2. $\frac{|A_t - F_t|}{|A_t|}$, se halla el porcentaje de error del error absoluto para cada una de las predicciones realizadas.
3. $\frac{\sum_{t=1}^n \frac{|A_t - F_t|}{|A_t|}}{n}$, se calcula la sumatoria del % de error y se divide este valor entre el número de valores que se buscaban predecir.

6.2.2 Pruebas de usuario final

Para la ejecución de las pruebas de usuario se realizaron un total de 5 pruebas. Dichas pruebas consistieron en que el usuario manejaba el producto terminado y con base en su experiencia evaluaba su utilización por medio de un formulario de Google.

Dicho formulario constaba de una serie de pasos en el que se piden datos básicos de la persona que estaba valorando el sistema (Nombres, Correo, Ocupación). Adicionalmente, se tenían preguntas que pretendían determinar si esa persona había hecho uso alguna vez de un sistema de inventarios. Otras preguntas tenían que ver con el nivel de satisfacción de acuerdo con la interfaz (diseño) y al funcionamiento respecto al manejo de entradas y salidas de la herramienta. Todo esto con el fin de tener presente que tan intuitivo y funcional logra llegar a ser el aplicativo para su uso a nivel de producción

También, se realizaron cuestionamientos que permitían saber si la herramienta de software sería recomendada por parte de la persona que realiza la valoración. Esto para determinar qué nivel de acogida tendría el producto en el mercado. Por último, se pidió que se proporcionaran recomendaciones desde el criterio de cada persona, con el fin de tener presente cuales aspectos deberían mejorar ya sea a nivel funcional o visual.

6.3 RESULTADOS OBTENIDOS

6.3.1 Resultados obtenidos de pruebas sobre el modelo

A continuación, se muestran los resultados obtenidos de las pruebas realizadas para calcular la demanda utilizando la red neuronal. Para cada conjunto de datos se realizaron una serie de pruebas utilizando las 4 arquitecturas planteadas, las cuales podemos visualizar más adelante por medio de las gráficas y las tablas.

Los valores que podemos evidenciar en los gráficos tienen que ver con la predicción de la demanda obtenida implementando la red neuronal, para los últimos 3 meses de cada uno de los conjuntos de datos, permitiendo visualizar una comparativa entre los datos reales y los datos predichos.

Los valores registrados en las tablas son:

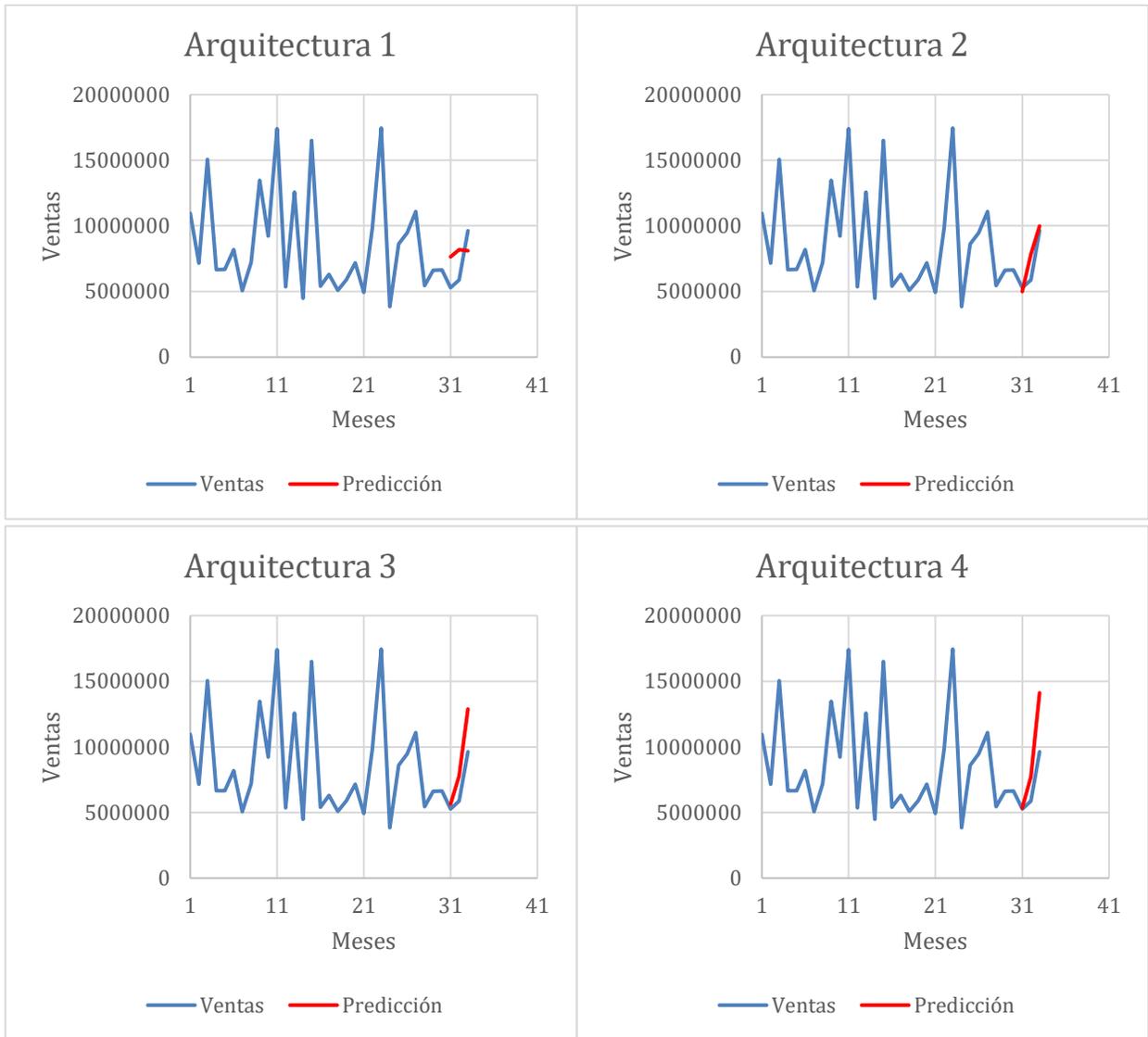
“*suma %*”: es la suma total de los porcentajes de error de cada predicción.

“*n*”: es el número de predicciones que se hicieron en cada prueba (equivale a los 3 meses finales de venta de cada *dataset*).

“*Mape*”: Indica la desviación porcentual absoluta media de las pruebas.

6.3.1.1 Pruebas con los datos de venta de la tienda

Figura 58 Pruebas realizadas con cada una de las arquitecturas



Fuente: Los autores

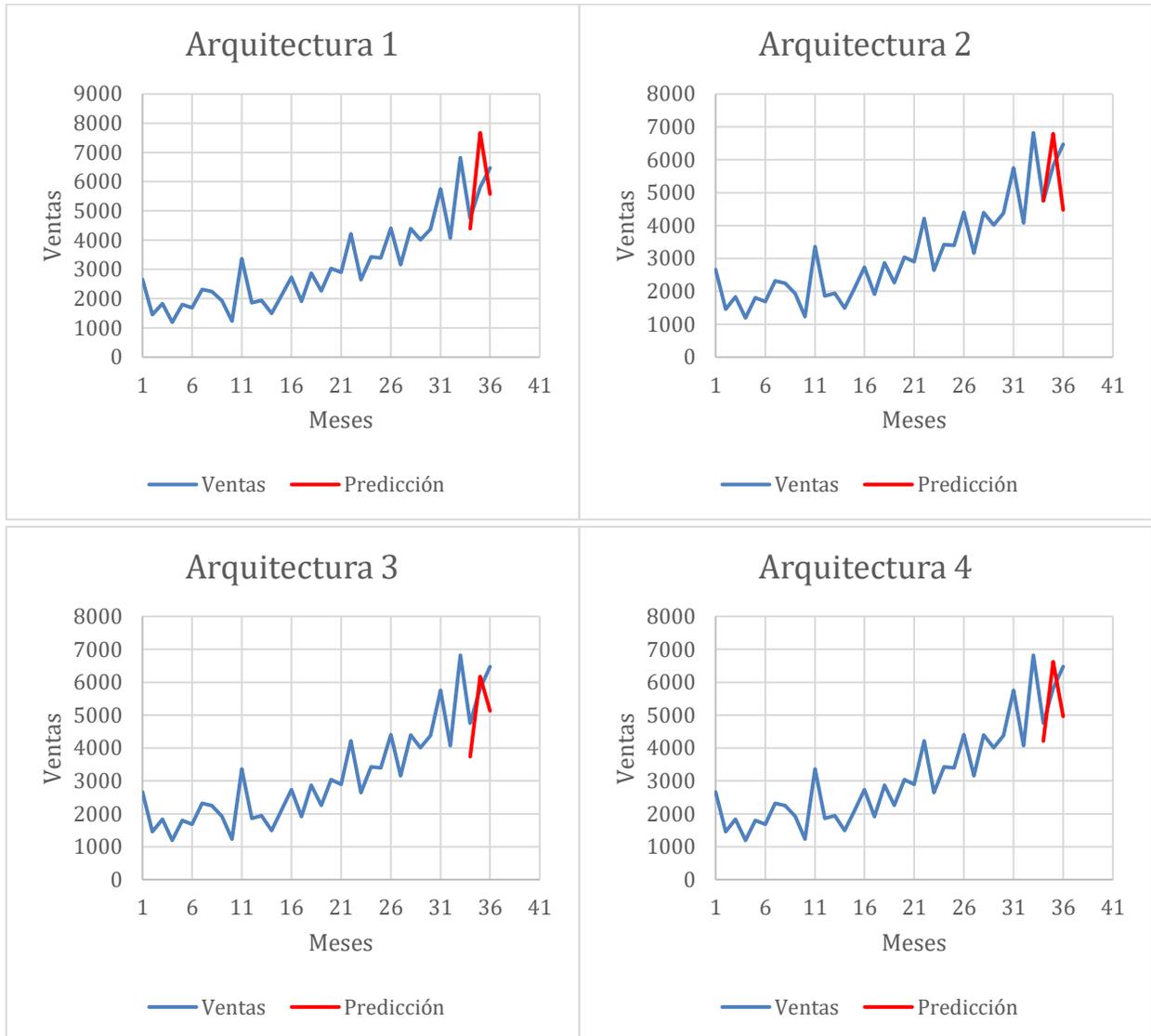
Cuadro 6. Índice Mape para el primer conjunto de datos

	Arquitectura 1	Arquitectura 2	Arquitectura 3	Arquitectura 4
Suma %	99,58%	42,30%	73,31%	79,53%
n	3	3	3	3
Mape	33,19%	14,10%	24,44%	26,51%

Fuente: Los autores

6.3.1.2 Pruebas con los datos de venta de champú

Figura 59 Pruebas realizadas con cada una de las arquitecturas



Fuente: Los autores

Cuadro 7. Índice Mape para el segundo conjunto de datos

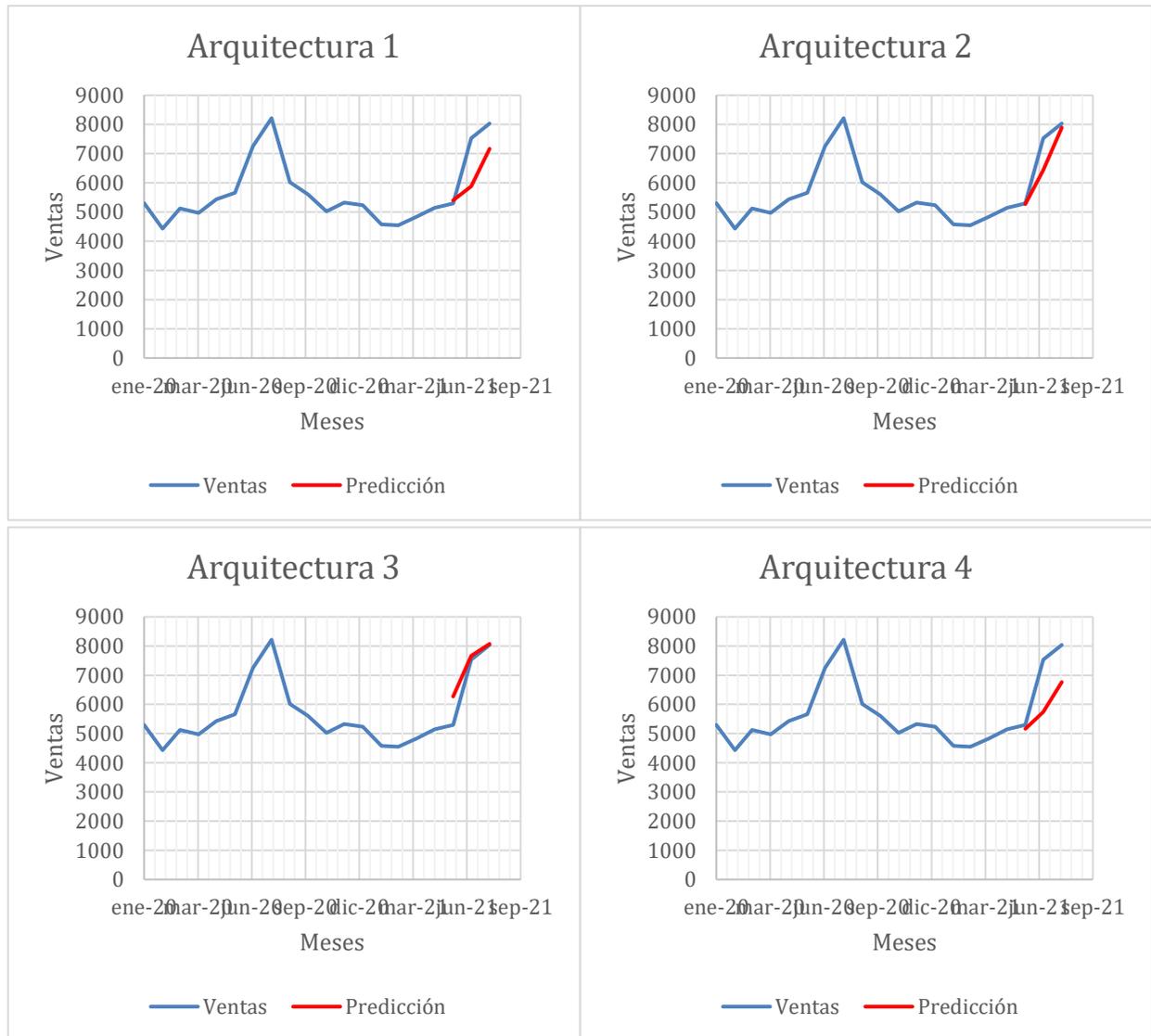
	Arquitectura 1	Arquitectura 2	Arquitectura 3	Arquitectura 4
Suma %	53,32%	47,65%	48,21%	48,54%
n	3	3	3	3

Mape	17,77%	15,88%	16,07%	16,18%
------	--------	--------	--------	--------

Fuente: Los autores

6.3.1.3 Pruebas con datos generados

Figura 60 Pruebas realizadas con cada una de las arquitecturas



Fuente: Los autores

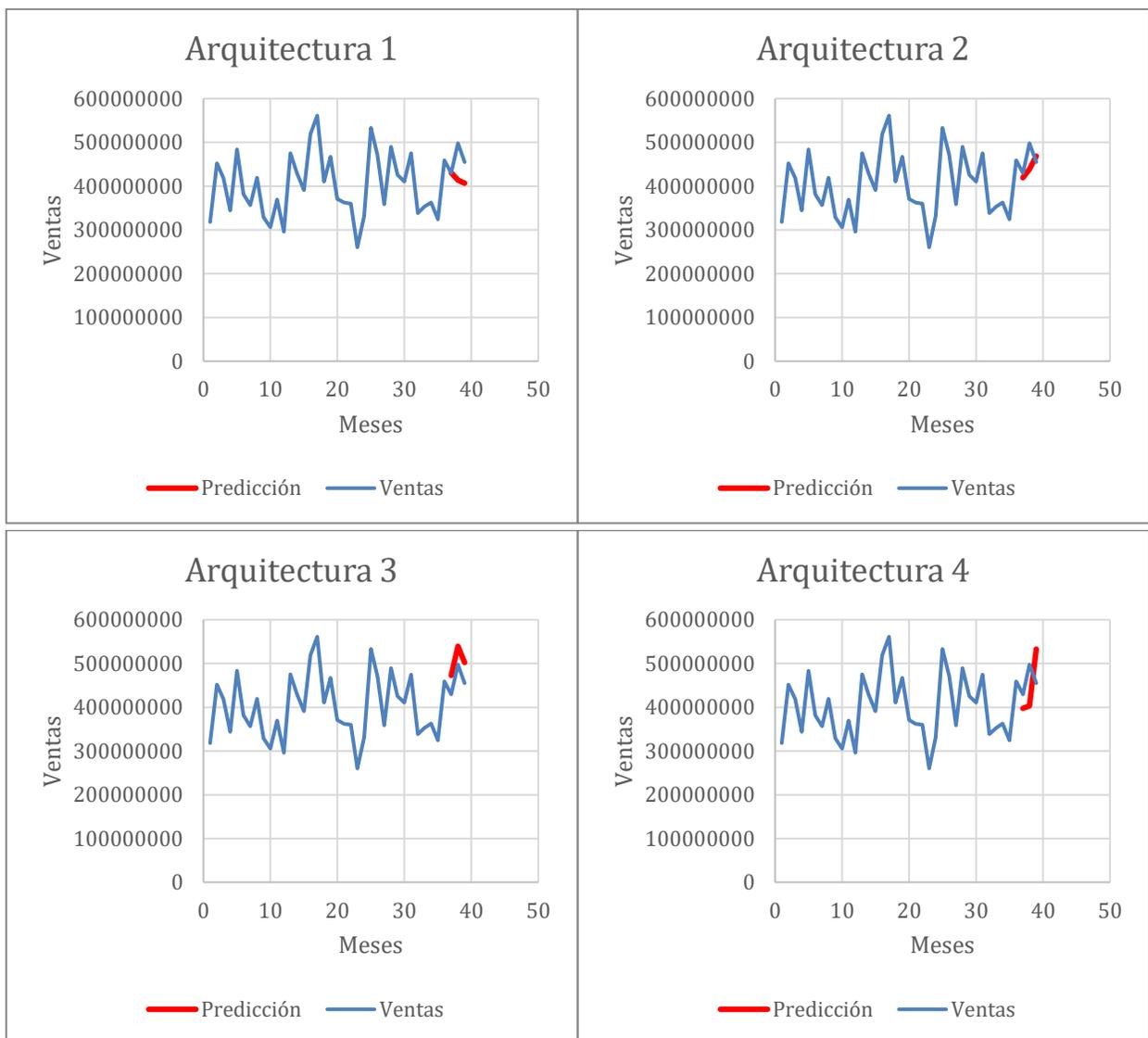
Cuadro 8. Índice Mape para el tercer conjunto de datos

	Arquitectura 1	Arquitectura 2	Arquitectura 3	Arquitectura 4
Suma %	34,76%	16,66%	20,75%	42,00%
n	3	3	3	3
Mape	11,59%	5,55%	6,92%	14,00%

Fuente: Los autores

6.3.1.4 Pruebas con datos de venta de aguacate

Figura 61 Pruebas realizadas con cada una de las arquitecturas



Fuente: Los autores

Cuadro 9. Índice Mape para el cuarto conjunto de datos

	Arquitectura 1	Arquitectura 2	Arquitectura 3	Arquitectura 4
Suma %	27,71%	17,16%	28,78%	43,60%
n	3	3	3	3
Mape	9,24%	5,72%	9,59%	14,53%

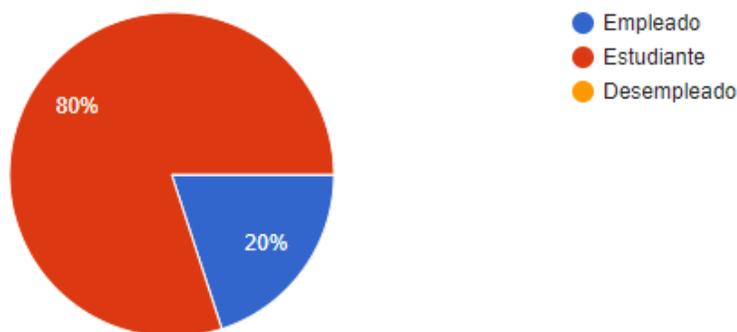
Fuente: Los autores

6.3.2 Resultados obtenidos de pruebas de usuario

A continuación, se muestran los resultados de las pruebas de usuario obtenidos a partir del formulario que ha sido diligenciado por las personas que realizaron una valoración al sistema en cuestión.

1. Ocupación

Figura 62 Prueba de usuario final - Resultados de la primera pregunta



Fuente: los autores

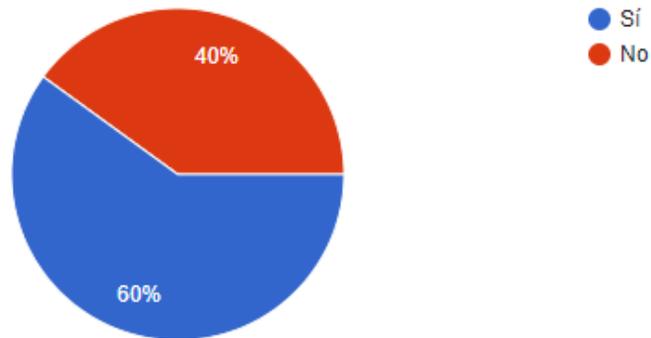
En esta primera pregunta se pretendía determinar las personas que se encontraban realizando estudios, ejercían alguna profesión o no. Esto con el fin de saber que tipo de personas realizaban la valoración del sistema para que con base en esto se pueda establecer una relación sobre el tipo de respuesta que daría cada uno mas adelante.

Con base en esto vemos que el 80% de las personas son estudiantes y el 20% restante son empleados.

2. ¿Usa o ha usado un sistema de gestión de inventario?

Figura 63 Prueba de usuario final – Resultados de la segunda pregunta

5 respuestas



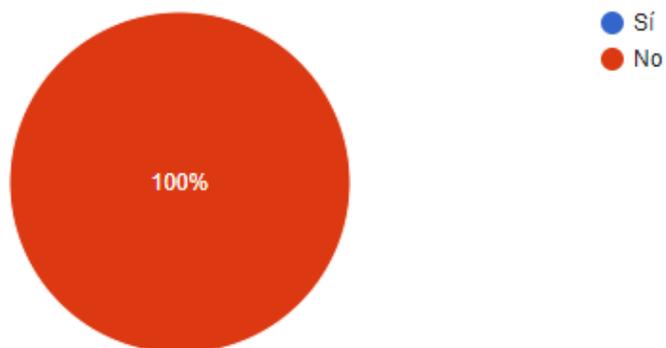
Fuente: los autores

En la segunda pregunta se pretendía determinar si la persona que valoraba la plataforma había tenido algún tipo de experiencia en el manejo de sistemas de inventario y así tener mucho más presente las respuestas provenientes de las personas que si han tenido esa experiencia.

Se puede evidenciar que un 60% de las personas si han usado alguna vez un sistema de inventario.

3. ¿El diseño de la interfaz le dificultó el uso de la aplicación?

Figura 64 Prueba de usuario final – Resultados de la tercera pregunta



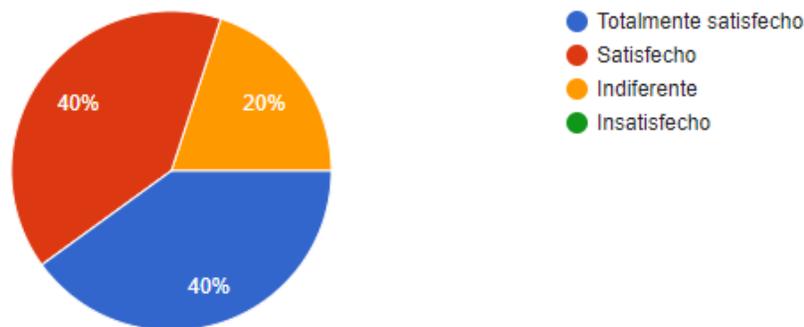
Fuente: los autores

En esta tercera pregunta se buscaba saber si la interfaz de la aplicación era lo suficientemente intuitiva para un primer uso.

Aquí podemos evidenciar que el 100% de las personas no presentaron dificultades al manejar el sistema.

4. ¿Cuál es su nivel de satisfacción respecto al manejo de entradas y salidas de la herramienta?

Figura 65 Prueba de usuario final – Resultados de la cuarta pregunta



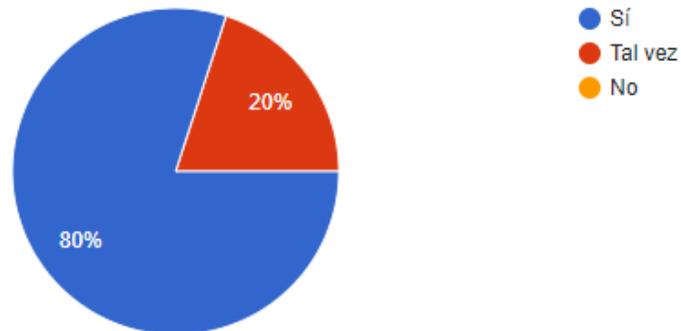
Fuente: los autores

En esta cuarta pregunta se buscaba conocer que tan bueno había sido el uso del aplicativo con respecto a la funcionalidad proporcionada de manejo de entradas y salidas de inventario.

Podemos evidenciar que el 40% de las personas respondieron que el manejo de la plataforma con respecto a esa funcionalidad ha sido totalmente satisfactorio, otro 40% mostró un nivel de satisfacción normal (satisfecho) y un 20% le resultó indiferente esta funcionalidad.

5. ¿Recomendaría esta herramienta de software a algún conocido?

Figura 66 Prueba de usuario final – Resultados de la quinta pregunta



Fuente: los autores

Como quinta pregunta se pretendía determinar si el aplicativo web sería recomendado a otras personas basado en su experiencia de usuario. Esto es importante ya que con esto se asegura que el aplicativo pueda tener un mayor alcance.

Las respuestas obtenidas han sido que el 80% de las personas respondieron que si recomendarían el sistema y el otro 20% tal vez lo recomendarían.

6. ¿Tienes alguna recomendación para mejorar el aplicativo?

Figura 67 Prueba de usuario final – Resultados de la sexta pregunta

Orientarlo a a sistema pos, pues sería útil poder agregar proveedores y clientes

Mi recomendación sería enfocada a la mejora con respecto a la funcionalidad que puede abarcar el sistema para los diferentes entornos en los que se pueda aplicar. También sería conveniente mejorar la interfaz para garantizar mayor fluidez en su manejo.

Fuente: los autores

Ahora para la última pregunta se dispuso de un campo abierto y opcional en el que se podían expresar recomendaciones por parte de las personas que valoraban el sistema. Dichas recomendaciones se pueden ver en la figura 65.

Ahora bien, al obtener los resultados de las pruebas de usuario podemos decir que el balance ha sido positivo. Para empezar podemos destacar que la mayoría de personas que valoraron el sistema han utilizado sistemas de inventario anteriormente y esas mismas personas han respondido que la funcionalidad con respecto al manejo de las

entradas y salidas de la herramienta ha sido mayormente satisfactoria, además, se encontró que ninguna persona tuvo problemas al usar la aplicación, de esta manera estamos asegurando ser lo suficientemente intuitivos en su uso.

También, encontramos que el nivel de recomendación con respecto a la utilización del sistema hacia otras personas es aceptable, siendo un índice muy importante ya que con él se puede saber si el aplicativo puede tener un buen alcance. Por último, se obtuvieron recomendaciones que destacaban la importancia de ampliar el software a nivel funcional y de interfaz de usuario, allí proponían la posibilidad de agregar nuevos módulos en los que se pudieran ofrecer otros tipos de servicio.

6.4 ANALISIS DE LOS RESULTADOS

Teniendo en cuenta los resultados de las pruebas realizadas se puede evidenciar que las arquitecturas con menos capas ocultas y neuronas (arquitecturas 1 y 4) tienen menos precisión al momento de realizar la predicción. Por el contrario, las arquitecturas que tienen mayor número de capas obtuvieron mejores resultados.

Lo anterior puede deberse a que las arquitecturas con pocas capas ocultas procesan muy poco los datos haciéndolas poco confiables (por lo menos en este tipo de problemas). Prueba de ello son los resultados utilizando el último conjunto de datos en el que se obtuvieron porcentajes de 11% y 14% para las arquitecturas 1 y 4 respectivamente, siendo estos muy imprecisos en comparación con las arquitecturas 2 y 3.

Por otra parte, también es importante destacar que el conjunto de datos con el que se obtuvieron mejores resultados ha sido el de datos generados, siendo este el que tiene menor cantidad de datos. Esto puede deberse a las características estacionarias que sigue este conjunto, ya que una red neuronal de este tipo funciona mejor al tener mayor cantidad de datos para entrenar.

Basado en el análisis anterior con respecto a los resultados obtenidos se determina que la arquitectura que mejor se adapta a este escenario es la número 2. Ya que si tenemos en cuenta la desviación porcentual absoluta media de las pruebas podemos decir que esta es una arquitectura precisa y confiable, debido a que tuvo un rendimiento relativamente bueno siendo consistente en las pruebas aplicadas.

7 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

7.1 CONCLUSIONES

El sistema de administración de inventario desarrollado permite hacer uso de las funcionalidades propuestas al inicio del documento, funcionalidades tales como la administración de usuarios, productos y la gestión de entradas y salidas de inventario, además, permite analizar la información manejada dentro del mismo por medio de una red neuronal que ha sido probada y ejecutada con datos reales. Adicionalmente, la plataforma cuenta con una funcionalidad que permite generar reportes de toda la información que está siendo procesada permitiéndonos descargar dicha información en el formato que sea requerido. Sin embargo, para que el producto pueda disponer de una distribución comercial se deben definir y desarrollar una serie de pasos que permitan cumplir con los aspectos legales y funcionales necesarios para este fin.

Por otro parte, centrándonos en el tema de la red neuronal, se logró evidenciar que su implementación a un sistema de este tipo permite que el proceso de la inserción de los datos de entrenamiento se vea optimizado, debido a que con la dinámica de la aplicación se va obteniendo la data necesaria para el correcto funcionamiento del modelo predictivo. Así mismo, vale la pena decir que los datos que son introducidos a la red neuronal pasan por un proceso de estandarización el cual se lleva a cabo de forma automatizada, evitando que existan errores humanos al realizar esta operación. También se identificó que dicha normalización juega un papel importante en el funcionamiento del sistema, debido a que el tipo de red neuronal implementada necesita que los datos tengan las transformaciones necesarias para hacer predicciones precisas. Con esto queremos decir que las características de los datos son un factor relevante tanto en el modelo matemático como en el proceso de optimización.

Siguiendo en la temática de la red neuronal, es importante decir que el modelo utilizado para la predicción de la demanda se comporta como un modelo no determinístico, esto quiere decir que, el resultado exacto no va a poder ser predicho, sino que los resultados obtenidos van a producir un patrón a largo término.

De igual manera cabe resaltar, que el uso de este tipo de modelos predictivos resulta ser bastante útil para sistemas de administración de inventario, debido a que permite pronosticar la demanda de un comercio, con porcentajes de error aceptables, y de esta manera no incurrir en costos por falta o excesos de inventario. Es así como aseguramos aportar valor al producto final.

Para finalizar, con base en los resultados que se obtuvieron podemos decir que las redes neuronales que tienen arquitecturas relativamente pequeñas son poco confiables al realizar predicciones en este tipo de entornos, debido a la poca precisión y variación que muestran los resultados que se obtienen en los pronósticos. Dicho esto, se puede determinar que las arquitecturas de red neuronal con tendencia decreciente y con una

cantidad moderada de capas y neuronas presentan mejor rendimiento al aplicarlas en este tipo de escenarios.

7.2 RECOMENDACIONES

El proyecto en cuestión cumplió con el propósito que se había planteado en un comienzo, pero también somos conscientes de que este sistema puede ser ampliado y mejorado de diversas maneras.

La principal mejora sería la de agregar un módulo de ventas y clientes que permita registrar las ventas ejercidas por cada cliente, ya que sería interesante aplicar un modelo predictivo que tenga en cuenta las características del cliente junto con el tipo de productos que compra en determinado tiempo y con esto establecer unas proyecciones de venta mucho más precisas permitiendo categorizar los clientes. De esta manera, el sistema podría ofrecer un pronóstico de demanda personalizado y generar reportes de este.

Una consideración importante es que todos los negocios que decidieran hacer uso del sistema no tendrían la misma metodología de trabajo, es por ello por lo que se debería permitir a los encargados del manejo del sistema, modificar y crear los permisos y tipos de usuario que piensen son necesarios para su negocio. Todo esto haría que el sistema se adaptara con mucha facilidad a los entornos que requieran su uso.

Otra de las posibles mejoras va orientada a la integración de un apartado que permita el registro de los proveedores por los cuales el sistema realiza entradas de inventario para de esta manera tener una organización y un mejor manejo en el flujo de entradas del negocio.

Ahora para finalizar, teniendo en cuenta la sección de la red neuronal implementada se debe tener presente que se podría mejorar la manera en que esta predice la demanda permitiendo mejorar el rendimiento y la precisión de los resultados. Esta mejora va orientada a la cantidad de datos con la que la red neuronal es entrenada ya que si los datos históricos son aumentados la red neuronal puede verse notablemente mejorada al adquirir mayor índice de aprendizaje.

BIBLIOGRAFÍA

- Aliev, R., Fazlollahi, B., & Guirimov, B. (2007). Fuzzy-genetic approach to aggregate production-distribution planning in supply chain management. *Information Sciences*, 177(20), 4241–4255.
- Barber, D. (2011). Bayesian Reasoning and Machine Learning. *Bayesian Reasoning and Machine Learning*. <https://doi.org/10.1017/cbo9780511804779>
- Barrows, C., McBennett, B., Novacheck, J., Sigler, D., Lau, J., & Bloom, A. (2019). Multi-Operator Production Cost Modeling. *IEEE TRANSACTIONS ON POWER SYSTEMS*, 34(6).
- Bohórquez, L., Ballestas, A., & Morales, N. (2017). IMPACTO DE LA CAPACITACIÓN DEL PERSONAL EN LA PRODUCTIVIDAD EMPRESARIAL: CASO HIPERMERCADO. *Dimensión Empresarial*, 15(1), 210–220.
- Breiman, L. (1998). *Classification and Regression Trees by Leo Breiman* (Issue January).
- Bustos, C., & Chacón, G. (2007). EL MRP en la gestión de inventarios. *Visión Gerencial*, 1, 5–17. <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=465545875010>
- Chuquin, N., Villagómez, P., & Oleas, J. (2020). La competitividad empresarial de las PYME's a través de modelación matemática. *593 Digital Publisher CEIT*, 5(2), 4–13.
- Díaz, D., & Patiño, V. (2011). *Implementación de sistema de gestión de inventarios para formas y color en lámina WJ Ltda.*
- Díaz Sepulveda, J. F. (2012). *Comparación entré Arboles de Regresión CART y Regresión Lineal*. 1–85.
- Espino, C. (2017). *Análisis predictivo: técnicas y modelos utilizados y aplicaciones del mismo - herramientas Open Source que permiten su uso.*
- Furfaro, E. (n.d.). *Time series analysis: Predicting Sales*. Retrieved May 12, 2021, from <https://emanuelaf.github.io/pred-sales.html>
- Helena, G. (2017). *Productividad la clave del crecimiento para Colombia.*
- Hoogendoorn, M. (2018). *Cognitive Systems Monographs 35 Machine Learning for the Quantified Self.*
- Ibarra, H. C., Barbus, H. C. R., González, L. A. T., & Gutiérrez, J. P. T. (2007). *quipus incas*. 26–33.
- Inteligencia Artificial - Libro online de IAAR*. (2018). <https://iaarbook.github.io/inteligencia-artificial/>
- Ittiphalin, M., & Chearanai, T. (2019). The Application of Mathematical Model for Production Planning in a Polystyrene Factory. *2019 IEEE 6th International Conference on Industrial Engineering and Applications (ICIEA)*, 169–172.
- Jacobs, F. R., & Chase, R. B. (2014). *ADMINISTRACIÓN DE OPERACIONES Producción y cadena de suministros*. <https://b-ok.lat/book/5869926/5213b5>
- Juárez, A. C., Zuñiga, C. A., Flores, J. L. M., & Partida, D. S. (2016). Analysis of time-series on the forecast of the demand of storage of perishable products. *Estudios Gerenciales*, 32(141), 387–396. <https://doi.org/10.1016/j.estger.2016.11.002>

- Juca, C., Narváez, C., Erazo, J., & Luna, K. (2019). *Modelo de gestión y control de inventarios para la determinación de los niveles óptimos en la cadena de suministros de la Empresa Modesto Casajoana Cía. Ltda.* 4(3-1), 19-39.
- Kiggins, J. (2018). *Avocado Prices | Kaggle.*
<https://www.kaggle.com/neuromusic/avocado-prices>
- Kück, M., & Freitag, M. (2021). Forecasting of customer demands for production planning by local k-nearest neighbor models. *International Journal of Production Economics*, 231, 107837. <https://doi.org/10.1016/j.ijpe.2020.107837>
- Lacouture, G., & Ibeth, C. (2018). *Estrategias para lograr la transformación digital en Colombia.*
- Masini, F., & Vázquez, F. (2014). Compendio de modelos cuantitativos de pronósticos. In *Advanced Value Group.*
<https://books.google.com.co/books?id=fnLcBQAAQBAJ&printsec=frontcover&dq=Compendio+de+modelos+cuantitativos+de+pronósticos&hl=es-419&sa=X&ved=2ahUKEwi9z8Go19jsAhUMo1kKHSKjC50Q6AEwAHoECAIQAg#v=onepage&q=Compendio+de+modelos+cuantitativos+de+pronósticos&f=false>
- Mellado Silva, R., Cubillos, C., & Cabrera Paniagua, D. (2016). A constructive heuristic for solving the Job-Shop Scheduling Problem. *IEEE Latin America Transactions*, 14(6), 2758-2763. <https://doi.org/10.1109/TLA.2016.7555250>
- Mwansele, H., Sichona, F., & Akarro, R. (2011). *Determination of Inventory Control Policies at Urafiki Textile Mills Co Ltd in Dar-es-Salaam, Tanzania.*
- Na8. (2019). *Pronóstico de Series Temporales con Redes Neuronales en Python | Aprende Machine Learning.* <https://www.aprendemachinelearning.com/pronostico-de-series-temporales-con-redes-neuronales-en-python/>
- Pereira, D., Oliveira, J., & Carravilla, M. (2020). *Tactical sales and operations planning: A holistic framework and a literature review of decision-making models.* 228(107695).
- Rincón, L. (2011). *Introducción a los PROCESOS ESTOCÁSTICOS.*
<http://www.matematicas.unam.mx/lars>
- Rodríguez, G. G., Gonzalez-Cava, J., & Mendez, J. A. (n.d.). An intelligent decision support system for production planning based on machine learning(Article). *Journal of Intelligent Manufacturing*, 31(5), 1257-1273. <https://doi.org/10.1007/s10845-019-01510-y>
- Serna, S. C. (2009). *Comparacion de Arboles de Regresión y Clasificación y regresión logística.*
- Serrano, A., Soria, E., & Martín, J. (2009). Redes neuronales artificiales. In *Escuela Técnica Superior de Ingeniería, Vol. Programa 3.*
- Singh Manjeet. (2017). *Retail Data Analytics | Kaggle.*
<https://www.kaggle.com/manjeetsingh/retaildataset?select=sales+data-set.csv>
- Sridharan, V., & LaForge, R. L. (2006). RESOURCE PLANNING: MRP TO MRPII AND ERP. In *Encyclopedia of Production and Manufacturing Management* (pp. 641-645). Springer US. https://doi.org/10.1007/1-4020-0612-8_818
- Stephen, M. (2014). *Machine Learning An Algorithmic Perspective Second Edition.*
<https://b-ok.cc/book/2543746/ef80cb>
- Sum, C.-C., & Ng, K.-K. (2006). MRP IMPLEMENTATION. In *Encyclopedia of*

Production and Manufacturing Management (pp. 470–474). Springer US.
https://doi.org/10.1007/1-4020-0612-8_601

Zheng, J., Kobayashi, Y., Takahashi, Y., Yanagida, T., Sato, T., & Hitaka, D. (2020). MLCP: A Framework Integrating with Machine Learning and Optimization for Planning and Scheduling in Manufacturing and Services. *IEEE 15th International Conference of System of Systems Engineering*, 123–128.

ANEXOS

MANUAL DE USUARIO



PROTOTIPO SISTEMA DE GESTIÓN DE INVENTARIOS

Fecha: Mayo 2021

Elaborado por: Daniel Andrés Pacheco Jaimes

Sergio Antonio Laguado Sequeda

1. INTRODUCCIÓN

El presente prototipo de gestión de inventarios “Sortware” fue desarrollado como una alternativa para aquellos usuarios que buscan una herramienta de software que les permita llevar a cabo una gestión del inventario controlando el flujo de recursos, mejoras en el desempeño organizacional y que a la vez sea práctico de usar.

Para ello este prototipo de herramienta de software implementa una interfaz de usuario intuitiva, módulos correspondientes de entradas y salidas de producto de inventario y redes neuronales que le permitan al usuario predecir el comportamiento de los procesos productivos y la demanda.

2. ACLARACIONES INICIALES

Nuestra herramienta Software cuenta con 2 tipos de usuarios: Administrador de inventario y Administrador de Sistema), tal como su nombre lo indica el tipo Administrador de Sistema cuenta con el acceso total de todas las características del sistema gestor de inventario, en contraste con el acceso limitado que posee el tipo de usuario Administrador de Inventario el cual solo tiene acceso a las características destinadas para la administración de producto, inventario y reporte de inventario.

Lo anterior se dispuso con el fin de limitar el acceso a información sensible por parte de los usuarios de modo que los administradores de inventario no podrán ver ni modificar datos de otros usuarios, registros de entradas y salidas, etc.

3. CARACTERISTICAS GENERALES

3.1 PAGINA DE INICIO



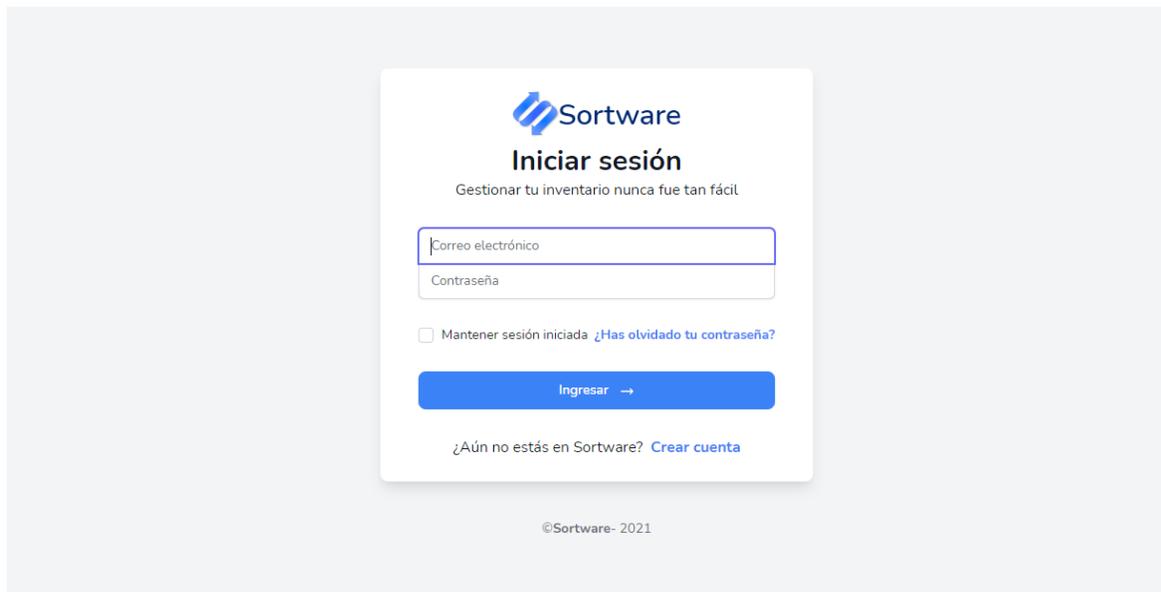
Esta es la página principal del sistema, el propósito de esta es dar una introducción al usuario de las funcionalidades y ventajas que ofrece este aplicativo. Además, puedes acceder al documento de manual de usuario en el apartado acerca de dispuesto en esta misma página.

3.2 INICIAR SESIÓN

Para acceder a la plataforma debe oprimir el botón de “Iniciar sesión” que se encuentra en la parte superior derecha de la página de inicio puede oprimir el botón “Haz clic aquí para ingresar al sistema”. Estos botones están resaltados en la siguiente imagen



Una vez oprima el botón “Iniciar sesión” o “Empezar ahora” será redirigido al formulario de autenticación del aplicativo.



Para iniciar sesión debe ingresar en el primer cuadro de texto la dirección de correo electrónico con la que se encuentra registrado en el sistema, paso seguido debe ingresar su contraseña en el segundo cuadro de texto, adicionalmente puede dar clic en “Recordarme” en caso de que desee que se almacene su sesión y por último dar clic en el botón “Ingresar” que aparece esquina inferior derecha del recuadro.

Si ingresa con usuario “Administrador Sistema” será redirigido a la página de administración de usuarios. Si ingresa como usuario “Administrador de Inventario” será redirigido a la página de Entradas y Salidas de productos. En el caso de que ingrese erróneamente sus credenciales de acceso, aparecerá una alerta notificándole hasta que corrija e ingrese los datos nuevamente.

3.3 REGISTRARSE

Para crear su cuenta y acceder posteriormente a la plataforma debe hacer clic en “Crear nueva cuenta” que se encuentra en la parte inferior del formulario de inicio de sesión.

Sortware
Iniciar sesión
Gestionar tu inventario nunca fue tan fácil

Correo electrónico
Contraseña

Mantener sesión iniciada [¿Has olvidado tu contraseña?](#)

Ingresar →

¿Aún no estás en Sortware? [Crear cuenta](#)

Posteriormente será dirigido al formulario de registro cuenta con una serie de campos de textos requeridos para la creación de la cuenta debe ingresar nombre completo, correo electrónico, contraseña (longitud mínima de 8 caracteres, caracteres especiales, mayúsculas y minúsculas), la confirmación de la contraseña y captcha para la validación. Así mismo, en la parte inferior del cuadro de registro, podrá encontrar un hipervínculo para regresar a la página de inicio sesión.

Sortware
Creación de cuenta
Prueba la herramienta por tiempo limitado

Nombre completo
Correo electrónico
Contraseña
Confirmar Contraseña

No soy un robot  reCAPTCHA
Privacidad • Términos

Registrarse →

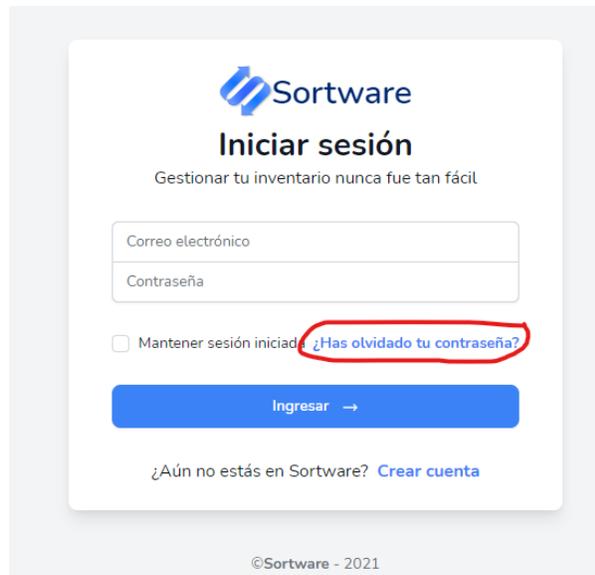
¿Ya tienes una cuenta? [Iniciar sesión](#)

Una vez diligenciados los campos de textos y dar en el clic en el botón de “Ingresar” o “Registrarse” dispuestos en los formularios de inicio de sesión o registro, el usuario será redirigido a la vista “Inicio” del aplicativo.

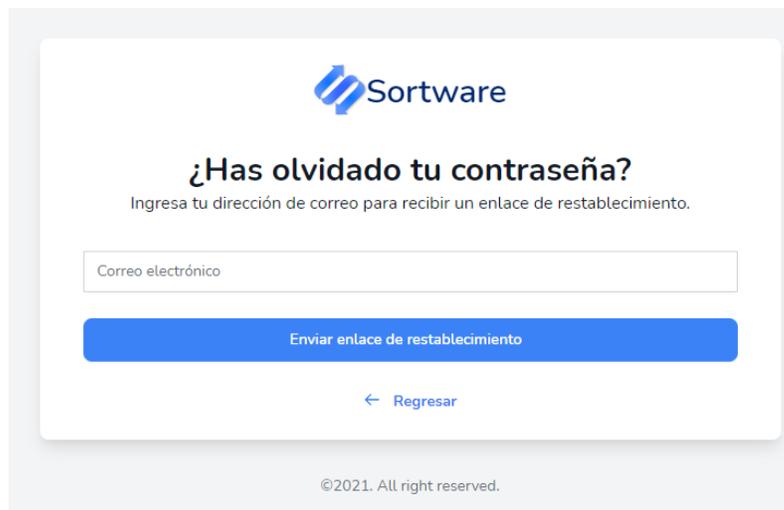
3.4 RECUPERACIÓN DE CONTRASEÑA

Para efectuar la recuperación de contraseña siga los pasos enumerados a continuación:

1. Diríjase o compruebe que se encuentra en la página de inicio de sesión, una vez que se encuentre ahí dar clic en el hipervínculo “¿Has olvidado tu contraseña?” que se encuentra ubicado en el formulario inicio de sesión.



2. Este hipervínculo lo llevará al formulario de recuperación de contraseña donde debe ingresar la dirección de correo electrónico usada para el registro y por último debe dar clic en el botón “Enviar enlace de restablecimiento”.

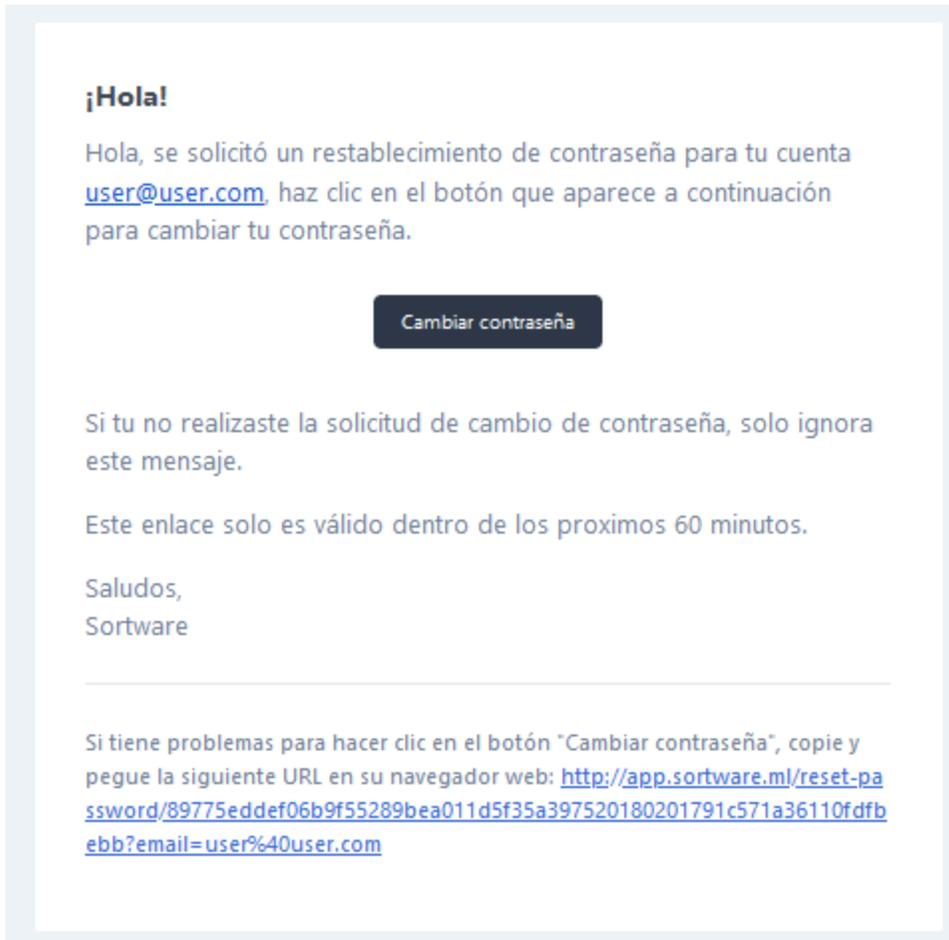


Es importante aclarar que este formulario mostrará un mensaje de confirmación si se ha enviado correctamente, en caso de error le mostrará un mensaje al respecto.

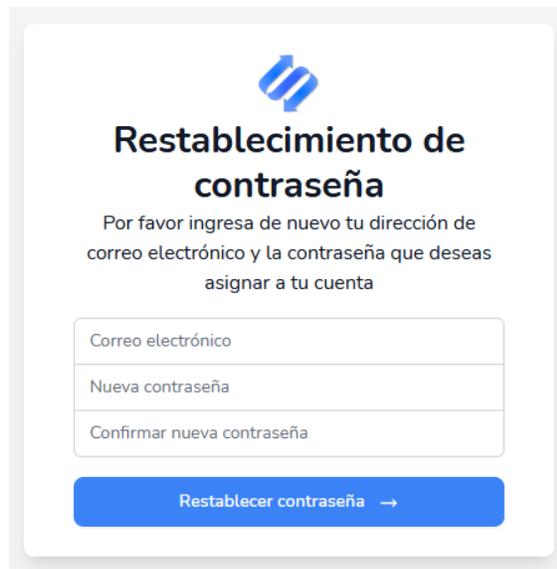
3. Una vez el sistema le confirme el envío de enlace de restablecimiento de contraseña, diríjase a su correo y verifique si ha recibido un correo de remitente “Sortware” y con el asunto “Solicitud de restablecimiento de contraseña” (Se sugiere comprobar en correo la bandeja de correo no deseado).



4. En su bandeja de correo encontrará un mensaje indicándole que se ha solicitado el restablecimiento de contraseña. Para completar el proceso debe dar clic al botón “Cambiar contraseña” que se encuentra en medio del mensaje.



5. Después de dar clic en el botón “Cambiar contraseña”, será redirigido al formulario de restablecimiento de contraseña, donde se le pide ingresar su dirección de correo electrónico, contraseña y confirmación de la nueva contraseña que desea asignar. Para culminar el proceso, debe dar clic en el botón “Restablecer contraseña” que se encuentra en la parte inferior del formulario.



Una vez se de clic en “Restablecer contraseña” será dirigido automáticamente a la ventana principal del aplicativo.

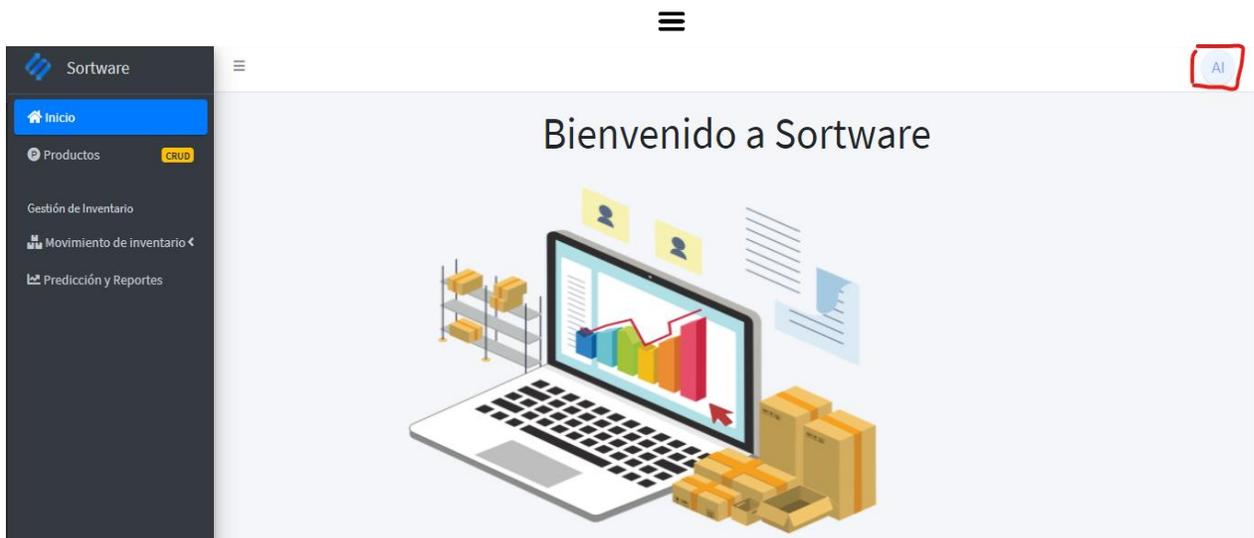
3.5 PANTALLA DE INICIO



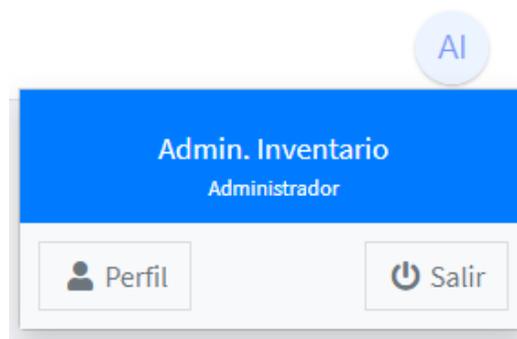
Esta pantalla es el punto de partida que tiene el usuario dentro de la aplicación, allí y en todas las pantallas del aplicativo encontrará un menú vertical desplegado en el panel lateral izquierdo el cual cuenta con un listado de las diferentes características a las que se tiene acceso. Entre estas opciones se encuentra el modulo de creación de productos, dos módulos para la creación de movimientos (entradas/salidas) y por último se encuentra el vinculo de acceso para el modulo de predicción y reportes.

3.6 PREFERENCIAS DE USUARIO

En la barra superior se dispone de un botón para expandir o contraer el menú lateral izquierdo y la foto de perfil del usuario.



Así mismo, al dar clic sobre la foto de perfil se desplegará un menú vertical donde podrá encontrar dos opciones: una para acceder al módulo de preferencias de usuario y otra para cerrar la sesión activa.



Al dar clic en la opción "Perfil" del menú vertical desplegado, será redirigido al módulo de perfil de usuario. En este módulo encontrará el diferentes opciones relacionadas con las preferencias del usuario sobre su cuenta, tales como: información de perfil (foto de perfil, nombre, correo electrónico); actualizar contraseña; autenticación de dos factores; cerrar sesiones abiertas en otros navegadores; eliminación de la cuenta.



AI

Información de perfil

Actualice la información de su cuenta y la dirección de correo electrónico

Foto



SELECCIONE UNA NUEVA FOTO

Nombre

Admin. Inventario

Correo electrónico

user@user.com

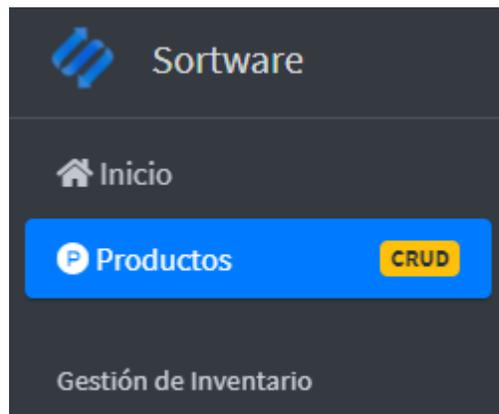
GUARDAR

4. CARACTERISTICAS ADMINISTRADOR DE INVENTARIO

Una vez se haya iniciado sesión encontrará en el panel izquierdo del aplicativo un menú donde podrá acceder a las funciones habilitadas para el usuario con rol de Administrador de Inventario.

4.1 MÓDULO DE PRODUCTOS

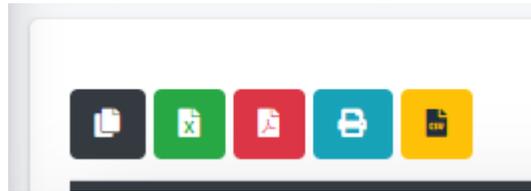
Para acceder al módulo debe seleccionar la opción “Productos” dispuesta en el menú, tal como se indica a continuación:



Al cargar podrá previsualizar la información correspondiente a los productos tales como: código; imagen del producto; descripción; unidades; nombre de producto; precio; estado actual, entre las funciones de administración de productos se encuentran la de crear, editar, visualizar, eliminar, cambiar estado de disponibilidad y filtrar.

Código	Producto	Descripción	Unidades	Precio	Estado	Acciones
COD006	Producto6	test	5000	2000.00	Inactivo	[Visualizar] [Editar] [Eliminar]
COD007	Libro Cien Años de Soledad	Gabo	111	2313.00	Activo	[Visualizar] [Editar] [Eliminar]
COD008	Sopa	Maggie	100	5000.00	Activo	[Visualizar] [Editar] [Eliminar]

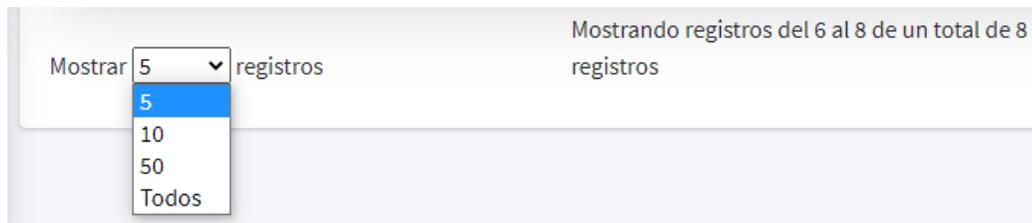
En específico, el módulo también cuenta con la función de imprimir, generar documento .csv -.xls - .pdf o simplemente copiar en texto los registros de la tabla.



Por último, en la parte inferior de la tabla, el sistema le indicará el número de registros existentes y el total que son mostrados en pantalla. Al lado derecho de este podrá ver los botones de navegación los cuales le permite previsualizar más registros existentes.



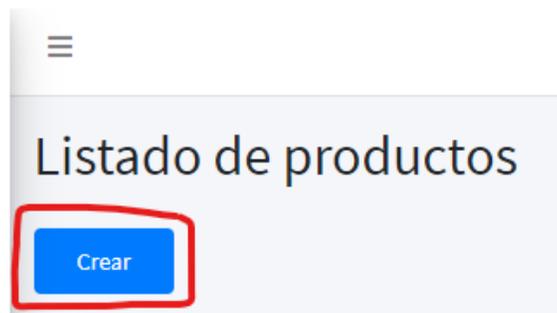
En caso tal de que requiera ver más de 5 registros por página o desee ver todos los registros existentes debe hacer clic en el menú plegable ubicado al costado izquierdo. Este le permitirá ver de a 5, 10, 15 o todos los registros existentes.



4.1.1 CREAR UN PRODUCTO

Para efectuar la creación de un producto siga los pasos enumerados a continuación:

1. Haga clic en el botón "Crear" que se encuentra en la parte superior del módulo de productos.



2. Este botón lo redirigirá al formulario de creación de productos, el cual le solicitará información del producto en cuestión, tales como: código, nombre, imagen, descripción, unidades, precio y costo de ordenar.

The image shows a mobile application interface for creating a product. At the top left is a hamburger menu icon. The title 'Crear Producto' is displayed in a light blue header. Below the title are several input fields: 'Código' (empty), 'Nombre' (empty), 'Sube una imagen:' with a 'Seleccionar archivo' button and the text 'Ningún archivo seleccionado' next to a placeholder image box, 'Descripción' (empty), 'Unidades' (0,00), 'Precio' (0,00), and 'Costo de ordenar' (0,00). At the bottom, there are two buttons: 'Cancelar' and 'Guardar'. The 'Guardar' button is highlighted with a red rectangular border.

3. Una vez se hayan diligenciado los campos requeridos y en caso tal cargada la imagen del producto debe dar clic en el botón guardar para finalizar la creación del producto.

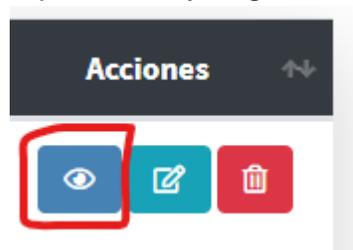
Después de efectuar la modificación del producto será redirigido al módulo de productos donde podrá visualizar en la tabla los cambios efectuados.



Código	Producto	Descripción	Unidades	Precio	Estado	Acciones
COD001	 Producto 1	test	40836	5000.00	Activo	  

4.1.2 VER UN PRODUCTO

Para obtener detalles de un producto disponible en el stock dirijase a la columna “Acciones” ubicada en la tabla de productos y haga clic al botón azul con icono de un ojo.



Una vez se haga clic en este botón se desplegará una ventana que le permitirá conocer información detallada del producto: código, nombre, descripción, unidades disponibles, precio, disponibilidad (si se encuentra activo en el sistema), fecha de creación y última actualización registrada.

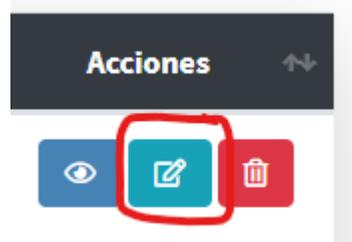


Para cerrar la ventana de información de producto puede hacer clic en la x de la esquina superior derecha o hacer clic en cualquier parte del área gris debajo de la ventana.

4.1.3 EDITAR UN PRODUCTO

Para modificar la información de un producto siga los pasos enumerados a continuación:

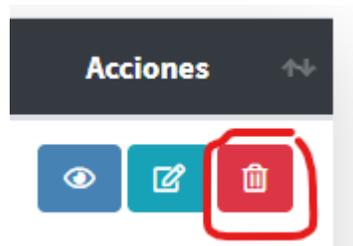
1. Dirijase a la columna “Acciones” ubicada en la tabla de productos y haga clic al botón del medio con icono de un lápiz y papel.



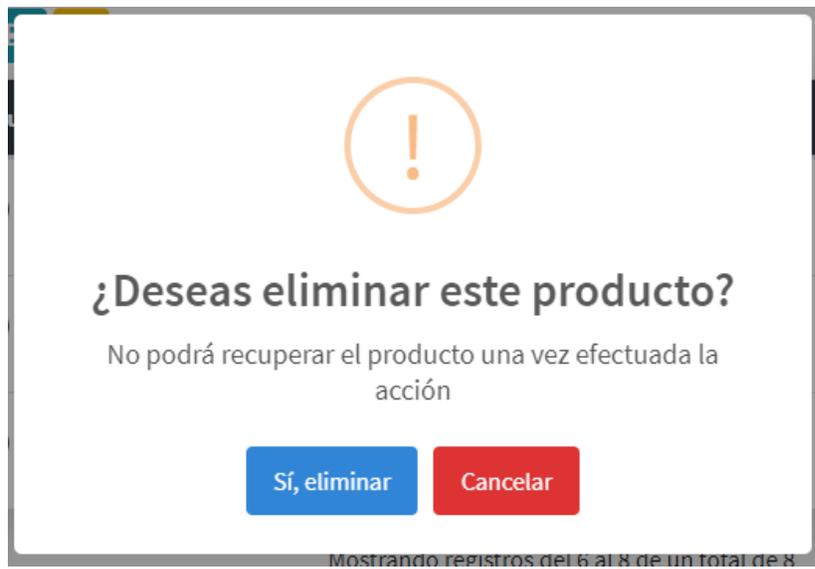
2. Este botón lo redirigirá al formulario de modificación de productos, el cual le permitirá efectuar cambios en código, nombre, imagen, descripción, precio y costo de ordenar. El único dato que se encuentra bloqueado para evitar alguna alteración es el de número de unidades ya existentes, debido a que este es el que garantiza la integridad de las demás características del sistema.

4.1.4 ELIMINAR UN PRODUCTO

Para llevar a cabo la eliminación de un producto disponible en el stock dirijase a la columna “Acciones” ubicada en la tabla de productos y haga clic al botón rojo con icono de papelera.



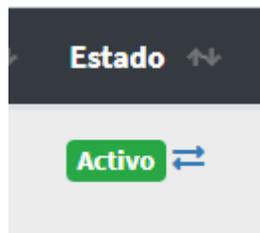
Una vez se haga clic en este botón se desplegará una alerta que le indica que al eliminar este producto no podrá recuperarlo posteriormente, si está seguro de la acción que realizará haga clic en el botón de confirmación “Sí, eliminar” para efectuar los cambios.



Después de ello la alerta se cerrará y podrá ver instantáneamente que ya no se encuentra registrado el producto en cuestión.

4.1.5 DISPONIBILIDAD DE UN PRODUCTO

En caso tal de que ya no requiera tener disponible un producto en stock pero tampoco desea perder los movimientos del inventario, puede modificar la disponibilidad del producto. Para modificar el estado de disponibilidad a inactivo debe dirigirse a la columna "Estado" y hacer clic sobre el icono azul con dos flechas.

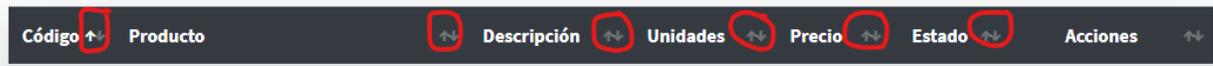


Una vez haga clic sobre estas flechas instantáneamente podrá ver que el estado "Activo" en color verde pasará a "Inactivo". De este modo tan intuitivo puede controlar el stock disponible en su inventario.

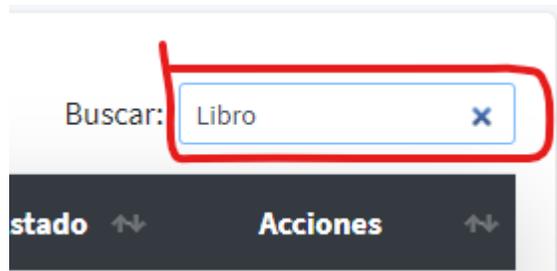


4.1.6 FILTRAR UN PRODUCTO

Si requiere ver de manera urgente el registro de un producto en cuestión y no alcanza a verlo en pantalla, diríjase a la parte superior de la tabla y haciendo clic en las flechas contenidas dentro de cada una de las columnas, podrá filtrar de mayor a menor o de menor a mayor los registros de la tabla.

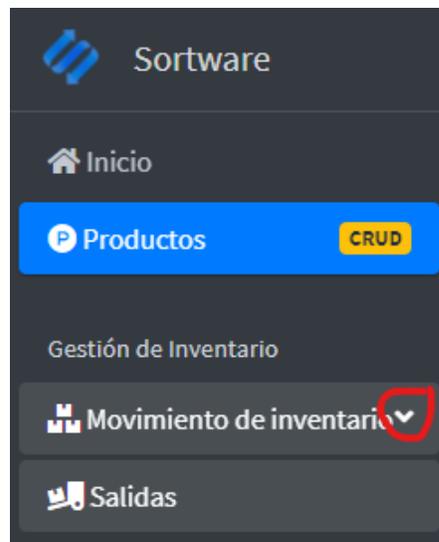


Del mismo modo, si requiere un producto en específico puede efectuar la búsqueda del mismo, para diríjase al borde superior derecho de la tabla y haga clic sobre el campo de texto “Buscar”, se sugiere ingresar datos característicos del producto (precio, descripción, código, nombre)

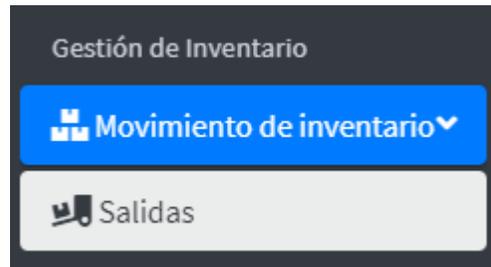


4.2 MÓDULO SALIDAS DE INVENTARIO

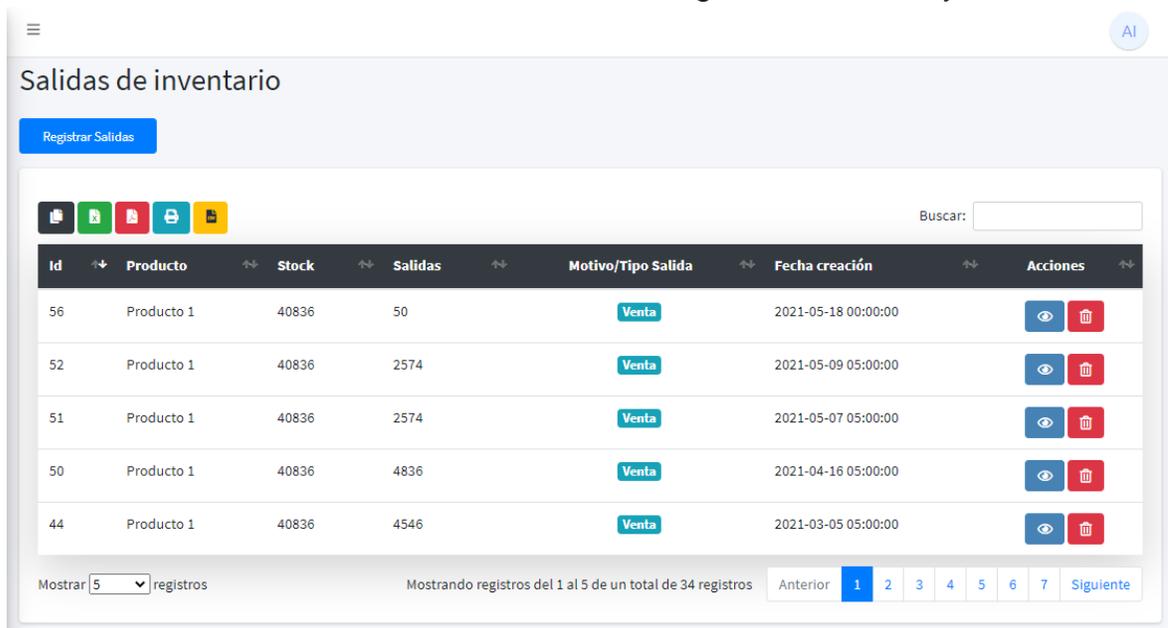
Para acceder al módulo debe desplegar la opción “Movimientos de inventario” dispuesta en el menú, tal como se indica a continuación:



Posteriormente haga clic sobre la opción “Salidas” del menú desplegable lo redirigirá al módulo salidas de inventario.



Al cargar podrá previsualizar información correspondiente a las salidas tales como: id; nombre del producto; stock; motivo o tipo de salida; fecha de creación, entre las funciones de administración de salidas se encuentran la de registrar, visualizar y eliminar.



Salidas de inventario

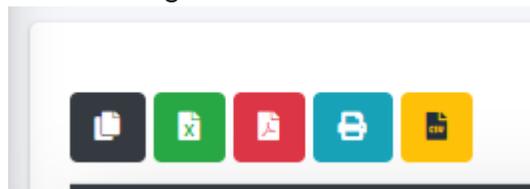
Registrar Salidas

Buscar:

Id	Producto	Stock	Salidas	Motivo/Tipo Salida	Fecha creación	Acciones
56	Producto 1	40836	50	Venta	2021-05-18 00:00:00	
52	Producto 1	40836	2574	Venta	2021-05-09 05:00:00	
51	Producto 1	40836	2574	Venta	2021-05-07 05:00:00	
50	Producto 1	40836	4836	Venta	2021-04-16 05:00:00	
44	Producto 1	40836	4546	Venta	2021-03-05 05:00:00	

Mostrar registros Mostrando registros del 1 al 5 de un total de 34 registros Anterior **1** 2 3 4 5 6 7 Siguiente

El módulo también cuenta con la función de imprimir, generar documento .csv - .xls - .pdf o simplemente copiar en texto los registros de la tabla.



Por último, en la parte inferior de la tabla, el sistema le indicará el número de registros existentes y el total que son mostrados en pantalla. Al lado derecho de este podrá ver los botones de navegación los cuales le permite previsualizar más registros existentes.



En caso tal de que requiera ver más de 5 registros por página o desee ver todos los registros existentes debe hacer clic en el menú plegable ubicado al costado izquierdo. Este le permitirá ver de a 5, 10, 15 o todos los registros existentes.



4.2.1 REGISTRAR UNA SALIDA

Para efectuar la creación de un producto siga los pasos enumerados a continuación:

4. Haga clic en el botón “Registrar Salidas” que se encuentra en la parte superior del módulo de salidas de inventario.



5. Este botón lo redirigirá al formulario registro de salidas, el cual le pedirá seleccionar el producto, ingresar el motivo o tipo de salida (ajuste, producto perecedero, venta), ingresar observaciones(opcionalmente) e ingresar la fecha (opcionalmente).

Registrar Salida

Producto
Seleccione un producto

Ingrese el numero de unidades a sacar
[Input field]

Motivo/Tipo Salida
Seleccione el tipo de salida

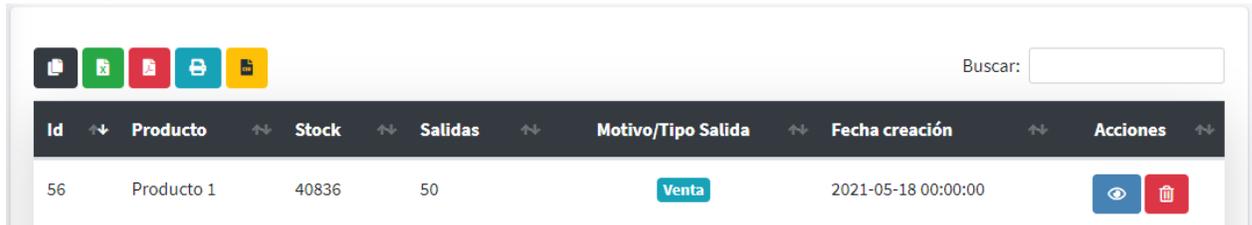
Observaciones (opcional)
Escribe tus observaciones...

Fecha (opcional)
dd/mm/aaaa

[Cancelar] [Guardar]

- Una vez se hayan diligenciado los campos requeridos debe hacer clic en el botón guardar para finalizar de registrar la salida.

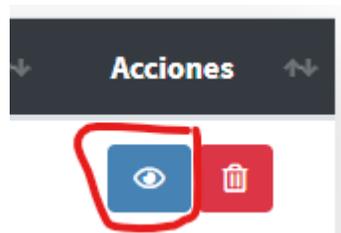
Después de efectuar el registro de salida del producto será redirigido al módulo de salidas donde podrá visualizar en la tabla los cambios efectuados.



Id	Producto	Stock	Salidas	Motivo/Tipo Salida	Fecha creación	Acciones
56	Producto 1	40836	50	Venta	2021-05-18 00:00:00	 

4.2.2 VER UNA SALIDA

Para obtener detalles de una salida de inventario dirijase a la columna “Acciones” ubicada en la tabla de salidas y haga clic al botón azul con icono de un ojo.



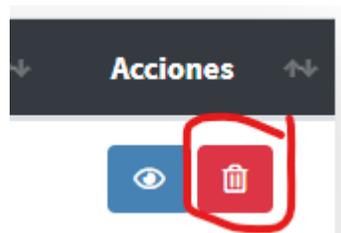
Una vez se haga clic en este botón se desplegará una ventana que le permitirá conocer información detallada de la salida: código, nombre, descripción, observaciones, unidades sacadas, precio y fecha de salida del producto afectado por este registro.



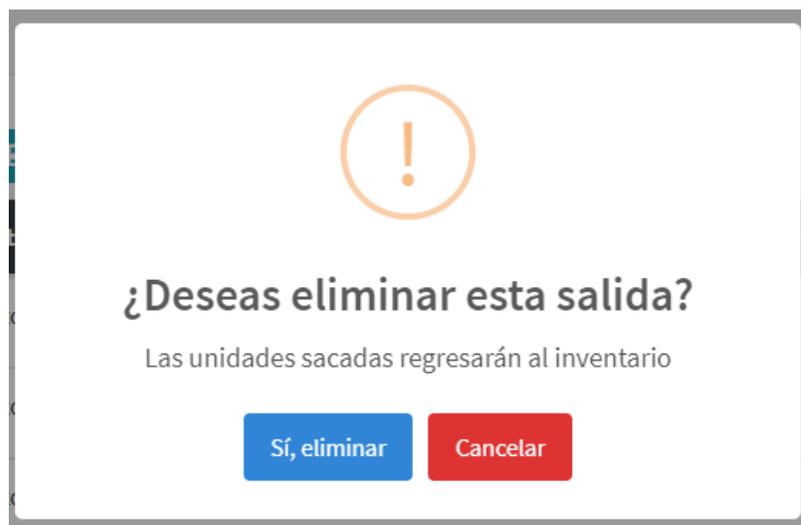
Para cerrar esta ventana puede hacer clic en la x de la esquina superior derecha o hacer clic en cualquier parte del área gris debajo de la ventana.

4.2.3 ELIMINAR UNA SALIDA

Para llevar a cabo la eliminación de una salida dirijase a la columna “Acciones” ubicada en la tabla de salidas de inventario y haga clic al botón rojo con icono de papelera.



Una vez se haga clic en este botón se desplegará una alerta que le indica que al eliminar esta salida las unidades sacadas del producto regresarán al inventario, si está seguro de la acción que realizará haga clic en el botón de confirmación “Sí, eliminar” para efectuar los cambios.



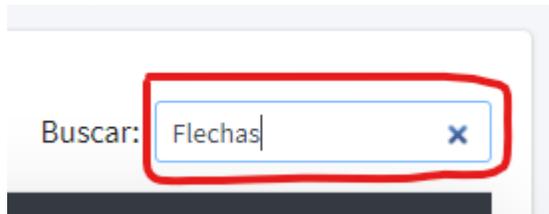
Después de ello la alerta se cerrará y podrá ver instantáneamente que ya no se encuentra la salida de inventario.

4.2.4 FILTRAR UNA SALIDA

Si requiere ver de manera urgente una salida de inventario y no alcanza a verla en pantalla, diríjase a la parte superior de la tabla y haciendo clic en las flechas contenidas dentro de cada una de las columnas, podrá filtrar de mayor a menor o de menor a mayor los registros de la tabla.

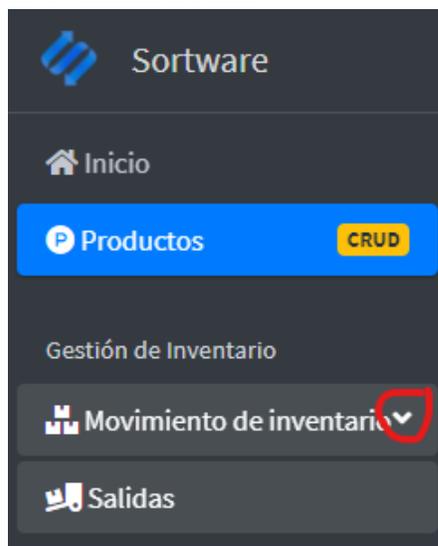


Del mismo modo, si requiere un producto en específico puede efectuar la búsqueda del mismo, para diríjase al borde superior derecho de la tabla y haga clic sobre el campo de texto “Buscar”, se sugiere ingresar datos característicos de la salida (id, nombre producto, fecha de creación y motivo o tipo de salida)

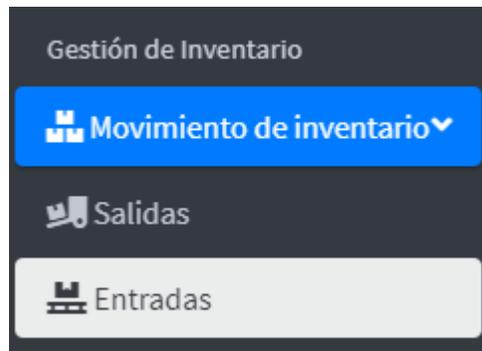


4.3 MÓDULO ENTRADAS DE INVENTARIO

Para acceder al módulo debe desplegar la opción “Movimientos de inventario” dispuesta en el menú, tal como se indica a continuación:



Posteriormente haga clic sobre la opción “Salidas” del menú desplegable, esto lo redirigirá al módulo de entradas de inventario.



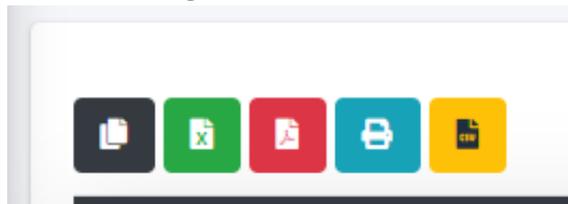
Al cargar podrá previsualizar información correspondiente a las entradas tales como: id; nombre del producto; stock; entradas; fecha de creación, entre las funciones de administración de entradas se encuentran la de registrar y visualizar.

La interfaz muestra un botón 'Registrar Entradas' y una barra de búsqueda. La tabla principal contiene los siguientes datos:

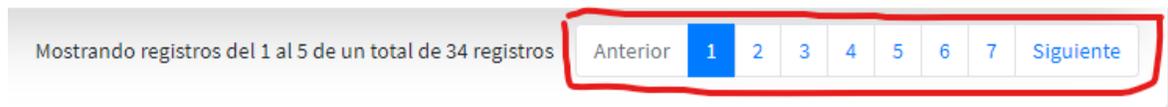
Id	Producto	Stock	Entradas	Fecha creación	Acciones
7	Producto 1	40836	50	2021-05-18 17:30:00	[Ojo]
6	Producto 1	40836	100000	2021-04-20 02:15:53	[Ojo]
5	Producto 1	40836	30000	2021-04-20 01:56:08	[Ojo]
4	Producto2	83768	1000	2021-04-13 01:39:05	[Ojo]
3	Producto2	83768	6	2021-03-17 20:16:10	[Ojo]

En la parte inferior de la tabla, se indica 'Mostrar 5 registros' y 'Mostrando registros del 1 al 5 de un total de 7 registros'. A la derecha, hay botones de navegación: 'Anterior', '1' (seleccionado), '2' y 'Siguiete'.

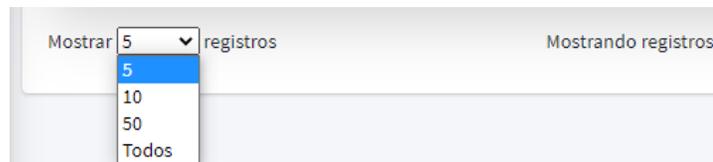
El módulo también cuenta con la función de imprimir, generar documento .csv -.xls - .pdf o simplemente copiar en texto los registros de la tabla.



Por último, en la parte inferior de la tabla, el sistema le indicará el número de registros existentes y el total que son mostrados en pantalla. Al lado derecho de este podrá ver los botones de navegación los cuales le permite previsualizar más registros existentes.



En caso tal de que requiera ver más de 5 registros por página o desee ver todos los registros existentes debe hacer clic en el menú plegable ubicado al costado izquierdo. Este le permitirá ver de a 5, 10, 15 o todos los registros existentes.



4.3.1 REGISTRAR UNA ENTRADA

Para efectuar la creación de una entradas siga los pasos enumerados a continuación:

1. Haga clic en el botón “Registrar Entradas” que se encuentra en la parte superior del módulo entradas de inventario.



2. Este botón lo redirigirá al formulario de registro de entradas, el cual le pedirá seleccionar el producto, ingresar el número de unidades a agregar y observaciones(opcionalmente).

Registrar Entradas

Producto

Seleccione un producto

Ingrese el numero de unidades a agregar

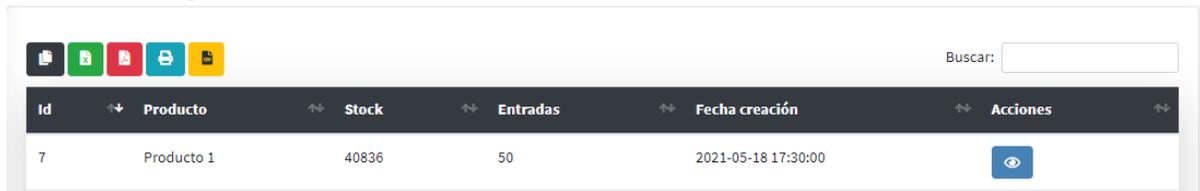
Observaciones (opcional)

Escribe tus observaciones...

Cancelar Guardar

3. Una vez se hayan diligenciado los campos requeridos debe hacer clic en el botón guardar para finalizar de registrar la entrada.

Después de efectuar el registro de entrada del producto será redirigido al módulo de salidas donde podrá visualizar en la tabla los cambios efectuados.



Id	Producto	Stock	Entradas	Fecha creación	Acciones
7	Producto 1	40836	50	2021-05-18 17:30:00	

4.3.2 VER UNA ENTRADA

Para obtener detalles una entrada de inventario dirijase a la columna “Acciones” ubicada en la tabla de salidas y haga clic al botón azul con icono de un ojo.



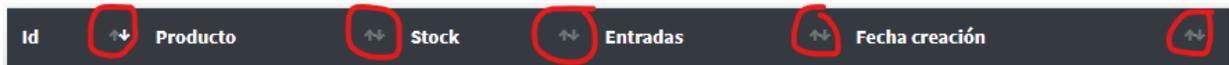
Una vez se haga clic en este botón se desplegará una ventana que le permitirá conocer información detallada de la entrada: código, nombre, descripción, observaciones, unidades ingresadas, precio y fecha de entrada del producto afectado por este registro.



Para cerrar esta ventana puede hacer clic en la x de la esquina superior derecha o hacer clic en cualquier parte del área gris debajo de la ventana.

4.3.3 FILTRAR UNA ENTRADA

Si requiere ver de manera urgente una entrada de inventario y no alcanza a verla en pantalla, diríjase a la parte superior de la tabla y haciendo clic en las flechas contenidas dentro de cada una de las columnas, podrá filtrar de mayor a menor o de menor a mayor los registros de la tabla.

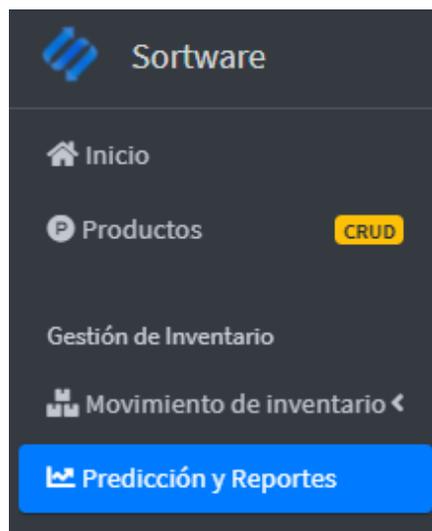


Del mismo modo, si requiere un producto en específico puede efectuar la búsqueda del mismo, para diríjase al borde superior derecho de la tabla y haga clic sobre el campo de texto “Buscar”, se sugiere ingresar datos característicos de la entrada (id, nombre producto, fecha de creación)



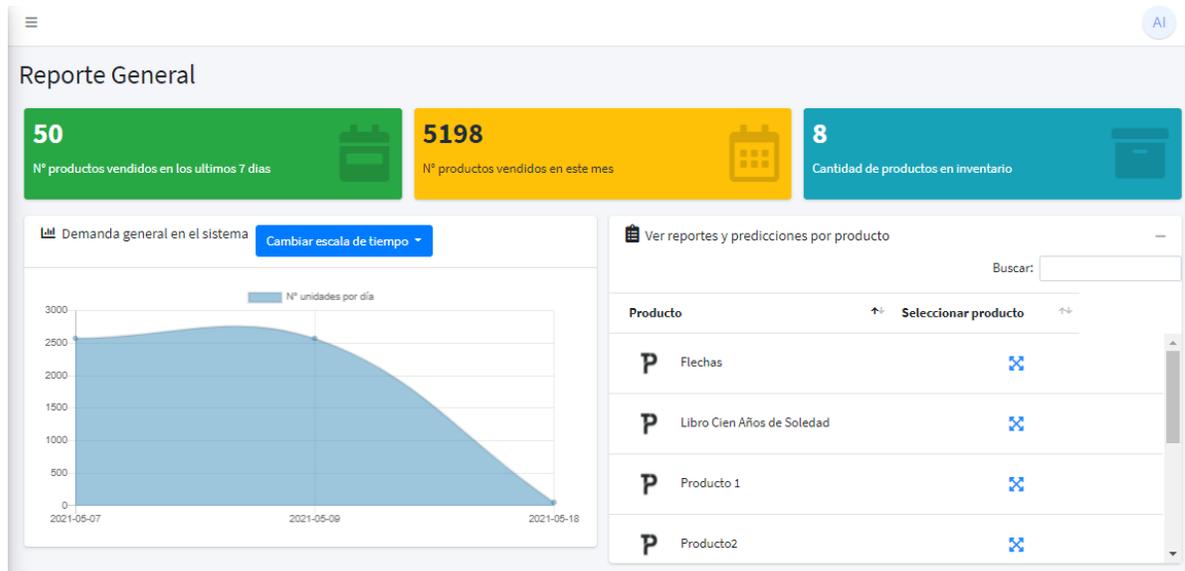
4.4 MÓDULO DE REPORTE

Para acceder al módulo debe hacer clic en la opción “Movimientos de inventario” dispuesta en el menú, tal como se indica a continuación:



Al cargar podrá previsualizar el módulo de reporte general, este módulo en la parte superior presenta de forma resumida las cifras correspondiente a los movimientos de inventario realizados y la cantidad total de productos disponibles en inventario. En la parte

inferior encontrará dos paneles, uno de ellos presenta de manera gráfica un reporte general de la demanda en el sistema y el otro es el panel de acceso al modulo de predicción y reporte detallado de un producto.



4.4.1 PANEL REPORTE DE DEMANDA GENERAL

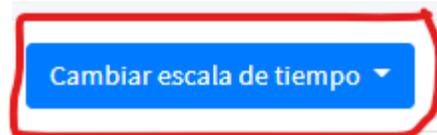
En este panel podrá visualizar de manera gráfica la demanda general presente en el sistema, tal como se muestra a continuación:



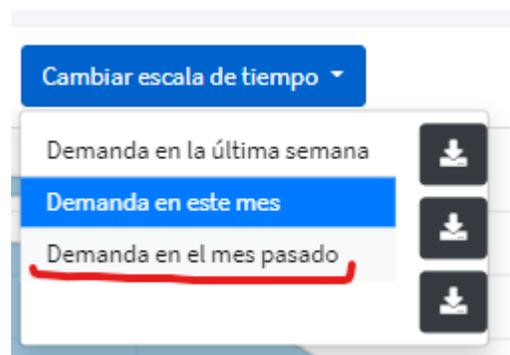
En el eje y podrá visualizar el número de unidades día y en el eje X podrá visualizar los días correspondientes. Así mismo, le permite elegir un rango de tiempo para ver o descargar el reporte: demanda en la última semana; demanda en este mes; demanda en el mes pasado.

4.4.2 ELEGIR LA ESCALA DE TIEMPO REPORTE DEMANDA

Para cambiar la escala de tiempo del reporte de demanda dirijase al borde superior del panel “Demanda general en el sistema” y haga clic sobre el botón azul “Cambiar escala de tiempo”.



Esta acción desplegará un menú vertical en el que se dispone de las siguientes opciones: demanda en la última semana, demanda en este mes, demanda en el mes pasado y un botón de descarga correspondiente. Para elegir la escala de su preferencia haga clic sobre la opción deseada tal como se muestra a continuación.

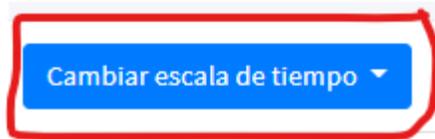


Una vez haga clic en la opción, el menú se cerrará y podrá ver la gráfica correspondiente a la escala de tiempo seleccionada.

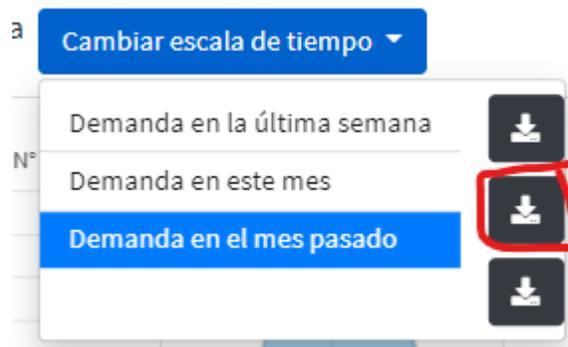


4.4.3 DESCARGAR REPORTE DEMANDA

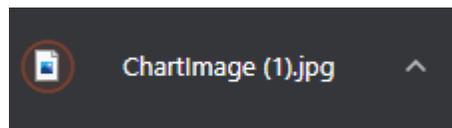
Para descargar el reporte gráfico de la demanda dirijase nuevamente al borde superior del panel “Demanda general en el sistema” y haga clic sobre el botón azul “Cambiar escala de tiempo”.



Esta acción desplegará un menú vertical en el que se dispone opciones de escala de tiempo y un botón de acceso de descarga por cada escala de tiempo. Para descargar el reporte de su preferencia haga clic sobre el botón de descarga de la escala de tiempo seleccionada.

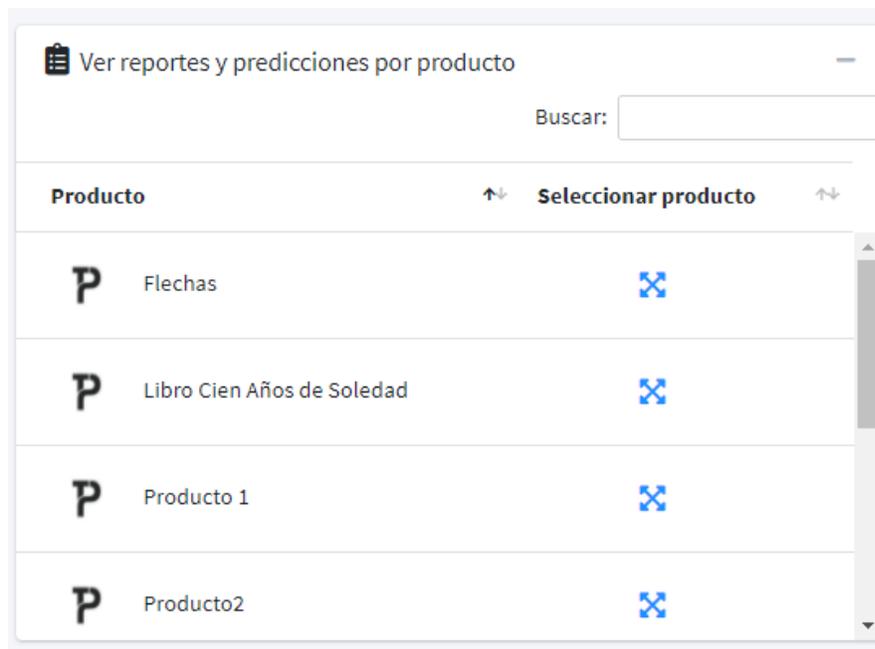


Una vez haga clic en el botón, el menú se cerrará y automáticamente se descargará el gráfico del reporte en tipo de archivo .png con nombre “ChartImage” tal como se muestra a continuación.



4.4.3 PANEL REPORTE Y PREDICCIÓN POR PRODUCTO

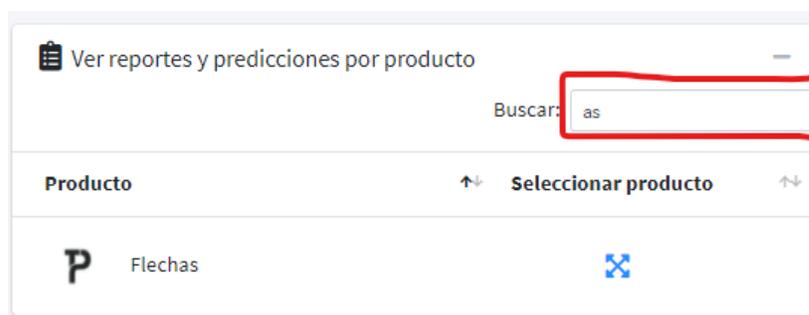
En este panel podrá visualizar un listado de los productos presente en el inventario del sistema, tal como se muestra a continuación:



Este panel cuenta con la función de filtrar productos por su nombre y la posibilidad de optar un producto para generar el reporte y predicción del mismo.

4.4.4 FILTRAR UN PRODUCTO

Si al momento de generar un reporte y predicción por producto no alcanza a visualizar el producto de su interés, puede efectuar un filtrado del listado de productos. Para esto diríjase al campo de texto "Buscar" ubicado en el borde superior derecho del panel "Ver reportes y predicciones por producto", haga clic sobre el campo de texto e ingrese el nombre del producto de su interés.

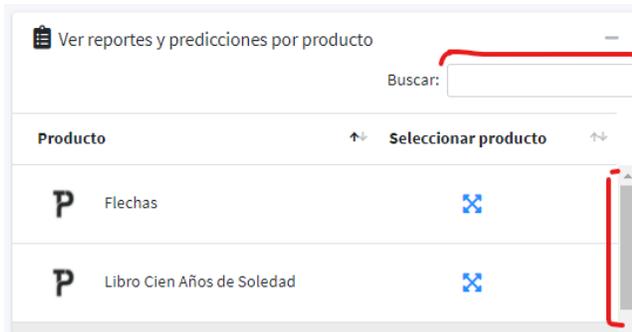


Esta acción tal como se muestra en la imagen anterior filtra el listado de productos, permitiendo así que sea más rápida la opción del panel.

4.4.5 GENERAR REPORTE Y PREDICCIÓN DE UN PRODUCTO

Para efectuar la generación de un reporte y predicción de demanda siga los pasos enumerados a continuación:

1. Dirijase al panel “Ver reportes y predicciones por producto”, al ubicar el panel seleccione el producto de su interés en el listado de productos con la barra lateral de navegación del panel o efectué un filtrado de producto tal como se presentó en el apartado anterior.



2. Una vez que encuentré el producto de su interés haga clic sobre el botón azul similar a una “X” que se encuentra ubicado en la columna “Seleccionar producto”.



Esta acción lo redirigirá al módulo de reporte y predicción del producto elegido, tal como se muestra a continuación:



4.4.6 CIFRAS RESUMIDAS DE REPORTE Y PREDICCIÓN DE INVENTARIO

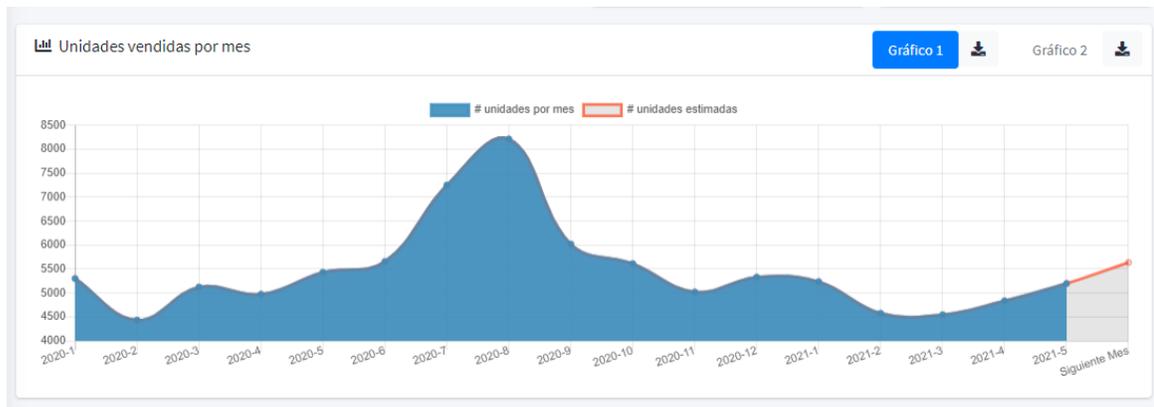
En la parte superior encontrará cifras resumidas tales como: cantidad de unidades en inventario, unidades vendidas en el último mes, unidades estimadas para el próximo mes y cantidad óptima de inventario para el próximo mes.



Aclaración: la posible variación en “Unidades estimadas para el próximo mes” y “Cantidad óptima de inventario para el próximo mes” se debe a que el modelo de inteligencia artificial se comporta como un modelo no determinístico.

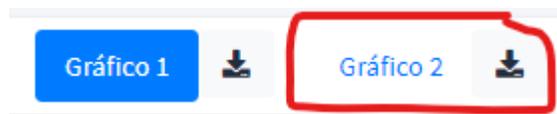
4.4.7 REPORTE Y PREDICCIÓN DE INVENTARIO

En la parte inferior encontrará la gráfica correspondiente a las unidades vendidas por mes, en el eje “y” de la gráfica se presenta la cantidad de unidades y en el eje “x” los meses contemplados en el reporte. En específico, las unidades vendidas se presentan con color azul y con color rojo el número de unidades estimadas.

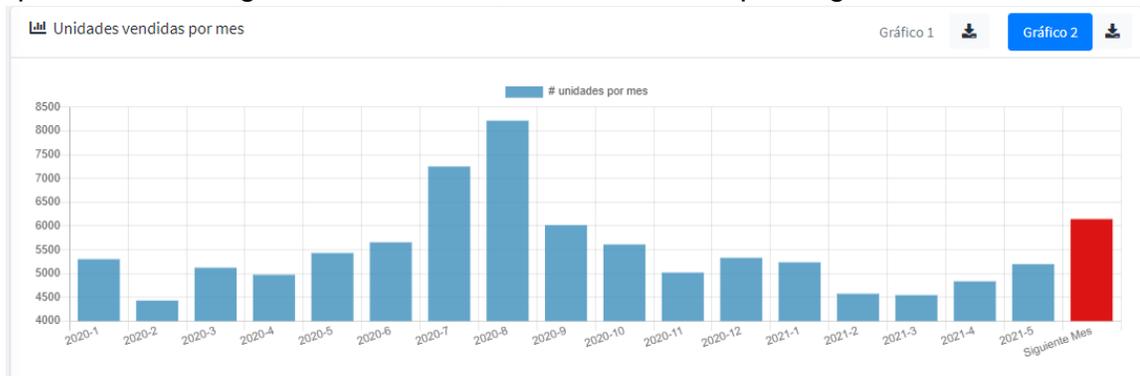


4.4.8 SELECCIONAR TIPO DE GRÁFICO

El panel de reporte y predicción de producto cuenta con dos tipos de gráficas, el primero consiste de una del tipo polígono de frecuencias y la segundo consiste en una gráfica del tipo histograma. Para seleccionar alguno de estos tipos de gráfica diríjase a la parte superior del panel “Unidades vendidas por mes” y de clic en el botón “Gráfico 2” para efectuar el de gráfica.



Tan pronto como haga clic en el botón, se mostrará el tipo de gráfica seleccionada.



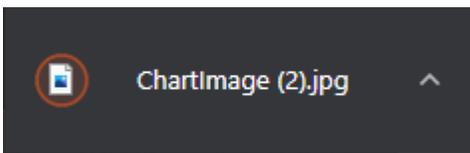
Si desea volver al tipo de gráfica de polígono de frecuencia haga clic en el botón “Gráfico 1”

4.4.9 DESCARGAR REPORTE DE PREDICCIÓN Y DEMANDA

Una vez se haya decidido que tipo de gráfico le permite visualizar mejor el reporte, diríjase nuevamente a la parte superior del panel y haga clic en el botón de descarga que se encuentra al lado del tipo de gráfico seleccionado.



Una vez haga clic en el botón de descarga esta iniciará automáticamente, tal como se muestra a continuación.



5. CARACTERISTICAS ADMINISTRADOR DEL SISTEMA

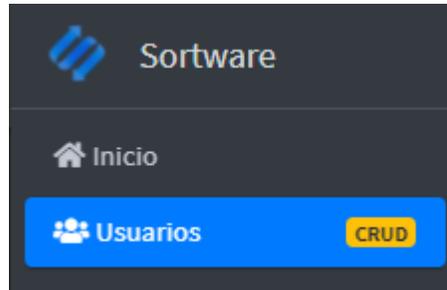
A diferencia del administrador de inventario, una vez realice inicio de sesión, la pantalla de inicio lucirá de la siguiente manera



Allí y en todas las pantallas del sistema encontrará un menú vertical desplegado en el panel lateral izquierdo el cual cuenta con una característica a la que se tiene acceso: el módulo de usuarios.

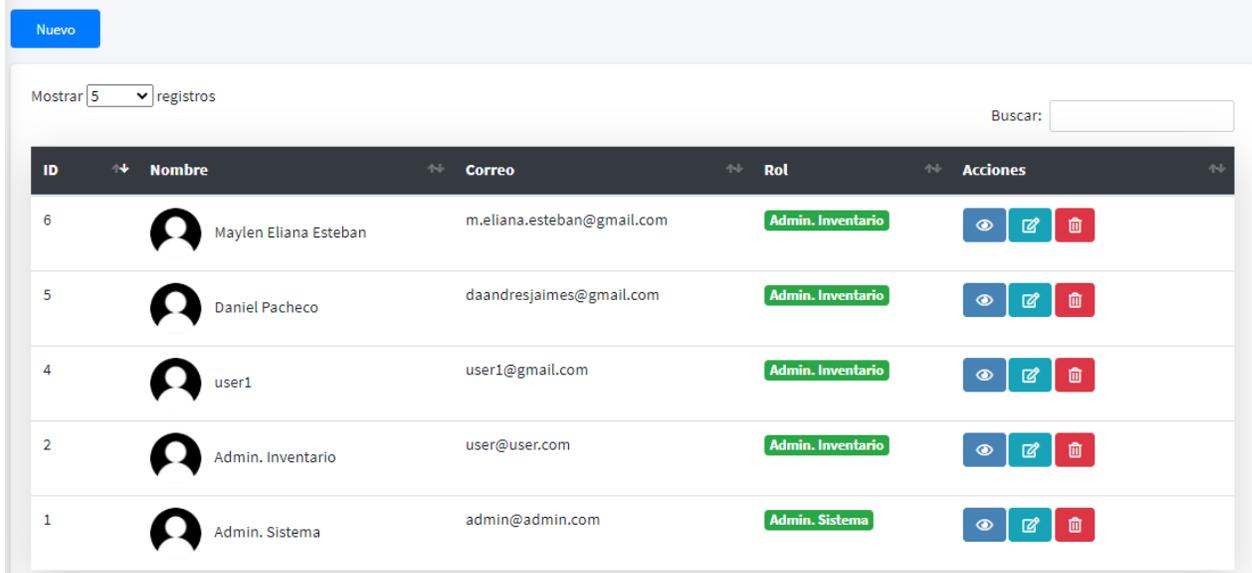
5.1 MODULO DE USUARIOS

Para acceder al módulo debe seleccionar la opción “Productos” dispuesta en el menú, tal como se indica a continuación:



Al cargar podrá previsualizar la información correspondiente a los usuarios registrado tales como: id; imagen del usuario; nombre; correo; tipo de rol en el sistema, entre las funciones de administración de productos se encuentran la de crear, editar, visualizar, eliminar, cambiar tipo de rol y filtrar.

Listado de usuarios

A screenshot of a user management interface. At the top left is a blue 'Nuevo' button. Below it is a search bar with the text 'Mostrar 5 registros' and a search input field. The main part of the interface is a table with the following columns: ID, Nombre, Correo, Rol, and Acciones. The table contains five rows of user data.

ID	Nombre	Correo	Rol	Acciones
6	Maylen Eliana Esteban	m.eliana.esteban@gmail.com	Admin. Inventario	[Ver] [Editar] [Eliminar]
5	Daniel Pacheco	daandresjaimes@gmail.com	Admin. Inventario	[Ver] [Editar] [Eliminar]
4	user1	user1@gmail.com	Admin. Inventario	[Ver] [Editar] [Eliminar]
2	Admin. Inventario	user@user.com	Admin. Inventario	[Ver] [Editar] [Eliminar]
1	Admin. Sistema	admin@admin.com	Admin. Sistema	[Ver] [Editar] [Eliminar]

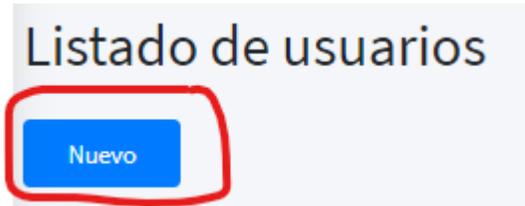
Por último, en la parte inferior de la tabla, el sistema le indicará el número de registros existentes y el total que son mostrados en pantalla. Al lado derecho de este podrá ver los botones de navegación los cuales le permite previsualizar más registros existentes.



5.1.1 CREAR UN NUEVO USUARIO

Para efectuar la creación de un producto siga los pasos enumerados a continuación:

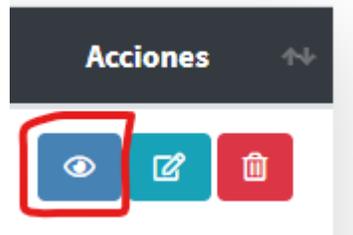
1. Haga clic en el botón “Nuevo” que se encuentra en la parte superior del módulo de usuarios.



2. Este botón lo redirigirá al formulario de creación de usuarios, el cual le solicitará: nombre, correo, y contraseña.
3. Una vez se hayan diligenciado los campos requeridos y se haya guardado será redirigido al modulo listado de usuarios, donde podrá ver el usuario creado.

5.1.2 VER UN USUARIO

Para obtener detalles de un usuario disponible en el listado dirijase a la columna “Acciones” ubicada en la tabla de productos y haga clic al botón azul con icono de un ojo.



Una vez se haga clic en este botón se desplegará una ventana que le permitirá conocer información detallada del usuario: nombre, rol, dirección de correo electrónico y fecha de creación del usuario.

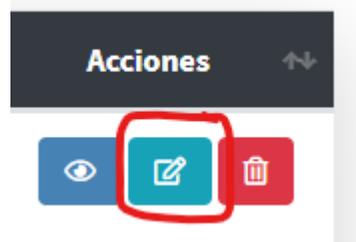


Para cerrar la ventana de información del usuario puede hacer clic en la x de la esquina superior derecha o hacer clic en cualquier parte del área gris debajo de la ventana.

3.1.3 EDITAR UN USUARIO

Para modificar la información de un usuario siga los pasos enumerados a continuación:

3. Dirijase a la columna “Acciones” ubicada en la tabla de usuarios y haga clic al botón del medio con icono de un lápiz y papel.



4. Este botón lo redirigirá al formulario de modificación de usuarios, el cual le permitirá efectuar cambios en nombre, correo y seleccionar un rol para el usuario (Admin. Sistema o Admin. Inventario). Así mismo, en la parte superior del formulario se encuentra la opción “Cambiar contraseña de Usuario”. Una vez haga clic en el botón “guardar” dispuesto en la parte inferior del formulario se efectuaron los cambios realizados.

5.1.4 CAMBIAR CONTRASEÑA USUARIO

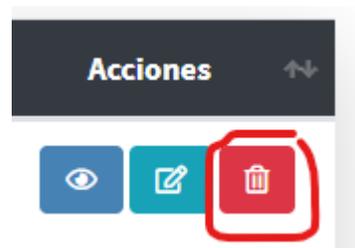
Para llevar a cabo el cambio de clave de un usuario dirijase a la parte superior del formulario de edición del usuario (el cual se presentó en el apartado 5.1.3) haga clic en el botón “Cambiar contraseña de usuario”. Esto lo dirigirá al formulario “Cambiar contraseña”

Una captura de pantalla de un formulario web. En la parte superior izquierda hay un icono de menú (tres líneas horizontales) y en la superior derecha un botón circular con las letras "AS". El título del formulario es "Cambiar contraseña". Debajo del título hay un campo de entrada etiquetado "Contraseña" con caracteres ocultos por puntos. En la parte inferior derecha del formulario hay dos botones: "Cancelar" y "Guardar".

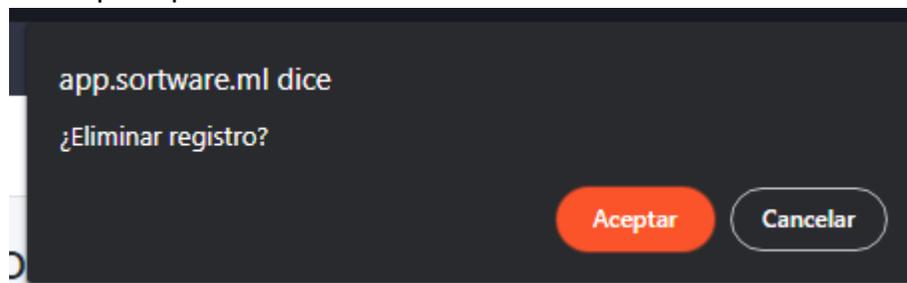
Una vez diligenciado el campo de contraseña de clic en guardar para efectuar los cambios en el usuario. Esto lo redirigirá al modulo de usuarios.

5.1.4 ELIMINAR UN USUARIO

Para llevar a cabo la eliminación de un usuario en el listado de usuarios dirijase a la columna “Acciones” ubicada en la tabla de productos y haga clic al botón rojo con icono de papelera.



Una vez se haga clic en este botón aparecerá una alerta que le pregunta si realmente desea eliminar el registro, en caso de que sea sí la respuesta haga clic en el botón de confirmación “Aceptar” para efectuar los cambios.



Después de ello la alerta se cerrará y podrá ver instantáneamente que ya no se encuentra registrado el usuario en cuestión.

CÓDIGO FUENTE

A continuación, se adjunta el código fuente referente al producto final obtenido para este trabajo. El aplicativo web tiene por nombre "Sortware" el cual tiene como propósito la gestión de inventarios en cuanto a sus entradas y salidas permitiendo un pronóstico de la demanda por medio de la implementación de una red neuronal.

Para el desarrollo del sistema se hizo uso del lenguaje de programación PHP bajo el entorno de desarrollo Laravel.

A continuación se puede dar un vistazo a algunos fragmentos de código elaborados en la construcción del software, específicamente en la construcción de la red neuronal se implementó una librería que se trabaja sobre javascript:

```
const net = new brain.recurrent.LSTMTimeStep({
  inputSize: 2,
  hiddenLayers: [4, 3, 2],
  outputSize: 2
});

net.train(trainingData, {
  learningRate: 0.005,
  errorThresh: 0.02,
});
```

Con estos fragmentos de código se logra evidenciar la manera en que se construye la red neuronal, allí específicamente se definen parámetros como el número de entradas y salidas que tendrá la red neuronal, también se define el tipo de arquitectura que tendrá. Adicionalmente, se puede visualizar la manera en que se realiza el entrenamiento sobre los datos, allí se definen parámetros como el error y la tasa de aprendizaje que tendrá la red.

```
function scaleDown(step){
  return {
    units: step.units / highest,
    price: step.price / 1
  };
}

function scaleUp(step){
  return{
    units: step.units * highest,
    price: step.price * 1
  };
}
```

Aquí se puede apreciar la manera en que los datos son normalizados para que la red neuronal pueda trabajar con ellos y así facilitar el proceso del pronóstico