

UNIVERSIDAD NACIONAL DE TUMBES

ESCUELA DE POSGRADO

DOCTORADO EN ESTADÍSTICA MATEMÁTICA APLICADA



**Software de optimización para modelos de inventarios y control
de precios de medicamentos e insumos en hospitales del
Instituto Ecuatoriano de Seguridad Social**

TESIS

**Para optar el grado académico de Doctor en Estadística
Matemática Aplicada**

Autor: M.Sc. Kelvin Howard Pizarro Romero

Tumbes, 2024

UNIVERSIDAD NACIONAL DE TUMBES

ESCUELA DE POSGRADO

DOCTORADO EN ESTADÍSTICA MATEMÁTICA APLICADA



Software de optimización para modelos de inventarios y control de precios de medicamentos e insumos en hospitales del Instituto Ecuatoriano de Seguridad Social

Tesis aprobada en forma y estilo por:

Dr. Sabino Escobar, Carlos Manuel (presidente)

ORCID: 0000-0003-3148-9542

Dr. Chávez Dioses, Gaspar (secretario)

ORCID: 0000-0002-0096-3654

Dr. Vera Namay, Emilio Máximo (miembro)

ORCID: 0000-0001-8887-2441

Tumbes, 2024

UNIVERSIDAD NACIONAL DE TUMBES

ESCUELA DE POSGRADO

DOCTORADO EN ESTADÍSTICA MATEMÁTICA APLICADA



**Software de optimización para modelos de inventarios y control
de precios de medicamentos e insumos en hospitales del
Instituto Ecuatoriano de Seguridad Social**

**Los suscritos declaramos que la tesis es original en su contenido
y forma**

M.Sc. Kelvin Howard Pizarro Romero (autor)

ORCID: 0000-0002-3650-5372

Dr. Luis Jhony Caucha Morales (asesor)

ORCID: 0000-0002-4786-9008

Tumbes, 2024

ACTA DE REVISIÓN Y SUSTENTACIÓN DE TESIS



UNIVERSIDAD NACIONAL DE TUMBES
Licenciada
Resolución del Consejo Directivo N° 155-2019-SUNEDU/CD
ESCUELA DE POSGRADO
Tumbes – Perú

“Año del Bicentenario, de la consolidación de nuestra Independencia, y de la Conmemoración de las Heroicas Batallas de Junín y Ayacucho”

ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS

En Tumbes, a los quince días del mes de noviembre, siendo las diez horas; se instalaron en el aula dos de la Escuela de Posgrado de la Universidad Nacional de Tumbes los miembros del jurado calificador conformado mediante la **RESOLUCIÓN DIRECTORAL N° 0314-2021/UNTUMBES-EPG-D, del 29 de setiembre del dos mil veintiuno**, presidido por el Dr. Sabino Escobar, Carlos Manuel (**presidente**) e integrado por el Dr. Chávez Dioses, Gaspar (**secretario**), el Dr. Vera Namay, Emilio Máximo (**vocal**) y el Dr. Luis Jhony Caucha Morales (**Miembro – Asesor**).

Instalado el jurado, se procedió a la sustentación y defensa y posterior deliberación, evaluación, y calificación del acto de la sustentación de la tesis titulada: **“Software de Optimización para modelos de inventarios y control de precios de medicamentos e insumos en hospitales del Instituto Ecuatoriano de Seguridad Social”**, presentado por el egresado: **M.Sc. Kelvin Howard Pizarro Romero** para optar el grado académico de **Doctor en Estadística Matemática Aplicada**.

Concluida la sustentación y absueltas las preguntas, por parte del sustentante y después de la correspondiente, deliberación el jurado, conforme a lo normado en el artículo N° 111 del Reglamento de Tesis de la Universidad Nacional de Tumbes, declara al sustentante aprobado, con el calificativo de **MUY BUENO**.

Por lo anterior, el sustentante está expedito para iniciar los trámites correspondientes y conducentes a la obtención del grado académico de **DOCTOR EN ESTADÍSTICA MATEMÁTICA APLICADA**, en conformidad con lo normado en la Ley Universitaria N° 30220, el Texto Único Ordenado del Estatuto, El Reglamento General, el Reglamento de Grados Títulos y el Reglamento de Tesis de la Universidad Nacional de Tumbes.

Siendo las doce horas y cero, del mismo día, se dio por concluida la ceremonia académica, procediendo a firmar el acta en presencia del público asistente.

Tumbes, 15 de noviembre de 2024.

Dr. Sabino Escobar, Carlos Manuel
Presidente
DNI: 17956217
Código ORCID: [0000-0003-3148-9542](https://orcid.org/0000-0003-3148-9542)

Dr. Chávez Dioses, Gaspar
Secretario
DNI: 00209043
Código ORCID: [0000-0002-9804-0400](https://orcid.org/0000-0002-9804-0400)

Dr. Vera Namay, Emilio Máximo
Miembro
DNI: 18000233
Código ORCID: [0000-0001-8887-2441](https://orcid.org/0000-0001-8887-2441)

Dr. Caucha Morales Luis Jhony
Miembro - Asesor
DNI: 41378388
Código ORCID: [0000-0002-4786-9008](https://orcid.org/0000-0002-4786-9008)

C.c.
Jurado de Tesis (03),
Asesor (1)
Interesado (4)
Unidad de Investigación, (1)
Archivo (Director EPG).

INFORME DE ORIGINALIDAD TURNITIN

Software de optimización para modelos de inventarios y control de precios de medicamentos e insumos en hospitales del Instituto Ecuatoriano de Seguridad Social

por Kelvin Howard Pizarro Romero

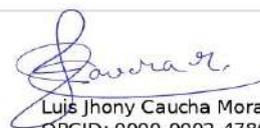
Fecha de entrega: 03-dic-2024 08:33p.m. (UTC-0500)

Identificador de la entrega: 2433538708

Nombre del archivo: TESIS_FINAL_NOV_FIRMA-signed.pdf (2.04M)

Total de palabras: 45414

Total de caracteres: 252301



Luis Jhony Caucha Morales
ORCID: 0000-0002-4786-9008

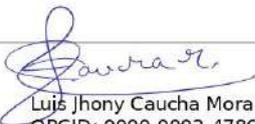
Software de optimización para modelos de inventarios y control de precios de medicamentos e insumos en hospitales del Instituto Ecuatoriano de Seguridad Social

INFORME DE ORIGINALIDAD

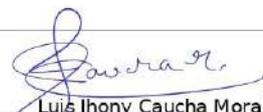
14%	14%	3%	3%
INDICE DE SIMILITUD	FUENTES DE INTERNET	PUBLICACIONES	TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

FUENTES PRIMARIAS

1	revistas.utb.edu.ec Fuente de Internet	3%
2	qdoc.tips Fuente de Internet	1%
3	repositorio.ucv.edu.pe Fuente de Internet	1%
4	www.investigacion.uan.edu.co Fuente de Internet	1%
5	dialnet.unirioja.es Fuente de Internet	1%
6	www.coursehero.com Fuente de Internet	<1%
7	archive.org Fuente de Internet	<1%
8	hdl.handle.net Fuente de Internet	<1%

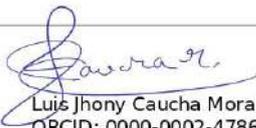

Luis Jhony Caucha Morales
ORCID: 0000-0002-4786-9008

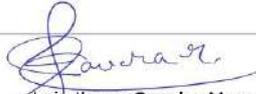
9	repositorio.untumbes.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
10	Submitted to Universidad TecMilenio Trabajo del estudiante	<1 %
11	ri.ues.edu.sv Fuente de Internet	<1 %
12	repositorio.ucsg.edu.ec Fuente de Internet	<1 %
13	vsip.info Fuente de Internet	<1 %
14	www.academia.edu Fuente de Internet	<1 %
15	vagosuatfis.files.wordpress.com Fuente de Internet	<1 %
16	repository.uamerica.edu.co Fuente de Internet	<1 %
17	origen.ecuavisa.com Fuente de Internet	<1 %
18	docplayer.es Fuente de Internet	<1 %
19	Submitted to Universidad Católica San Pablo Trabajo del estudiante	<1 %
20	idoc.pub Fuente de Internet	<1 %

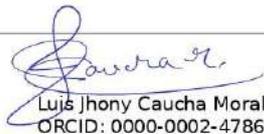

 Luis Jhony Caucha Morales
 ORCID: 0000-0002-4786-9008

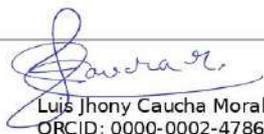
21	Submitted to Universidad Internacional de la Rioja Trabajo del estudiante	<1 %
22	simulacionunaulablog.files.wordpress.com Fuente de Internet	<1 %
23	1library.co Fuente de Internet	<1 %
24	livrosdeamor.com.br Fuente de Internet	<1 %
25	Submitted to Universidad Católica de Santa María Trabajo del estudiante	<1 %
26	es.slideshare.net Fuente de Internet	<1 %
27	Submitted to Universidad Continental Trabajo del estudiante	<1 %
28	repositorio.uni.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
29	rstudio-pubs-static.s3.amazonaws.com Fuente de Internet	<1 %
30	Submitted to Entregado a Systems Link el 2013-03-13 Trabajo del estudiante	<1 %
31	es.scribd.com Fuente de Internet	<1 %


 Luis Jhony Caucha Morales
 ORCID: 0000-0002-4786-9008

32	repositorio.ug.edu.ec Fuente de Internet	<1 %
33	tesis.unsm.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
34	Submitted to UNIBA Trabajo del estudiante	<1 %
35	repositori.tecnocampus.cat Fuente de Internet	<1 %
36	kipdf.com Fuente de Internet	<1 %
37	Submitted to Universidad Pontificia Bolivariana Trabajo del estudiante	<1 %
38	catalogo.unicatolica.edu.co Fuente de Internet	<1 %
39	repositorio.upec.edu.ec Fuente de Internet	<1 %
40	Submitted to BENEMERITA UNIVERSIDAD AUTONOMA DE PUEBLA BIBLIOTECA Trabajo del estudiante	<1 %
41	repositorio.uasf.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
	 Luis Jhony Caucha Morales ORCID: 0000-0002-4786-9008	
42	Submitted to Southern New Hampshire University - Continuing Education Trabajo del estudiante	<1 %

43	<p>Inguscio, Marco. "Hacia la Sexualización de la Inteligência Artificial (Ia); Proyección y Representación de la Consciencia Sexual en Cuerpos y Entidades Posthumanos", Universidade NOVA de Lisboa (Portugal), 2024</p> <p>Publicación</p>	<1 %
44	<p>repositorio.unsa.edu.pe</p> <p>Fuente de Internet</p>	<1 %
45	<p>repositorio.upt.edu.pe</p> <p>Fuente de Internet</p>	<1 %
46	<p>search.bvsalud.org</p> <p>Fuente de Internet</p>	<1 %
47	<p>www.isotools.us</p> <p>Fuente de Internet</p>	<1 %
48	<p>Juan Manuel Izar-Landeta, Carmen Berenice Ynzunza-Cortés, Arturo Castillo-Ramírez, Raúl Hernández-Molinar. "Estudio comparativo del impacto de la media y varianza del tiempo de entrega y de la demanda en el costo del inventario", Ingeniería, Investigación y Tecnología, 2016</p> <p>Publicación</p>	<1 %
49	<p>dspace.ups.edu.ec</p> <p>Fuente de Internet</p>	<1 %
 Luis Jhony Caucha Morales ORCID: 0000-0002-4786-9008		
50	<p>repositorio.uchile.cl</p> <p>Fuente de Internet</p>	

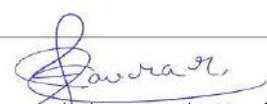
		<1 %
51	dspace.esPOCH.edu.ec Fuente de Internet	<1 %
52	repository.pedagogica.edu.co Fuente de Internet	<1 %
53	www.yumpu.com Fuente de Internet	<1 %
54	Submitted to Universidad Tecnica De Ambato- Direccion de Investigacion y Desarrollo , DIDE Trabajo del estudiante	<1 %
55	Submitted to Hofstra University Trabajo del estudiante	<1 %
56	Submitted to Universidad Nacional de Educacion Enrique Guzman y Valle Trabajo del estudiante	<1 %
57	Submitted to Universidad Nacional de Tumbes Trabajo del estudiante	<1 %
58	Submitted to Universidad Tecnológica Centroamericana UNITEC Trabajo del estudiante	<1 %
59	docobook.com Fuente de Internet	<1 %
	 Luis Jhony Caucha Morales ORCID: 0000-0002-4786-9008	
60	repositorio.uap.edu.pe Fuente de Internet	

		<1 %
61	repositorio.ucss.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
62	www.primicias.ec Fuente de Internet	<1 %
63	idoc.tips Fuente de Internet	<1 %
64	www.aes.org.ar Fuente de Internet	<1 %
65	www.centroseditorial.com Fuente de Internet	<1 %
66	www.nutricionhospitalaria.org Fuente de Internet	<1 %
67	deporte.ugr.es Fuente de Internet	<1 %
68	docslide.us Fuente de Internet	<1 %
69	repositorio.unal.edu.co Fuente de Internet	<1 %
70	revistas.unitru.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
	 Luis Jhony Caucha Morales ORCID: 0000-0002-4786-9008	<1 %
71	Aguilar Rendon, Rita Cecilia Hurtado Martell, Jose Luis Quispialaya Sandonas, Ysacc	<1 %

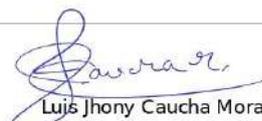
Abelardo | Santana Granda, Fernando
Guillermo. "Diagnostico Operativo
Empresarial de la Planta E. y C. Metalikas
S.A.C.", Pontificia Universidad Catolica del
Peru - CENTRUM Catolica (Peru), 2020

Publicación

72	Submitted to Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas Trabajo del estudiante	<1 %
73	repositorio.urp.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
74	www.wipo.int Fuente de Internet	<1 %
75	"Tendencias en la investigación universitaria. Una visión desde Latinoamérica. Volumen XXI", Alianza de Investigadores Internacionales SAS, 2023 Publicación	<1 %
76	dokumen.pub Fuente de Internet	<1 %
77	dspace.ucacue.edu.ec Fuente de Internet	<1 %
78	eio.usc.es Fuente de Internet	<1 %
79	repositorio.upla.edu.pe Fuente de Internet	<1 %


Lujs Jhony Caucha Morales
ORCID: 0000-0002-4786-9008

80	stdjet.scienceandtechnology.com.vn Fuente de Internet	<1 %
81	www.jove.com Fuente de Internet	<1 %
82	www.researchgate.net Fuente de Internet	<1 %
83	www.risti.xyz Fuente de Internet	<1 %
84	Submitted to Corporación Universitaria Minuto de Dios, UNIMINUTO Trabajo del estudiante	<1 %
85	knowmad.openaire.eu Fuente de Internet	<1 %


Luis Jhony Caucha Morales
ORCID: 0000-0002-4786-9008

Excluir citas Activo
Excluir bibliografía Activo

Excluir coincidencias < 15 words

AGRADECIMIENTO

Agradezco al Ser Superior por darme la oportunidad, la fortaleza y la sabiduría necesarias para concluir un proyecto fundamental en mi vida profesional, el cual representa no solo una convicción profunda, sino también un hito de realización personal.

Al Dr. Luis Caucha Morales, Asesor, por su tiempo, su apoyo constante y su guía profesional durante todo el desarrollo del proyecto.

A los Doctores Docentes, presidente y Miembros del Tribunal por los conocimientos compartidos y su apoyo incondicional.

Gracias a la Universidad Nacional de Tumbes y a todos los funcionarios que, de una u otra manera, me brindaron la oportunidad de llevar a cabo este proyecto y por fomentar el desarrollo y ejecución de iniciativas científicas con impacto social.

DEDICATORIA

Dedico este trabajo, a mis padres, quienes con su ejemplo me han guiado en cada etapa de mi vida, inspirándome a seguir sus pasos y a alcanzar mis metas.

A mi esposa, por su comprensión, paciencia y aliento durante este proceso, y por creer en mí incluso en los momentos más difíciles.

A mis hijos, mi mayor fuente de inspiración, quienes me impulsan a ser mejor cada día. Este logro es también para ustedes, con la esperanza de que sigan sus propios sueños con la misma pasión y determinación.

Finalmente, dedico este logro a todas aquellas personas que han creído en mí y han sido parte de mi crecimiento personal y profesional. Este proyecto es también para ustedes, con gratitud y aprecio.

ÍNDICE

RESUMEN	xxvii
ABSTRACT	xxviii
RESUMO.....	xxix
CAPÍTULO I	30
1. INTRODUCCIÓN	30
1.1. Situación Problemática	31
1.2. Planteamiento del Problema	37
1.3. Problemas específicos	37
1.4. Justificación de la Investigación	37
1.5. Objetivos de la Investigación.....	38
1.5.1 Objetivo General	38
1.5.2 Objetivos Específicos.....	38
1.6. Formulación de la Hipótesis.....	39
1.6.1 Hipótesis General	39
1.6.2 Hipótesis específicas	39
1.7. Definición de Variables	39
CAPÍTULO II	40
2. REVISIÓN DE LITERATURA	40
2.1. Antecedentes	40
2.2. Bases Teórico-Científicas	48
2.1.1 Modelos Determinísticos de Inventarios con Cantidad Económica de Pedido Básico.....	51
2.1.2 Modelos Determinísticos de revisión continua con faltante	56
2.1.3 Modelos Determinísticos EOQ con reducción de precios	58
2.1.4 Modelos Determinísticos de revisión periódica.....	62
2.1.5 Modelos de Inventario Probabilísticos	63

2.1.6 Modelos probabilísticos revisión continua.....	64
2.1.7 Modelo probabilístico de revisión continua, con demanda variable y tiempo de entrega constante	64
2.1.8 Modelo probabilístico de revisión continua, con demanda constante y tiempo de entrega variable	65
2.1.9 Modelo probabilístico de revisión continua, con demanda variable y tiempo de entrega variable	66
2.1.10 Modelo probabilístico de revisión periódica	67
2.1.11 Método de evaluación de Inventarios PEPS.....	69
2.3. Definición de términos básicos.....	70
2.3.1 Software.....	70
2.3.2 Hospital o Nosocomio	71
2.3.3 Algoritmo.....	71
2.3.4 Análisis multivariante	71
2.3.5 Anova.....	71
2.3.6 Medicamentos	71
2.3.7 Insumos hospitalarios	72
2.3.8 Precio.....	72
CAPÍTULO III	73
3. MATERIALES Y MÉTODOS	73
3.1. Tipo de estudio y diseño de contrastación de Hipótesis	73
3.2. Lugar de estudio	73
3.3. Población, muestra y muestreo.....	74
3.3.1 Población.....	74
3.3.2 Muestra.....	74
3.4. Métodos, técnicas e instrumentos de recolección de datos	74
3.4.1 Mediante un enfoque cuantitativo	74
3.4.2 Método descriptivo o explicativo	75

3.4.3 Método de Diferencia.....	75
3.5. Plan de procesamiento y análisis de datos	76
3.5.1 Técnicas de procesamiento y análisis de datos:.....	76
3.5.2 Modelo de Inventario	77
3.5.3 Funcionamiento del Software	77
CAPÍTULO IV	78
4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	78
4.1. Análisis descriptivo de compras de medicamentos e insumo médicos en los Hospitales IESS (2017-2020).....	78
4.2. Análisis de curva de densidad, histograma y gráfico de cajas de las compras medicamento e insumos médicos, Hospitales IESS (2017-2020).....	85
4.3. Análisis de gráfico de pastel y cajas, de las compras de medicamentos e insumos en los Hospitales IESS (2017-2020).....	89
4.4. Análisis del gráfico de dispersión de las compras de medicamentos e insumos en los Hospitales IESS (2017-2020).....	94
4.5. Análisis matriz de dispersión con línea de regresión, y correlación de compras de medicamentos vs insumos médicos (2017-2020)	95
4.6. Análisis de histograma y curva de densidad de las variables medicamento e insumo médico de cada periodo de los Hospitales IESS (2017-2020)	99
4.7. Análisis de matriz de dispersión y matriz de correlación, de compras de medicamento e insumos médicos entre hospitales del IESS (2017-2020)	104
4.8. Análisis de la distribución de medicamentos e insumos médicos de cada Hospital del IESS (2017-2020).....	107
4.9. Análisis de correlaciones fuertes y débiles de las compras de medicamentos, insumos médicos y hospitales IESS (2017-2020).....	112
4.10. Análisis de gráficos de barras de compras de medicamentos e insumos médicos en cada Hospital del IESS (2017-2020).....	114
4.11 Análisis de los resultados de medias aritméticas, varianza, desviación estándar, de las compras en total de Hospitales del IESS años (2017-2020)..	118

4.12	Análisis de los resultados de medias aritméticas, varianza, desviación estándar, de variables individuales de Hospitales del IESS años (2017-2020	122
4.13	Análisis de los resultados de normalidad con test de Shapiro Will para datos de Hospitales del IESS años (2017-2020	128
4.14	Análisis de los resultados de Anova, de las compras en total de los Hospitales del IESS años (2017-2020	129
4.15	Análisis de prueba rango múltiple Tukey de las medias de las compras conjuntas de medicamento e insumo médico de los Hospitales (2017–2020).	132
4.16	Análisis de resultados de varianza de las variables medicamento e insumo médico de cada periodo (2017–2020).....	134
4.17	Análisis de resultados de la desviación estándar de las variables medicamento e insumo médico de cada periodo (2017–2020).....	135
4.18	Análisis de los resultados de normalidad con test de Shapiro Will para variables medicamento e insumo médico de las compras de los Hospitales del IESS años (2017-2020.....	136
4.19	Análisis de los nuevos resultados de normalidad con test de Shapiro Will para variables medicamento e insumo médico de las compras de los Hospitales del IESS años (2017-2020.....	140
4.20	Análisis de resultados de Anova de las compras de la variable medicamento de cada periodo (2017–2020).....	141
4.21	Análisis de resultados de la prueba Tukey de las compras de la variable medicamento de cada periodo (2017–2020).....	143
4.22	Análisis de resultados de Anova de las compras de la variable insumo médico de cada periodo (2017–2020).....	145
4.23	Análisis de resultados de la prueba Tukey de las compras de la variable insumo médico de cada periodo (2017–2020).....	146
4.24	Análisis de resultados de la prueba Tukey de las variables medicamento e insumo médico de cada periodo (2017–2020).....	147
4.25	Análisis de resultados Componentes Principales PCA, a las variables medicamento e insumos médicos entre periodos (2017-2020).....	150

4.26 Análisis de resultados de los Componentes Principales PCA, de los Hospitales entre periodos (2017-2020).....	151
4.27 Funcionamiento del Software, para control de inventarios en las farmacias de los Hospitales del IESS.....	152
4.28 Software y su aporte en la optimización de inventarios, para la aplicación modelos determinísticos y estocásticos.....	175
CAPÍTULO V.....	177
5. CONCLUSIONES.....	177
CAPÍTULO VI.....	179
6. RECOMENDACIONES.....	179
7. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	181

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Ciudades del Ecuador y Hospitales del IESS.....	78
Tabla 2: Resumen descriptivo de variables cuantitativas - medicamento e insumo médico de cada hospital durante los años (2017-2020)	79
Tabla 3: Resumen descriptivo de compras unificadas de medicamentos e insumos médico de cada hospital durante (2017-2020)	84
Tabla 4: Resultados de las medias aritméticas de las compras en conjunto de medicamento e insumo médico de cada hospital 2017 – 2020	118
Tabla 5: Varianza de las compras de medicamento e insumo médico en conjunto de cada Hospital, años (2017 – 2020)	120
Tabla 6: Desviación Estándar Varianza de las compras de medicamento e insumo médico en conjunto de cada Hospital, años (2017 – 2020)	121
Tabla 7: Resultado de las medias de compras de medicamento e insumo médico, para cada hospital (2017–2020)	122
Tabla 8: Varianza de las variables de medicamentos e insumo médico, para cada hospital (2017–2020)	124
Tabla 9: Desviación estándar de las compras de medicamentos e insumos médicos de cada hospital (2017–2020)	125
Tabla 10: Prueba de Normalidad a través del test de Shapiro Will para datos de Hospitales del IESS años (2017-2020).....	126
Tabla 11: Evaluación de la Normalidad de Datos de Ceibos y Quevedo del IESS (2017-2020) mediante Transformación Logarítmica y Prueba de Shapiro-Wilk.....	127
Tabla 12: Varianzas (Anova) comparación de medias de las compras de en medicamento e insumo médico de cada Hospital, años (2017– 2020)..	129
Tabla 13: Prueba rango múltiple Tukey de las medias de las compras conjuntas de Medicamento e Insumo médico de los Hospitales (2017–2020)	130
Tabla 14: Varianza de las variables medicamento e insumo médico entre los años (2017–2020)	134
Tabla 15: Desviación estándar de las variables medicamento e insumo médico entre los años (2017–2020).....	135

Tabla 16: Test de Shapiro Will para las variables de Medicamento e Insumos Médicos años (2017-2020)	136
Tabla 17: Test de Shapiro Will de los datos transformados para las variables de Medicamento e Insumos Médicos años (2017-2020)	140
Tabla 18: Anova de las medias de las compras de la variable Medicamento de cada periodo (2017–2020).....	141
Tabla 19: Resultados de la Prueba Tukey en las compras de Medicamentos entre periodos (2017-2020)	143
Tabla 20: Resultados de Anova de las medias de las compras de la variable Insumo médico de cada periodo (2017–2020)	145
Tabla 21: Resultados de la Prueba Tukey en las compras de Insumo médicos entre periodos (2017-2020)	146
Tabla 22: Resultados de la prueba Tukey, Medicamento vs Insumos médicos entre periodos (2017-2020).....	147
Tabla 23: Resultados de los Componentes Principales PCA, a las variables Medicamento e Insumos médicos entre periodos (2017-2020)	150
Tabla 24: Resultados de Análisis de Componentes Principales PCA, a los Hospitales del IESS entre periodos (2017-2020).....	151
Tabla 25: Resultados (R), (SS) y (CT) en modelos Determinísticos y Probabilísticos	168

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Patrón de Inventario en modelo EOQ clásico	52
Figura 2: Patrón de reordenar en modelo EOQ clásico.....	54
Figura 3: Costos anuales a partir de la cantidad deseada	55
Figura 4: Modelo determinístico clásico con faltante de revisión continua	57
Figura 5: Función de costo de inventario con reducción de precio.....	60
Figura 6: Caso 1 q cae en la zona	61
Figura 7: Caso 2 q cae en la zona	61
Figura 8: Caso 3: q cae en la zona.....	61
Figura 9: Modelo determinístico de revisión periódica	62
Figura 10: Modelo probabilístico con revisión periódica	67
Figura 11: Curva de densidad e Histograma de las compras de Medicamentos e Insumo Médico (2017-2020), de los Hospitales Carlos Andrade Marín, Quito Sur, Ceibos, Teodoro Maldonado, José Carrasco y General Santo Domingo	85
Figura 12: Curva de densidad e Histograma de las compras de medicamentos e insumo médicos (2017- 2020), de los Hospitales Ambato, Portoviejo, Machala, Básico Durán, General Manta y General Quevedo	87
Figura 13: Compras (I. C.) Medicamentos e Insumos del año 2017 al 2020.....	89
Figura 14: Gráfico de Cajas de las compras totales de medicamentos e insumos médicos en hospitales del IESS durante los años (2017– 2020).....	90
Figura 15: Gráfico de cajas de la distribución de compras de medicamentos e insumos médicos, durante los años (2017 – 2020).....	92
Figura 16: Gráfico de dispersión de compras de Medicamentos e Insumos Médicos (2017-2020)	94
Figura 17: Matriz de dispersión de compras de Medicamentos e Insumos Médicos.	95
Figura 18: Matriz de Correlación de compras Medicamentos e Insumos Médicos (2017-2020)	97
Figura 19: Histograma y Densidad de compras de Medicamentos e Insumos médicos (2017)	99
Figura 20: Histograma y Densidad de compras de Medicamentos e Insumos médicos (2018)	100
Figura 21: Histograma y Densidad de compras de Medicamentos e Insumos médicos (2019)	101
Figura 22: Histograma y Densidad de compras de Medicamentos e Insumos médicos (2020)	102
Figura 23: Matriz de dispersión de compras de medicamento e insumos médicos entre hospitales del IESS (2017-2020)	104
Figura 24: Matriz de Correlación de las Compras de Medicamentos	106

Figura 25: Distribución de Medicamentos en cada Hospital del IESS (2017-2020) ..	107
Figura 26: Distribución de Insumos en cada Hospital del IESS (2017- 2020)	108
Figura 27: Distribución de las compras en conjunto de Medicamentos e Insumos MÉDICOS en cada Hospital del IESS (2017- 2020)	109
Figura 28: Matriz de Correlación de las Compras de Medicamentos, Insumos Médicos y Hospitales del IESS durante los años (2017-2020)	112
Figura 29: Frecuencia absoluta de las compras de Medicina e Insumos por I.C. de cada Hospitales del IESS en los años (2017–2020)	114
Figura 30: Frecuencia relativa de las compras de Medicina e Insumos por Ínfimas Cuantías de cada Hospitales del IESS, en los años (2017–2020).....	115
Figura 31: Frecuencia Absoluta de las compras de Ínfimas Cuantías de Medicamentos e Insumos de cada Hospital en los años (2017–2020)	116
Figura 32: Compra en Millones de dólares de Medicina e Insumos de I.C. de cada Hospital del IESS en los años (2017 – 2020)	117
Figura 33: Compra en Millones de dólares de Medicina e Insumos médicos I.F. de cada Hospitales del IESS por cada periodo.....	117
Figura 34: Interfaz del software, registro de Ingresos	153
Figura 35: Interfaz del software, visualización lengüeta Ingresos	154
Figura 36: Interfaz del software, registro de Egreso.....	155
Figura 37: Interfaz del software, lengüeta Egreso	155
Figura 38: Interfaz del software, lengüeta Saldos	156
Figura 39: Interfaz del software, lengüeta Saldos Prioridades	157
Figura 40: Interfaz del software, lengüeta Farmacias.....	158
Figura 41: Interfaz del software, lengüeta Proveedores	159
Figura 42: Interfaz del software, lengüeta Demanda.....	160
Figura 43: Lengüeta Formula EOQ	163
Figura 44: Gráfico de la curva de los costos de EOQ de la cantidad a solicitar ..	163
Figura 45: Lengüeta Modelo Probabilístico de Revisión Continua con Demanda Variable y Tiempo de Entrega Constante	164
Figura 46: Lengüeta Modelo Probabilístico de Revisión Continua con Demanda Variable y Tiempo de Entrega Variable	166
Figura 47: Lengüeta Modelo Probabilístico de Revisión Continua con Demanda Variable y Tiempo de Entrega Variable	167
Figura 48: Interfaz del software, lengüeta Precio Referencia	171
Figura 49: Interfaz del software, Gráfico	172
Figura 50: Frecuencia Absoluta y Resultados de Desviación Estándar	173

ÍNDICE DE ANEXOS

ANEXO 1: Matriz de operacionalización de las variables.....	189
ANEXO 2: Matriz de Consistencia.....	190
ANEXO 3: Programa en base de Rstudio, para diseño del software modelo de optimización de inventarios.....	191

RESUMEN

El problema a nivel nacional en la gestión de inventarios y control de precios de medicamentos e insumos médicos en los hospitales del Instituto Ecuatoriano de Seguridad Social (IESS), nace la necesidad de una aplicación un software de optimización. El objetivo fue determinar el diseño de un software de optimización de recursos económicos y su aporte a los modelos de inventario dentro de la planificación de los hospitales. El estudio metodológico fue de orientación mixta cuantitativa–cualitativa, lo cual permitió realizar las iteraciones en cada modelo de inventario en el software, hasta lograr la comprobación robusta de las ecuaciones en cada modelado del sistema. La población de estudio fue en 12 Hospitales del IESS del Ecuador, en las ciudades Quito, Guayaquil, Cuenca, Ambato, Santo Domingo, Manta, Machala, Portoviejo, Durán y Quevedo que son el mayor número de habitantes y afiliados en el país. La base de datos fue obtenida del portal web SERCOP. Los resultados estadísticos de las pruebas ANOVA revelaron fluctuaciones significativas en la compra de medicamentos durante los años 2017 - 2020, con un p-valor de 0.000925, confirmando diferencias sustanciales. Asimismo, los insumos médicos presentaron variaciones importantes, con un p-valor de 0.00275 al comparar las medias. Además, se observaron diferencias significativas entre las medias de los hospitales del IESS, con un p-valor inferior a $2e-16$, subrayando la heterogeneidad en la gestión de insumos y medicamentos entre los hospitales. El software desarrollado incorpora cálculos matemáticos en diversos modelos determinísticos y probabilísticos, optimizando los inventarios, datos confiables para el cálculo de cantidad económica de pedidos y establecer puntos de reorden, ajustándose a las variaciones en la demanda y tiempos de entrega. Además, monitorea precios, garantizando compras a precios referenciales en los hospitales, lo cual es crucial y fortalece la toma de decisiones estratégicas.

Palabras Claves: Determinístico, Estocásticos, Hospitales del IESS, Modelos de inventarios, Software de optimización.

ABSTRACT

The national-level problem in inventory management and price control of medications and medical supplies in the hospitals of the Ecuadorian Social Security Institute (IESS) highlights the need for an optimization software application. The objective was to design software that optimizes economic resources and enhances inventory models within hospital planning. The methodological study adopted a mixed quantitative-qualitative approach, allowing for iterations of each inventory model in the software until achieving robust verification of the equations in each system model. The study population included 12 IESS hospitals in Ecuador, located in the cities of Quito, Guayaquil, Cuenca, Ambato, Santo Domingo, Manta, Machala, Portoviejo, Durán, and Quevedo, which represent the largest populations and number of affiliates in the country. The database was obtained from the SERCOP web portal. The statistical results from ANOVA tests revealed significant fluctuations in medication purchases between 2017 - 2020, with a p-value of 0.000925, confirming substantial differences. Similarly, medical supplies showed significant variations, with a p-value of 0.00275 when comparing means. Additionally, significant differences were observed between the means of IESS hospitals, with a p-value of less than $2e-16$, underscoring the heterogeneity in the management of supplies and medications among hospitals. The developed software incorporates mathematical calculations in various deterministic and probabilistic models, optimizing inventories, providing reliable data for calculating economic order quantities and establishing reorder points, adjusting to variations in demand and delivery times. Moreover, it monitors prices, ensuring purchases at reference prices in the hospitals, which is crucial and strengthens strategic decision-making.

Keywords: Deterministic, Stochastic, IESS Hospitals, Inventory models, Optimization Software.

RESUMO

O problema a nível nacional na gestão de inventários e controle de preços de medicamentos e insumos médicos nos hospitais do Instituto Equatoriano de Segurança Social (IESS) destaca a necessidade de uma aplicação de software de otimização. O objetivo foi determinar o design de um software que otimize os recursos econômicos e contribua para os modelos de inventário no planejamento hospitalar. O estudo metodológico adotou uma abordagem mista quantitativa-qualitativa, permitindo realizar iterações em cada modelo de inventário no software, até alcançar a verificação robusta das equações em cada sistema modelado. A população de estudo incluiu 12 hospitais do IESS no Equador, localizados nas cidades de Quito, Guayaquil, Cuenca, Ambato, Santo Domingo, Manta, Machala, Portoviejo, Durán e Quevedo, que representam as maiores populações e número de afiliados no país. A base de dados foi obtida do portal web SERCOP. Os resultados estatísticos dos testes ANOVA revelaram flutuações significativas na compra de medicamentos entre os anos 2017 - 2020, com um p-valor de 0.000925, confirmando diferenças substanciais. Da mesma forma, os insumos médicos apresentaram variações importantes, com um p-valor de 0.00275 ao comparar as médias. Além disso, observaram-se diferenças significativas entre as médias dos hospitais do IESS, com um p-valor inferior a $2e-16$, sublinhando a heterogeneidade na gestão de insumos e medicamentos entre os hospitais. O software desenvolvido incorpora cálculos matemáticos em vários modelos determinísticos e probabilísticos, otimizando os inventários e fornecendo dados confiáveis para o cálculo da quantidade econômica de pedidos e para o estabelecimento de pontos de reabastecimento, ajustando-se às variações na demanda e nos prazos de entrega. Além disso, monitora os preços, garantindo compras a preços de referência nos hospitais, o que é crucial e fortalece a tomada de decisões estratégicas.

Palavras-chave: Determinístico, Estocástico, Hospitais do IESS, Modelos de inventário, Software de Otimização.

CAPÍTULO I

1. INTRODUCCIÓN

La estadística es una de las ramas de las matemáticas, y es una ciencia sumamente importante para el desarrollo de habilidades intelectuales del ser humano. No existe ciencia que prescindiera de las matemáticas y estadísticas; todas han tenido que recurrir a éstas, por nombrar algunas, como por ejemplo la medicina, ingeniería, electrónica, robótica, informática, inteligencia artificial, agronomía, psicología, economía, administración, etc. Su origen fue gracias al filósofo griego Platón y más adelante su alumno Aristóteles que siguió su doctrina.

El origen de los inventarios se remonta desde muchos años atrás, desde las primeras colonias de los egipcios y otros pueblos de la época antigua. Ya se dedicaban al almacenamiento de grandes cantidades de alimentos, para luego utilizarlos cuando se presentaban tiempos difíciles y tenían que enfrentar y solucionar, entre ellos los de sequía o de calamidades.

El inventario surge adyacente con la nombrada propiedad privada, donde ya las nacientes sociedades de esa época, en donde se encontraban aglomerando en forma abundante bienes alimenticios para el hombre tales como la variedad de granos, además alimentos para los animales. Con el pasar de los años la administración del inventario ha evolucionado poco a poco y se puede recordar varias teorías y técnicas en su progreso histórico.

Los fármacos en los hospitales cumplen una gestión de vital importancia dentro del sistema sanitario, es muy importante y necesaria para mejorar y mantener la salud del ser humano. Sin embargo, la falta y el desperdicio de fármacos esenciales continúa siendo uno de los problemas de salud pública más grande en el Ecuador y a nivel mundial.

Las pérdidas económicas derivadas por los medicamentos caducados que se ha presentado en los hospitales del IESS en Ecuador son impresionantes. Sumado a

esto, el desabastecimiento de los insumos médicos, los casos de corrupción debido a la especulación de sobrepuestos al adquirirlos, hacen necesario un estudio profundo para la aplicación de un control del inventario.

De esta manera emerge este problema que tiene que ver con los inventarios, como una manera para comenzar a dar solución cuando se encuentran desabastecidos de sus productos. Estas primeras prácticas garantizan la subsistencia de vida tanto para las personas como animales, y también ayuda al progreso de actividades normales para su pueblo, todo esto motivó la existencia de los inventarios.

Esta investigación se enfocará en el campo administrativo a través de un software para modelos matemáticos y lograr la *optimización* de recursos económicos en la administración de los Hospitales del Instituto Ecuatoriano de Seguridad Social (IESS). Los modelos matemáticos se orientan, especialmente, hacia la solución de problemas que se presentan a menudo en la toma de decisiones. El modelo matemático se utiliza para simular escenarios futuros, evaluar la probabilidad de su ocurrencia y bajo estos resultados tomar la mejor decisión para la empresa.

1.1. Situación Problemática

La Organización Mundial de la Salud (2016) dio a conocer en su investigación sobre las interrupciones que se presentan durante la elaboración de medicamentos, como esto se ha desmejorado en las dos últimas décadas. Esto ocurre generalmente cuando las cadenas de suministro no proporcionan información real de los datos reflejados por la demanda verdadera, o los que ofrecen no garantizan su veracidad.

La investigación realizada por Guerrero & Escobar (2020) informaron que cientos de afiliados del IESS, presentaban enfermedades y no podían obtener el medicamento debido al desabastecimiento en sus bodegas. Esto se evidenció directamente en los resultados obtenidos mediante encuesta que se desarrolló en las instalaciones del hospital, a este hecho desfavorable para el IESS, presenta además la carencia de varios reactivos para sus laboratorios, algunos insumos y demás productos que son ineludibles para los diferentes tratamientos médicos de los usuarios que presentan problemas para restablecer la salud, y que asistían a este centro hospitalario con el propósito de solucionar su problema de salud. La incomodidad no solo es de los afiliados, también incomoda a sus familiares, debido a que muchos de ellos tienen que de manera imprevista juntar fondos para poder

comprar medicamentos básicos que deberían existir en los inventarios del IESS, pero la realidad es que no es así.

Según la investigación realizada por Cárdenas (2020), Jorge Wated, quien estaba a cargo de la presidencia de la Junta Directiva del IESS, informó que, de los 101 hospitales bajo el control de esta entidad, 3.804 tienen medicamentos de prescripción médica que han superado su fecha de vencimiento, lo que generó una pérdida económica a la institución de \$5.574 millones. Los medicamentos caducados que se registraron con mayor frecuencia es el antibacteriano y antiviral, también el de gran rotación es el multivitamínico, antiinflamatorio, analgésico, anestésicos, entre los más destacados. Además, señaló el funcionario que los nosocomios donde mayor caso se detecta los medicamentos expirados es el hospital general de Portoviejo y el otro situado en la ciudad de Esmeraldas.

En la investigación desarrollada por Guerrero & Escobar (2020) se aplicó una encuesta, a los pacientes del hospital del IESS de la ciudad Portoviejo, obteniendo como resultado que el 64 % de los pacientes confirmaron sobre el problema existente de desabastecimiento de fármacos. Esto ha demostrado que más del 50% de los pacientes encuestados ha sufrido con frecuencia la falta de por lo menos un medicamento o a veces varios de ellos, y esto no les ha permitido seguir de forma eficiente la continuidad del tratamiento propuesto por los galenos, escenario desagradable que enfrentan los pacientes, este suceso no debería suceder porque todas las personas que acuden a estos hospitales son afiliados, y todos cumplen con un aporte mensual al IESS destinado a cubrir esta necesidad.

Los resultados de la tesis de los autores indicados anteriormente, concluyeron que en el manejo de existencias e inventarios se cometieron errores por desactualización de la información y desconocimiento sobre la disponibilidad de insumos y medicamentos. Es visible que no se está realizando de manera adecuada un control de sistema de inventario, que les permita detallar registros, a medida que van recibiendo y egresando los medicamento, insumos o reactivos en las farmacias y almacenes del IESS. Estas anomalías que tienen que ver con la gestión de las existencias e inventarios provocan atraso en los diferentes trámites que se tiene que realizar al momento del canje de fármacos próximos a extinguirse, originan el deterioro de algunos de estos.

Por su parte Granja (2020) Informó que muchos de los pacientes que acuden a los hospitales IESS a nivel nacional con el propósito de ser atendidos para una cirugía programada, inesperadamente reciben una notificación por intermedio de una llamada vía celular, para explicarles que se van a reprogramar, por falta de anestesia general, que requerían necesariamente priorizar otras áreas en ese momento. Existen casos similares en otros pacientes donde sin explicación alguna y de manera sorpresiva ya no se encontraban en la programación para las cirugías solicitadas.

Durante años, los hospitales del seguro social del Ecuador, han tenido un problema que tiene que ver con el tema desabastecimiento de medicina y caducidad de los mimos, “las irregularidades detectadas en las auditorías del (IESS) no solo se encontraron en la infraestructura, fondos y contratación de personal. La adquisición de medicina también tuvo inconsistencias” (El Telégrafo, 2019, párrafo 1).

También diario digital Primicias (2020) del Ecuador, informó que la Contraloría General del Estado, detecto otra vez irregularidades en lo que respecta a las compras con sobrepagos, perjudicando una vez más al Estado aproximadamente con casi USD 12 millones de dólares. Estos hechos suscitados fueron en el hospital Teodoro Maldonado del IESS de la ciudad de Guayaquil, indicando además que, entre los nuevos procesados, encontraron proveedores que en el registro del Servicio de Rentas Internas (SRI) la actividad económica ninguna era referente a la venta de medicamentos.

Las anomalías que se presentan en los nosocomios del IESS a nivel nacional van ascendiendo a medida que transcurren el tiempo. El Universo (2020) también notició que en menos de una semana fueron allanados siete hospitales y además seis distritos en el área de la salud en la provincia de Los Ríos, de la costa ecuatoriana, en las ciudades de Guayaquil, Ambato, Machala y también Guaranda, donde existen investigaciones, básicamente estos casos están relacionados con varios hospitales que compraron medicamentos e insumos médicos a precios superiores a los cotizados en el mercado. Es notable la falta de control de precios, esto provoca un alto grado de corrupción debido a los supuestos negociados que se han presentado en las entidades públicas del Ecuador, sobre todo de salud.

Otro problema se evidenció en una investigación realizada por El Universo (2020) donde la falta de control del correcto etiquetado en las bodegas de los fármacos que se encontraban en los hospitales los Ceibos y también al Teodoro Maldonado Carbo del IESS. Esta inspección fue realizada por la Agencia Nacional de Regulación, Control y Vigilancia Sanitaria (Arcsa), personal administrativo de la Gobernación del Guayas y la Agencia de Aseguramiento de la Calidad de los Servicios de Salud y Medicina Prepagada (Acess). Es importante implementar un control de inventarios para solucionar este inconveniente que se presentó en los nosocomios indicados. De conformidad con el artículo 170 de la Ley Orgánica de Salud (LOS), señala que el número de registro sanitario nacional debe estar incluido en la etiqueta de medicamento, donde la fecha de expiración es de vital importancia, entre otros aspectos.

Los estudios de Bernal et al. (2020) informó sobre el desabastecimiento producido por los errores en las estimaciones de la demanda, por parte de los funcionarios del IESS, estos fallos en las planificaciones repercuten al momento de adquirir medicamento para la recuperación de los pacientes que visitan los hospitales. Lo mencionado por el autor en esta investigación ha demostrado la importancia de tener una buena administración de su medicamento a través de un software de inventarios, un correcto cálculo mediante algoritmos de este sistema informático, les permitirá corregir la proyección de la demanda de un medicamento determinado, esto optimizaría económicamente a esta casa de salud y brindaría una mejor atención al usuario en cuanto a la obtención del fármaco.

Por otra parte, Contreras (2018) mencionó que los hospitales en general que se encuentran bajo responsabilidad del IESS, presentan inconvenientes por la escasez de fármacos, lo que afecta directamente el abastecimiento en las bodegas de las farmacias. La situación descrita es una problemática a nivel nacional en los hospitales, la cual necesita ser atendida de manera urgente, se lo puede resolver mediante modelación matemática de inventarios, en la actualidad es fundamental para solucionar el desabastecimiento en el stock de las empresas.

La Contraloría General del Estado (2018), mediante No.- 0211-0019-DNA7-2018 informó sobre los resultados del examen especial donde hallaron fármacos expirados, causando estos una pérdida económica a la institución por de \$

1'082.825, esta pérdida no hubiera existido si los hospitales realizaban en su momento una debida administración en lo que respecta manejo de inventarios, para canjear el medicamento o a su vez devuelto a las farmacéuticas. Además, el daño ocasionado también afecto a los pacientes que padecieron de estos los fármacos para el tratamiento de sus enfermedades catastróficas como diabetes, VIH y cáncer.

Según Heredia (2019) informó que el IESS tiene un total de 101 hospitales, de las cuales solo 22 cuentan con un abastecimiento de *medicamentos para una duración no menor a 3 meses*. No se mencionó que hospitales son los que están dentro de esta lista. Es importante señalar que los pacientes afiliados que aportan mensualmente al IESS, deben recibir un trato digno como se merecen por parte de esta institución, ya que los afiliados son los que sufren, clamando por medicamentos como paracetamol para sus dolores musculares, los directivos deben estar más preocupados en resolver estos problemas administrativos.

Mella (2020) manifestó que el IESS posee 101 hospitales en Ecuador, y que funcionan en red para brindar servicio a los afiliados, a sus hijos y a los jubilados. Además, mencionó que a nivel del país ha existido *medicamentos caducados*, que han generado pérdidas alrededor de USD 5,57 millones, afirmando que desde el 2018 existió un incremento en la cantidad de medicamentos que expiraban en los 101 establecimientos que conforman la red de salud del Instituto Ecuatoriano de Seguridad Social. Una cantidad de seis millones de pastillas, cápsulas, soluciones y demás medicamentos caducaron, sin que existiera un registro de las gestiones realizadas por los responsables para proceder con el debido canje por nuevas medicinas con los proveedores, así como lo estipula la normativa legal. Por citar un ejemplo el paracetamol que es un analgésico para tratar el dolor, el fármaco que en 30 ocasiones ha expirado desde el año 2007 hasta el 2020, indicando que más de 400.000 dosis se echaron a perder en dos centros de salud, uno de ellos es el Hospital Básico de Guaranda y el otro es el Hospital General de Portoviejo.

La noticia que brindó El Comercio (2020) donde el presidente de la Junta Directiva del IESS Jorge Wated, en una rueda de prensa virtual informó que se ha comprado con precios elevados ciertos medicamentos en un nosocomio de la ciudad Ambato. El costó fue por un valor USD 0,25 para comprar el medicamento, y este mismo

medicamento cuesta USD 0,08. Además, pidió información al personal encargado de realizar las compras para el hospital, ya que esto es inexplicable por qué hicieron la compra a ese costo, e indicó que hubiera sido conveniente una mejor gestión, y dio la orden de que en ese momento se habrá una investigación de lo acontecido. Wated agradeció por las denuncias que se han realizado sobre la compra de medicamentos, finalizó manifestando que también se han establecido sanciones por estos actos.

Diario el Telégrafo (2020) indicó que el hospital Los Ceibos situado en la ciudad de Guayaquil, hubo anomalías en la etapa de precontrato para la adquisición fundas que se utilizaban para colocar los cadáveres. Esta adquisición se efectuó con un incremento del 1.311% respecto a su valor promedio. Para garantizar la calidad y costos más económicos, se debió buscar a otros proveedores del Estado, pero los funcionarios responsables no dieron una explicación. No se tuvo en cuenta el hecho de que las compras realizadas por otras organizaciones a precios significativamente más bajos que los sugeridos por el proveedor figuran en el portal de compras públicas.

El contralor ecuatoriano Celi (2020), sustentó en una entrevista que la Contraloría General del Estado realizó 53 auditorías a las compras públicas que fueron desarrolladas, entre ellos se realizan 27 exámenes solo dedicadas a las redes hospitalarias, de los cuales 11 pertenecen a los nosocomios del IESS y 16 de la red del Ministerios de Salud Pública (MSP), esta labor en plena emergencia sanitaria que atraviesa el país por la pandemia COVID-19. Además, informo que el porcentaje de *sobrepuestos* se encuentra entre el 400 % y el 9000%, son las primeras irregularidades que reveló la Contraloría General del Estado respecto al proceso para la adquisición *de insumos médicos* y mascarillas para las redes hospitalarias del IESS.

Ante todo estos acontecimientos citados y desfavorables para el Instituto Ecuatoriano de Seguridad Social y para los afiliados que acuden a él, es eminente que el problema fundamental es el *manejo de inventarios*, surge la necesidad de la creación de un *software de optimización* que interactúe con modelos matemáticos que permita conectarse en red a nivel nacional para corregir estas imperfecciones, lograr terminar con el desabastecimiento, sobrepuestos y expiración de los

medicamentos y de esta manera lograr *optimizar esos recursos financieros* que muy bien pueden ser canalizados en otras áreas.

Los inventarios de medicamentos e insumos médicos, representa un valor económico significativo en el presupuesto de los hospitales públicos y privados a nivel mundial. La gestión que se realiza para el control de los inventarios, son claves para conseguir una dirección eficiente en las empresas.

La administración de medicamentos es un sistema que tiene que ver con procesos y comportamientos que determina cómo en última instancia, los fármacos son utilizados por los pacientes que acuden a los hospitales y están disponibles para ellos. Además, cumple un rol de importante función para la prestación de servicios de salud y para controlar los costos que generan los medicamentos, así como para reducir morbilidad y mortalidad.

1.2. Planteamiento del Problema

¿El diseño de un software de optimización para modelos de inventarios, permitirá mejorar el control de precios de medicamentos e insumos en hospitales del Instituto Ecuatoriano de Seguridad Social?

1.3. Problemas específicos

1. ¿Qué características se debe considerar en la base de datos de los precios, cantidad de compras de medicamentos e insumos médicos de los hospitales del Instituto Ecuatoriano de Seguridad Social?
2. ¿Qué modelo optimizará los inventarios de precios de medicamentos e insumos en hospitales del Instituto Ecuatoriano de Seguridad Social?
3. ¿Qué software permite la optimización para inventarios y control de precios de medicamentos e insumos en hospitales del Instituto Ecuatoriano de Seguridad Social?

1.4. Justificación de la Investigación

El presente trabajo de investigación es sobre optimización de recursos económicos, se lo realizará debido que en la actualidad existe una problemática en los Hospitales del IESS en lo que concierne a las medicamentos caducados e insumos, con alto índice de especulación en los sobrepuestos, porque ha sucedido en varios casos

una inadecuada toma de decisiones, al no considerar un *cálculo matemático* adecuado que les permita una *optimización* que reduzca estos riesgos de pérdida económica.

Mediante el desarrollo de esta investigación se utilizará *modelos de inventario* que estimen obtener una Cantidad Económica de Pedido (EOQ) mediante algoritmos al momento de comprar medicamentos e insumos, para poder reducir gastos y llegar a la optimización de recursos en los Hospitales del IESS. La matemática será gran aporte para lograr este objetivo que es la optimización a través de formulaciones que se obtendrán de los modelados matemáticos, cuando consideramos costos de stock debido a la incertidumbre es necesario plantear investigaciones con afinidad al tratamiento del riesgo.

El trabajo que se desarrolla a continuación beneficiará tanto a los hospitales del IESS en la optimización de recursos económicos como a los afiliados, quienes recibirán un mejor servicio. Actualmente, los afiliados son quienes sufren ante el desabastecimiento de medicamentos o deben esperar un tiempo considerable para el canje de nuevos medicamentos e insumos. Con la implementación de este proyecto, se busca reducir estos problemas, mejorando la eficiencia y disponibilidad de recursos médicos, lo que contribuirá a un servicio más ágil y efectivo para todos los usuarios.

1.5. Objetivos de la Investigación

1.5.1 Objetivo General

Diseñar un software de optimización para modelos de inventarios y control de precios de medicamentos e insumos en hospitales del Instituto Ecuatoriano de Seguridad Social.

1.5.2 Objetivos Específicos

1. Analizar la base de datos de cantidad de compras de medicamentos e insumos médicos de los hospitales del Instituto Ecuatoriano de Seguridad Social.
2. Elaborar el modelo de optimización para inventarios, controlar los precios de medicamentos e insumos en hospitales del Instituto Ecuatoriano de Seguridad Social.

3. Diseñar y verificar el software de optimización para inventarios y control de precios de medicamentos e insumos en hospitales del Instituto Ecuatoriano de Seguridad Social.

1.6. Formulación de la Hipótesis

1.6.1 Hipótesis General

El diseño de un software de optimización para modelos de inventarios, permite la mejora del control de precios de medicamentos e insumos en hospitales del Instituto Ecuatoriano de Seguridad Social.

1.6.2 Hipótesis específicas

1. La base de datos entre los hospitales permite el control de precios y cantidad de compras de medicamentos e insumos médicos de los hospitales del Instituto Ecuatoriano de Seguridad Social.

2. Los modelos determinísticos y probabilístico permiten optimizar los inventarios de medicamentos e insumos en hospitales del Instituto Ecuatoriano de Seguridad Social.

3. El software en función de los modelos determinísticos y probabilísticos permite la optimización de inventarios y control de precios de medicamentos e insumos en hospitales del Instituto Ecuatoriano de Seguridad Social.

1.7. Definición de Variables

Variable Independiente

Software de optimización para modelos de inventarios.

Variable Dependiente

Control de precios de medicamentos e insumos en los hospitales del Instituto Ecuatoriano de Seguridad Social.

CAPÍTULO II

2. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. Antecedentes

La tecnología de la información es conceptualizada por Aguilar et al. (2018) como herramienta capaz de transformar a las organizaciones para que mejoren su competitividad en el mercado y acelerar cada proceso interno. Mediante la implementación de un software lograr una correcta *optimización en el control de inventarios* e inducir una mejor gestión administrativa en todo lo que implica el stock. Una investigación realizada por Goyal et al. (2020) donde comunicó que la optimización del programa informático es un espacio de desarrollo continuo, donde en la actualidad la inteligencia artificial se ha convertido en un instrumento importante para obtener resultados satisfactorios, que en contexto es lo que toda empresa tiene como objetivo.

La investigación realizada por Rodríguez (2016) indicó que los programas de software proyectan una tendencia positiva, con el fin de mejorar en forma continua todos los procesos que incentiven estratégicamente y de esta manera lograr cumplir los objetivos de las organizaciones. Además, determinó que el software permite desarrollar a la empresa su capacidad, para proponer bienes o servicios con estándares de calidad competitivos.

Después de la era de la computadora, Garzón (2021) informó que todo proceso comenzó a integrarse en el medio electrónico. En la actualidad, los seres humanos ya tienen tecnologías calificadas como son los sistemas apoyados en softwares, estos permiten proporcionar ventajas de control más eficientes, con el objetivo de obtener una nueva solución a todo problema que se presenten dentro de su organización. Generalmente las compañías grandes poseen cientos de variedades de componentes y es lógico que tienen que optar por un sistema establecido, vital para un control inventario que prácticamente es un ahorro económico. En este

estudio se recomendó que el software se implemente y luego del funcionamiento, se debe hacer la respectiva supervisión del almacenamiento, con el propósito de mejorar y tomar decisiones acertadas de acuerdo a los resultados que el sistema de software proporciona.

Para realizar el diseño y la programación del software, Carreño et al., (2019) manifestó que estos procesos son necesarios establecerlos dentro del sistema de información en las organizaciones, la implementación permite que la información de gestión sea muy efectiva, administre rápidamente los datos en forma confiable, segura, mediante una red en tiempo real y trazable.

La teoría sostenida por Patanjali (2017) sobre los aprendizajes automáticos y la existencia de diversos aspectos notables de real importancia en estos sistemas de tipo inteligencia artificial (IA), ha demostrado que el software aprende de experiencias pasadas y puede ir mejorando su rendimiento con la utilización de programas de aprendizaje automático, conforme el uso en forma iterativa. Mediante los algoritmos que trabajan en estos tipos de sistemas de software, poseen la capacidad de aprender e ir adaptándose a los cambios, y mejorar con experiencia en el los datos proporcionados por el entorno organizacional. Esta explicación ayuda a comprender mejor la forma que se puede utilizar la IA para la optimización del software.

Para De la Cruz et al. (2022) investigó el uso de la inteligencia artificial (IA) en la gestión de la cadena de suministro, subrayando su impacto en la previsión de la demanda. Los autores concluyen que la implementación de la IA mejora significativamente la eficiencia operativa y la capacidad de respuesta de las empresas frente a las fluctuaciones del mercado. Asimismo, discuten los retos y oportunidades asociados con la adopción de estas tecnologías en un entorno empresarial dinámico.

Según Herrera & Ramírez (2024) la implementación de técnicas de software para la optimización de inversionistas se centra en configurar herramientas de análisis de datos, permitiendo a los inversionistas tomar decisiones más informadas. Al integrar nuevos softwares en el proceso, el sistema detecta desviaciones y promueve acciones correctivas, lo que impulsa una mejora continua en la gestión

de inversiones. Esto no solo optimiza el desempeño financiero, sino que también alinea los resultados con los objetivos estratégicos de la empresa, fomentando una cultura de eficiencia y crecimiento sostenible.

El estudio realizado por Mitchell (1997) describe que el aprendizaje automático ha incorporado y adaptado conceptos y resultados de diversos campos, como la inteligencia artificial, la probabilidad y estadística, la teoría de la complejidad computacional, la teoría del control, la teoría de la información, así como la filosofía, la psicología, la neurobiología, entre otras.

Lo indicado por Acosta et al. (2024) sobre la logística como un factor crítico para el rendimiento organizacional. Al mencionar cómo la logística impacta en los costos, tiempos y calidad del servicio, se establece una base teórica sólida que resalta la importancia de una logística efectiva para el éxito de la gestión de la cadena de suministro según el comportamiento de la demanda. Esto es relevante para cualquier estudio que busque mejorar los procesos logísticos dentro de una organización más aun cuando se aplica un software diseñado para la optimización de la logística.

La literatura existente ha demostrado que los científicos dedicados a formar parte de los desarrolladores de software, utilizan en la actualidad el aprendizaje automático, para obtener ganancias, ideas y ser competitivo, lograr objetivos que en el pasado no se podía alcanzar. Con la AI podrán controlar el flujo de bienes existentes en el inventario con la ayuda de software, acelerar el procedimiento de bienes y enviar información de forma segura en base de datos respaldadas por la intersección de la informática, la estadística, la inteligencia artificial y ciencia de datos. Estos datos consiguen comunicar en tiempo real, recopilarse y se utilizan generalmente para maximizar los beneficios empresariales donde y cuando sea necesario.

Las organizaciones modernas deben optar por implementar el aprendizaje automático, los autores citados demuestran que tiene una sólida base científica, que contiene estudios de reorganización de patrones, *optimización matemática*, teoría computacional del aprendizaje auto-optimizaciones, algoritmos inspirados en la naturaleza y otros elementos importantes.

La investigación de Pulido et al. (2020) desarrolló diversos enfoques para optimizar la gestión de inventarios, enfocándose en reducir costos y satisfacer la demanda. Entre las soluciones propuestas, se incluyen modelos estocásticos para una combinación óptima de reservas y técnicas para gestionar precios e inventarios de productos perecederos. Estos enfoques, como el modelo EOQ bajo restricciones financieras, buscan maximizar las ganancias y optimizar las decisiones comerciales. Estos métodos complementan el uso de algoritmos avanzados en nuestra investigación para la optimización de inversionistas.

Valencia (1997) explicó que la optimización es un proceso tradicional y siempre es fundamental cuando se trata de tomar una decisión en la organización, y a través de la tecnología de inteligencia artificial poder facilitar este proceso, que permita la mejor solución a un problema. Incluye la formulación de problemas, su modelado, optimización del modelo y la realización de soluciones.

Según Erazo et al. (2023) la optimización del software posee el potencial para que la industria de la tecnología transforme drásticamente el aumento de la eficiencia y la eficacia. Además, indicó sobre este particular, que es importante abordar los temas y problemas adyacentes a esta tecnología de manera inteligente y correcta, que sus beneficios aumenten y los problemas se minimicen.

Para iniciar este enfoque Ortega et al. (2017) planteó que el control de precios es un proceso que forma también parte de la logística del inventario y se debe aplicar sistemas computarizados que son más fiables. Mencionó la importancia dentro de los controles para efectuar la compra, se debe considerar los siguientes aspectos:

- a) Requerir precios por lo menos tres proveedores diferentes.
- b) Aceptar la supervisión de quienes están afuera del proceso para garantizar que las acciones realizadas cumplan con políticas de ética y compromiso de interés de la organización.
- c) Determinar las cantidades máximas y mínimas requeridas para la operación, y determinar el momento en que se debe solicitar una compra.

De acuerdo con la investigación de Soto et al. (2019) donde manifestó que, con el implemento en la empresa de un software diseñado para uso de control específico de inventarios, tuvo una ventaja muy importante, que se reflejó centralmente en el

almacén con respecto a la exactitud de las existencias y salidas físicas de artículos de la empresa, consiguiendo *reducir el costo* y ejecutar procesos con mayor eficacia. La alternativa está presente para las empresas que deseen aplicar este software con miras de conseguir un excelente control y acelerar el proceso al mínimo costo, lo que brinda a las organizaciones ventajas competitivas y estratégicas.

La información brindada por Latama et al. (2017) donde indicó que el precio muy elevado e injustificado de los medicamentos adquiridos en los hospitales, sumado a esto la falta de atención de los gobiernos para controlar y reducir sus precios, ha provoca que cada año millones de personas no logren proteger y salvar su vida por no poder conseguir los medicamentos que necesitan para sus tratamientos de salud. Este grave problema convierte a los Sistemas Públicos de Salud en sus propios verdugos al acceder y pagar un sobreprecio de los medicamentos.

Rivera et al. (2024) informa que la gestión por procesos, a través de herramientas como software, es esencial para la optimización en la toma de decisiones de inversores. Al modelar y ejecutar procesos de inversión de forma eficiente, esta metodología permite mejorar la comunicación y colaboración entre los equipos financieros, asegurando la alineación estratégica. Además, la posibilidad de actualizar información en tiempo real y compartirla con todos los interesados facilita una toma de decisiones más informada, lo que contribuye a optimizar la rentabilidad y minimizar los riesgos en las inversiones.

Según Bofill et al. (2017) el sistema de gestión de inventario es un problema de investigación realizado de manera regular. El propósito es mejorar continuamente el plan y el proceso de gestión de los recursos, porque esto no solo afecta el nivel de servicio al cliente y el costo de actividades optimizadas.

Según Mwamba & Yangailo (2022) enfatizaron que una gestión eficiente de inventarios es fundamental para evitar ineficiencias operativas y mejorar el rendimiento de las organizaciones. La falta de aplicación del modelo de Cantidad de Pedido Económico (EOQ) se identifica como un factor crítico que contribuye a estas ineficiencias. Asimismo, es importante proporcionar capacitación continua al personal en técnicas de gestión de inventarios e integrar tecnologías de la información (TIC)

para optimizar la toma de decisiones, lo que puede potenciar la competitividad en el sector ferroviario.

La investigación realizada por Pinchi (2020) manifestó que el alza de los precios de los medicamentos no solo se genera situaciones excepcionales, existen otros acontecimientos como la emergencia sanitaria donde se presentó un aumento en la demanda de dichos productos generándose un incremento exorbitante en los valores monetarios. Ante esta lamentable situación algunos países, decidieron realizar una labor de control de precios, como mecanismos para amortiguar y frenar absolutamente el problema que afrontaban, entre ellos, por ejemplo, Sudáfrica donde el Departamento de Industria y Comercio implementó la intervención de precios. Los países del Salvador, Francia y Argentina los organismos encargados dispusieron actos de control fijar los precios máximos en ciertos insumos como el alcohol en gel y las mascarillas. En Perú también sufrieron especulaciones en cuanto al precio muy elevado de medicamentos tales como el paracetamol, azitromicina, ivermectina, enoxaparina entre otros.

Las investigaciones de Bravo et al. (2024) indica que la implementación de algoritmos genéticos en el software de optimización de inventarios permite mejorar la planificación logística mediante el análisis simultáneo de variables como tiempo, costo y disponibilidad de productos. Este enfoque potencia la eficiencia en la entrega de bienes, ajustando los niveles de inventario en tiempo real y reduciendo costos operativos. Además, la automatización del seguimiento mediante IA y sensores permite detectar anomalías en la cadena de suministro, garantizando una respuesta proactiva y precisa para mejorar la satisfacción del cliente.

Flores & Chacón (2012) describieron que el inventario agrupa el conjunto de bienes que una empresa necesita para satisfacer la demanda del producto o servicio que brinda. Las principales razones para mantener los inventarios se centran en lograr economías de escala, lidiar con la incertidumbre, la especulación, reducir la inversión en transporte, suavizar los cambios en la demanda, las restricciones logísticas comerciales y controlar los costos del sistema.

Cuesta et al. (2023) informó que la gestión de inventarios no programada causa un control ineficaz, que puede llevar a la pérdida de calidad del producto, la escasez y exceso de stock, lo que afecta directamente la rentabilidad. Implementar un

software de optimización de inventarios basado en algoritmos como proceso de jerarquía analítica, que permite a las empresas tomar decisiones estratégicas sobre cuándo reabastecerse y de qué proveedor, mejorando la planificación y evitando el desperdicio. Una propuesta de mejora para un sistema de inventarios, implementando el modelo Cantidad Económica de Pedido (EOQ), optimizando productos rentables, generando mayores ganancias considerando las variables precios y producto. Así, se optimizan los costos y se asegura la calidad del producto final.

Lo sostenido por Leyva (2020) informando que la falta de control de precios, origina la especulación de los mismos al momento de adquirir un medicamento son evidentes, demostrando esto el abuso y malas prácticas de quienes se aprovecharon de la desdicha de otros para lucrar, provocando el acumulamiento de muchos medicamentos como se dio en el caso del oxígeno medicinal. Las consecuencias por este acontecimiento tuvieron como destino la pérdida de vida de muchas personas y dejando en el más absoluto abandono a los más necesitados, a pesar de la responsabilidad del Estado Peruano de optimizar el derecho a la salud, pero no se pudo cumplir las expectativas frente a una pandemia señaló el autor.

Para realizar un sistema de control de precios de un producto que se va adquirir, Borda (2018) mencionó que se debe tener una estructura dentro de la empresa que este verificando información de elementos como son cuadros comparativos de los proveedores, la oferta que presentan, tiempos de entrega y los descuentos que se ofrecen cuando los clientes son recurrentes, con el fin de adquirir los precios más bajos tomando en cuenta la calidad, esto a veces depende de la temporada.

El problema de la falla de control de precios de medicamento ya se venía presentando desde unos años atrás, como indicó Collazo et al. (2007) que alrededor de la mitad de las entidades en los países en vías de desarrollo no tenían observado completamente el control de los precios. Debido a esta problemática existente relacionado con la salud pública mundial, la mayor parte de los países que se encuentran en desarrollo, se enfrentan al problema del aumento del precio cuando se genera la compra de medicamentos importados y de producción nacional.

Los problemas de desabastecimiento médicos y el alto grado de posibilidad de consecuencia en la salud del ser humano es una situación verdadera en la actualidad. Un estudio realizado por Hernández & Orueta (2019), mencionaron que la agencia española que se dedica a los medicamentos y lo que en su entorno tiene que ver con los productos sanitarios (AEMPS), describe al desabastecimiento de medicamento como un fenómeno con un pronóstico que se incrementa en los países, presentando efectos desfavorables para los pacientes que buscan tratamientos para mejorar su condición de salud. Aquí se observa a los autores mencionar las dificultades que presentan en cuanto a la disponibilidad de medicamentos que presentan los circuitos farmacéuticos es menor a la demanda exigida por los pacientes en ese país.

Según Castellano & Mejuto (2020), en noviembre de 2018, la Asociación Europea de Farmacéuticos Hospitalarios (EAHP) realizó una encuesta acerca del desabastecimiento de medicamentos, sus resultados obtenidos indican que siguen siendo un problema en la actualidad que tiene que enfrentar los pacientes que acuden a los nosocomios europeos. Una cifra de 1666 fueron las contestaciones obtenidas de 38 países, donde se difundió que el porcentaje de desabastecimiento del año 2014 fue del 86,20 % incrementándose en un 5,60%, llegando así a establecerse finalmente en un 91,80% de los encuestados en el año 2018.

En una investigación la Organización Mundial de la Salud (2012) informó sobre la escasez de medicamentos en el sector público, está obligando a los pacientes a comprar medicamentos en el sector privado, donde los precios de los medicamentos genéricos son en promedio un 610 % más altos que los precios internacionales de referencia. La escasez en el sector público y los altos precios en el sector privado conducen a una pobreza catastrófica para muchas familias, especialmente aquellas con miembros de la familia que padecen enfermedades crónicas no transmisibles (ENT).

En una investigación realizada Toerper et al., (2014) dio a conocer que Estados Unidos y Suiza las tasas de desperdicio en los hospitales están entre el 16,6% al 28,7%, esto dependiendo de los tipos de productos farmacéuticos examinados, así mismo el tipo de hospital y la población de pacientes atendidos por estos centros de salud. Por esta manera aconseja una comunicación constante entre los médicos

y el personal de farmacia de los hospitales, para determinar la mejor forma de responder a cambios significativos en los patrones de ordenación de medicamentos.

En un estudio realizado por Hadidah (2016) en la farmacia del Hospital Oftalmológico Comunitario UPT en Java Oriental en 2015, informó que la incidencia de los medicamentos estancados fue muy elevada, llegando hasta un 39% para el desabastecimiento en la farmacia de ese hospital, esto por falta de un modelo de inventario que permita *optimizar* costos. Además, en los resultados de esta investigación se dio conocer que de 130 medicamentos 84 de estos estaban estancados, y 77 tipos de medicamentos estaban almacenados. Mencionó que fue debido a la ineficaz planificación, una distribución pésima de medicamentos y errores en las actividades de registro y notificación, que llevo a *pérdidas económicas sufridas por el hospital* que ascendieron a Rp. 79.181.658,73.

El inventario agrupa un grupo de bienes que una empresa necesita para satisfacer la demanda del producto o servicio que brinda. Las principales razones para mantener inventarios se centralizan en obtener economías de alto nivel, lidiar con las incertidumbres, las especulaciones, reducir la inversión en transporte, suavizar los cambios en la demanda, las restricciones logísticas comerciales y controlar los costos del sistema.

La conclusión es que la presencia de suministros de medicamentos que se estancan en el hospital ha causado pérdidas para el hospital que tienen mucha relación con la compra de costos, el pedido de costos y el costo de retención. Finalmente, el estudio es que el sistema de *gestión logística* no se ha implementado adecuadamente, provocando pérdidas considerables, que es similar a lo que está ocurriendo en el Ecuador.

2.2. Bases Teórico-Científicas

Utilizaremos una de las ramas de la estadística llamada análisis multivariante. “El análisis multivariante (AM) es la parte de la estadística y del análisis de datos que estudia, analiza, representa e interpreta los datos que resultan de observar más de una variable estadística sobre una muestra de individuos” (Cuadras, 2019, p. 31). Para Água & Frias (2022) la optimización de inventarios es crucial para mejorar la

eficiencia logística en las organizaciones. Un sistema de almacenamiento bien diseñado permite una mejor gestión de los flujos de materiales, asegurando la continuidad en la producción y la satisfacción del cliente. La implementación de políticas de reabastecimiento efectivas y la mejora en la disposición de los productos pueden reducir costos y tiempos de manipulación.

Con las investigaciones realizadas por Taha (2012), donde describe que el principal *problema del inventario* lo define de ver como se guarda en una reserva de cantidad de productos que a futuro logre satisfacer a una demanda llena de incertidumbre. Se indica que la superabundancia del producto en las bodegas, incrementa el costo del capital almacenado, así mismo la escasez causa interrupción en la producción de un producto o ya sea para realizar la venta, en esta investigación se hará referencia a la compra de medicamento e insumos, al momento de proveer a los hospitales IESS, para la necesidad de los afiliados.

Los *inventarios* para Gutiérrez et al., (2020) prácticamente es la inversión de mayor importancia en comparación con los demás activos que existen en la empresa, señalando que son fundamentalmente primordiales para lograr *optimizar* las utilidades, incrementar las ventas, y uno de los factores más importantes es el servicio de *atención al cliente*. Lo manifestado por el autor es un factor muy importante, ya que, en esta investigación, uno de los objetivos es que el afiliado del IESS tenga a satisfacción su medicamento y no padezca de este, como normalmente se evidencia en algunos hospitales.

Es importante, que el inventario de los medicamentos e insumos en los hospitales del IESS deben tener una revisión periódica por parte del personal de farmacia de forma continua, debido a la rotación de este producto, para que puedan verificar la fecha de caducidad, ser muy bien administrado por los funcionarios de los hospitales, ya que esta investigación tiene como objetivo fundamental garantizar el inventario disponible para sus afiliados, la operatividad del mismo y conservar niveles óptimos que permita minimizar los costos totales para el IESS.

“Los modelos cuantitativos puedan ayudar en la toma de decisiones de cuánto y cuándo ordenar. Primero se consideran modelos de inventario determinísticos en los cuales suponemos que el grado de demanda del artículo es constante o casi

constante". (Anderson et al., 2011, p. 608). Además, se mencionó que la mayor parte de cadenas de farmacias, los medicamentos se solicitan con planificación, este mediante una revisión periódica semanal que se debe realizar en un sistema de inventario. También hay que considerar los modelos de inventario probabilísticos en la demanda del artículo.

La utilización de *modelos de inventarios*, permite solucionar las siguientes incertidumbres a la hora de realizar la orden de compra, para evitar el desabastecimiento y la compra excesiva de los *insumos y medicamentos*, evitar que el medicamento expire y así lograr una *optimización* de recursos económicos, para los hospitales del IESS, buscando una nivelación adecuada del inventario, para que balancee las dos situaciones extremas minimizando una función de costo apropiada.

Según TAHA (2004) informó que prácticamente el mayor inconveniente es el control del nivel del inventario, creando una política de inventario que pueda dar respuestas a 2 preguntas, la primera ¿Cuánto pedir? y la segunda ¿Cuándo pedir? Además, señaló que la respuesta a las preguntas mencionadas se fundamenta en minimizar el modelo matemático de costo de inventario, que sería de la forma siguiente:

Costo total del inventario = Costo de compra + Costo de preparación + Costo de almacenamiento + Costo de faltante.

Para Choo & Díaz (1999) el inventario es el conjunto de bienes que se conserva en subsistencia en un momento indicado en la institución o empresa, y los inventarios los categoriza de la siguiente manera:

- a) Inventarios de proceso o de distribución.
- b) Inventarios cíclicos o de lote (cuando este se produce en lotes y no de forma continua).
- c) Inventarios estacionales (depende de la demanda en alguna temporada).
- d) Inventarios de seguridad (mitigar variaciones en la demanda o para cubrir errores en la estimación).

- e) Inventarios especulativos (su acumulación se produce cuando se espera un aumento de precios significativos).
- f) La medicina que se guardan en las farmacias de los hospitales, que han estado almacenados demasiado tiempo aumentarán el riesgo que el medicamento se dañe o expire, causando pérdidas económicas muy altas como las sucedidas en los últimos años en diferentes países, y esto se puede solucionar mediante un software de modelo de inventario, para ayudar a corregir estos errores de cálculos matemáticos y lograr una buena *optimización* de recursos para los hospitales del IESS.

Hay que recordar, que los medicamentos que se estancan vienen con un costo de pedido, que también deben optimizarse. En otra investigación realizada por Kumalasari (2016) informó que, si piden demasiados medicamentos y se utilizan menos de lo necesario, hará que los medicamentos se estanquen, ocasionando pérdidas económicas, lo cual no conviene para los intereses de los hospitales del IESS.

2.1.1 Modelos Determinísticos de Inventarios con Cantidad Económica de Pedido Básico

Para estos modelos, los investigadores Chase & Aquilano (1995) indicaron que se podía emplear un modelo clásico de cantidad óptima de pedido, sus siglas en inglés (EOQ - economic order quantity) que se debe realizar con una demanda estática, para lograr el equilibrio entre los costos de preparación para realizar un pedido y los costos de mantener el almacenamiento.

Estos modelos se identifican por presentar una tasa siempre aproximada constante de toda la demanda anual "D", y se considera una "estimación aproximada", mediante el cálculo de la media y la desviación estándar del consumo durante un periodo específico (mensual, trimestral, semestral, etc.) se puede utilizar el coeficiente de variación:

$$Demandamedia\bar{x} = \frac{\sum_{t=1}^n x_t}{n} \quad \dots (1)$$

$$\text{Desviación Estándar Muestral} = \sqrt{\frac{\sum_{t=1}^n (x_t - \bar{x})^2}{n-1}} \quad \dots (2)$$

$$V = \frac{\text{Desviación estándar}}{\text{Media}} \times 100 \quad \dots (3)$$

Según Taha (2012) la aplicación del coeficiente de variación se valora la naturaleza de la demanda utilizando el siguiente lineamiento: En caso de que la demanda de un periodo en promedio (registrada a lo largo de varios años) es “de manera aproximada” constante y “**V**” es razonablemente pequeño (20%), entonces la demanda puede considerarse *determinística constante*. Considerando las reglas de este modelo básico, de la llegada de manera instantánea del pedido realizado y nunca tiene faltante, se lo define de la siguiente manera:

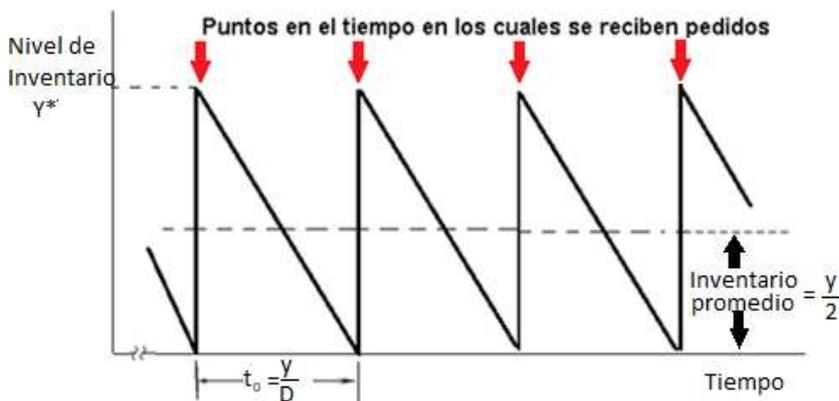
y = cantidad de pedido (unidades)

D = tasa de demanda (unidades por unidad de tiempo)

t_0 = duración del ciclo de pedido (unidades de tiempo)

Figura 1

Patrón de Inventario en modelo EOQ clásico



Fuente: Elaboración a partir de Hamdy Taha (2004).

El comportamiento de como el inventario sigue un patrón Figura 1 cada vez que el inventario llega a estar en un valor de agotado (valor de cero), se debe realizar un pedido el cual está dado en unidades, se lo recibe de modo inmediato y sin desabasto. El tiempo entre un pedido y otro, para este procedimiento se denota así:

$$t_0 = \frac{y}{D} \quad \dots (4)$$

Donde: t_0 unidad de tiempo.

Entonces el promedio de inventario resulta:

$$\text{promedio} = \frac{Y}{2} \quad \dots (5)$$

El modelo de costo requiere otros dos parámetros:

1.- K : Costo que corresponde al realizar un pedido (\$/pedido)

2.- h : Costo por mantener el almacenamiento (\$ por unidad en inventario por unidad de tiempo)

Considerando que el inventario promedio es $\frac{Y}{2}$, el costo total por unidad de tiempo (TCU, por sus siglas en inglés) es:

$$TCU(y) = \frac{\text{Costo de realizar un pedido} + \text{Costo por mantener el almacenamiento } (t_0)}{t_0} \quad \dots (6)$$

$$TCU (y) = \frac{K+h \left(\frac{y}{2}\right)t_0}{t_0} \quad \dots (7)$$

$$TCU (y) = \frac{k}{\left(\frac{y}{D}\right)} + h \left(\frac{y}{2}\right) \quad \dots (8)$$

Entonces para obtener el valor de cantidad de pedido óptimo (y) se establece minimizando $TCU(y)$ con respecto a (y). Admitiendo que, (y) sea una variable continua, se determina para que se cumpla el valor óptimo de (y) una posición necesaria para la optimalidad será:

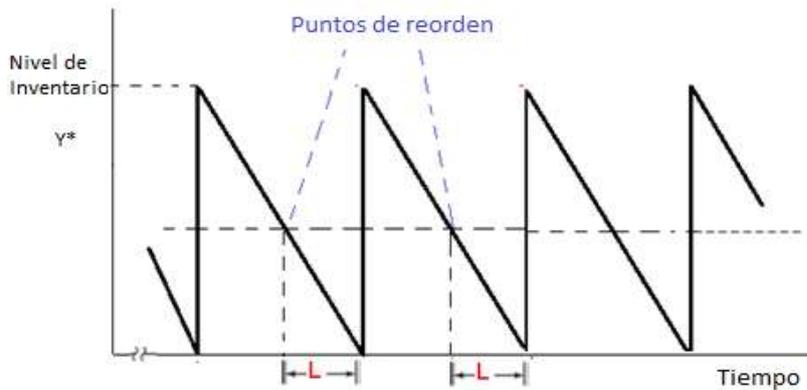
$$\frac{dTCU(y)}{dy} = -\frac{KD}{y^2} + \frac{h}{2} = 0 \quad \dots (9)$$

Para Noori & Radford (1997), la política óptima de inventario para este modelo que se ha sugerido sería:

$$y = \sqrt{\frac{2KD}{h}} \quad \dots (10)$$

Figura 2

Patrón de reordenar en modelo EOQ clásico



Fuente: Hamdy Taha (2017).

La figura 2 indica un tiempo de entrega positivo, (L) es el límite entre realizar el reorden de un pedido y recibirlo. En este modelo se genera un nuevo pedido cuando el nivel de inventario cae a (LD) unidades. El punto de reorden (R) se calcula como el consumo esperado durante el tiempo de entrega.

$$R = dL \quad \dots (11)$$

El objetivo del ROP es evitar quedarse sin inventario antes de que llegue un nuevo pedido y mantener un nivel adecuado de inventario para satisfacer la demanda durante el tiempo de entrega. En un modelo determinístico de gestión de inventarios, la unidad de tiempo (d) (demanda) y (L) (tiempo de entrega) deben ser coherentes en términos de unidades de tiempo para calcular correctamente el punto de reorden (R). Si estamos considerando el tiempo de entrega en semanas, entonces la demanda también debe ser expresada en unidades por semana para que el cálculo sea consistente.

El modelo de inventarios que se aprecia en la figura 2 se puede emplear en los nosocomios a nivel nacional del IESS, mientras la demanda sea estable. A través de la implementación en un software, hará que los algoritmos busquen la mejor opción para conseguir la optimización que es uno de los objetivos en esta investigación.

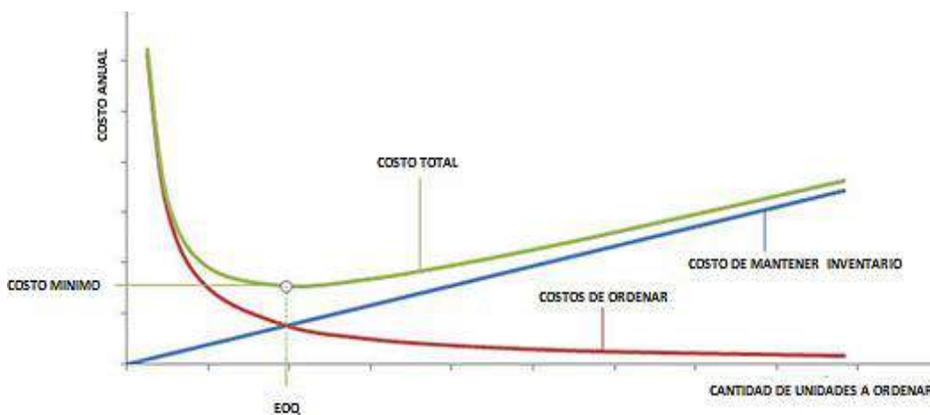
En este modelo, el pedido realizado no necesariamente tendrá que ser recibido al momento que se solicita. El modelado indica que, puede ocurrir un tiempo de espera que es positivo en (L), entre realizar un nuevo pedido y recibirlo, tal como se evidencia en la figura 2. Además, asume que el tiempo de espera (L) es inferior a la duración del ciclo (t_0), y que en general este comportamiento puede no ser el caso. Si ocurriera este escenario, la variable tiempo de espera efectivo (L_e) se define de la siguiente manera:

$$L_e = L - n t_0 \dots (12)$$

La variable (n) es el valor entero más grande no mayor que ($\frac{L}{t_0}$). La fórmula (5) establece que posterior a (n) periodos el intervalo existente entre la colocación y la recepción de dos pedidos continuos es (L_e). El punto de volver a pedir sucede cuando el inventario alcanza al parámetro ($L_e D$) unidades, y la política de este modelo de inventario puede volverse a formular cada vez que el nivel de inventario se reduzca a ($L_e D$) unidades es momento de pedir la cantidad (y).

Figura 3

Costos anuales a partir de la cantidad deseada



Fuente: Elaboración a partir de Hamdy Taha (2017).

La figura 3 correspondiente al modelo de EOQ, representamos dos costos principales: los costos de ordenar pedido y los costos de mantenimiento de inventario. Los costos de orden de pedido son aquellos asociados con la realización de un pedido, como los costos administrativos y de procesamiento. Los costos de mantenimiento de inventario son los costos asociados con el almacenamiento y

mantenimiento del inventario, como los costos de almacenamiento y los costos de capital. El eje horizontal del gráfico representa la cantidad de unidades ordenadas en cada pedido (Q), mientras que el eje vertical representa los costos totales anuales. La curva de costos totales anuales tiene una forma de "U", lo que significa que los costos totales aumentan al principio a medida que aumenta la cantidad ordenada debido a los mayores costos de mantenimiento de inventario, pero luego disminuyen a medida que aumenta la cantidad ordenada debido a la reducción de los costos de pedido.

El gráfico 3 permite extraer tres interpretaciones fundamentales:

- a) La curva roja refleja los costos de pedido, los cuales disminuyen a medida que aumenta la cantidad de unidades solicitadas.
- b) La línea azul señala que los costos de mantenimiento aumentan proporcionalmente al incremento en el volumen del pedido.
- c) La Cantidad Económica de la Orden representa el punto de equilibrio donde se interceptan los costos de pedido y los costos de mantenimiento, representando el costo mínimo.

2.1.2 Modelos Determinísticos de revisión continua con faltante

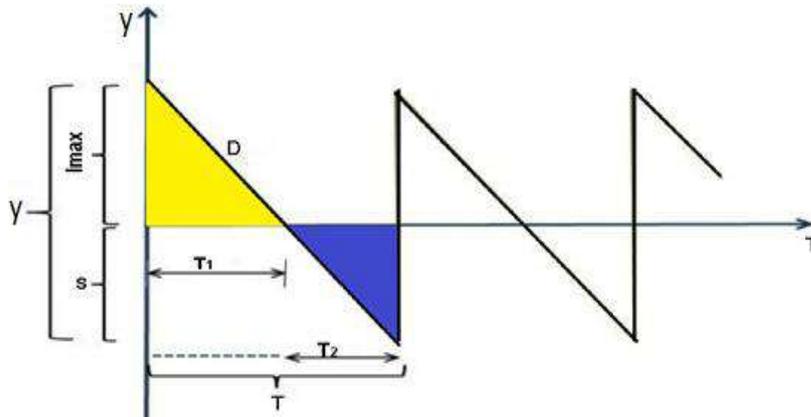
Otro modelo que se puede emplear en los hospitales del IESS es el *determinístico de revisión continua con faltante*, este se considera cuando el inventario se terminó y no se puede satisfacer a la demanda, pero aquí en este modelo las entregas de los pedidos son inmediatas. Intervienen en este modelo otras variables adicionales, (p) costo de faltante por unidad, (S) faltante de inventario. Además, este modelo la revisión del inventario es en cualquier momento. El pedido se hace cuando el inventario está por debajo de un cierto umbral preespecificado (punto de reorden), Si el costo de mantención de inventario es muy alto, $h \rightarrow \infty$, no es rentable mantener un inventario, $S = 0$. Se observa en la figura 4, T_1 , indica el tiempo disponible de inventario y T_2 que significa el tiempo que esta desabastecido el inventario.

Este modelo se lo mencionado porque forma parte de los modelos de inventarios existentes, pero no se considerará en esta investigación, por tratarse de hospitales y allí es fundamental la disponibilidad de todo tipo de medicamento o insumo médico, al ser una casa de salud siempre debe brindar la mejor seguridad de los

afiliados en todo momento, debido a que el costo de almacenamiento de un producto no podrá compararse con la vida de una persona.

Figura 4

Modelo determinístico clásico con faltante de revisión continua



Nivel de máximo de inventario

$$I_{max} = y - S \quad \dots (13)$$

Fórmula para cantidad óptima de pedido

$$y = \sqrt{\frac{2DK(h+p)}{p \cdot h}} \quad \dots (14)$$

Fórmula para cálculo de faltante máximo.

$$S = \sqrt{\frac{2DKh}{p(h+p)}} \quad \dots (15)$$

En donde:

p: costo de faltante por unidad

S: Cantidad faltante de inventario

Tiempo en que se agota el inventario

$$t_1 = \frac{(y-S)}{D} \quad \dots (16)$$

Tiempo en permanecer sin existencia el producto en el Inventario

$$t_2 = \frac{S}{D} \quad \dots (17)$$

Fórmula para cálculo de costo total de inventario

$$CTI = C * D + \frac{kD}{y} + \frac{h(y - S)^2}{2y} + \frac{hS^2}{2y} \quad \dots (18)$$

2.1.3 Modelos Determinísticos EOQ con reducción de precios

Clark & Scarf (1960) describieron el modelo determinístico de la cantidad económica de pedido con reducciones de precio es una extensión del modelo clásico de la cantidad económica de pedido (EOQ) que tiene en cuenta la posibilidad de descuentos por cantidad al realizar pedidos. Además, los investigadores (Huang & Chung, 2007), (Tersine, 1998), (Goyal S. , 1985), indicaron que este modelo se utiliza para determinar la cantidad óptima que una empresa debe solicitar o producir en un pedido considerando los descuentos por volumen que ofrece el proveedor y también para evitar deterioros debido a que este juega un papel muy importante en los inventarios.

Los autores citados mencionan que en el caso del modelo EOQ con descuentos por cantidad, se agrega una variable adicional: el precio de compra unitario (P) que varía con la cantidad ordenada. Por lo tanto, se debe considerar cuándo es apropiado ordenar grandes cantidades para obtener descuentos y cuándo es más rentable mantener un inventario más pequeño. Además, el modelo matemático para el EOQ con descuentos por cantidad varía según la forma en que se establecen los descuentos. Uno de los enfoques comunes es el descuento incremental, donde el precio unitario disminuye a medida que la cantidad ordenada aumenta.

El producto puede ser comprado con un descuento si la cantidad del pedido, y , supera un cierto límite, q . Según la fórmula desarrollada por Ford Harris en 1913, el precio unitario de compra, c , se determina de la siguiente manera.

$$c = \begin{cases} c_1, & \text{si } y \leq q \\ c_2, & \text{si } y > q \end{cases}, c_1 > c_2 \quad \dots (19)$$

Por lo consiguiente, el costo de compra por unidad de tiempo será:

$$\left\{ \begin{array}{l} \frac{c_1 y}{t_o} = \frac{c_1 y}{\left(\frac{y}{D}\right)} = D c_1, y \leq q \\ \frac{c_2 y}{t_o} = \frac{c_2 y}{\left(\frac{y}{D}\right)} = D c_2, y > q \end{array} \right. \quad \dots (20)$$

Para continuar con la misma connotación de las variables K , D , h , finalmente la ecuación del costo total por unidad de tiempo quedaría:

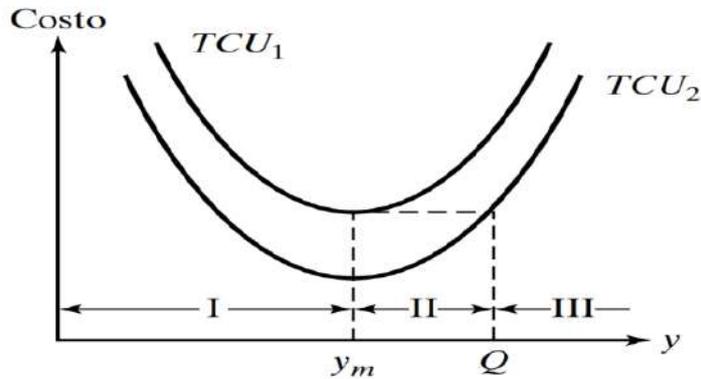
$$\left\{ \begin{array}{l} TCU_1(y) = D c_1 + \frac{KD}{y} + \frac{h}{2} y, y \leq q \\ TCU_2(y) = D c_2 + \frac{KD}{y} + \frac{h}{2} y, y > q \end{array} \right. \quad \dots (21)$$

Las funciones TCU_1 y TCU_2 están representadas en el gráfico de la figura 3. Dado que estas funciones se distinguen únicamente por una cantidad constante, sus puntos mínimos deben ser coincidentes en:

$$y_m = \sqrt{\frac{2KD}{h}} \quad \dots (22)$$

Figura 5

Función de costo de inventario con reducción de precio



Fuente: Elaboración a partir de Hamdy Taha (2017).

La función de costo $TCU(y)$ que se observa en la figura 5, comienza en el extremo izquierdo con $TCU_1(y)$ y desciende hasta $TCU_2(y)$ en el punto donde ocurre la discontinuidad de precio q . La Figura 4 ilustra que la cantidad económica de pedido y^* está condicionada a la ubicación del punto de discontinuidad de precio q en relación con las áreas I, II y III, delimitadas por $(0, y_m)$, (y_m, Q) y (Q, ∞) respectivamente. La determinación de $Q (> y_m)$ se realiza mediante la ecuación especificada.

$$TCU_2(Q) = TCU_1(y_m) \quad \dots (23)$$

O también

$$c_2 D \frac{KD}{Q} + \frac{hQ}{2} = TCU_1(y_m) \quad \dots (24)$$

Simplificada

$$Q^2 \left(\frac{2(c_2 D - TCU_1(y_m))}{h} \right) + Q \frac{2KD}{h} = 0 \quad \dots (25)$$

En las figuras 6, 7 y 8 se ilustra que la cantidad óptima deseada y^* es:

$$\left\{ \begin{array}{l} y_m, \text{ si } q \text{ está en las zonas I o III} \end{array} \right.$$

$y^* = q$, si es q está en la zona II

Figura 6

Caso 1 q cae en la zona I, $y^* = y_m$

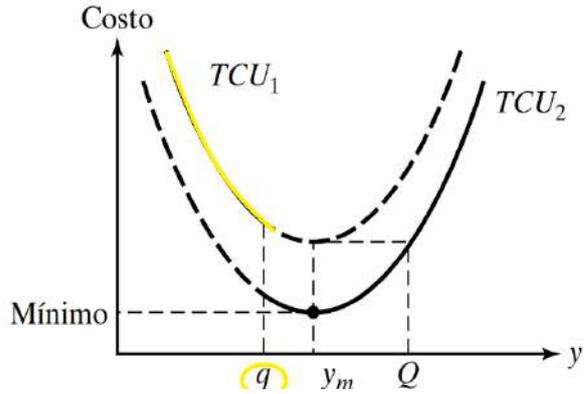


Figura 7

Caso 2 q cae en la zona II, $y^* = q$

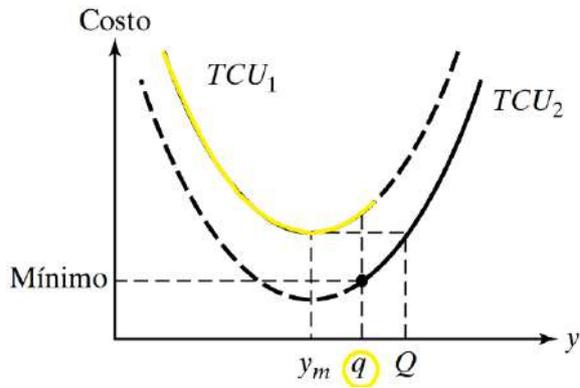
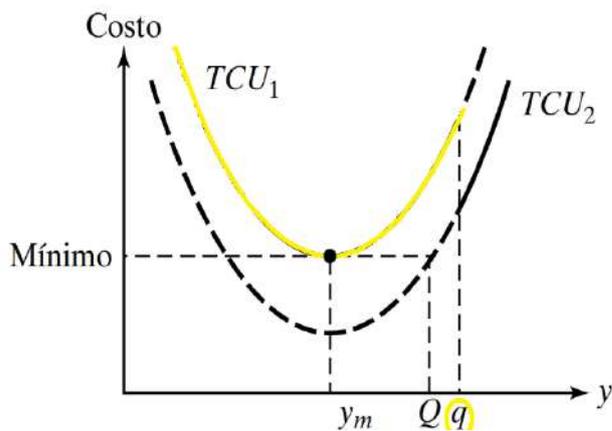


Figura 8

Caso 3: q cae en la zona III, $y^* = y_m$

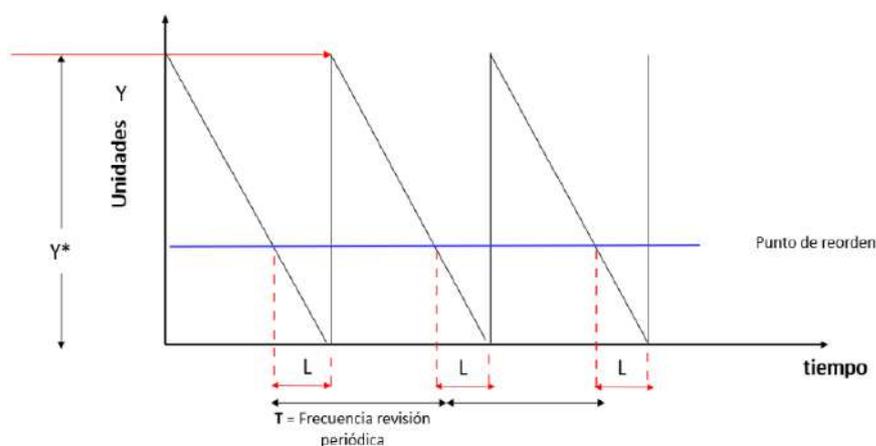


2.1.4 Modelos Determinísticos de revisión periódica

Arrow et al. (1951) han demostrado que las demandas en cada periodo son conocidas y que su modelo es una herramienta fundamental en la gestión de inventarios, ampliamente utilizada en diversos ámbitos industriales y comerciales. Su aplicación se basa en la premisa de que los niveles de inventario deben ser revisados a intervalos regulares (T) y que las decisiones de reabastecimiento deben tomarse en momentos específicos predeterminados, además deben estar en función de la cantidad económica de pedido (EOQ) y la demanda por unidad de tiempo (d).

Figura 9

Modelo determinístico de revisión periódica



Este modelo se utiliza comúnmente en entornos de producción, pero en esta investigación, su aplicación a los hospitales IESS es necesaria. Apoya la identificación del punto óptimo de revisión de inventarios debido al hecho de que

los hospitales no fabrican medicamentos y suministros; ellos únicamente los adquieren de proveedores.

La figura 9 se visualiza una línea de color azul horizontal que representa los puntos de reorden de revisión en cada intervalo de revisión (T). Cuando el inventario alcanza o cae por debajo del punto de reorden, se genera un pedido para reponer el inventario hasta el nivel óptimo. Los periodos de revisión (T) están marcados en la línea de tiempo con intervalos regulares y fijos. Este modelo supone además que (d) es una constante conocida, y (L) es menor que (T), es decir, que la orden llegará antes de la próxima revisión. La determinación de la frecuencia periódica es mediante la siguiente ecuación:

$$\sqrt{\frac{2k}{Dh}} = \frac{EOQ}{d} \quad \dots (26)$$

2.1.5 Modelos de Inventario Probabilísticos

Las investigaciones de Taha (2017) contribuyen significativamente a la teoría y práctica de la gestión de inventarios con su trabajo en modelos de inventario estocásticos, que incluyen variantes del modelo de revisión continua EOQ, presenta en este modelo una demanda o tiempo de entrega desconocido, el cual es de características aleatorio, porque estas variables oscilan de acuerdo a una curva normal en un periodo, *es justo aquí la importancia del aporte de la estadística* a las gestión de inventario. El valor de (Z) depende de la probabilidad de tener faltantes.

Este modelo probabilístico hace uso de una distribución de probabilidad, para especificar el valor de la demanda u otra variable desconocida. Además, encuentran dos tipos de modelos de inventario, el primero es de estudio probabilizado modelo EOQ determinístico, el cuál utiliza la existencia física en las reservas de inventarios, para tener en consideración la demanda probabilista, y la segunda es un modelo de inventario probabilístico con mayor exactitud que ya incorpora a la demanda aleatoria dentro de esta formulación.

Un modelo de inventario estocástico es caracterizado cuando la demanda está representada por una distribución de probabilidad. Estos modelos están

clasificados también en dos categorías, una es de revisión continua y la otra revisión periódica.

2.1.6 Modelos probabilísticos revisión continua

En este modelo se solicita un nuevo pedido de inventario, cuando el nivel de inventario llegue a cierto punto de reorden, no va ser cada cierto tiempo determinado, sino que cuando el inventario llegue a cierto nivel, es decir constantemente se va revisar el inventario, o cada vez que se haga una salida, o constantemente se tiene que revisar el inventario. El número de veces que se realice un pedido de inventario en el año va a variar con respecto a cómo se va consumiendo ese inventario, y este consumo es aleatorio porque depende de la demanda promedio (\bar{d}) y la desviación estándar (σ), y al ser estas variables aleatorias nunca el pedido será un número fijo. Según Heizer et al. (2009) este modelo se debe considerar lo siguiente:

- a) Si el nivel de inventario cae por debajo de un punto de reorden específico, se genera una nueva orden de pedido.
- b) Si el inventario no está por debajo de ese punto de reorden, continúa el consumo del inventario disponible sin realizar un nuevo pedido.

Se presentan diferentes casos en este modelo:

2.1.7 Modelo probabilístico de revisión continua, con demanda variable y tiempo de entrega constante

El análisis y gestión del inventario en entornos con demanda variable y tiempos de entrega constantes presenta desafíos significativos. Como señala Silver et al., (1998), en tales situaciones, es crucial adoptar un enfoque probabilístico de revisión continua para garantizar un equilibrio óptimo entre los costos de almacenamiento y los riesgos asociados con la escasez de existencias. Para (Chase & Jacobs, 2009) “El inventario de seguridad se define como las existencias que se manejan además de la demanda esperada.” y este enfoque permite capturar la variabilidad en la demanda y ajustar los niveles de inventario de manera dinámica, maximizando así la eficiencia operativa y la satisfacción del cliente. De acuerdo con Heizer et al. (2009), en este modelo se debe considerar lo siguiente:

- a) Determinar el punto de reorden (**R**) basado en la demanda promedio (\bar{d}) y la desviación estándar (σ_D) para asegurar que los pedidos se realicen antes de que el inventario se agote.
- b) Establecer un nivel de seguridad (**SS**) adecuado para el inventario, teniendo en cuenta las fluctuaciones en la demanda y el tiempo de espera de entrega (**LT**), para minimizar el riesgo de desabastecimiento.
- c) Calcular el tamaño óptimo del lote de pedido (y) para balancear los costos de mantener el inventario (**h**) y los costos de realizar pedidos (**k**)
- d) Monitorear y ajustar continuamente los parámetros del sistema de inventario para adaptarse a los cambios en la demanda y en los tiempos de entrega.

Inventario de Seguridad

$$SS = z \sigma_D \sqrt{LT} \quad \dots (27)$$

Punto de Reorden

$$R = (\bar{d} LT) + (z \sigma_D \sqrt{LT}) \quad \dots (28)$$

Costo total anual del sistema

$$CT = (DC) + (NK) + \left(\frac{y^*}{2} h\right) + (SS h) \quad \dots (29)$$

2.1.8 Modelo probabilístico de revisión continua, con demanda constante y tiempo de entrega variable

El manejo eficiente del inventario en entornos con demanda constante y tiempos de entrega variables es esencial para garantizar la rentabilidad y la satisfacción del cliente. En palabras de Zipkin (2000), el enfoque probabilístico de revisión continua permite enfrentar esta complejidad al considerando la incertidumbre de los tiempos ya que su demanda es conocida. Además, como mencionan Nahmias y Olsen (2015), este enfoque facilita la optimización de los niveles de inventario y la reducción de los costos asociados con el exceso de existencias y las posibles faltantes, asegurando así un equilibrio adecuado entre la disponibilidad del producto y los costos operativos. Al igual que el modelo anterior se debe considera los 4 puntos indicados, pero con la diferencia que en este modelo se considera una

nueva variable (σ_{LT}) que representa la desviación estándar del tiempo de espera, la cual influye en el cálculo del valor de (SS), (R) a su vez en el (CT).

$$\begin{array}{c} \text{Inventario de Seguridad} \\ SS = z \sigma_{LT} \bar{d} \end{array} \quad \dots (30)$$

$$\begin{array}{c} \text{Punto de Reorden} \\ R = (\bar{d} LT) + (z \sigma_{LT} \bar{d}) \end{array} \quad \dots (31)$$

2.1.9 Modelo probabilístico de revisión continua, con demanda variable y tiempo de entrega variable

En un contexto de inventario probabilístico de revisión continua, donde tanto la demanda como los tiempos de entrega son variables, es esencial adoptar estrategias flexibles y adaptativas. Chase & Jacobs (2014) indicaron en este escenario dinámico, el enfoque probabilístico permite gestionar de manera efectiva la incertidumbre asociada con la demanda y los tiempos de entrega. Al considerar esta variabilidad, se pueden diseñar políticas de inventario que minimicen los costos totales y maximicen el nivel de servicio al cliente. Además, Nahmias y Olsen (2015), determinaron que la aplicación de este modelo permite una toma de decisiones más informada y precisa, lo que resulta fundamental para enfrentar los desafíos inherentes a la gestión de inventarios en entornos volátiles y cambiantes. Para el cálculo de (SS) hay que considerar las varianzas (σ^2) y ($\sigma|d^2$) y se introduce una variable adicional, que representa el tiempo de entrega promedio, lo cual influye directamente en el cálculo del valor de (R) a su vez en el costo total anual.

$$\begin{array}{c} \text{Inventario de Seguridad} \\ SS = z \sqrt{\sigma_d^2 \bar{LT} + (\bar{d} \sigma_{LT}^2)} \end{array} \quad \dots (32)$$

$$\begin{array}{c} \text{Punto de Reorden} \\ R = (\bar{d} LT) + z \sqrt{\sigma_d^2 \bar{LT} + (\bar{d} \sigma_{LT}^2)} \end{array} \quad \dots (33)$$

2.1.10 Modelo probabilístico de revisión periódica

Según Chopra & Meindl (2008; 2013) en un contexto de inventario probabilístico de revisión periódica el estado del inventario se inspecciona a intervalos de tiempo predeterminados, y se realiza un pedido para elevar el nivel de inventario hasta un umbral especificado. Render (2016) consideró en este enfoque, que la gestión de inventario se centra en determinar cuándo realizar la revisión periódica (T) del inventario y cuánto reabastecer en cada revisión. La variable (σ_{L+T}) va representar la en este modelo la desviación estándar de la demanda durante el periodo de revisión y entrega.

Dependiendo de la política de la empresa, puede indicar el periodo (T), en el caso de que la empresa no tenga determinado ese periodo, también se puede calcular mediante:

$$T = \left(\frac{\sigma_{L+T}^2}{\sigma_d^2} \right) - L \quad \dots (34)$$

La ecuación para la desviación estándar de la demanda durante el periodo de revisión y entrega, se representa de la siguiente forma:

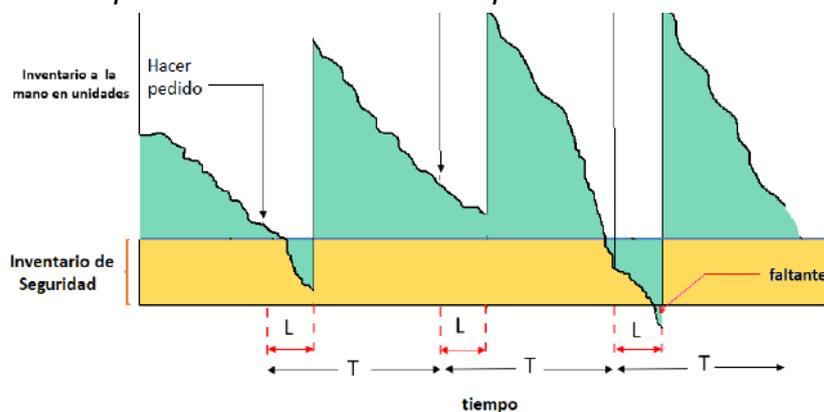
$$\sigma_{L+T} = \sqrt{(T + L)\sigma_d^2} \quad \dots (35)$$

Inventario de Seguridad

$$SS = [z \sigma_{L+T}] \quad \dots (36)$$

Figura 10

Modelo probabilístico con revisión periódica



Fuente: Elaboración a partir de Hamdy Taha (2017).

La figura 10 muestra un sistema de periodo fijo con un ciclo de revisión de (T) y un tiempo de entrega constante de (L). Es posible que haya desabastecimiento durante los tiempos de espera, como se muestra en los periodos (T). En este caso la demanda tiene una distribución aleatoria alrededor de una media (\bar{d}) La cantidad por pedir, (y) , es:

Cantidad a pedir en el periodo T

$$y = [\bar{d}(T + L)] + [z \sigma_{L+T}] - I_0 \quad \dots (37)$$

La demanda, el tiempo de entrega, el periodo de revisión, entre otros, pueden expresarse en cualquier unidad de tiempo, como días, semanas o años, siempre y cuando se mantengan constantes en toda la ecuación. En este modelo, la demanda (\bar{d}) se pronostica y revisa en cada periodo de revisión, si se considera necesario, o puede usarse el promedio anual si resulta adecuado. Taha (2012) señaló que la política exige solicitar la cantidad cada vez que el inventario disponible disminuye a un nivel (R).

Los problemas por falta de manejo de inventarios se presentan en la mayoría de países, esta vez informe de investigación presentados por Sauls (2016) en un hospital de Sudáfrica indica que para reducir las *pérdidas financiera* y mejorar los resultados de salud, se debe realizar una supervisión continua y las evaluaciones periódicas para lograr identificar y abordar los desafíos relacionados con el desperdicio de medicamentos son primordiales. Además de eso se informó que se necesita una sana coordinación y comunicación entre la farmacia y otros departamentos del hospital, esto es clave para el beneficio y optimización de estos recursos.

Un software de modelos de inventario que se conecte las 24 horas en red en todos los hospitales del IESS a nivel nacional, permitirá primero la reducción de expiración de los medicamentos y segundo reducir el desabastecimiento, para así poder brindar un mejor servicio de salud a sus afiliados. Los estudios de mercado para el *control de precios de fármacos e insumos médicos*, sobre todo cuando se consiguen mediante la figura de ínfima cuantía (compra directa) o en subasta

inversa, debe ser ingresados al software para que mediante las interacciones del precio más económico que otro hospital haya comprado el mismo fármaco o insumo. Sería de esta manera una optimización de recursos económicos y terminar con la especulación de precios y la falta de medicamentos que perjudican a las personas que buscan la recuperación de su salud en los hospitales del IESS.

El software debe ser alimentado diariamente por una base de datos de los estudios de mercados realizados por los mismos funcionarios de compras públicas de cada hospital del IESS. Las ofertas de todos los proveedores deben ser presentadas directamente a la matriz del IESS, para de esta manera formar parte de esta base de datos que estaría dentro del software y contrastar con los estudio de mercado presentado por cada hospital, para así obtener una buena optimización en cuanto a precios de los medicamentos e insumos, además identificar las irregularidades que muchas veces se comete por parte del personal que labora en el área de compras públicas, ya que por adquirir con urgencia los medicamentos e insumos en tiempos de pandemia, se vuelve complejo realizar un estudio de mercado minucioso por la desesperación y angustia de pacientes.

Es conocido por todos que el medicamento que ha expirado, ya no es apto para el consumo del ser humano. Sin embargo, una vez identificados estos errores por la mala toma de decisiones de las administraciones al momento de ordenar la compra de medicinas, sin considerar en muchas ocasiones el *inventario* en farmacia, se pueden identificar a los responsables y explorar nuevas medidas, estratégicas y *optimizar esos recursos financieros que se destinan a los medicamentos*.

2.1.11 Método de evaluación de Inventarios PEPS

Según Carmichael et al. (2007) indicó que este método de valoración arroja un promedio de Primeras en Entrar – Primeras en Salir, de ahí las siglas PEPS. En definitiva, este método implica intentar eliminar del inventario todos los artículos o bienes que ingresaron primero al inventario. Al hacer esto, podemos garantizar que el inventario solo contenga bienes comprados recientemente. Este método es de suma importancia para aplicar en esta investigación y dar solución a los problemas que se presentan cuando el medicamento caduco en los hospitales del IESS y así evitar la pérdida de recursos económicos para lograr una optimización de ellos.

La investigación realizada por Céspedes et al., (2017) describió que es muy costoso tener inventario estático y esto impide que el capital se utilice de manera rentable en otras operaciones, la empresa debe elegir entre los beneficios esperados de evitar la escasez y el costo de mantener en inventario.

El ser humano siempre ha sido el que realiza la planeación, que no es otra cosa que una actividad ejecutada, con el fin de ser eficiente con el manejo de la Economía en toda organización, donde se deben *tomar decisiones* más razonadas que permitan conseguir los objetivos, establecidos principalmente en la *optimizando* de los recursos empresariales.

De los modelos citados, se seleccionaron los Modelos Determinísticos de Revisión Periódica, así como los Modelos Probabilísticos de Revisión Continua (con demanda variable y tiempo de entrega constante, demanda constante y tiempo de entrega variable, y demanda variable con tiempo de entrega variable), y el Modelo Probabilístico de Revisión Periódica para el diseño del software destinado a optimizar la gestión de inventarios y el control de precios de medicamentos e insumos en los hospitales del IESS. Estos modelos permiten manejar eficazmente tanto escenarios predecibles como inciertos, mejorando la capacidad de respuesta ante variaciones en la demanda y tiempos de entrega. Además, mediante la observación en las interacciones del software se aplica el Método de Evaluación de Inventarios PEPS, el cual garantiza una rotación adecuada de los productos, minimizando pérdidas por caducidad y maximizando la disponibilidad de medicamentos y suministros críticos. En conjunto, el software facilita una toma de decisiones informada, reduciendo costos y asegurando un abastecimiento continuo en los hospitales, vital para garantizar la calidad en la atención médica

2.3. Definición de términos básicos

2.3.1 Software

Según Pressman (2010), los programas profesionales se encargan de crear y mantener software de computadora como un producto. Esto incluye programas que se ejecutan en máquinas de cualquier tamaño y arquitectura, así como la representación del programa informático en ejecución y los datos asociados, tanto en formato físico como virtual, abarcando prácticamente cualquier medio electrónico. Por su parte, Stair y Reynolds (2018) definen el software como el

conjunto de instrucciones que permite que el hardware de una computadora funcione y realice tareas específicas, lo que incluye tanto programas de aplicación como sistemas operativos.

2.3.2 Hospital o Nosocomio

Es una casa de salud donde personal médico especializado brinda atención médica a las personas enfermas que necesitan restablecer su salud. Normalmente estos centros de salud laboran las 24 horas del día durante todo el año, y se clasifican por niveles desde el primero hasta un tercero.

De acuerdo con Taylor y Harris (2019), un hospital se describe como una entidad dedicada a la prestación de servicios de salud, incluyendo diagnóstico, tratamiento y atención, a individuos que están enfermos o heridos, normalmente facilitando camas para la estancia temporal de los pacientes.

2.3.3 Algoritmo

Fadul (2004) definió que algoritmo es un conjunto de pasos que se organizan para describir cómo resolver un problema específico, solo puede procesar la información y las operaciones existentes que tiene, debido a que está delimitado.

2.3.4 Análisis multivariante

Esta es una técnica de la estadística que permite el análisis simultáneo, cuando lo que se desea es estudiar el comportamiento de más de una variable. A la utilización de la estadística multivariante se la denota como análisis multivariante.

2.3.5 Anova

Según Fisher (1974) realizó contribuciones significativas a la teoría estadística en la primera mitad del siglo XX, lo cual introdujo varios conceptos fundamentales que todavía se utilizan en la actualidad, incluido el análisis de varianza (ANOVA), que es una extensión del cálculo de la varianza para comparar múltiples grupos.

2.3.6 Medicamentos

“Es toda sustancia o mezcla de sustancias de origen natural o tengan efecto terapéutico, preventivo o rehabilitatorio, que se presente en forma farmacéutica y se identifique como tal por su actividad farmacológica, características físicas,

químicas y biológicas”. (Consejo de la Salubridad General, 2009). Esta variable es cualitativa de escala nominal.

2.3.7 Insumos hospitalarios

Es toda materia prima que es destinada para la realizar procedimientos de atención y control de personas que acuden a las casas de salud. “Son los encargados de la asepsia y seguridad de las intervenciones junto con la prevención de contagio o propagación de enfermedades”. (CVN, 2019). Esta variable es cualitativa de escala nominal.

2.3.8 Precio

Para (Kotler & Armstrong, 2013) el precio “es la suma de los valores que los consumidores dan a cambio de los beneficios de tener o usar el producto o servicio”. “Es la expresión de valor que tiene un producto o servicio, manifestado por lo general en términos monetarios, que el comprador debe pagar al vendedor para lograr el conjunto de beneficios que resultan de tener o usar el producto o servicio” (Thompson , 2008). Para Romero (1997) el precio de un producto como el "importe que el consumidor debe pagar al vendedor para poder poseer dicho producto”.

CAPÍTULO III

3. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. Tipo de estudio y diseño de contrastación de Hipótesis

Con la teoría de Hernández (2018) se utilizará un estudio de tipo no experimental con diseño transeccional correlacional casual, esto porque las variables independientes no se pueden manipular porque ya han sucedido y los datos se recopilan en un solo momento y en tiempo único.

La comprobación de la hipótesis será a través de un análisis de varianza con un nivel de significancia del 5 %, para establecer la diferencia significativa entre el vector de medias de compras de medicamentos e insumos médicos de los diferentes hospitales del IESS, mediante la prueba de Tukey. Luego de la prueba de hipótesis, se podrá realizar inferencias, según la direccionalidad de los resultados.

3.2. Lugar de estudio

Este estudio realizó en los hospitales del IESS, institución de salud que presta el servicio de atención médica intra y extra hospitalaria. Esa institución tiene como objetivo restablecer la salud de los afiliados y también derivados de otros nosocomios públicos en el caso que no contar con la disponibilidad dentro de su cartera de servicios; el afiliado tiene el beneficio de atenciones por consultas externas de lunes a viernes, operaciones quirúrgicas, hospitalización y emergencia siempre 24 horas del día.

Mediante el Servicio Nacional de Contratación Pública (SERCOP), se obtendrá información de base de datos, de las compras realizadas por cada hospital del IESS, con la normativa de ínfima cuantía. El SERCOP es una institución del Estado ecuatoriano que se creó en 04 de agosto del año 2008, y se encarga de supervisar a las instituciones públicas para que cumplan con el marco legal de cada de bien o

servicio que deseen realizar contratación pública, de la misma forma controla a los proveedores que participan en estos procesos.

3.3. Población, muestra y muestreo

3.3.1 Población

Para el desarrollo del presente trabajo de investigación se considera una población que consta en los hospitales del IESS de las ciudades de Quito, Guayaquil, Cuenca, Santo Domingo, Ambato, Portoviejo, Machala, Duran y Manta, que son las que tienen mayor número de habitantes del país (INEC, 2010) .

3.3.2 Muestra

La muestra consiste en una base de datos cuantitativos y de escala de razón, que se obtendrá a través del portal web del SERCOP. Esta data contendrá información de los 4 últimos años (2017-2020) de las compras realizadas bajo la modalidad de Ínfimas Cuantías, respecto a los medicamentos e insumos para sus afiliados que han adquirido los nosocomios del IESS de las ciudades citadas en la población.

3.4. Métodos, técnicas e instrumentos de recolección de datos

De manera general, la investigación está enfocada en la búsqueda para la comprobación de la hipótesis que se planteó, de igual modo que los objetivos señalados. El trabajo desarrollado es mediante planteamiento metodológico de orientación mixta cuantitativa – cualitativa, observacional y también metodología retrospectiva.

3.4.1 Mediante un enfoque cuantitativo

En base a las conjeturas referidas por Hernández (2006) el trabajo de investigación consta de recopilación de bases de datos que serán analizados más a fondo para responder a las preguntas establecidas de este estudio y examinar la hipótesis basada en mediciones numéricas. El aporte de la ciencia estadística permitirá mediante uso de técnicas como el Anova para determinar con precisión los patrones de conducta y comprobación teorías.

3.4.2 Método descriptivo o explicativo

Se utiliza este enfoque porque este estudio se investiga el comportamiento de las variables no manipuladas, ya que se siguieron principios éticos. Se observa atentamente las variables utilizando los métodos estadísticos más adecuados para obtener los datos más fiables. Según Hernández et al., (2018) ambos métodos son complementarios en el contexto de esta investigación, permitiendo no solo describir los procesos sino también entender sus fundamentos y consecuencias.

Método Descriptivo: Este método se utiliza para describir de manera detallada los procesos relacionados con la gestión de inventarios y control de precios en los hospitales del IESS. Permite analizar características, como la rotación de insumos, el promedio de precios por ítem y la caducidad de medicamentos, sin necesariamente buscar las causas.

Método Explicativo: Se aplica para determinar las causas y efectos en los fenómenos observados, como el impacto del software en la optimización de inventarios, buscando explicar el porqué de ciertos resultados, como la mejora en la eficiencia o la reducción de costos.

3.4.3 Método de Diferencia

Resultados Medibles: Se analiza métricas específicas, como la tasa de desabastecimiento, inventarios próximos a expirar, los precios comparativos para un estudio de mercado, desviación estándar de la demanda en un producto en inventario. Esta comparación ayuda a cuantificar los beneficios.

Validación de Hipótesis: Ayuda a validar la hipótesis de que el software optimizado mejora la gestión de inventarios. Si los resultados en el hospital que utilizan el software son significativamente mejores.

3.4.3 Método Empíricos de observación

Recolección de datos reales: Se observa los procesos de gestión de inventarios en hospitales del IESS, recopilando datos sobre desabastecimientos, costos y tiempos de respuesta.

Análisis de prácticas actuales: Al observar cómo los hospitales del IESS manejan actualmente sus inventarios, se identifican ineficiencias y áreas de mejora que el software podría abordar.

Validación de resultados: Al implementar el software, se realiza observaciones continuas para evaluar el impacto real en la gestión de inventarios, comparando los resultados.

3.5. Plan de procesamiento y análisis de datos

3.5.1 Técnicas de procesamiento y análisis de datos:

La recopilación de la base de datos pertenece a los años 2017 - 2020 de las compras públicas realizadas en modalidad de ínfima cuantía, y esto se realizará a través de la página web del Sistema Nacional de Contratación Pública (SERCOP). Luego analizaremos los datos recopilados mediante la técnica estadística Anova, que según Cuadras (2019), medidas de tendencia central, gráfico de cajas, pruebas de hipótesis para comparar medias, prueba de Tukey, Shapiro Will, matrices de correlación, Análisis de Componentes Principales (PCA), permitirá determinar los siguientes:

Si las diferencias entre los vectores de las medias de los grupos son estadísticamente significativas.

- a) Examinar los vectores de las medias de las compras de medicamentos e insumos médicos en los distintos grupos.
- b) Examinar los vectores de las medias de las compras de Hospitales del IESS en los distintos grupos.
- c) Comparar los vectores de las medias de compras medicamentos e insumos médicos de diferentes periodos.
- d) Análisis de histograma y densidad.
- e) Determinar cuál es el punto que el modelo puede ajustarse a sus datos.
- f) Matriz de correlación de variables, medicamentos, insumos y hospitales.
- g) Determinar los componentes principales PCA de los medicamentos e insumos médicos.
- h) Determinar los componentes principales PCA de los Hospitales del IESS.
- i) Determinar si los datos de los medicamentos e insumos médicos proviene de una población con una distribución normal.
- j) Determinar si los datos de los Hospitales provienen de una población con una distribución normal.

Este análisis de los datos se realizará mediante de preferencia software estadístico Rstudio versión 4.4.0.

3.5.2 Modelo de Inventario

Para establecer la cantidad de pedido óptimo que deben realizar los Hospitales del IESS, se lo desarrolla mediante modelación EOQ. Una vez obtenido el modelo de inventario adecuado para la optimización de recursos de los hospitales, se diseña ese modelo mediante algoritmos en el software que ayudara a procesar la información.

3.5.3 Funcionamiento del Software

El software se alimentará de una base de datos en red, que brindará información datos confiables del inventario de manera continua por parte de todos los hospitales del IESS del país. El software proporcionará información respecto al precio más conveniente del mercado para la adquisición del medicamento o insumo que este solicitando el nosocomio, o a su vez si el sistema detecta un inventario en algún otro hospital que no tenga rotación el medicamento para que este pueda ser prestado, así también se evita la caducidad del medicamento en el hospital que realizara el préstamo de ser necesario.

También el software brinda información del inventario de medicamentos e insumos no quede en cero para que el usuario realice un nuevo pedido en los hospitales del IESS. Con todas las funciones citadas se logrará una buena toma de decisiones en las administraciones de las gerencias de los Nosocomios.

CAPÍTULO IV

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Análisis descriptivo de compras de medicamentos e insumo médicos en los Hospitales IESS (2017-2020)

A continuación, se presenta los nombres de los 12 hospitales del IESS que se realizó la investigación, así como también las ciudades dónde se encuentra cada uno ellos.

Tabla 1

Ciudades del Ecuador y Hospitales del IESS

Ciudad	Hospitales del IESS
Quito	Carlos Andrade Marín IESS
Quito	Quito Sur IESS
Guayaquil	Ceibos IESS
Guayaquil	Teodoro Maldonado Carbo IESS
Cuenca	José Carrasco Arteaga IESS
Santo Domingo	General Santo Domingo IESS
Ambato	General Ambato IESS
Portoviejo	Portoviejo IESS
Machala	General Machala IESS
Durán	Básico de Durán IESS
Manta	General Manta IESS
Quevedo	General Quevedo IESS

Tabla 2

Resumen descriptivo de variables cuantitativas - medicamento e insumo médico de cada hospital durante los años (2017-2020)

# Hospital	Tipo	Min	Q1	Median	Mean	Q3	Max	Mode	SD	Variance	Skewness	Kurtosi	
1	Carlos Andra...	INSUMO	833	954.	1006.	1031.	1084.	1277	994	184.	33744.	0.44	2.03
2	Carlos Andra...	MEDIC	335	349.	396.	499.	546	867	867	250.	62315.	1.05	2.24
3	Quito Sur IE...	INSUMO	0	167.	290.	312.	435.	671	0	281.	78694.	0.26	1.87
4	Quito Sur IE...	MEDIC	0	54.8	97.5	92.8	136.	176	0	74.8	5593.	-0.18	1.75
5	Ceibos IESS	INSUMO	0	21.8	51	146.	176.	484	0	227.	51526.	1.10	2.29
6	Ceibos IESS	MEDIC	2	56	81	64.2	89.2	93	2	42.3	1787.	-1.04	2.23
7	Teodoro Mald...	INSUMO	63	63.8	163	188.	288.	364	64	150.	22484.	0.22	1.29
8	Teodoro Mald...	MEDIC	24	28.5	61.5	70	103	133	24	52.3	2738	0.27	1.37
9	José Carrasc...	INSUMO	89	142.	184.	185.	228.	283	209	81.7	6674.	0.028	1.77
10	José Carrasc...	MEDIC	77	82.2	93.5	99	110.	132	132	24.6	605.	0.569	1.79
11	General Sant...	INSUMO	0	5.25	10.5	9.5	14.8	17	297	7.59	57.7	-0.316	1.57
12	General Sant...	MEDIC	0	0	3	10.5	13.5	36	0	17.2	297	1.07	2.25
13	General Amba...	INSUMO	70	71.5	128	153.	209.	285	285	103.	10612.	0.44	1.56
14	General Amba...	MEDIC	30	37.5	44	74	80.5	178	178	69.7	4861.	1.12	2.30
15	Portoviejo I...	INSUMO	33	91.5	184	206.	298	421	257	171.	29260.	0.321	1.62
16	Portoviejo I...	MEDIC	120	147	203	244	300	450	450	148.	21864	0.733	1.95
17	General Mach...	INSUMO	100	179.	250.	239.	310.	354	205	111.	12317.	-0.279	1.64
18	General Mach...	MEDIC	28	61	84	81.2	104.	129	129	42.5	1806.	-0.199	1.81
19	Básico de Du...	INSUMO	43	46	50.5	76	80.5	160	43	56.2	3157.	1.13	2.32
20	Básico de Du...	MEDIC	63	90.8	112.	124.	145.	212	212	63.4	4014.	0.640	2.02
21	General Mant...	INSUMO	42	51	63	60.5	72.5	74	42	15.3	233	-0.284	1.39
22	General Mant...	MEDIC	5	26	58.5	59	91.5	114	114	49.1	2414	0.0226	1.41
23	General Quev...	INSUMO	0	10.5	39	66.2	94.8	187	0	85.1	7235.	0.830	2.03
24	General Quev...	MEDIC	8	38.8	62.5	136.	160	412	412	186.	34576.	1.08	2.28

Los resultados descriptivos de la tabla 2 sobre los medicamentos e insumos médicos en varios hospitales del IESS durante el período de 2017 a 2020 permiten obtener una comprensión detallada sobre la distribución y variabilidad de estos recursos esenciales. Este análisis es importante para identificar patrones de consumo y posibles áreas de mejora en la gestión de inventarios hospitalarios.

Estadísticas Descriptivas

Las estadísticas descriptivas calculadas incluyen la mínima, el primer cuartil (Q1), la mediana, la media, el tercer cuartil (Q3), la máxima, la moda, la desviación estándar (SD), la varianza, la asimetría (skewness) y la (kurtosis). A continuación, se presenta un análisis detallado de algunos hospitales destacados:

Carlos Andrade Marín IESS

Los insumos presentan una media de 1031 unidades y una desviación estándar de 184, la variabilidad es considerable. La distribución es ligeramente asimétrica positiva (skewness = 0.44) y tiene una kurtosis de 2.03. La media en medicamentos es de 499 unidades, con una desviación estándar alta de 250, indicando una variabilidad significativa. La distribución es positivamente asimétrica (skewness = 1.05) con una kurtosis de 2.24.

Quito Sur IESS

La media de este hospital en cuanto a insumos es de 312 unidades con una desviación estándar de 281, indicando una alta variabilidad. La asimetría es positiva (skewness = 0.26) y la kurtosis es de 1.87. Los valores descriptivos de la tabla 1 de los medicamentos es de media 92.8 unidades y una desviación estándar de 74.8. La distribución es ligeramente asimétrica negativa (skewness = -0.19) y tiene una kurtosis de 1.75.

Ceibos IESS

En este hospital la media de los insumos es de 146 unidades y con una alta desviación estándar de 227 indican una gran variabilidad en la cantidad de insumos. La asimetría positiva (skewness = 1.10) y la kurtosis de 2.29 sugieren una distribución con colas pesadas. En medicamentos la media es de 64.2 unidades y una desviación estándar de 42.3. La distribución es asimétrica negativa (skewness = -1.04) y tiene una kurtosis de 2.23.

Teodoro Maldonado Carbo IESS

La media en insumos es de 188 unidades con una desviación estándar de 150, indicando una alta variabilidad. La asimetría es positiva (skewness = 0.22) y la kurtosis es de 1.29. Los medicamentos tienen una media de 70 unidades y una desviación estándar de 52.3. La distribución es positivamente asimétrica (skewness = 0.27) y tiene una kurtosis de 1.37.

José Carrasco Arteaga IESS

Los Insumos tiene una media de 185 unidades con una desviación estándar de 81.7, indicando una variabilidad moderada. La asimetría es casi neutra (skewness = 0.03) y la kurtosis es de 1.77. Por su parte los medicamentos poseen una media de 99 unidades y una desviación estándar de 24.6. La distribución es positivamente asimétrica (skewness = 0.57) y tiene una kurtosis de 1.79.

General Santo Domingo IESS

Los insumos tienen una media de 9.5 unidades con una desviación estándar de 297, indicando una baja variabilidad. La asimetría es negativa (skewness = -0.32) y la kurtosis es de 1.57. Los medicamentos están con una media de 10.5 unidades y una desviación estándar de 17.2. La distribución es positivamente asimétrica (skewness = 1.07) y tiene una kurtosis de 2.25.

General Ambato IESS

Insumos con una media de 153 unidades y una desviación estándar de 103, la variabilidad es moderada. La asimetría es positiva (skewness = 0.44) y la kurtosis es de 1.56, indicando una distribución cercana a la normal. Los medicamentos tienen una media de 74 unidades con una desviación estándar de 69.7. La distribución es positivamente asimétrica (skewness = 1.12) y presenta una kurtosis de 2.30.

Portoviejo IESS

La media que corresponde a los insumos médicos es de 206 unidades con una desviación estándar de 171, indicando una alta variabilidad. La asimetría es positiva (skewness = 0.32) y la kurtosis es de 1.62. Los medicamentos presentan una media

de 244 unidades y una desviación estándar de 148. La distribución es positivamente asimétrica (skewness = 0.73) y tiene una kurtosis de 1.95.

General Machala IESS

Los valores descriptivos que presentan los insumos médicos en el hospital de Machala son con media de 239 unidades con una desviación estándar de 111, lo que sugiere una variabilidad considerable. La asimetría es negativa (skewness = -0.28) y la kurtosis de 1.64. En cuanto a los medicamentos, presentan una media de 81.2 unidades y una desviación estándar de 42.5. La distribución es ligeramente asimétrica negativa (skewness = -0.20) y tiene una kurtosis de 1.81.

Básico de Durán IESS

La cantidad de insumos muestra una media de 76 unidades con una desviación estándar de 56.2, indicando una variabilidad moderada. La distribución es ligeramente asimétrica positiva (skewness = 1.13) y presenta una kurtosis de 2.32, lo que sugiere una distribución con colas algo más pesadas de lo normal. Los medicamentos presentan una media de 124 unidades y una desviación estándar de 63.4. La asimetría es positiva (skewness = 0.64) y la kurtosis es de 2.02, indicando una distribución menos sesgada y con colas moderadamente pesadas.

General Manta IESS

La media que corresponde a los insumos es de 60.5 unidades con una desviación estándar de 15.3, indicando una baja variabilidad. La asimetría es negativa (skewness = -0.28) y la kurtosis es de 1.39. La variable medicamentos, presenta una media de 59 unidades y una desviación estándar de 49.1. La distribución es ligeramente asimétrica positiva (skewness = 0.02) y tiene una kurtosis de 1.41.

General Quevedo IESS

La media de los insumos médicos en el hospital Quevedo es de 66.2 unidades con una desviación estándar de 85.1, indicando una alta variabilidad. La asimetría es positiva (skewness = 0.83) y la kurtosis es de 2.03. En este hospital los

medicamentos, presentan una media de 136 unidades y una desviación estándar de 186. La distribución es positivamente asimétrica ($skewness = 1.08$) y tiene una kurtosis de 2.28.

Interpretación General

Los datos revelan una significativa dispersión en las cantidades de medicamentos e insumos, con notables diferencias en las medias y desviaciones estándar entre los distintos hospitales del IESS. Además, la variabilidad en la distribución de insumos y medicamentos entre los hospitales refleja las diferencias en las necesidades y la gestión de inventarios.

Dispersión significativa y desviación de la normalidad:

Las cantidades de insumos en hospitales como Ceibos IESS y General Machala IESS muestran una dispersión significativa con respecto a sus medias, indicadas por las altas desviaciones estándar y la varianza. Además, en la mayoría de los hospitales, la distribución de insumos y medicamentos es leptocúrtica, con una kurtosis mayor a 1, indicando que hay un destacable número de datos alrededor del valor central de cada variable. La asimetría en muchos hospitales es positiva, sugiriendo la presencia de valores extremadamente altos que distorsionan la media.

Patrones de consumo y gestión de inventarios:

Hospitales como Carlos Andrade Marín IESS y Ceibos IESS presentan alta variabilidad y asimetría en sus distribuciones, lo que puede indicar una demanda fluctuante o problemas en la cadena de suministro. Los registros de la moda y la mediana proporcionan información valiosa sobre los valores más comunes y centrales de la distribución, destacando diferencias entre los hospitales en términos de consumo regular de recursos.

Tabla 3

Resumen descriptivo de compras unificadas de medicamentos e insumos médico de cada hospital durante (2017-2020)

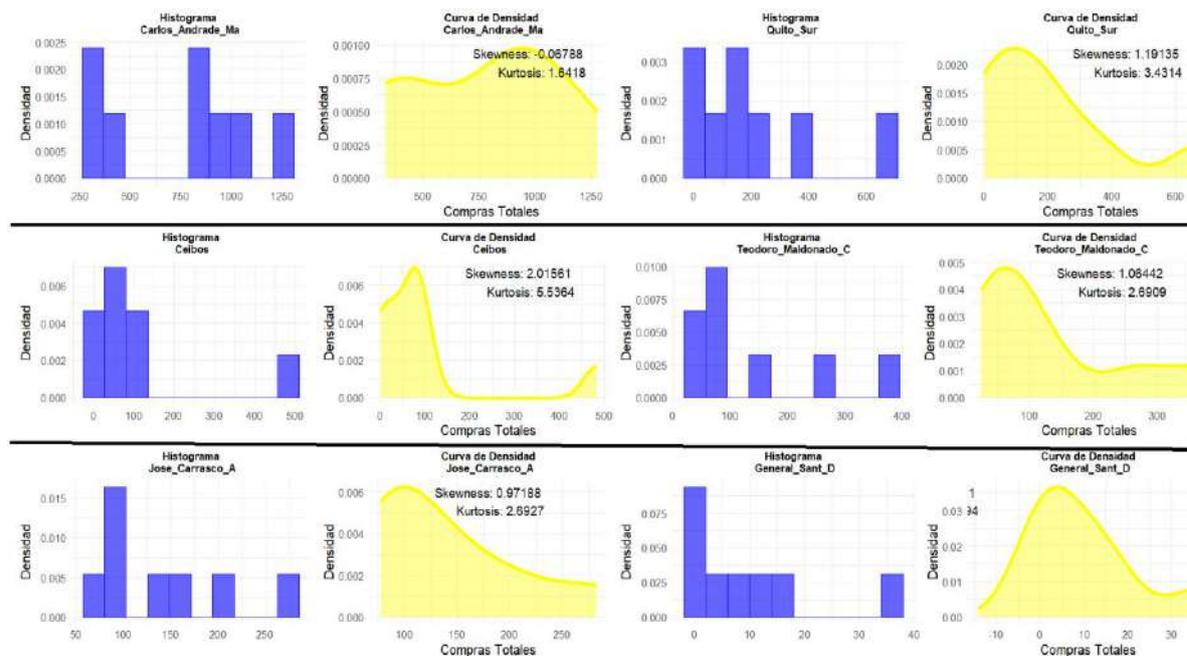
# Hospital	Min	Q1	Median	Mean	Q3	Max	Mode	SD	Variance	Skewness	Kurto
1 Carlos Andrade Ma	335	417.75	850.0	764.75	1000.25	1277	867	349.33	122032.21	-0.06	1.64
2 Quito Sur	0	54.75	149.0	202.62	256.25	671	0	223.42	49919.98	1.19	3.43
3 Ceibos	0	22.25	73.5	105.37	89.25	484	2	157.42	24781.12	2.01	5.53
4 Teodoro Maldonado C.	24	54.75	78.5	129.12	165.25	364	24	121.67	14804.69	1.06	2.69
5 José Carrasco A.	77	87.75	117.5	142.12	172.25	283	132	72.42	5244.69	0.97	2.69
6 General Sant. D.	0	0.00	6.5	10.00	14.75	36	0	12.34	152.28	1.21	3.44
7 General Ambato	30	46.00	71.0	113.37	179.50	285	178	91.66	8403.12	0.84	2.33
8 Portoviejo	33	117.75	203.0	224.75	298.00	450	450	149.44	22333.64	0.41	1.87
9 General Machala	28	90.00	114.5	160.00	227.75	354	129	114.63	13140.28	0.65	2.03
10Básico de Durán	43	52.25	81.5	100.25	132.25	212	212	61.19	3745.07	0.75	2.26
11General Manta	5	39.75	63.0	59.75	76.50	114	114	33.69	1135.07	-0.04	2.36
12General Quevedo	0	12.50	56.5	101.25	103.75	412	412	138.99	19319.07	1.58	4.21

Cada hospital presenta un patrón único en sus compras totales durante los años 2017 a 2020, con variaciones significativas en las tendencias y la dispersión de los datos. La mayoría de los hospitales muestran una tendencia a la disminución en las compras totales con distribuciones que en su mayoría tienen una ligera asimetría negativa y curtosis negativa que se observa en la figura 11 y 12, indicando distribuciones con menos valores extremos y colas más ligeras. Este análisis puede ayudar a identificar áreas donde se puede mejorar la eficiencia y gestión de compras en cada hospital específico.

4.2. Análisis de curva de densidad, histograma y gráfico de cajas de las compras medicamento e insumos médicos, Hospitales IESS (2017-2020)

Figura 11

Curva de densidad e Histograma de las compras de Medicamentos e Insumo Médico (2017-2020), de los Hospitales Carlos Andrade Marín, Quito Sur, Ceibos, Teodoro Maldonado, José Carrasco y General Santo Domingo



El Hospital Carlos Andrade Marín IESS muestra en la tabla 3 una disminución constante en las compras totales desde 2017 hasta 2020, con una media de 764.75 y una desviación estándar de 349.33. La tabla 3 muestra que las compras se distribuyen ampliamente entre 335 y 1277 unidades, con una mediana de 850 unidades. La curva de densidad sugiere una distribución ligeramente sesgada hacia la izquierda, como lo indica la skewness negativa (-0.06788). La kurtosis (1.6418) indica que hay menos valores extremos en comparación con una distribución normal, lo cual muestra una distribución relativamente más plana.

El Hospital Quito Sur IESS muestra una notable variabilidad en las compras totales con un inicio de 0 en 2017 y un aumento hasta 671 en 2018. La media es de 202.63, una mediana de 149 unidades y una desviación estándar de 223.42. La curva de densidad indica una distribución sesgada positivamente, lo que sugiere que hay

más compras en el extremo inferior del rango. La kurtosis (3.4314) indica una distribución con más valores extremos, o más puntiaguda, en comparación con una distribución normal.

En el Hospital Ceibos IESS, las compras varían desde 0 hasta 484 unidades, con una mediana de 73.5 unidades, una media de compras de 105.38 y una desviación estándar de 157.42. La figura 11 muestra también una curva de densidad donde revela una distribución sesgada positivamente, lo que sugiere una concentración de compras en el extremo inferior del rango. La kurtosis (5.5364) indica una distribución con más valores extremos que una distribución normal.

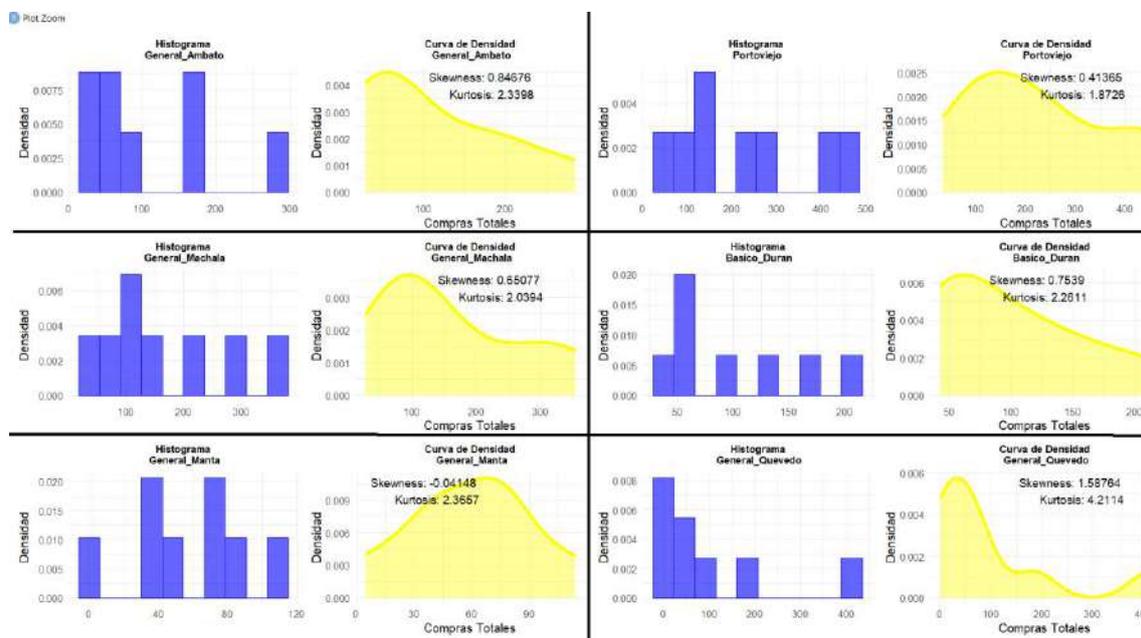
El Hospital Teodoro Maldonado Carbo IESS tiene una media de 129.13 y una desviación estándar de 121.67. La distribución de compras varía desde 24 hasta 364 unidades, con una mediana de 78.5 unidades. La curva de densidad que se observa en la figura 11 sugiere una distribución sesgada positivamente (skewness = 1.06442). La kurtosis (2.6909) indica una distribución con más valores extremos que una distribución normal.

El Hospital José Carrasco Arteaga IESS muestra una media de compras de 142.13 y una desviación estándar de 72.42. Las compras oscilan entre 77 y 283 unidades, con una mediana de 117.5 unidades. La curva de densidad muestra una distribución sesgada positivamente que se puede visualizar en la figura 11, indicada por una skewness positiva (0.97188). La kurtosis (2.6927) sugiere una distribución con más valores extremos que una distribución normal.

El Hospital General Santo Domingo IESS muestra una variabilidad relativamente baja en las compras, oscilando entre 0 y 36 unidades que se observa como valores mínimos y máximos en la tabla 3, con una mediana de 6.5 unidades, una media de 10 y una desviación estándar de 12.34. La distribución de densidad que se visualiza en la figura 11 sugiere una distribución sesgada positivamente (skewness = 1.21021), y la kurtosis (3.4494) indica una distribución con más valores extremos.

Figura 12

Curva de densidad e histograma de las compras de medicamentos e insumo médicos (2017- 2020), de los Hospitales Ambato, Portoviejo, Machala, Básico Durán, General Manta y General Quevedo



El Hospital General Ambato IESS muestra una media de 113.38 y una desviación estándar de 91.66. Las compras van desde 30 hasta 285 unidades, con una mediana de 71 unidades. La curva de densidad se puede visualizar en la figura 12, la cual revela una distribución sesgada positivamente, con una concentración de compras en el extremo inferior del rango. La kurtosis (2.3398) sugiere una distribución con más valores extremos.

El Hospital Portoviejo IESS, presenta en la tabla 2, gran variabilidad en las compras que es notable, con un rango que va desde 33 hasta 450 unidades, una mediana de 203 unidades, una media de 224.75 y una desviación estándar de 149.44. La curva de densidad sugiere una distribución ligeramente sesgada hacia la derecha, lo que indica que hay más compras en el extremo superior del rango. La kurtosis (1.8726) indica una distribución con menos valores extremos que una distribución normal.

En el Hospital General Machala IESS las compras de la tabla 2 varían desde 28 hasta 354 unidades, con mediana de 114.5, media de 160 y desviación estándar de 114.63. La figura 12 muestra la curva de densidad, donde se observa una

distribución sesgada positivamente, indicando una concentración de compras en el extremo inferior del rango. La kurtosis (2.0394) sugiere una distribución con más valores extremos.

El Hospital Básico de Durán IESS muestra en la tabla 2 una media de compras de 100.25 y desviación estándar de 61.20. Además, compras que se encuentran desde 43 hasta 212 unidades, con una mediana de 81.5 unidades. La curva de densidad revela una distribución casi simétrica, así como se observa en la figura 12, con una ligera inclinación hacia la derecha. La kurtosis (2.2611) indica una distribución con más valores extremos.

El Hospital General Manta IESS tiene una media de compras de 59.75 y una desviación estándar de 33.69. Las compras oscilan entre 5 y 114 unidades, con una mediana de 63 unidades. La curva de densidad muestra una distribución ligeramente sesgada hacia la derecha, lo que sugiere que hay más compras en el extremo inferior del rango. La kurtosis (2.3657) indica una distribución con más valores extremos.

El Hospital General Quevedo IESS muestra en la tabla 2 una media de compras de 101.25 y una desviación estándar de 138.99. La variabilidad en las compras va desde 0 hasta 412 unidades, con una mediana de 56.5 unidades. La curva de densidad sugiere una distribución sesgada positivamente, que se puede observar en la figura 12, indicando que hay más compras en el extremo inferior del rango. La skewness (1.5876) y la kurtosis (4.2114) indican una distribución con más valores extremos y altamente asimétrica hacia la derecha.

El análisis detallado de las compras realizadas por estos 12 hospitales revela diferencias significativas en la distribución y la variabilidad de los datos de compras a lo largo de los años 2017-2020. Los gráficos de cajas y las curvas de densidad proporcionan una visión clara de las características de la distribución, incluidas la asimetría y la concentración de los datos. Este análisis es crucial para la planificación y la toma de decisiones en el ámbito de la gestión hospitalaria y la optimización de recursos. Según Doane y Seward (2011), una skewness positiva indica que la cola de la distribución se extiende hacia la derecha, mientras que una skewness negativa indica que se extiende hacia la izquierda. Por otro lado, la

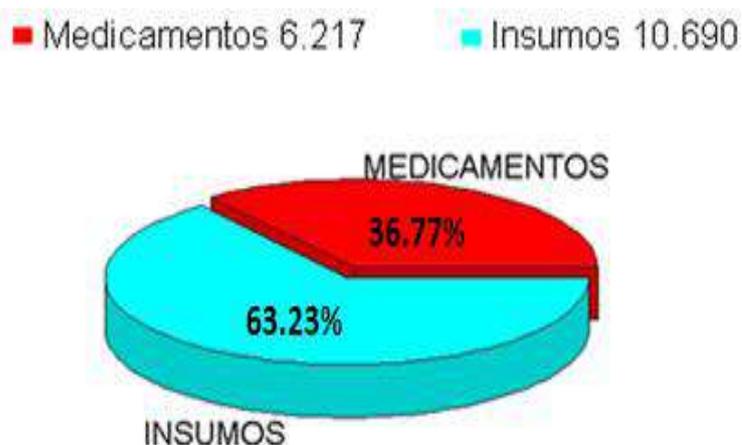
kurtosis alta sugiere una distribución con colas más pesadas y una mayor concentración de valores extremos en comparación con la distribución normal.

4.3. Análisis de gráfico de pastel y cajas, de las compras de medicamentos e insumos en los Hospitales IESS (2017-2020)

Los hospitales en estudio realizaron en conjunto un total de 16.907 órdenes de compras en ínfima cuantía, que se observan en la figura 13, durante los años 2017 al 2020, de las cuales el 63.23% se destinó a los insumos médicos o sea 10.690 compras, justo allí es donde más carece de modelos matemáticos de inventarios para la importante toma de decisiones. Los medicamentos representan el 36.77% que serían 6.217.

Figura 13

Compras (I. C.) Medicamentos e Insumos del año 2017 al 2020



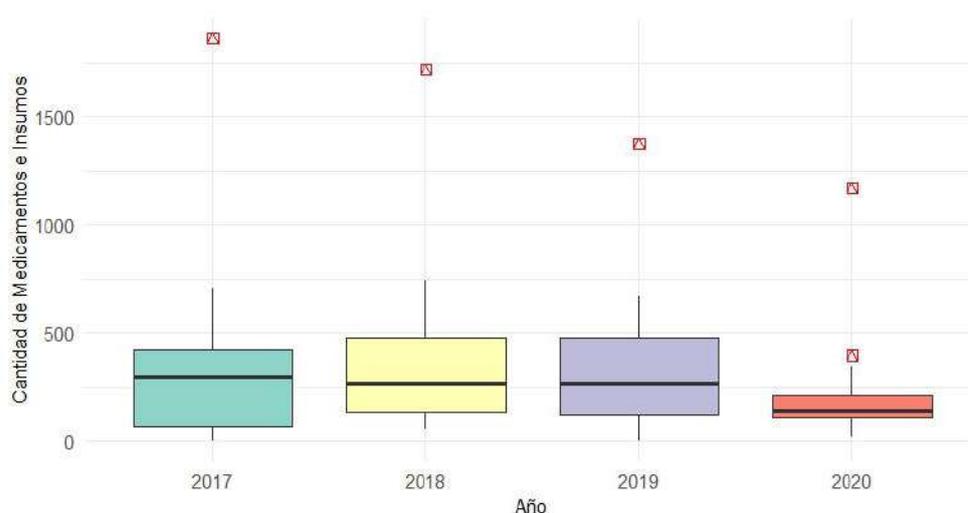
Las investigaciones de Quiroga et al., (2015); Taha (2017), informaron que, al poseer poco inventario, puede incurrir en el incremento del costo por desabasto, esto es lo que acontece prácticamente en el IESS, debido que, al momento de quedarse desabastecidos en algunos medicamento e insumos, recurren de último momento a este tipo de compra (I.F.) donde no pueden obtener muchos descuentos por ser una compra de emergencia. Un modelo de sistema de inventario ya sea determinístico o estocástico es de mucha ayuda en esta problemática. La recomendación de que es indispensable analizar la rotación y el ciclo de consumo

y el control los inventarios fundamentales, exclusivamente por ser una de las partidas con mayor importancia que poseen las empresas, donde se invierte gran cantidad de recursos financieros.

En la figura 14 cada boxplot muestra la distribución de las cantidades de compra de medicamentos e insumos en conjunto adquiridas en diferentes años, permitiendo una comparación tanto de las medianas como de la variabilidad entre periodos. Entre los hallazgos más importantes, destacamos los siguientes:

Figura 14

Gráfico de cajas de las compras totales de medicamentos e insumos médicos en hospitales del IESS durante los años (2017– 2020)



En el 2017 la mediana de las compras se sitúa alrededor de 300 unidades, con un IQR que abarca desde aproximadamente 50 hasta 700 unidades, indicando una alta variabilidad en las compras entre diferentes hospitales. Además, se observa un valor atípico significativo del Hospital Carlos Andrade Marín IESS con 1861 unidades, lo que refleja una demanda excepcionalmente alta comparada con otros hospitales.

Para el año 2018 la mediana de las compras aumenta ligeramente a cerca de 350 unidades, con un IQR que varía de 150 a 500 unidades. Este año muestra una

distribución más equilibrada que 2017. Se destacan valores atípicos elevados como los 1716 del Hospital Carlos Andrade Marín IESS y 744 del Quito Sur IESS, lo que sugiere picos en la demanda posiblemente relacionados con eventos específicos o necesidades puntuales.

Durante el 2019 la mediana disminuye a alrededor de 150 unidades, con un IQR que se extiende de 50 a 300 unidades, indicando una reducción en las compras globales de medicamentos e insumos médicos en ese año. Nuevamente, se observan valores atípicos, aunque menos pronunciados. El Hospital Teodoro Maldonado Carbo IESS con 457 unidades y el Hospital Carlos Andrade Marín IESS con 1373 unidades sobresalen como casos de altas demandas.

Para el último año de estudio 2020, la mediana se estabiliza en torno a 110 unidades, con un IQR que varía de 50 a 200 unidades. Este año muestra la menor variabilidad entre los hospitales. A pesar de la menor variabilidad, hay valores atípicos notables, como los 1168 del Hospital Carlos Andrade Marín IESS y los 395 del Teodoro Maldonado Carbo IESS, que reflejan demandas puntuales elevadas.

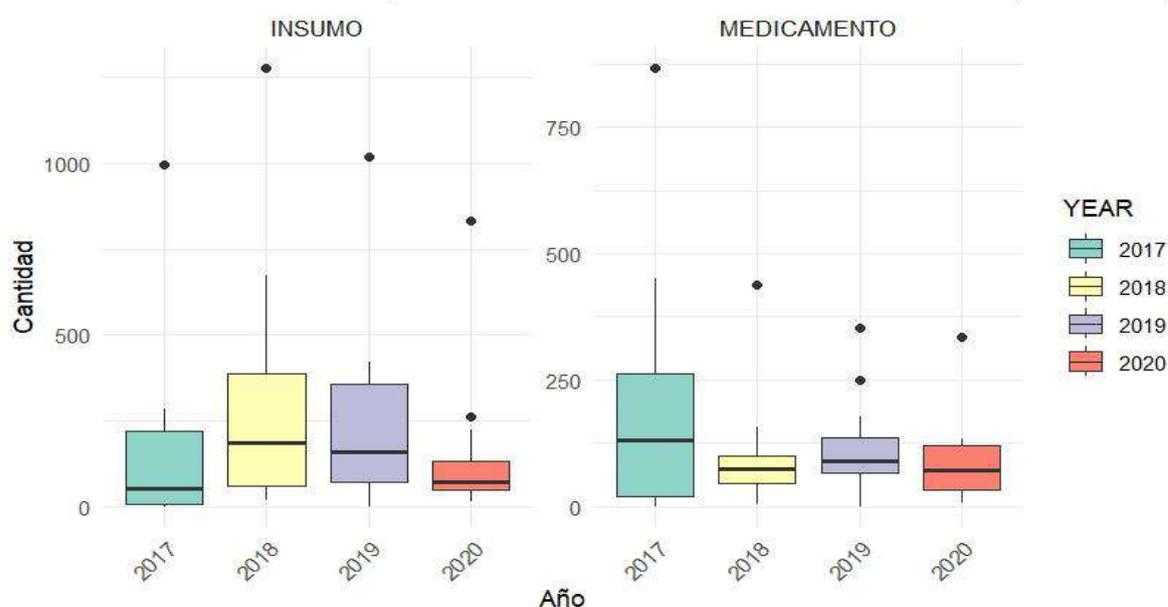
Se puede concluir que la figura 14 revela varias tendencias importantes:

- a) Variabilidad Anual: La variabilidad en las compras de medicamentos e insumos muestra una tendencia a disminuir a lo largo de los años, sugiriendo una posible mejora en la planificación y distribución de recursos.
- b) Valores Atípicos: Los valores atípicos recurrentes en hospitales específicos, como el Carlos Andrade Marín IESS, indican la existencia de demandas excepcionales que pueden estar relacionadas con la capacidad y el volumen de pacientes atendidos en estas instituciones.
- c) Tendencias de Mediana: La mediana de compras presenta una disminución gradual desde 2017 hasta 2020, lo que podría reflejar una optimización en el uso de recursos o cambios en las políticas de adquisición.

Los gráficos de bigotes de la figura 15 proporcionan una visión clara de las tendencias y variaciones en el uso de medicamentos e insumos médicos en los

Figura 15

Gráfico de cajas de la distribución de compras de medicamentos e insumos médicos, durante los años (2017 – 2020)



hospitales del IESS a lo largo de cuatro años. La alta variabilidad inicial y la presencia de valores atípicos destacan la disparidad en la gestión de recursos entre los diferentes hospitales. Sin embargo, la progresiva reducción en la dispersión y en los valores atípicos desde 2017 hasta 2020 sugiere una mejora en la estandarización y eficiencia en la administración de estos recursos.

Existe una alta variabilidad en los datos de medicamentos e insumos, especialmente en 2017, con algunos hospitales mostrando valores excepcionalmente altos (outliers). Con el tiempo, la dispersión de los datos tiende a disminuir, indicando una posible estabilización en los gastos de medicamentos e insumos. Los outliers de Carlos Andrade Marín IESS, sugieren que algunos hospitales tienen necesidades o consumos significativamente diferentes de la media, posiblemente debido a su tamaño, la cantidad de pacientes atendidos, o la diversidad de servicios ofrecidos.

En 2017, se observa una elevada dispersión en la cantidad de medicamentos, con una mediana de 130.5 unidades. La cantidad de insumos también muestra una dispersión significativa, con una mediana de 53.5 unidades. Los datos de medicamentos e insumos están mayoritariamente por encima de la mediana, indicando un uso intensivo en ciertos hospitales. Se observan múltiples valores atípicos, entre los hospitales en términos de compras. Valores específicos incluyen 867 unidades de medicamentos y 994 de insumos en el "Carlos Andrade Marín IESS", con varios hospitales reportando cantidades de cero, lo que contribuye a la alta variabilidad.

El año 2018 presenta una mediana de 75 unidades para medicamentos y 185.5 unidades para insumos. La dispersión es menor comparada con 2017, aunque aún se observan valores atípicos significativos. La mayoría de los datos de insumos están por encima de la mediana, mientras que los datos de medicamentos presentan una distribución más equilibrada. Ejemplos incluyen 439 unidades de medicamentos en el "Carlos Andrade Marín IESS" y 1277 unidades de insumos en el mismo hospital.

En 2019, la mediana de medicamentos disminuye a 88.5 unidades, y la mediana de insumos es de 160 unidades. La variabilidad se reduce notablemente, especialmente en los medicamentos, con menos valores atípicos. La mayoría de los datos de medicamentos están por debajo de la mediana, reflejando una distribución más uniforme en comparación con años anteriores. Por ejemplo, el "Carlos Andrade Marín IESS" reporta 354 unidades de medicamentos y 1019 unidades de insumos.

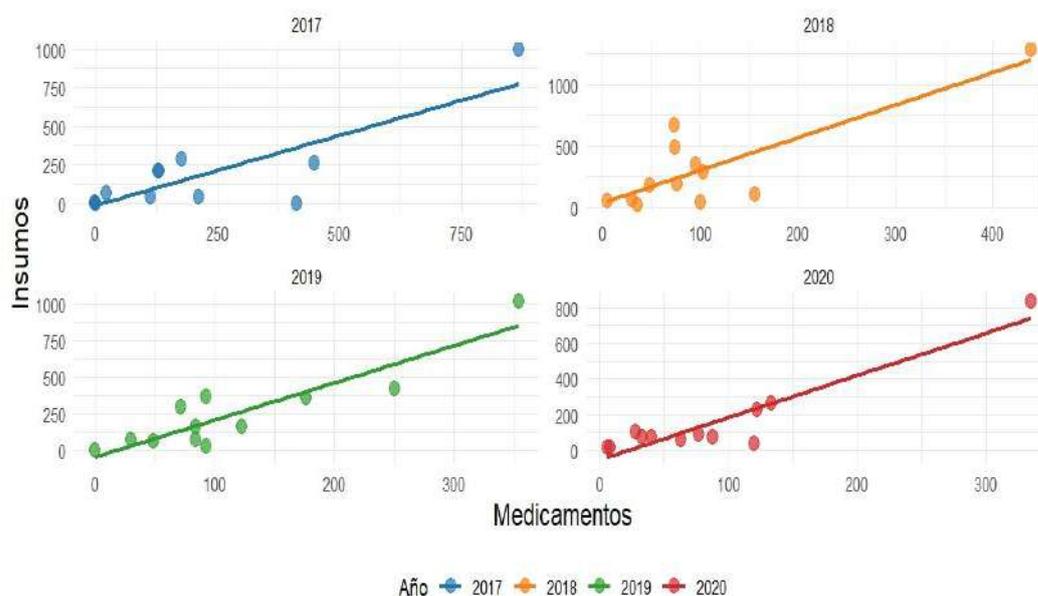
El año 2020 muestra una mediana de 70 unidades para medicamentos y 72.5 unidades para insumos. La dispersión sigue siendo menor, con una reducción en la cantidad de valores atípicos. Los datos de medicamentos e insumos están mayoritariamente por debajo de la mediana, lo cual podría estar asociado con las políticas de contención y manejo de inventarios durante la pandemia de COVID-19. Un ejemplo es el "Carlos Andrade Marín IESS" con 335 unidades de medicamentos y 833 unidades de insumos.

4.4. Análisis del gráfico de dispersión de las compras de medicamentos e insumos en los Hospitales IESS (2017-2020)

En la figura 16, se observa en el año 2017 una amplia dispersión en los datos, con algunos hospitales registrando cantidades extremadamente altas de medicamentos o insumos, sugiriendo una considerable variabilidad en su uso, y una relación positiva moderada entre ambos. En 2018, la dispersión fue más compacta, indicando una posible mejora en la consistencia, y la relación positiva fue ligeramente más fuerte. En 2019, los datos mostraron mayor coherencia con una tendencia positiva similar a la de 2018. En 2020, hubo mayor variabilidad en la cantidad de medicamentos e insumos, posiblemente debido a la pandemia de COVID-19, manteniéndose una relación positiva, aunque con mayor dispersión, reflejando el impacto variable en los hospitales.

Figura 16

Gráfico de dispersión de compras de medicamentos e insumos médicos (2017-2020)



En 2020, hubo mayor variabilidad en la cantidad de medicamentos e insumos, posiblemente debido a la pandemia de COVID-19, manteniéndose una relación positiva, aunque con mayor dispersión, reflejando el impacto variable en los hospitales. Según Anderson (2003), la presencia de una relación fuerte entre dos variables indica que las variaciones en una variable se asocian consistentemente con variaciones en la otra, mientras que una relación débil sugiere una asociación menos consistente y más dispersa.

4.5. Análisis matriz de dispersión con línea de regresión, y correlación de compras de medicamentos vs insumos médicos (2017-2020)

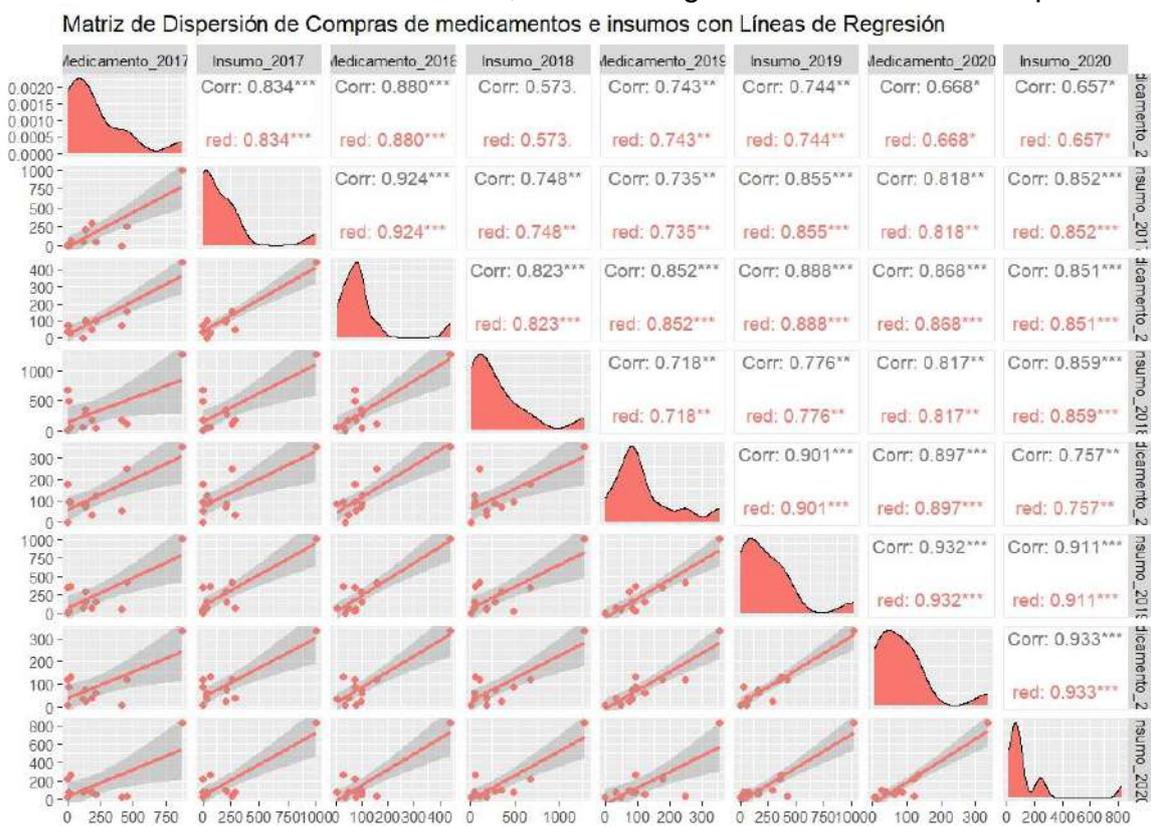
Correlaciones en la diagonal principal

En la diagonal principal de la matriz de dispersión de la figura 17, donde las compras de medicamentos e insumos se comparan consigo mismas a lo largo de los años (2017-2020), se observan correlaciones positivas significativas. Los valores de correlación para medicamento 2017 vs. medicamento 2018, medicamento 2018 vs. medicamento 2019, y así sucesivamente, indican una consistencia en las cantidades adquiridas año tras año. Por ejemplo, la correlación entre medicamento

Figura 17

Matriz de dispersión de compras de medicamentos e insumos médicos

2020 e insumo 2020 es de 0.933, lo cual sugiere una alta relación positiva y



consistencia en las compras de medicamentos entre estos dos años.

Comparación entre años

Al analizar las compras de medicamentos e insumos entre diferentes años, se observa generalmente un aumento gradual. Las correlaciones entre variables adyacentes en la matriz, por ejemplo, La correlación entre insumo 2017 e insumo 2018 es de 0.748, lo cual sugiere una relación positiva moderadamente alta en las compras de insumos entre estos dos años, indicando que las compras tienden a incrementarse de un año al siguiente de manera consistente.

Variabilidad entre medicamentos e insumos

Al observar la dispersión de puntos fuera de la diagonal principal, se nota una variabilidad en las compras de medicamentos e insumos entre diferentes hospitales y años. Algunos pares de variables muestran una relación más estrecha y consistente, representada por agrupamientos más densos alrededor de las líneas de regresión correspondientes. Por comparar la relación entre medicamento 2017 e insumo 2017 exhibe una correlación moderada positiva de 0.83, lo que indica una relación estable pero no tan fuerte.

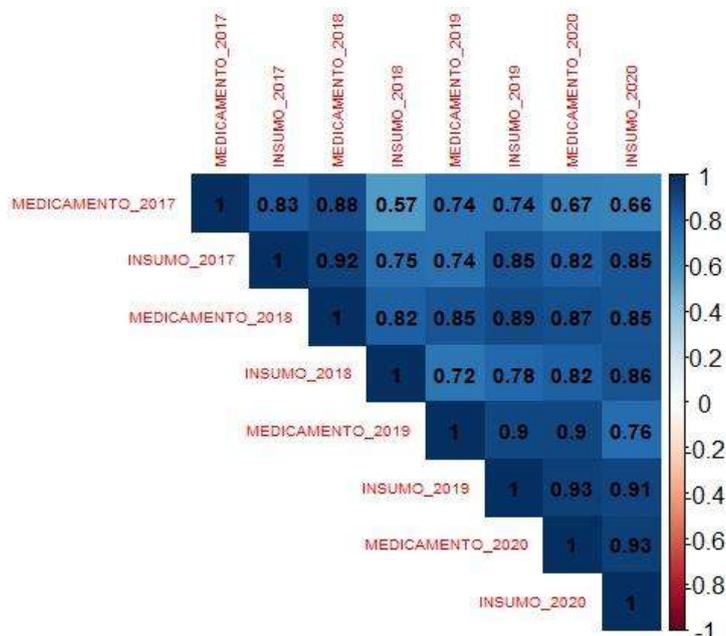
Puntos atípicos

Se identifican algunos puntos que están alejados de la línea de regresión, lo cual indica un alto número de compras atípicas para ciertos hospitales en años específicos.

En resumen, la matriz de dispersión junto con el cálculo de correlaciones permite no solo visualizar las relaciones entre las compras de medicamentos e insumos médicos en diferentes contextos hospitalarios, sino también cuantificar la fuerza y dirección de estas relaciones.

Figura 18

Matriz de correlación de compras medicamentos e insumos médicos (2017-2020)



La figura 18 de correlación es una interpretación similar a la figura 17, proporciona una representación visual más directa de cómo están relacionadas las compras de medicamentos e insumos médicos a lo largo de los años 2017, 2018, 2019 y 2020 en los diferentes hospitales del IESS en estudio. En la matriz de correlación, los valores oscilan entre -1 y 1, donde:

- Un valor cercano a 1 indica una correlación positiva fuerte, lo que significa que las variables tienden a aumentar o disminuir juntas.
- Un valor cercano a -1 indica una correlación negativa fuerte, lo que significa que las variables tienden a moverse en direcciones opuestas.
- Un valor cercano a 0 indica que no hay correlación lineal entre las variables.

Es importante destacar que la fuerza de esta correlación varía entre años. Por ejemplo, la correlación entre las compras de medicamentos e insumos es más fuerte en el año 2019 y 2020, con coeficientes de correlación de 0.90 y 0.93 respectivamente, que coinciden con la figura 17 en el gráfico de dispersión. Esto indica una relación muy fuerte entre las compras de medicamentos e insumos en

esos años, sugiriendo que las compras de estos dos tipos de productos están muy bien alineadas.

En contraste, la correlación es ligeramente más débil en los años 2018 y 2019, aunque sigue siendo moderada. En 2018, el coeficiente de correlación es de 0.72 entre los insumos de ese año vs los medicamentos 2019, y es de 0.78 entre insumo 2018 vs insumos 2017. Estos valores siguen indicando una relación positiva significativa, pero no tan fuerte como en los años posteriores.

Estos resultados sugieren que las políticas de compra y gestión de inventarios de medicamentos e insumos pueden haberse vuelto más coordinadas y alineadas con el tiempo. Aunque la correlación entre las compras de medicamentos e insumos es positiva y significativa en todos los años considerados, la fuerza de esta correlación varía, siendo más fuerte en los años 2019 y 2020.

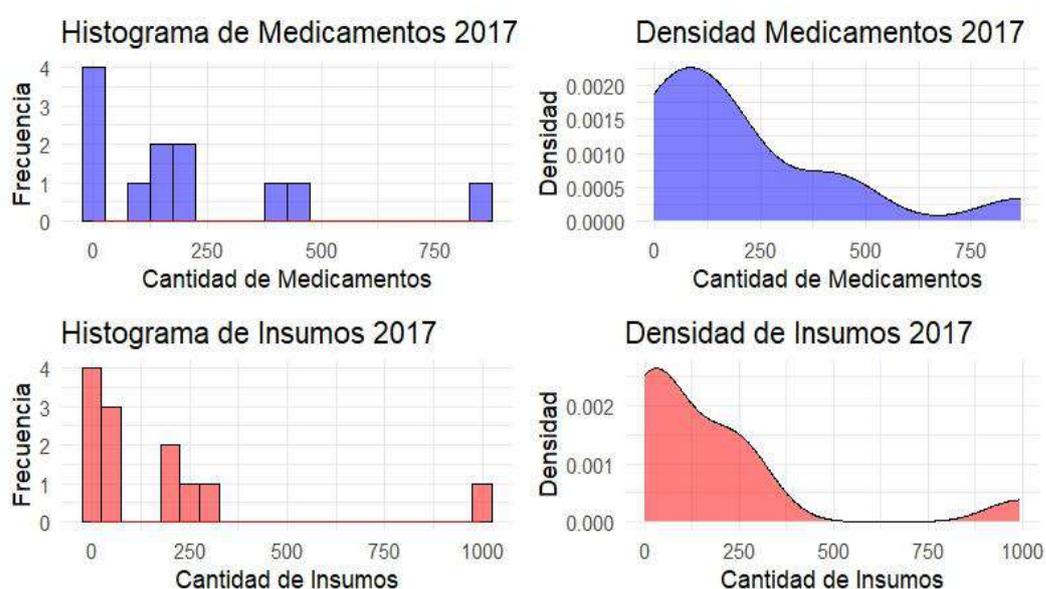
Existe un detalle muy importante en particular, dónde se demuestra que la mayoría de hospitales incurren en las compras emergentes de los años 2017 al 2020, y guardan relación entre estas variables, siendo esto lo que se debe corregir con los modelos de inventario, para no incurrir en estas comprar a menudo, puesto esto no está ayudando a optimizar los costos en las compras de medicamentos e insumos médicos de los hospitales del IESS.

4.6. Análisis de histograma y curva de densidad de las variables medicamento e insumo médico de cada periodo de los Hospitales IESS (2017-2020)

El histograma de la figura 19 de compras de medicamentos en 2017, revela una distribución sesgada hacia la derecha, donde la mayoría de los hospitales realizaron compras de medicamentos en cantidades relativamente bajas.

Figura 19

Histograma y Densidad de compras de medicamentos e insumos médicos (2017)



La frecuencia de compras varía considerablemente entre los hospitales, con algunos realizando un número significativamente mayor de compras en comparación con otros. Por ejemplo, el Hospital Portoviejo IESS realizó la mayor cantidad de compras de medicamentos, con un valor que supera las 400 unidades, mientras que otros hospitales como el Hospital Quito Sur IESS no realizaron compras de medicamentos en absoluto durante este período.

Gráfico de Densidad de compras de Medicamentos 2017 muestra la distribución de las compras de medicamentos de una manera suavizada. Se observa una forma de campana que sugiere una distribución aproximadamente normal de las compras, aunque con cierta asimetría hacia la derecha. Esto indica que, aunque la mayoría de las compras tienden a agruparse en cantidades más bajas, hay un número

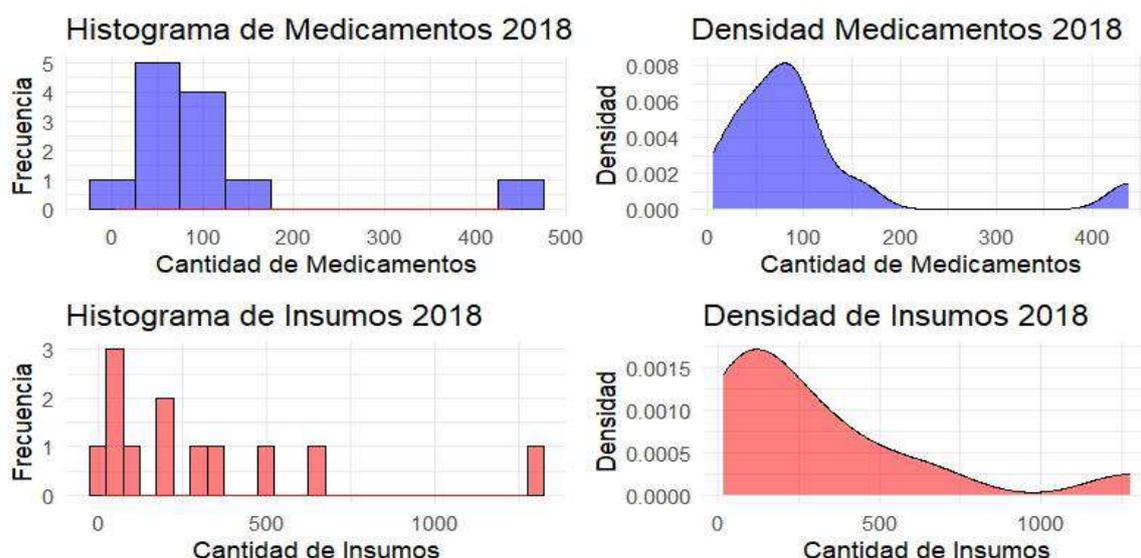
considerable de casos en los que se realizaron compras de medicamentos en cantidades más altas.

En contraste con el histograma de las compras de medicamentos, el histograma de compras de insumos en 2017 exhibe una distribución más uniforme. Aunque la mayoría de los hospitales realizaron compras de insumos en cantidades relativamente bajas, no se observa una concentración tan marcada en valores específicos. Esto sugiere que las compras de insumos están más distribuidas entre los hospitales, con una menor disparidad en la frecuencia de compras entre ellos.

El gráfico de densidad de compras de insumos 2017 muestra una distribución más amplia y aplanada en comparación con el de compras de medicamentos. La forma de la curva sugiere una distribución más uniforme de las compras de insumos a lo largo del rango de cantidades observadas. Esto indica que, en general, las compras de insumos tienden a ser más consistentes entre los hospitales, con una menor variabilidad en la cantidad de compras realizadas. A continuación, se presenta un análisis similar para los años 2018, 2019 y 2020.

Figura 20

Histograma y Densidad de compras de medicamentos e insumos médicos (2018)

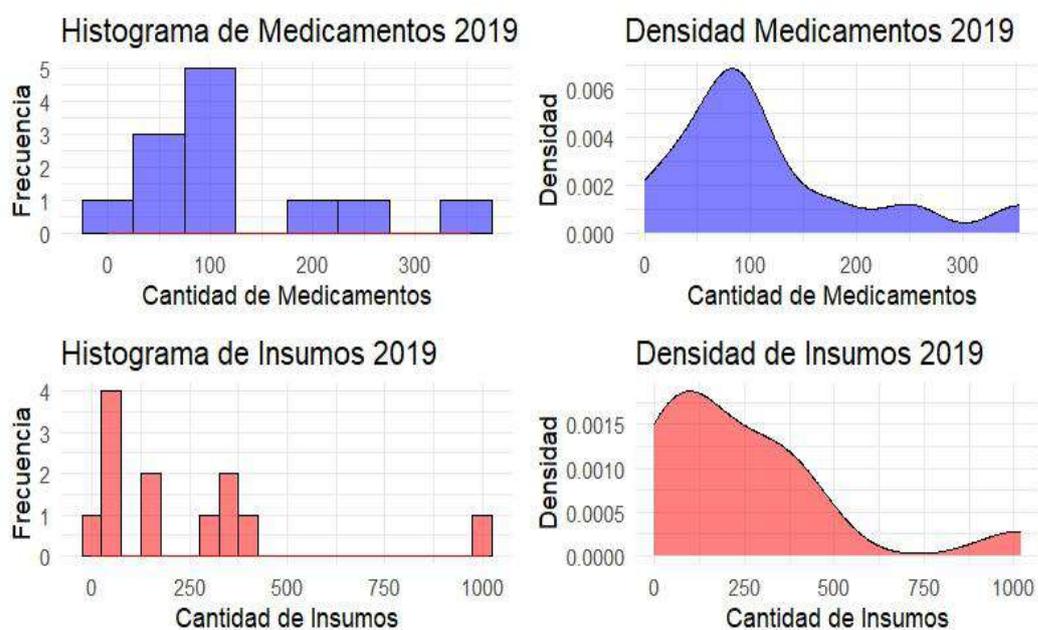


En el Histograma de compras de medicamentos 2018 se observa una distribución sesgada hacia la derecha, similar al año 2017, con la mayoría de los hospitales realizando compras en cantidades relativamente bajas.

- 1) Densidad de medicamentos 2018, presenta forma de campana, indicando una distribución aproximadamente normal de las compras, aunque con una ligera asimetría hacia la derecha, similar al año anterior.
- 2) Histograma de Insumos 2018 al igual que en 2017, se observa una distribución más uniforme de las compras de insumos entre los hospitales.
- 3) En el gráfico de Densidad de Insumos 2018, la distribución es más amplia y aplanada en comparación con las compras de medicamentos, sugiriendo una distribución más uniforme y consistente de las compras de insumos.

Figura 21

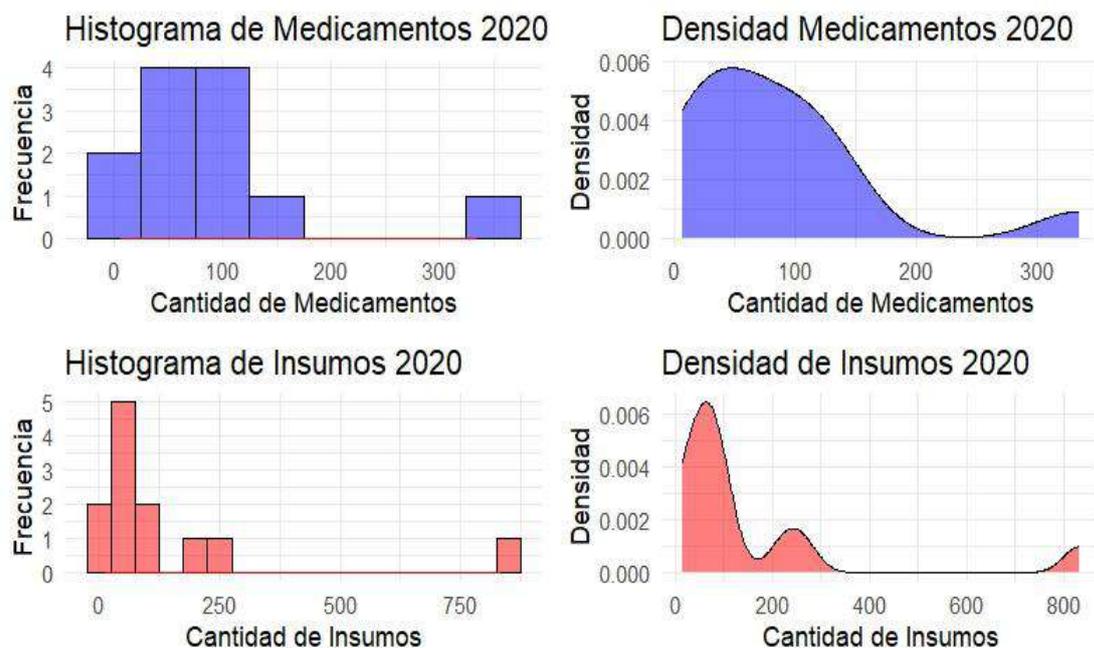
Histograma y Densidad de compras de medicamentos e insumos médicos (2019)



- 1) Histograma de Medicamentos: La distribución de la figura 21 muestra similitudes con los años anteriores, con una mayoría de compras en cantidades relativamente bajas y una variabilidad entre hospitales.
- 2) Densidad de compras de Medicamentos: La forma de campana indica una distribución aproximadamente normal, aunque con una ligera asimetría hacia la derecha.
- 3) Histograma de Insumos: Similar a los años 2017 y 2018, se observa una distribución más uniforme de las compras de insumos entre los hospitales.
- 4) Densidad de Insumos 2019: La distribución es amplia y aplanada, indicando una distribución más uniforme y consistente de las compras de insumos.

Figura 22

Histograma y Densidad de compras de Medicamentos e Insumos médicos (2020)



- 1) Histograma de Compras de Medicamentos 2020: Se observa una distribución similar a los años anteriores, con la mayoría de las compras concentradas en cantidades bajas.
- 2) Gráfico de Densidad de Compras de Medicamentos 2020: La forma de campana sugiere una distribución aproximadamente normal, aunque con una mayor concentración en el extremo izquierdo de la distribución.
- 3) Histograma de Compras de Insumos 2020: La distribución muestra similitudes con los años anteriores, con una distribución uniforme entre los hospitales.
- 4) Gráfico de Densidad de Compras de Insumos 2020: La distribución es amplia y aplanada, indicando una distribución más uniforme y consistente de las compras de insumos.

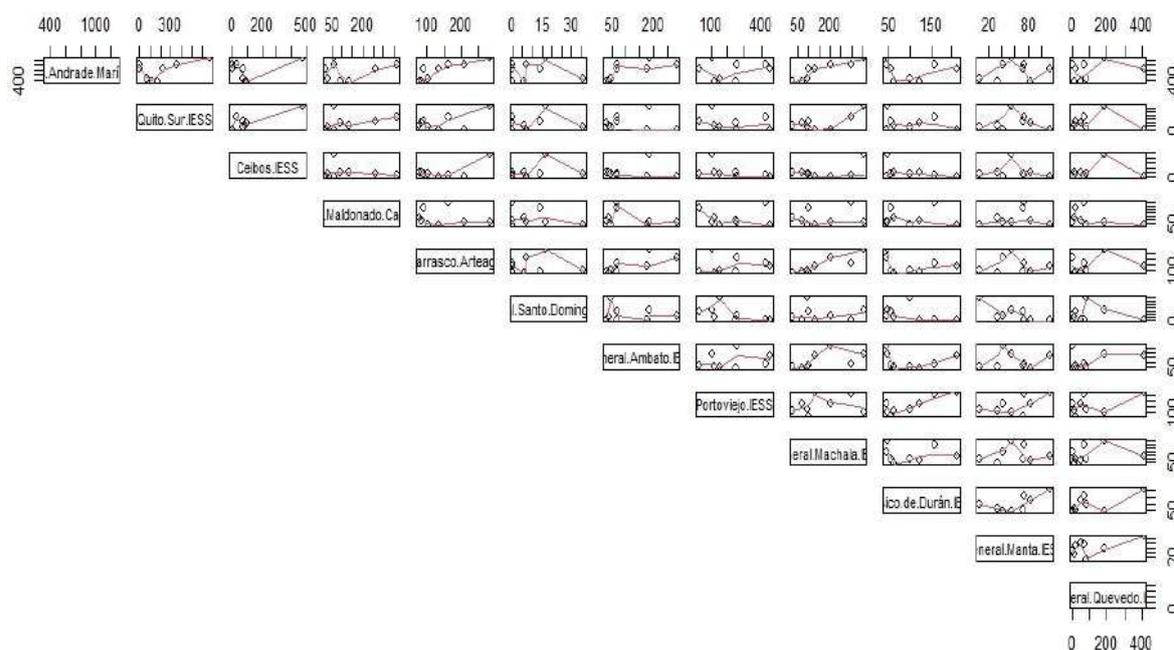
El análisis de los gráficos de histograma y densidad de las compras de medicamentos e insumos en los años 2018, 2019 y 2020 refleja patrones similares a los observados en 2017. Esto sugiere una cierta estabilidad en la distribución y frecuencia de estas transacciones a lo largo del tiempo, lo cual es fundamental para la planificación y gestión eficiente de los recursos en el sector de la salud.

4.7. Análisis de matriz de dispersión y matriz de correlación, de compras de medicamento e insumos médicos entre hospitales del IESS (2017-2020)

Las interrelaciones entre hospitales del Instituto Ecuatoriano de Seguridad Social (IESS) utilizando técnicas avanzadas de correlación sobre datos recopilados de múltiples centros hospitalarios. La Figura 24 presenta una matriz de correlación detallada entre los hospitales considerados, evaluando la fuerza y dirección de las asociaciones entre ellos. Por otro lado, la Figura 23 ofrece una representación visual mediante una matriz de dispersión, facilitando la observación de patrones gráficos entre los mismos hospitales.

Figura 23

Matriz de dispersión de compras de medicamento e insumos médicos entre hospitales del IESS (2017-2020)



Correlaciones de alta magnitud.

Esta conexión puede reflejar políticas de salud comunes o características demográficas compartidas que afectan a ambos hospitales de manera similar. Se identifican correlaciones de alta magnitud y significancia estadística entre varios pares de hospitales. Por ejemplo, se identifica una fuerte correlación positiva entre el Hospital General Machala y el Hospital José Carrasco Arteaga (figura 24, $r =$

0.90), indicando una asociación robusta en los volúmenes de atención entre estos dos centros, corroborada visualmente también en la figura 23, por una tendencia clara hacia arriba en la dispersión de datos entre estos dos hospitales. Esta asociación sugiere que ambos hospitales experimentan variaciones similares en la demanda de servicios médicos, posiblemente debido a factores geográficos o poblacionales compartidos que influyen en su operación conjunta.

Correlaciones de magnitud moderada

Además, se observan correlaciones de magnitud moderada entre varios hospitales. Por ejemplo, la Figura 24 muestra una correlación positiva moderada entre el Hospital Quito Sur y el Hospital José Carrasco Arteaga ($r = 0.600$), mientras que la Figura 23 ilustra una dispersión de datos que indica una tendencia hacia arriba entre estos hospitales. Esta relación sugiere que estos centros hospitalarios comparten cierta similitud en la fluctuación de su carga de trabajo, posiblemente influenciada por políticas de salud locales o condiciones epidemiológicas comunes.

Correlaciones de baja magnitud

Por otro lado, se encuentran correlaciones de baja magnitud entre algunos hospitales, como se observa en la Figura 24 entre el Hospital General Santo Domingo y el Hospital Quito Sur ($r = 0.087$). Este valor es consistente con la dispersión visual en la Figura 23, donde se aprecia una distribución de puntos dispersos sin una clara tendencia direccional. Esto indica que las fluctuaciones en la demanda de servicios médicos en estos hospitales no están fuertemente relacionadas entre sí, posiblemente debido a diferencias en la población atendida o en las políticas de gestión interna.

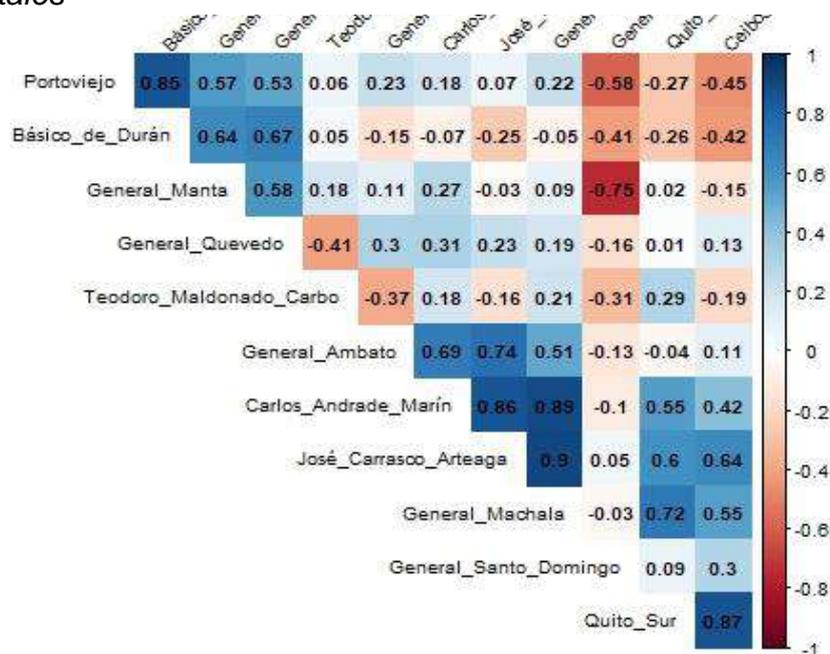
Consideraciones adicionales

Es crucial señalar que las correlaciones identificadas en este estudio no implican causalidad directa, sino que reflejan asociaciones estadísticas entre los hospitales del IESS. Factores adicionales como la asignación de recursos, la disponibilidad de especialidades médicas, y las dinámicas socioeconómicas locales pueden influir significativamente en estas relaciones. Por lo tanto, futuras investigaciones podrían profundizar en estos aspectos para obtener una comprensión más holística y

contextualizada de las interrelaciones entre los hospitales del sistema de salud del IESS.

Figura 24

Matriz de correlación de las compras de Medicamentos e Insumos entre hospitales



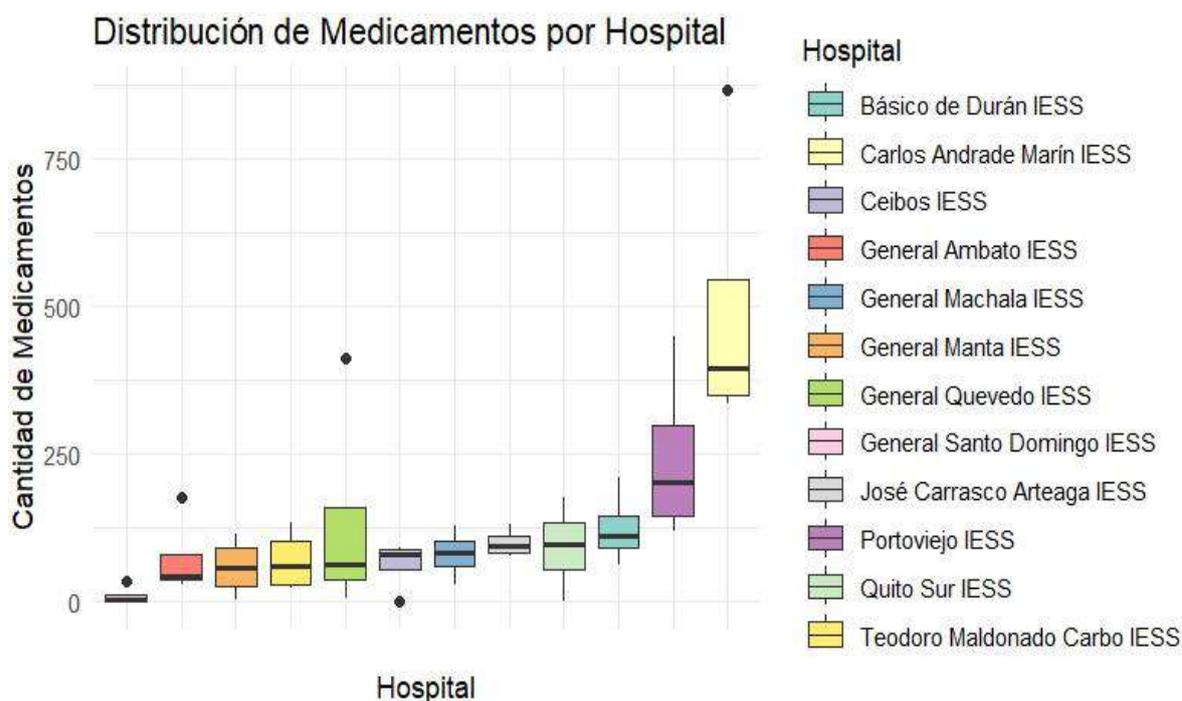
En resumen, el análisis detallado de la matriz de correlación figura 24 y la representación visual en la matriz de dispersión figura 23 revela patrones interesantes de asociación entre los hospitales del IESS. Estos hallazgos no solo contribuyen al entendimiento de las dinámicas de atención hospitalaria, sino que también destacan la importancia de considerar múltiples variables en futuras investigaciones para una comprensión más profunda de las interrelaciones dentro del sistema de salud ecuatoriano.

4.8. Análisis de la distribución de medicamentos e insumos médicos de cada Hospital del IESS (2017-2020)

La figura 25 de caja muestra la dispersión y se determina que, en algunos hospitales, como Ceibos IESS y General Santo Domingo IESS, se identifican valores atípicos. Estos valores atípicos pueden representar períodos o eventos excepcionales en los que se distribuyeron cantidades inusualmente altas o bajas de medicamentos, posiblemente debido a emergencias médicas o problemas de planificación en su organización, esto sugiere tomar medidas correctivas para mejorar la gestión y la distribución de medicamentos en los hospitales mencionados.

Figura 25

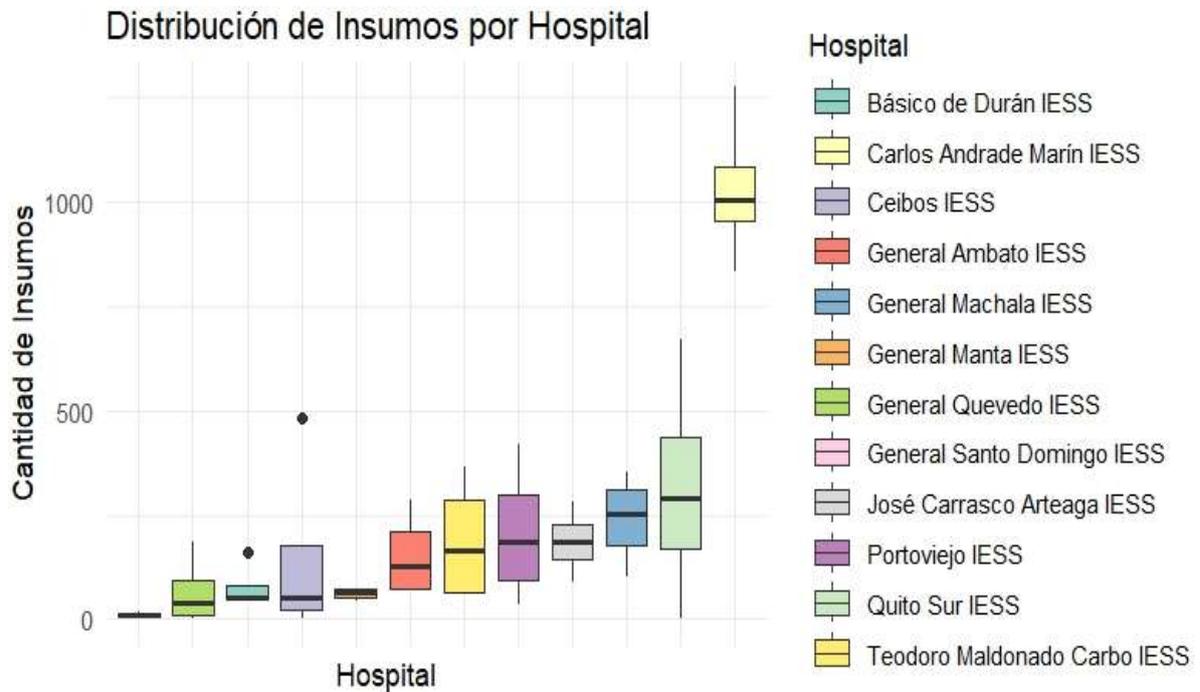
Distribución de Medicamentos en cada Hospital del IESS (2017-2020)



El análisis de la figura 26 de cajas para la distribución de insumos por hospital también revela patrones interesantes y variaciones notables en la distribución de insumos médicos. Los hospitales como Quito Sur IESS y Carlos Andrade Marín IESS, muestran una alta dispersión en la cantidad de insumos distribuidos. Esta dispersión sugiere que la distribución de insumos en estos hospitales ha sido altamente variable.

Figura 26

Distribución de Insumos en cada Hospital del IESS (2017- 2020)

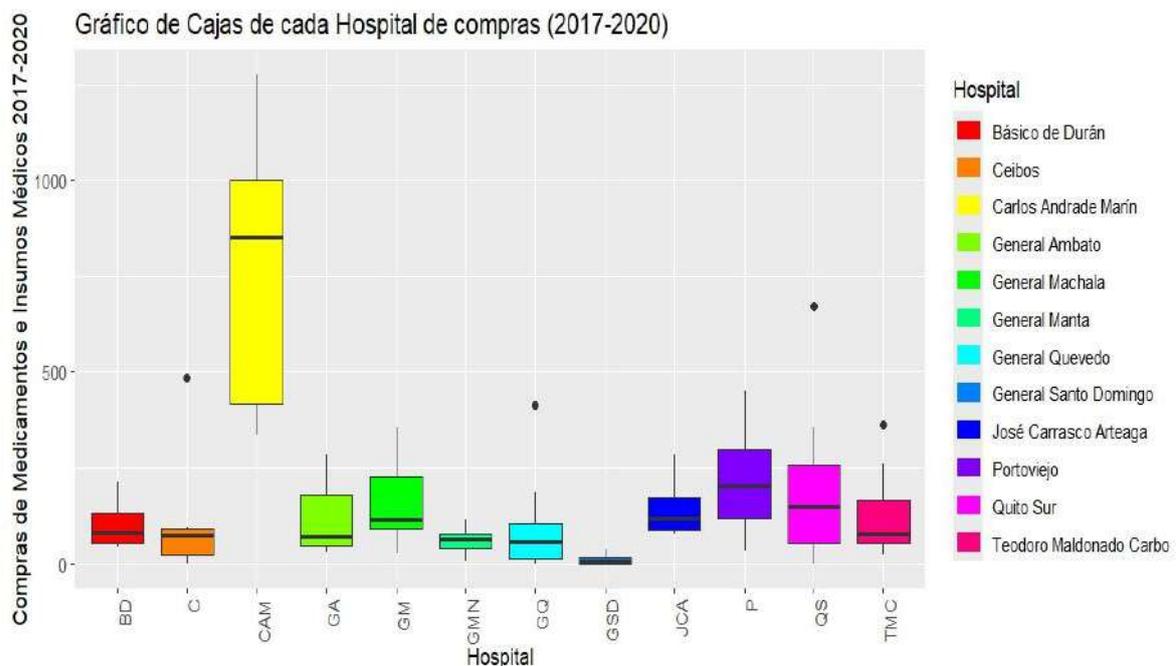


Los valores atípicos observados en hospitales como Ceibos IESS y Portoviejo IESS indican períodos en los que la distribución de insumos fue anormalmente alta o baja. Estos valores atípicos pueden deberse a eventos extraordinarios, como brotes de enfermedades que requirieron una respuesta médica urgente y fuera de lo común.

A continuación, se observa la figura 27 que contiene un gráfico de cajas combinado las compras de medicamento e insumo médico de da cada hospital durante los periodos 2017-2020.

Figura 27

Distribución de las compras en conjunto de medicamentos e insumos médicos en cada Hospital del IESS (2017- 2020)



Hospital Carlos Andrade Marín (CAM)

La mediana de las compras de medicamentos e insumos médicos en el Hospital CAM se sitúa alrededor de 850 unidades, indicando una sólida tendencia central en las adquisiciones. Los límites (cuartiles 25 y 75) indican el rango intercuartílico (IQR), donde se encuentra el 50% central de los datos, que va desde aproximadamente 417.75 unidades (Q1) hasta 1000.25 unidades (Q3). En este caso el (IQR) es de 582.5 unidades, refleja una dispersión moderada, con mínimos valores atípicos que subraya una consistencia notable en las compras. Los bigotes, que se extienden desde la caja, representan el rango completo de las compras, excluyendo los valores atípicos,

Hospital Quito Sur (QS)

El Hospital presenta una mediana de 149 unidades en las compras de medicamentos e insumos médicos. Con un IQR de 201.5 unidades, muestra una

variabilidad significativa. La mayoría de los datos están por debajo de la media, reflejando una distribución asimétrica hacia la derecha.

Hospital Ceibos (C)

Con una mediana de 73.5 unidades, el Hospital Ceibos exhibe una distribución similar al QS. El IQR de aproximadamente 67 unidades y una media de 105.375 unidades sugieren una concentración de datos por debajo de la media, con pocos valores atípicos.

Hospital Teodoro Maldonado Carbo (TMC)

La mediana de las compras en el Hospital TMC es de 78.5 unidades, con un IQR más amplio de aproximadamente 110.5 unidades. Esto indica una mayor dispersión y una distribución con algunos valores atípicos. La mayoría de los datos están por debajo de la media, mostrando una tendencia a la derecha.

Hospital José Carrasco Arteaga (JCA)

Con una mediana de 117.5 unidades, el Hospital JCA presenta un IQR de 84.5 unidades, con algunos valores atípicos. La mayoría de los datos están por encima de la media, indicando una distribución sesgada hacia la izquierda.

Hospital General Santo Domingo (GSD)

El Hospital GSD muestra una mediana de 6.5 unidades y un IQR de 14.75 unidades, reflejando una distribución concentrada alrededor de la mediana. La mayoría de los datos están por debajo de la media, con pocos valores atípicos observados.

General Ambato (GA)

Con una mediana de 71 unidades y un IQR de 109 unidades, el Hospital GA presenta una distribución moderada con algunos valores atípicos. La mayoría de los datos están por debajo de la media, mostrando una distribución sesgada hacia la derecha.

Hospital Portoviejo (P)

El Hospital P tiene una mediana de 203 unidades y un IQR de 180.25 unidades, indicando una distribución considerablemente dispersa con algunos valores atípicos. La mayoría de los datos están por encima de la media, con una distribución sesgada hacia la izquierda.

Hospital General Machala (GM)

Con una mediana de 114.5 unidades y un IQR de 137.75 unidades, el Hospital GM muestra una distribución ampliamente dispersa con varios valores atípicos. La mayoría de los datos están por encima de la media, indicando una distribución sesgada hacia la izquierda.

Hospital Básico de Durán (BD)

El Hospital BD presenta una mediana de 81.5 unidades y un IQR de 79 unidades, mostrando una distribución moderadamente dispersa con algunos valores atípicos. La mayoría de los datos están por debajo de la media, con una distribución sesgada hacia la derecha.

Hospital General Manta (GMN)

Con una mediana de 63 unidades y un IQR de 36.75 unidades, el Hospital GMN muestra una distribución concentrada alrededor de la mediana. La mayoría de los datos están por encima de la media, reflejando una distribución sesgada hacia la izquierda.

Hospital General Quevedo (GQ)

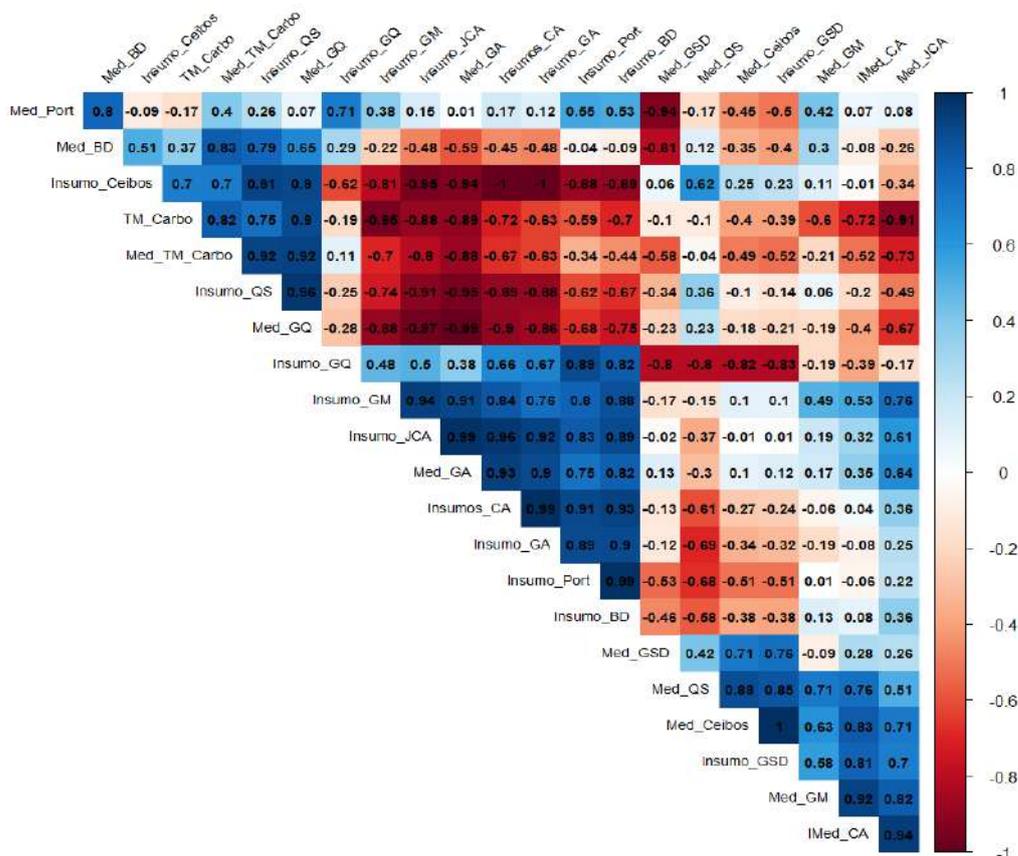
El Hospital GQ exhibe una mediana de 56.5 unidades y un IQR de 91.25 unidades, con pocos valores atípicos observados. La mayoría de los datos están por debajo de la media, indicando una distribución sesgada hacia la derecha.

Estos análisis proporcionan una visión detallada de la variabilidad en las compras de medicamentos e insumos médicos en cada hospital, destacando áreas donde pueden ser necesarias intervenciones adicionales para mejorar la gestión de recursos y reducir costos.

4.9. Análisis de correlaciones fuertes y débiles de las compras de medicamentos, insumos médicos y hospitales IESS (2017-2020)

Figura 28

Matriz de correlación de las compras de medicamentos, insumos médicos y Hospitales del IESS durante los años (2017-2020)



a) Correlaciones Fuertes

Medicamento Carlos Andrade Marín vs. Insumo Carlos Andrade Marín: Esta correlación es fuerte y positiva, con un coeficiente de correlación de aproximadamente 0.95. Esto indica una correspondencia muy significativa entre la cantidad de medicamentos y la cantidad de insumos utilizados en el hospital Carlos Andrade Marín durante los años 2017-2020.

Insumo Teodoro Maldonado Carbo vs. Medicamento Teodoro Maldonado Carbo: Esta correlación también es fuerte y positiva, con un coeficiente de correlación cercano a 0.92. Esto sugiere una relación considerablemente estrecha

entre los niveles de insumos y los niveles de medicamentos en el hospital Teodoro Maldonado Carbo durante el período analizado.

Insumo General Santo Domingo vs. Medicamento General Santo Domingo:

Esta correlación muestra una asociación positiva, con un coeficiente de correlación de aproximadamente 0.85. Indica que hay una correspondencia significativa entre los insumos y los medicamentos utilizados en el hospital General Santo Domingo.

b) Correlaciones débiles:

Insumo Portoviejo vs. Medicamento Manta: Esta correlación es débil y tiene un coeficiente de correlación cercano a 0.10. Esto sugiere una relación mínima y poco significativa entre los insumos del hospital Portoviejo y los medicamentos del hospital Manta, posiblemente debido a prácticas de gestión de inventarios diferentes o áreas de atención distintas.

Insumo Básico de Durán vs. Medicamento General Manta: La correlación es débil y negativa, con un coeficiente de correlación de aproximadamente -0.06. Esto indica que los niveles de insumos en el hospital Básico de Durán no tienen una relación clara con los niveles de medicamentos en el hospital General Manta durante el período de estudio.

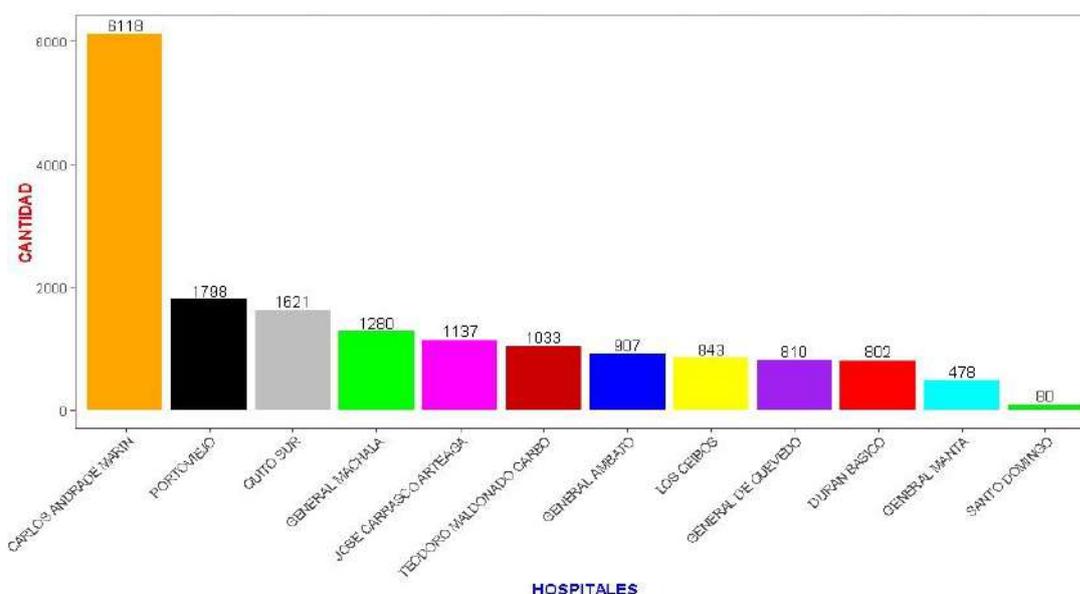
Insumo General Quevedo vs. Medicamento Teodoro Maldonado Carbo: Esta correlación es débil y tiene un coeficiente de correlación cercano a 0.15. Esto sugiere que los niveles de insumos en el hospital General Quevedo no están bien alineados con los niveles de medicamentos en el hospital Teodoro Maldonado Carbo.

En resumen, los valores de correlación proporcionan una medida cuantitativa de la fuerza y la dirección de las asociaciones entre las variables de insumos y medicamentos en diferentes hospitales y años. Interpretar estos valores ayuda a identificar relaciones robustas que pueden indicar prácticas efectivas de gestión de recursos, así como relaciones débiles que pueden requerir una revisión más profunda para mejorar la eficiencia operativa y la calidad del servicio en entornos de salud.

4.10. Análisis de gráficos de barras de compras de medicamentos e insumos médicos en cada Hospital del IESS (2017-2020)

Figura 29

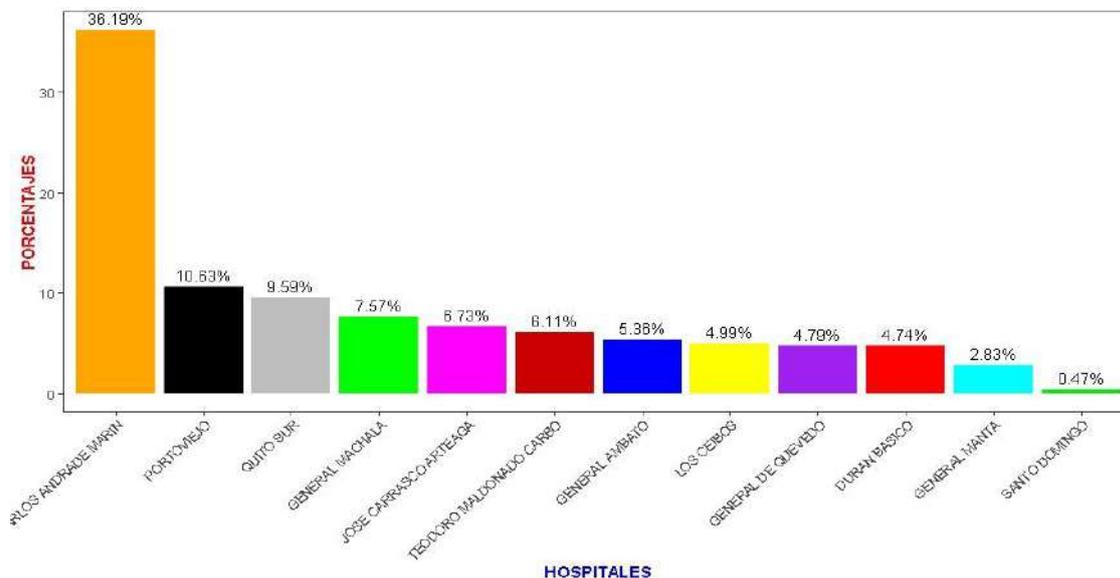
Frecuencia absoluta de las compras de Medicina e Insumos por I.C. de cada Hospitales del IESS en los años (2017–2020)



La figura 29 muestra la cantidad total en unidades de las órdenes de compra de medicamentos e insumos médicos realizadas por los hospitales del IESS durante los años 2017-2020. La primera barra a la izquierda del gráfico corresponde al hospital Carlos Andrade Marín en Quito, con un total de 6118 compras, mientras que la barra más pequeña a la derecha representa el nosocomio de Santo Domingo, con un total de 80 compras realizadas durante los cuatro años analizados.

Figura 30

Frecuencia relativa de las compras de medicina e insumos por ínfimas cuantías de cada Hospitales del IESS, en los años (2017–2020)

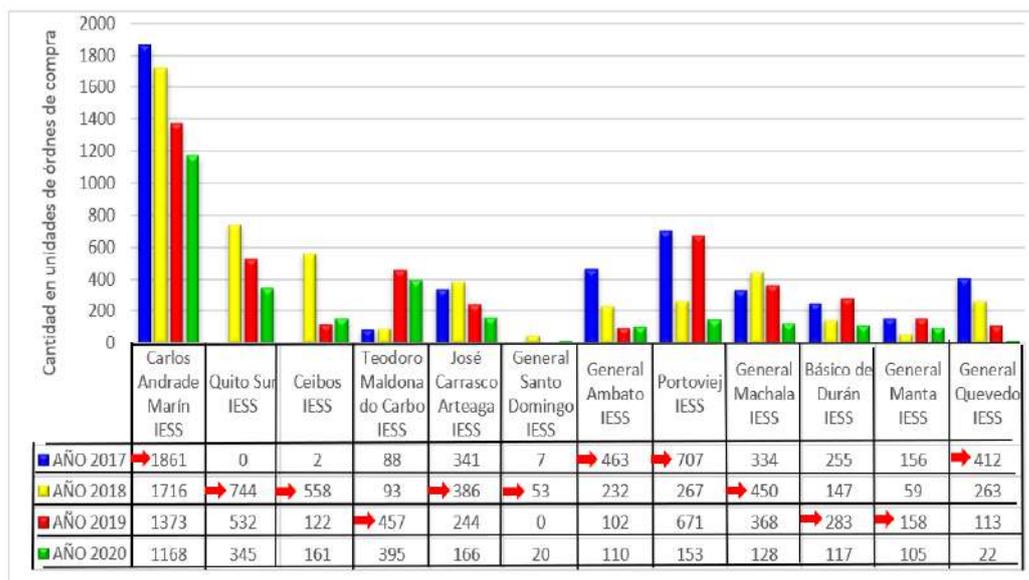


La figura 30 presenta una interpretación similar a la figura 29. El hospital con el mayor porcentaje es el Carlos Andrade Marín, con un 36.19% del total de las compras. Los hospitales de Portoviejo, Quito Sur, General Machala y José Carrasco Arteaga se sitúan en un rango del 10.63% al 6.11%. Otro grupo de hospitales, incluyendo General Ambato, Los Ceibos, General Quevedo y Básico de Durán, tiene porcentajes que oscilan entre el 5.36% y el 4.74%. Además, los hospitales General Manta y Santo Domingo registran porcentajes inferiores al 3% de las compras realizadas durante el período analizado.

Se observa a continuación la figura 31, donde destaca el año 2017 para los hospitales Carlos Andrade Marín, General de Ambato, Portoviejo y General Quevedo, debido al aumento en el número de compras en comparación con los años 2018, 2019 y 2020. Del mismo modo, según este análisis, el año 2018 fue el de mayor adquisición para los hospitales Quito Sur, Ceibos, José Carrasco Arteaga, Santo Domingo y General Machala, mientras que para los hospitales Teodoro Maldonado Carbo, Básico de Durán y General Manta fue el año 2019 cuando se incrementaron las compras.

Figura 31

Frecuencia absoluta de las compras de ínfimas cuantías de medicamentos e insumos de cada Hospital en los años (2017–2020)

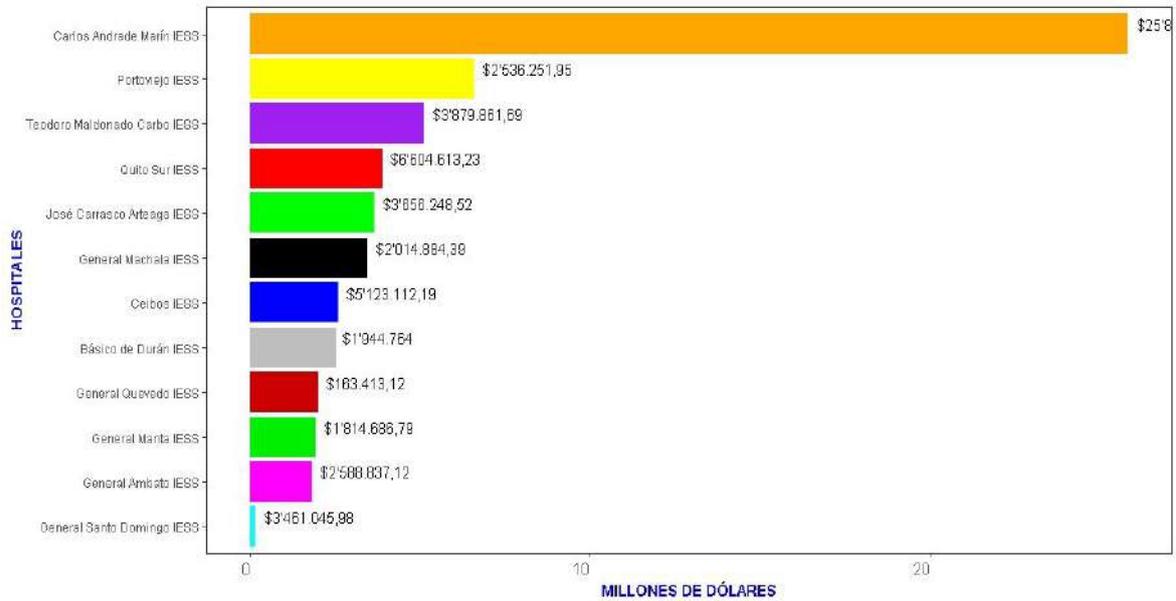


En relación con la gestión de inventarios, existen diversos modelos que pueden contribuir a resolver el desafío de las compras, muchas de las cuales son imprevistas y aumentan el número de órdenes de compras, como que se observa en la figura 29. Entre estos modelos se encuentran los determinísticos, que incluyen los de revisión continua sin faltante, revisión continua con faltante y revisión periódica. Según Sorondo y Gordon (1987) los modelos mencionados establecen una demanda determinada o conocida durante un período especificado.

Un ejemplo de modelo ampliamente adoptado es el de revisión continua sin faltante, desarrollado por Ford Whitman Harris en 1913. Este modelo es preferido por muchas empresas debido a su consideración de una tasa constante de demanda anual (D), la cantidad de pedido (Q) que se realiza cuando el nivel de inventario alcanza un punto de reorden, y la llegada del pedido justo cuando el inventario se agota para volver a alcanzar su nivel máximo. Este modelo, conocido como EOQ (Cantidad Económica de Pedido), muestra su comportamiento a lo largo del tiempo en una línea temporal.

Figura 32

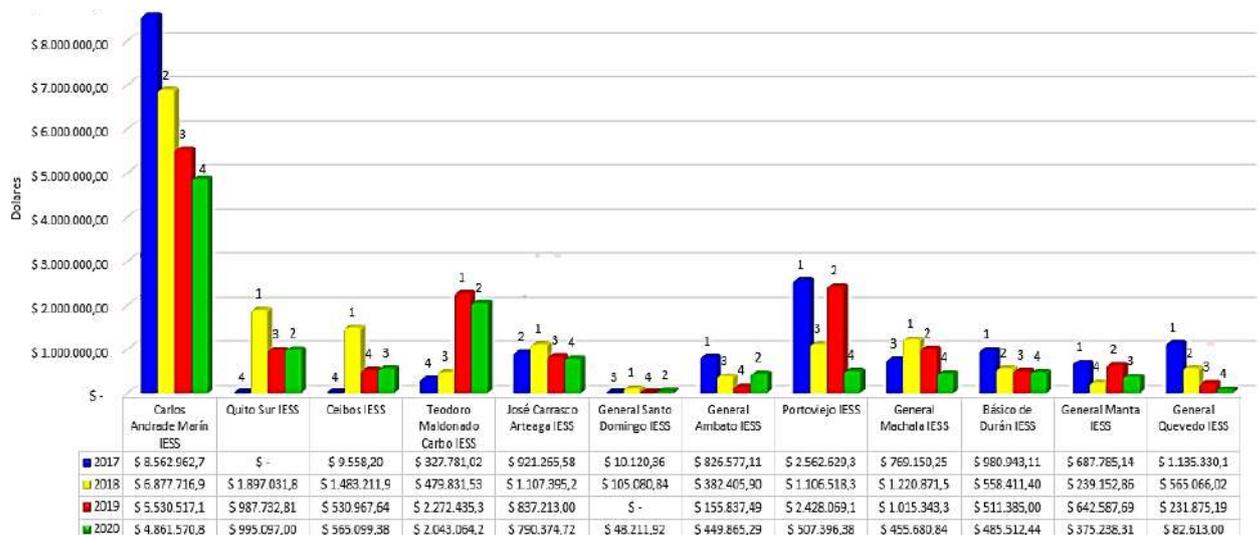
Compra en millones de dólares de medicina e insumos de I.C. de cada Hospital del IESS en los años (2017 – 2020)



Las compras en millones de dólares que representa la figura 32, ubica al hospital Carlos Andrade Marín en primer lugar con más de 25 millones de dólares y en el último lugar al Hospital Santo Domingo superando un poco los 3 millones de dólares.

Figura 33

Compra en millones de dólares de medicina e insumos médicos I.F. de cada Hospitales del IESS por cada periodo



El valor total de estas compras desde el año 2017 hasta el año 2020 de los hospitales del IESS, superan los \$59 millones de dólares aproximadamente. Si las compras de estos medicamentos e insumos hubieran sido planificadas, se realizaba en un proceso donde los proveedores pujen por ofertar un mejor precio, hubiera existido un ahorro para la institución aplicando la ecuación (19). Hay que considerar aquí que algunos hospitales iniciaron sus actividades en los años 2017 y 2018, donde aún no poseían datos históricos de su demanda, esto afecto para la proyección sus compras en esos años.

Para este caso se observa los valores de la figura 33, millones de dólares en compras, es aquí donde se puede aplicar el modelo de EOQ con reducción de precios por cantidad, de la ecuación (21) según se el caso al modelo que se pueda aplicar de las figuras (6, 7 y 8). Este modelo de inventario es una ramificación del modelo básico EOQ y mantiene sus supuestos. Se asume que el costo de adquisición disminuye en medida que aumenta el tamaño del lote. Este modelo sería los más ideal para las compras de los hospitales del IESS, debido que al momento de realizar una orden de compra de gran tamaño permitirá un mejor descuento en precios en los medicamento e insumos médicos y no incurriría en la comprar de I.C. donde no obtiene muchos descuentos, y en algunos de los casos mencionados los proveedores aprovechan estas compras emergentes y especulan entre los precios.

4.11 Análisis de los resultados de medias aritméticas, varianza, desviación estándar, de las compras en total de Hospitales del IESS años (2017-2020)

Tabla 4

Resultados de las medias aritméticas de las compras en conjunto de medicamento e insumo médico de cada hospital 2017 – 2020

#	Hospital	Media
1	Carlos Andrade Marín IESS	764.750
2	Quito Sur IESS	202.625
3	Ceibos IESS	105.375
4	Teodoro Maldonado Carbo IESS	129.125
5	José Carrasco Arteaga IESS	142.125

6	General Santo Domingo IESS	10.000
7	General Ambato IESS	113.375
8	Portoviejo IESS	224.750
9	General Machala IESS	160.000
10	Básico de Durán IESS	100.250
11	General Manta IESS	59.750
12	General Quevedo IESS	101.250

Para el cálculo de la media (\bar{x}) y obtener los resultados de la tabla 4, se lo realiza mediante la fórmula de la ecuación (1).

Donde:

$\sum_{i=1}^n x_i$ representa la suma de todos los valores, en el caso de Carlos Andrade Marín IESS 6118.

(n) representa el número total de observaciones, 8 en este caso para cada hospital del IESS.

Carlos Andrade Marín IESS presenta en la tabla 4 la media más alta de unidades de compras, con un valor de 764.750. Esto sugiere que este hospital ha realizado un número significativamente mayor de compras de medicamentos e insumos en comparación con los otros hospitales incluidos en el estudio. Este elevado promedio podría estar relacionado con su tamaño, la cantidad de pacientes atendidos, o la diversidad de servicios ofrecidos.

Quito Sur IESS y Portoviejo IESS también muestran medias relativamente altas de (202.625 y 224.750), respectivamente. Estos valores indican que estos hospitales también incurren en un número sustancial de compras, aunque no tan elevados como el Carlos Andrade Marín IESS. En contraste, General Santo Domingo IESS tiene la media más baja, con un valor de 10.000. Este valor excepcionalmente bajo podría indicar una menor demanda de recursos, una eficiencia operativa superior, o posiblemente subregistro de compras.

La mayoría de los hospitales restantes presentan medias que varían entre aproximadamente 100 y 160, como General Machala IESS (160.000), José Carrasco Arteaga IESS (142.125), y Teodoro Maldonado Carbo IESS (129.125).

Estos valores sugieren niveles de compras moderados en comparación con los extremos observados en los casos anteriores.

General Manta IESS y Básico de Durán IESS tienen medias más bajas de 59.750 y 100.250, respectivamente. Esto podría indicar una menor actividad en comparación con otros hospitales o un enfoque más eficiente en la gestión de recursos. Este análisis proporciona una visión integral de cómo se distribuyen las unidades de compras de medicamentos e insumos entre los hospitales y sugiere áreas donde podría ser beneficioso realizar ajustes para mejorar la eficiencia y equidad en la asignación de recursos, la implementación de modelos de inventarios para optimizar el número de compras y a su vez disminuir la cantidad de precios obteniendo descuentos mancomunados.

Tabla 5

Varianza de las compras de medicamento e insumo médico en conjunto de cada Hospital, años (2017 – 2020)

#	Hospital	variance
1	Carlos Andrade Marín IESS	122032.20
2	Quito Sur IESS	49919.98
3	Ceibos IESS	24781.13
4	Teodoro Maldonado Carbo IESS	14804.70
5	José Carrasco Arteaga IESS	5244.69
6	General Santo Domingo IESS	152.28
7	General Ambato IESS	8403.12
8	Portoviejo IESS	22333.64
9	General Machala IESS	13140.29
10	Básico de Durán IESS	3745.07
11	General Manta IESS	1135.07
12	General Quevedo IESS	19319.07

La varianza obtenida mediante la formula:

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

Donde:

- s^2 es la varianza muestral.
- n es el número de datos en la muestra.
- x_i representa cada valor en la muestra.
- \bar{x} es la media de la muestra.

La tabla 5 presenta la varianza de las compras combinadas de medicamento e insumo médico para cada hospital durante los años 2017 a 2020. Estos datos reflejan la dispersión de las cantidades adquiridas entre los diferentes centros médicos, revelando diferencias significativas en la estabilidad de las adquisiciones. Por ejemplo, Carlos Andrade Marín IESS exhibe la mayor varianza con 122032.20, indicando una considerable fluctuación en las compras a lo largo de los años analizados. En contraste, General Manta IESS muestra la varianza más baja con 1135.07, lo que sugiere una mayor consistencia en sus adquisiciones durante el periodo estudiado. Esta información es crucial para entender las dinámicas de gestión de inventarios y planificación de recursos en cada hospital, proporcionando insights sobre dónde podrían ser necesarios ajustes o mejoras en la gestión de suministros médicos.

Tabla 6

Desviación estándar varianza de las compras de medicamento e insumo médico en conjunto de cada Hospital, años (2017 – 2020)

#	Hospital	DS
1	Carlos Andrade Marín IESS	349.3311
2	Quito Sur IESS	223.4278
3	Ceibos IESS	157.4202
4	Teodoro Maldonado Carbo IESS	121.6746
5	José Carrasco Arteaga IESS	72.4202
6	General Santo Domingo IESS	12.3404

7	General Ambato IESS	91.6685
8	Portoviejo IESS	149.4444
9	General Machala IESS «continuación»	114.6311
11	General Manta IESS	33.6908
12	General Quevedo IESS	138.9931

La tabla 6 detalla la desviación estándar de las compras combinadas de medicamento e insumo médico por hospital durante 2017-2020. Al igual que la tabla 5 estos datos revelan la variabilidad en las cantidades adquiridas, debido a que es una derivación de la varianza: por ejemplo, Carlos Andrade Marín IESS muestra la mayor desviación estándar (349.3311), indicando fluctuaciones significativas en las compras, mientras que General Santo Domingo IESS tiene la desviación estándar más baja (12.3404), sugiriendo una mayor consistencia en sus adquisiciones.

4.12 Análisis de los resultados de medias aritméticas, varianza, desviación estándar, de variables individuales de Hospitales del IESS años (2017-2020).

Tabla 7

Resultado de las medias de compras de medicamento e insumo médico, para cada hospital (2017–2020)

#	Hospital	Mean_Medicamento	Mean_Insumo
1	Carlos Andrade Marín IESS	499.	1031.
2	Quito Sur IESS	92.8	312.
3	Ceibos IESS	64.2	146.
4	Teodoro Maldonado Carbo IESS	70	188.
5	José Carrasco Arteaga IESS	99	185.
6	General Santo Domingo IESS	10.5	9.5
7	General Ambato IESS	74	153.
8	Portoviejo IESS	244	206.

9 General Machala IESS	81.2	239.
10 Básico de Durán IESS	124.	76
11 General Manta IESS	59	60.5
12 General Quevedo IESS	136.	66.2

El análisis de la tabla 7, muestra las medias de las compras de medicamentos e insumos médicos por hospital del IESS durante los años 2017 a 2020. Los resultados indican variaciones significativas entre los hospitales, tanto en las compras de medicamentos como en las de insumos médicos. El hospital Carlos Andrade Marín IESS tiene una media de compras de medicamentos de 499.00 y una media de compras de insumos de 1031.00, lo que sugiere una alta demanda y gestión de recursos en comparación con otros hospitales como General Santo Domingo IESS, que tiene medias significativamente más bajas (10.5 para medicamentos y 9.5 para insumos).

Estas diferencias en las medias pueden reflejar diversos factores, tales como la variabilidad en la demanda de servicios médicos, la capacidad de almacenamiento, y la eficiencia en la gestión de inventarios de cada hospital. Algunos hospitales como Portoviejo IESS y General Machala IESS tienen una mayor paridad en las medias de compras de medicamentos e insumos (244.00 vs 206.00 y 81.20 vs 239.00 respectivamente), mientras que otros como Básico de Durán IESS y General Quevedo IESS muestran diferencias más marcadas entre estos dos tipos de compras.

Las compras en los años (2017 – 2020) de insumos médicos tienden a ser más variables que las de medicamentos en la mayoría de los hospitales, lo cual puede indicar una mayor incertidumbre y fluctuación en la necesidad de insumos médicos. Esto podría estar relacionado con la naturaleza más impredecible de los insumos médicos, que pueden variar significativamente según los casos atendidos y las emergencias que se presenten como en el caso repentino de una pandemia, o desastres naturales de gran magnitud.

Tabla 8

Varianza de las variables de medicamentos e insumo médico, para cada hospital (2017–2020)

Hospital	VAR Medicamento	VAR Insumo
1 Carlos Andrade Marín IESS	<u>62315.</u>	<u>33744.</u>
2 Quito Sur IESS	<u>5593.</u>	<u>78694.</u>
«continuación»		
3 Ceibos IESS	<u>1787.</u>	<u>51526.</u>
4 Teodoro Maldonado Carbo IESS	<u>2738</u>	<u>22484.</u>
5 José Carrasco Arteaga IESS	605.	<u>6674.</u>
6 General Santo Domingo IESS	297	57.7
7 General Ambato IESS	<u>4861.</u>	<u>10612.</u>
8 Portoviejo IESS	<u>21864</u>	<u>29260.</u>
9 General Machala IESS	<u>1806.</u>	<u>12317.</u>
10 Básico de Durán IESS	<u>4014.</u>	<u>3157.</u>
11 General Manta IESS	<u>2414</u>	233

El análisis de la tabla 8 hace referencia a la varianza de las compras de medicamentos e insumos médicos de cada hospital, lo cual revela las mismas variaciones significativas que la desviación estándar, debido a que es una derivación de la varianza, demostrando igual la consistencia de las compras entre diferentes hospitales. Algunos hospitales, como Quito Sur IESS y Ceibos IESS, muestran (78,694 y 51,526 respectivamente) una alta variabilidad en las compras de insumos médicos, lo que podría reflejar fluctuaciones en la demanda o desafíos en la gestión de inventarios.

En contraste, hospitales como General Santo Domingo IESS muestra en medicamentos (297) como en insumos médicos (57.7) demuestran una gestión más constante y predecible de las compras. Estos hallazgos subrayan la importancia de revisar y mejorar las políticas de gestión de inventarios y compras en los hospitales para asegurar una mejor disponibilidad y uso eficiente de los recursos médicos.

a. Variabilidades significativas entre Hospitales:

Existe una notable disparidad en la variabilidad de las compras entre los distintos hospitales. En el caso del hospital Carlos Andrade Marín IESS presenta una varianza en las compras de medicamentos de 62,315.94, que es considerablemente superior a la varianza de 604.68 observada en el José Carrasco Arteaga IESS.

Tabla 9

Desviación estándar de las compras de medicamentos e insumos médicos de cada hospital (2017–2020)

#	Hospital	SD_MEDICAMENTO	SD_INSUMO
1	Carlos Andrade Marín IESS	249.62956	183.696081
2	Quito Sur IESS	74.78581	280.523915
3	Ceibos IESS	42.27194	226.992658
4	Teodoro Maldonado Carbo IESS	52.32590	149.947491
5	José Carrasco Arteaga IESS	24.58997	81.692003
6	General Santo Domingo IESS	17.23369	7.593857
7	General Ambato IESS	69.72326	103.012540
8	Portoviejo IESS	147.86480	171.054572
9	General Machala IESS	42.50000	110.981605
10	Básico de Durán IESS	63.35351	56.184221
11	General Manta IESS	49.13247	15.264338
12	General Quevedo IESS	185.94690	85.058313

Los valores reflejados en la tabla 9 corresponden a la desviación estándar, que representa la variabilidad de los datos que existen en las compras de medicamentos e insumos médicos respecto a su media en cada hospital, de lo cual se determinó lo siguiente:

a) Alta desviación estándar en insumos médicos

Quito Sur IESS y Ceibos IESS presentan alta variabilidad en las compras de insumos médicos (280.52 y 226.99 respectivamente). Esto sugiere una significativa dispersión en las cantidades compradas, indicando posibles fluctuaciones en la demanda o inconsistencias en la gestión de inventarios.

b) Baja desviación estándar

General Santo Domingo IESS muestra baja variabilidad tanto en medicamentos (17.23) como en insumos médicos (7.59), lo que sugiere una compra más uniforme y predecible. Esta consistencia puede reflejar una gestión más eficiente de las compras.

c) Diferencias notables entre Hospitales

Se observan diferencias significativas en la desviación estándar de las compras entre hospitales. Por ejemplo, Carlos Andrade Marín IESS tiene una desviación estándar de medicamentos de 249.63, significativamente mayor que la de José Carrasco Arteaga IESS con 24.59. Estas diferencias pueden indicar variaciones en la gestión de compras, demanda de servicios, o capacidad de almacenamiento entre los hospitales.

d) Medicamentos vs. Insumos Médicos

En muchos hospitales, la desviación estándar de las compras de insumos médicos es mayor que la de los medicamentos. Esto sugiere que las compras de insumos son menos predecibles y más sujetas a fluctuaciones que las compras de medicamentos, posiblemente debido a variaciones en el uso y la demanda de insumos médicos.

Tabla 10

Prueba de Normalidad a través del test de Shapiro Will para datos de Hospitales del IESS años (2017-2020)

Shapiro-Wilk normality test	
Carlos Andrade Marín IESS:	W = 0.90535, p-value = 0.3225
Quito Sur IESS:	W = 0.85912, p-value = 0.1177
Ceibos IESS:	W = 0.63549, p-value = 0.0004
Teodoro Maldonado Carbo IESS:	W = 0.82839, p-value = 0.0571
José Carrasco Arteaga IESS:	W = 0.86546, p-value = 0.136

General Santo Domingo IESS:	W = 0.82566, p-value = 0.0534
General Ambato IESS:	W = 0.84326, p-value = 0.0813
Portoviejo IESS:	W = 0.92202, p-value = 0.4465
General Machala IESS:	W = 0.90693, p-value = 0.3329
Básico de Durán IESS:	W = 0.88328, p-value = 0.2024
General Manta IESS:	W = 0.99028, p-value = 0.9955
General Quevedo IESS:	W = 0.74593, p-value = 0.0073

En la Tabla 10 se observa que, a pesar de que los valores p obtenidos en la prueba de Shapiro-Wilk para los hospitales Ceibos y Quevedo son mayores a 0.05, lo cual indica que no se puede rechazar la hipótesis nula de normalidad, se decidió realizar una transformación logarítmica de los datos. Esta decisión se basó en la necesidad de reforzar el cumplimiento del supuesto de normalidad, lo cual es crucial para garantizar la validez y robustez de los análisis estadísticos posteriores. La transformación aplicada asegura que los datos se ajusten mejor a una distribución normal, minimizando posibles sesgos y estabilizando la varianza, factores esenciales para la interpretación precisa de los resultados obtenidos en los análisis subsecuentes.

Tabla 11

Evaluación de la normalidad de datos de Ceibos y Quevedo del IESS (2017-2020) mediante transformación logarítmica y prueba de Shapiro-Wilk

Shapiro-Wilk normality test	
Ceibos IESS:	W = 0.8821, p-value = 0.1972
Quevedo IESS:	W = 0.9536, p-value = 0.7481

Después de la transformación logarítmica de los datos para los hospitales de Ceibos y Quevedo, se realizó nuevamente la prueba de Shapiro-Wilk, donde se evidenció que los datos transformados se ajustan mejor a los supuestos de normalidad en la tabla 11. Esto indica que la transformación logarítmica fue efectiva para estabilizar la varianza y normalizar la distribución de los datos, permitiendo su uso en análisis estadísticos que requieren esta suposición. A continuación, se

presenta el análisis de la tabla 10 y 11 en conjunto del test de Shapiro Will de todos los hospitales

4.13 Análisis de los resultados de normalidad con test de Shapiro Will para datos de Hospitales del IESS años (2017-2020).

Carlos Andrade Marín IESS: Los datos del hospital Carlos Andrade Marín IESS tabla 10 muestran una distribución que se aproxima a la normalidad, con un valor de $W = 0.90535$ y un p-valor de 0.3225, indicando que no hay evidencia suficiente para rechazar la hipótesis nula de normalidad.

Quito Sur IESS: Para el hospital Quito Sur IESS tabla 10, los resultados revelan una distribución que se ajusta a la normalidad, con un $W = 0.85912$ y un p-valor de 0.1177, lo cual sugiere que los datos no difieren significativamente de una distribución normal.

Ceibos IESS: Luego de la transformación logarítmica de los datos del hospital Ceibos IESS tabla 11, muestran evidencia significativa en contra de la normalidad, con un $W = 0.8821$ y un p-valor de 0.1972, indicando que los datos siguen una distribución normal.

Teodoro Maldonado Carbo IESS: En el caso de Teodoro Maldonado Carbo IESS tabla 10, los datos presentan una distribución que se aproxima a la normalidad, con un $W = 0.82839$ y un p-valor de 0.05712, lo cual sugiere que los datos no difieren significativamente de una distribución normal.

José Carrasco Arteaga IESS: Los datos de José Carrasco Arteaga IESS tabla 10, también indican una distribución que se ajusta a la normalidad, con un $W = 0.86546$ y un p-valor de 0.136, lo cual sugiere que los datos no difieren significativamente de una distribución normal.

General Santo Domingo IESS: Para el hospital General Santo Domingo IESS tabla 10, los resultados muestran una distribución que se aproxima a la normalidad, con un $W = 0.82566$ y un p-valor de 0.05349, indicando que no hay evidencia suficiente para rechazar la hipótesis nula de normalidad.

General Ambato IESS: Los datos de General Ambato IESS tabla 10, muestran una distribución que se aproxima a la normalidad, con un $W = 0.84326$ y un p-valor de

0.08135, lo cual sugiere que los datos no difieren significativamente de una distribución normal.

Portoviejo IESS: En el caso de Portoviejo IESS tabla 10, los resultados indican una distribución que se ajusta a la normalidad, con un $W = 0.92202$ y un p-valor de 0.4465, lo cual sugiere que los datos no difieren significativamente de una distribución normal.

General Machala IESS: Los datos de General Machala IESS tabla 10, también muestran una distribución que se aproxima a la normalidad, con un $W = 0.90693$ y un p-valor de 0.3329, indicando que no hay evidencia suficiente para rechazar la hipótesis nula de normalidad.

Básico de Durán IESS: En el caso de Básico de Durán IESS tabla 10, los resultados indican una distribución que se ajusta a la normalidad, con un $W = 0.88328$ y un p-valor de 0.2024, lo cual sugiere que los datos no difieren significativamente de una distribución normal.

General Manta IESS: Los datos de General Manta IESS tabla 10, muestran claramente una distribución que se ajusta a la normalidad, con un $W = 0.99028$ y un p-valor de 0.9955, indicando que no hay evidencia suficiente para rechazar la hipótesis nula de normalidad.

General Quevedo IESS: Finalmente después de la transformación logarítmica de los datos para General Quevedo IESS tabla 11, los resultados revelan una distribución que se ajusta a la normalidad, con un $W = 0.95367$ y un p-valor de 0.7481, indicando que los datos siguen una distribución normal.

4.14 Análisis de los resultados de Anova, de las compras en total de los Hospitales del IESS años (2017-2020).

Tabla 12

Varianzas (Anova) comparación de medias de las compras de en medicamento e insumo médico de cada Hospital, años (2017– 2020)

Df	Sum Sq	Mean Sq	F value	Pr(>F)
Hospital	11	1.688e+14	1.535e+13	23.94 <2e-16 ***
Residuals	84	5.385e+13	6.410e+11	

Signif. codes: 0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

Los resultados que se observan en la tabla 12 muestran **diferencias significativas** entre las medias de los hospitales del IESS ($p < 2e-16$), lo que indica que al menos uno de los hospitales difiere significativamente en la compra de medicamentos e insumos médicos en comparación con los otros hospitales. Esto sugiere que hay variabilidad entre los hospitales en términos de sus patrones de consumo de medicamentos e insumos, lo que podría ser resultado de diferentes prácticas de prescripción, necesidades de pacientes, políticas institucionales, entre otros factores.

La identificación y comprensión de estas diferencias pueden ser importantes para mejorar la eficiencia y la calidad de la atención médica. La variabilidad que existe entre las medias, se puede solucionar con modelos de inventarios probabilísticos de revisión continua y principalmente la determinación del punto de reorden que se indicó en la ecuación (18), (31) y (33) dependiendo de la desviación estándar de las variables tiempo de entrega y la demanda.

DF Hospital representa la cantidad de categorías o niveles dentro del factor Hospital menos uno. En este caso, hay 11 hospitales, por lo que el número de grados de libertad asociados con el factor Hospital es $12 - 1 = 11$. Por otro lado, los 84 grados de libertad para los residuos representan la variabilidad que queda sin explicar después de considerar el efecto del factor Hospital en el modelo ANOVA.

Tabla 13

Prueba rango múltiple Tukey de las medias de las compras conjuntas de medicamento e insumo médico de los Hospitales (2017–2020)

HOSPITALES	diff	lwr	upr	p adj
Carlos Andrade Marín-Básico de Durán	664.500	-1345216	13465451	
Ceibos-Básico de Durán	3542080.000	2196200	48879600	
General Ambato-Básico de Durán	13.125	-1345867	13458931	
General Machala-Básico de Durán	59.750	-1345821	13459401	
General Manta-Básico de Durán	-40.500	-1345921	13458401	
General Quevedo-Básico de Durán	3574322.250	2228442	49202030	

General Santo Domingo-Básico de Durán	-90.250	-1345971	13457901
José Carrasco Arteaga-Básico de Durán	41.875	-1345838	13459221
Portoviejo-Básico de Durán	124.500	-1345756	13460051
Quito Sur-Básico de Durán	102.375	-1345778	13459831
Teodoro Maldonado Carbo-Básico de Durá	28.875	-1345851	13459091
Ceibos-Carlos Andrade Marín	3541415.500	2195535	48872960
General Ambato-Carlos Andrade Marín	-651.375	-1346532	13452291
General Machala-Carlos Andrade Marín	-604.750	-1346485	13452761
General Manta-Carlos Andrade Marín	-705.000	-1346585	13451751
General Quevedo-Carlos Andrade Marín	3573657.750	2227777	49195380
General Santo Domingo-Carlos Andrade Mar	-754.750	-1346635	13451261
José Carrasco Arteaga-Carlos Andrade Mar	-622.625	-1346503	13452581
Portoviejo-Carlos Andrade Marín	-540.000	-1346420	13453401
Quito Sur-Carlos Andrade Marín	-562.125	-1346442	13453181
Teodoro Maldonado Carbo-Carlos Andrade Mar	-635.625	-1346516	13452451
General Ambato-Ceibos	-3542066.875	-4887947	-21961870
General Machala-Ceibos	-3542020.250	-4887901	-21961400
General Manta-Ceibos	-3542120.500	-4888001	-21962400
General Quevedo-Ceibos	32242.250	-1313638	13781231
General Santo Domingo-Ceibos	-3542170.250	-4888051	-21962900
José Carrasco Arteaga-Ceibos	-3542038.125	-4887918	-21961580
Portoviejo-Ceibos	-3541955.500	-4887836	-21960750
Quito Sur-Ceibos	-3541977.625	-4887858	-21960970
Teodoro Maldonado Carbo-Ceibos	-3542051.125	-4887931	-21961710
General Machala-General Ambato	46.625	-1345834	13459271
General Manta-General Ambato	-53.625	-1345934	13458271
General Quevedo-General Ambato	3574309.125	2228429	49201890
General Santo Domingo-General Ambato	-103.375	-1345984	13457771
José Carrasco Arteaga-General Ambato	28.750	-1345852	13459091
Portoviejo-General Ambato	111.375	-1345769	13459921
Quito Sur-General Ambato	89.250	-1345791	13459701
Teodoro Maldonado Carbo-General Ambato	15.750	-1345865	13458961
General Manta-General Machala	-100.250	-1345981	13457801
General Quevedo-General Machala	3574262.500	2228382	49201430
General Santo Domingo-General Machala	-150.000	-1346030	13457301
José Carrasco Arteaga-General Machala	-17.875	-1345898	13458621
Portoviejo-General Machala	64.750	-1345816	13459451
Quito Sur-General Machala	42.625	-1345838	13459231
Teodoro Maldonado Carbo-General Machala	-30.875	-1345911	13458491
General Quevedo-General Manta	3574362.750	2228482	49202430

General Santo Domingo-General Manta	-49.750	-1345930	13458311
José Carrasco Arteaga-General Manta	82.375	-1345798	13459631
Portoviejo-General Manta	165.000	-1345715	13460451
Quito Sur-General Manta	142.875	-1345737	13460231
Teodoro Maldonado Carbo-General Manta	69.375	-1345811	13459501
General Santo Domingo-General Quevedo	-3574412.500	-4920293	-22285320
José Carrasco Arteaga-General Quevedo	-3574280.375	-4920161	-22284000
Portoviejo-General Quevedo	-3574197.750	-4920078	-22283170
Quito Sur-General Quevedo	-3574219.875	-4920100	-22283400
Teodoro Maldonado Carbo-General Quevedo	-3574293.375	-4920174	-22284130
José Carrasco Arteaga-General Santo Dom	132.125	-1345748	13460121
Portoviejo-General Santo Domingo	214.750	-1345666	13460951
Quito Sur-General Santo Domingo	192.625	-1345688	13460731
Teodoro Maldonado Carbo-General Santo Dom	119.125	-1345761	13459991
Portoviejo-José Carrasco Arteaga	82.625	-1345798	13459631
Quito Sur-José Carrasco Arteaga	60.500	-1345820	13459411
Teodoro Maldonado Carbo-José Carrasco Arte	-13.000	-1345893	13458671
Quito Sur-Portoviejo	-22.125	-1345902	13458581
Teodoro Maldonado Carbo-Portoviejo	-95.625	-1345976	13457851
Teodoro Maldonado Carbo-Quito Sur	-73.500	-1345954	13458071

4.15 Análisis de prueba rango múltiple Tukey de las medias de las compras conjuntas de medicamento e insumo médico de los Hospitales (2017–2020).

Según Smith (2018) la prueba de Tukey o prueba de rango múltiple de Tukey, es una técnica estadística utilizada para comparar todas las posibles combinaciones de medias entre múltiples grupos. Es útil cuando se realiza un ANOVA y se desea identificar qué pares de grupos difieren significativamente entre sí en términos de sus medias. La prueba controla el error tipo I al aplicar un ajuste para comparaciones múltiples, típicamente utilizando un nivel de significancia predefinido, como el 95%.

La tabla 13 muestra el análisis de comparaciones múltiples de medias realizado mediante la prueba de Tukey, se evaluaron las diferencias entre los hospitales del IESS con respecto a las medidas proporcionadas. Los resultados revelaron varias comparaciones significativas entre los hospitales.

Explicación:

- a) Hospital.diff: Es la diferencia promedio entre los años comparados.

- b) Hospital.lwr: Es el límite inferior del intervalo de confianza del 95% para la diferencia de medias.
- c) Hospital.upr: Es el límite superior del intervalo de confianza del 95% para la diferencia de medias.
- d) Hospital.p.adj: Es el valor de p ajustado obtenido de las pruebas estadísticas realizadas.

Análisis de diferencias específicas entre Hospitales

Inicialmente, se observó una diferencia significativa en las medias entre algunos hospitales del IESS. Por ejemplo, se encontró una diferencia promedio de 3,542,080 unidades entre Ceibos IESS y Básico de Durán IESS, con un intervalo de confianza del 95% que va desde 2,196,200 hasta 4,887,960 unidades y un valor ajustado de p igual a 0.000, indicando una diferencia altamente significativa.

De manera similar, al comparar General Quevedo IESS con Básico de Durán IESS, se observó una diferencia promedio de 3,574,322.25 unidades, con un intervalo de confianza que va desde 2,228,442 hasta 4,920,203 unidades y un valor de p igual a 0.000, lo cual también muestra una diferencia altamente significativa entre estos hospitales.

Por otro lado, no se identificaron diferencias significativas en otros pares de hospitales. Por ejemplo, la diferencia promedio entre General Ambato IESS y Básico de Durán IESS fue de 13.125 unidades, con un intervalo de confianza que va desde -1,345,867 hasta 1,345,893 unidades y un valor de p igual a 1.000, indicando que no se encontró una diferencia significativa entre estos hospitales.

Estas comparaciones múltiples proporcionan una visión detallada de cómo difieren los hospitales en términos de las medidas analizadas, permitiendo identificar aquellos pares con diferencias estadísticamente significativas y aquellos que no muestran diferencias significativas. Esto facilita una interpretación precisa y fundamentada de las disparidades observadas entre los hospitales en el contexto de las variables estudiadas.

Implicaciones y conclusiones

Este análisis proporciona una visión fundamentada de las tendencias en las compras de medicamentos e insumos médicos en hospitales de Ecuador. Las

diferencias observadas entre los hospitales, especialmente entre Ceibos IESS y General Quevedo IESS con respecto a Básico de Durán IESS, reflejan distintas estrategias de gestión de inventario, disponibilidad de recursos financieros o variaciones en la demanda de servicios médicos. La identificación de hospitales con niveles significativamente mayores de compras puede guiar la implementación de estrategias específicas adaptadas a las necesidades de cada institución, garantizando así una gestión eficiente de recursos y una atención médica óptima para la población.

Estos hallazgos resaltan la necesidad de una evaluación continua y adaptativa de las políticas de adquisición de insumos médicos para asegurar que todos los hospitales puedan satisfacer las demandas de sus pacientes de manera eficaz y equitativa. En conclusión, este estudio subraya la importancia de realizar análisis estadísticos detallados para entender y mejorar la gestión de recursos en el sector salud, promoviendo una distribución más equitativa y eficiente de los recursos médicos en los hospitales de Ecuador.

4.16 Análisis de resultados de varianza de las variables medicamento e insumo médico de cada periodo (2017–2020).

Tabla 14

Varianza de las variables medicamento e insumo médico entre los años (2017–2020)

ESTUDIO DE VARIABLES (2017-2020) Varianza	
MEDICAMENTO 2017	65363.818
INSUMO 2017	78106.455
MEDICAMENTO 2018	12789.091
INSUMO 2018	*** 131864.364
MEDICAMENTO 2019	9873.697
INSUMO 2019	9248.023
MEDICAMENTO 2020	* 8001.114
Insumo 2020	51707.174

Es relevante destacar los siguientes resultados de la tabla 14. Considerando que la varianza es una medida de dispersión que representa la variabilidad de una serie de datos con respecto a su media, se obtiene para este caso la mayor varianza, indicativa de una mayor dispersión de datos en la variable Insumo durante el año 2018, con un valor de 131.864.364, y la menor varianza, sugiriendo una menor variabilidad en los datos, fue registrada en la variable medicamento para el año 2020, con un valor de 8001.114.

Estos hallazgos resaltan la importancia de considerar la variabilidad en las variables medicamento e insumo médicos en diferentes momentos temporales, lo que puede tener implicaciones significativas en la planificación y gestión de recursos económicos, afectando también en entornos de atención médica de los hospitales de IESS indicados.

4.17 Análisis de resultados de la desviación estándar de las variables medicamento e insumo médico de cada periodo (2017–2020).

Tabla 15

Desviación estándar de las variables medicamento e insumo médico entre los años (2017–2020)

Compras durante los años 2017-2020	
Variable	Desviación Estándar
MEDICAMENTO 2017	255.66349
INSUMO 2017	279.47532
MEDICAMENTO 2018	113.08886
INSUMO 2018	*** 363.13133
MEDICAMENTO 2019	99.36648
INSUMO 2019	281.51025
MEDICAMENTO 2020	* 89.44894
Insumo 2020	227.39212

La desviación estándar muestral, mediante la fórmula de la ecuación (2). Esto es la variabilidad que tiene el vector de medias de las compras de medicamentos, y el vector de medias de insumos médicos con respecto a su media en cada año.

El análisis de los valores de la tabla 15 muestra que el valor de la desviación estándar más alta entre los registros en la variable insumo de medicamento durante es del año 2018, con 363.13.

Esto indica una considerable variabilidad en los datos de compra de insumos entre los hospitales del IESS durante ese año. Asimismo, la menor desviación estándar se encuentra en la variable medicamento, para el año 2020, con un valor de 89.45. Esto sugiere una menor dispersión de los datos de compra de medicamentos entre los hospitales durante ese período.

Tabla 16

Test de Shapiro Will para las variables de Medicamento e Insumos Médicos años (2017-2020)

Test de Shapiro Will	
\$Medicamento_2017 W = 0.79557, p-value = 0.008347	\$Insumo_2017 W = 0.64948, p-value = 0.0002866
\$Medicamento_2018 W = 0.66408, p-value = 0.0003882	\$Insumo_2018 W = 0.77515, p-value = 0.004956
\$Medicamento_2019 W = 0.86186, p-value = 0.05158	\$Insumo_2019 W = 0.77926, p-value = 0.005496
\$Medicamento_2020 W = 0.78236, p-value = 0.005945	\$Insumo_2020 W = 0.60062, p-value = 0.0001086

4.18 Análisis de los resultados de normalidad con test de Shapiro Will para variables medicamento e insumo médico de las compras de los Hospitales del IESS años (2017-2020).

En el ámbito del análisis estadístico, la evaluación de la normalidad de los datos juega un papel crucial en la aplicación de pruebas paramétricas. La prueba de Shapiro-Wilk se utiliza para verificar si las muestras de medicamentos y suministros de múltiples hospitales a lo largo de varios años siguen una distribución normal. Este paso es fundamental para garantizar la validez de los supuestos estadísticos y proporcionar una base sólida para la interpretación rigurosa de los resultados. Según Zar (2010), la adecuada evaluación de la normalidad asegura la fiabilidad

de los análisis inferenciales al verificar si los datos siguen una distribución gaussiana, fundamentando así las conclusiones derivadas de estudios empíricos y experimentales.

Medicamento 2017

El test de Shapiro-Wilk muestra en la tabla 16, que los datos para Medicamento_2017 no siguen una distribución normal ($W = 0.796$, $p = 0.008$). Esto sugiere que la muestra no cumple con el supuesto de normalidad, crucial para aplicar pruebas paramétricas como el t-test estándar.

Insumo 2017

Los datos de Insumo_2017 tampoco siguen una distribución normal ($W = 0.649$, $p = 0.0003$). Este resultado indica una significativa desviación de la normalidad, lo cual es importante considerar al aplicar métodos estadísticos que requieren este supuesto.

Medicamento 2018

Similarmente, Medicamento_2018 no muestra normalidad en su distribución ($W = 0.664$, $p = 0.0004$). Estos hallazgos sugieren que los datos podrían requerir transformación o el uso de métodos no paramétricos para análisis estadístico.

Insumo 2018

Los datos de Insumo_2018 muestran una falta de normalidad significativa ($W = 0.775$, $p = 0.005$). Es crucial considerar este resultado al interpretar cualquier prueba estadística basada en supuestos paramétricos.

Medicamento 2019

Para Medicamento_2019, el test de Shapiro-Wilk no revela diferencias significativas en la distribución normal ($W = 0.862$, $p = 0.052$). Esto sugiere que los datos podrían aproximarse a una distribución normal, aunque el p-valor cercano al umbral de 0.05 requiere cautela.

Insumo 2019

En contraste, Insumo_2019 muestra una falta de normalidad ($W = 0.779$, $p = 0.0055$), similar a los resultados de años anteriores. Esto implica que métodos estadísticos que asumen normalidad pueden no ser apropiados sin transformaciones adicionales.

Medicamento 2020

Los datos de Medicamento_2020 también muestran desviaciones significativas de la normalidad ($W = 0.782$, $p = 0.0059$). Es esencial considerar alternativas a pruebas paramétricas estándar debido a esta falta de normalidad.

Insumo 2020

Finalmente, Insumo_2020 muestra una clara falta de normalidad en su distribución ($W = 0.601$, $p = 0.0001$). Este hallazgo indica que métodos estadísticos que dependen de la normalidad podrían no ser adecuados sin transformaciones adecuadas de los datos.

Estos resultados subrayan la importancia de evaluar la normalidad de los datos antes de aplicar pruebas estadísticas, asegurando así la validez de los resultados obtenidos.

Transformación de datos para la optimización de análisis estadísticos

En el presente estudio, se llevaron a cabo diversas transformaciones de datos con el objetivo de cumplir con las suposiciones de normalidad, fundamentales para la aplicación de análisis estadísticos robustos. A continuación, se detallan las transformaciones realizadas en las variables objeto de estudio:

1. La variable MEDICAMENTO 2017 fue sometida a una transformación de raíz cuadrada, buscando reducir la asimetría y estabilizar la varianza.
2. De manera similar, la variable INSUMO 2017 también fue transformada utilizando la raíz cuadrada, con el mismo objetivo de mejorar la distribución de los datos.

3. Para la variable MEDICAMENTO 2018, se aplicó una transformación logarítmica, lo cual es particularmente útil para manejar distribuciones con colas largas y corregir la asimetría positiva.
4. La variable INSUMO 2018 fue igualmente transformada mediante una función logarítmica, permitiendo una mejor adecuación de los datos para análisis subsecuentes.
5. La transformación de raíz cuadrada también se empleó en la variable MEDICAMENTO 2019, a pesar de que esta variable cumplía con la suposición de normalidad en su forma original, aunque de manera marginal. La decisión de aplicar la transformación se fundamentó en la necesidad de garantizar una normalidad más robusta, optimizando así la calidad del análisis estadístico.
6. Para la variable INSUMO 2019, se optó por la transformación de raíz cuadrada, asegurando una distribución más simétrica y una varianza constante.
7. Las variables MEDICAMENTO 2020 e INSUMO 2020 fueron ambas sometidas a transformaciones logarítmicas, lo que facilitó la corrección de la asimetría observada y la preparación de los datos para análisis más precisos.

Estas transformaciones se llevaron a cabo con la finalidad de mejorar la adecuación de los datos a los modelos estadísticos, asegurando que los análisis posteriores se basen en suposiciones válidas. Este proceso no solo refuerza la validez de los resultados obtenidos, sino que también permite la aplicación de técnicas estadísticas avanzadas con mayor confiabilidad. Una vez realizada las transformaciones a los datos, se presenta los nuevos resultados del test de Shapiro Will.

Tabla 17

Test de Shapiro Will de los datos transformados para las variables de Medicamento e Insumos Médicos años (2017-2020)

Test de Shapiro Will	
\$Medicamento_2017 W = 0.94186, p-value = 0.5225	\$Insumo_2017 W = 0.88628, p-value = 0.1055
\$Medicamento_2018 W = 0.91837, p-value = 0.2727	\$Insumo_2018 W = 0.98396, p-value = 0.9948
\$Medicamento_2019 W = 0.95941, p-value = 0.7754	\$Insumo_2019 W = 0.95953, p-value = 0.7771
\$Medicamento_2020 W = 0.94628, p-value = 0.5835	\$Insumo_2020 W = 0.94796, p-value = 0.6073

4.19 Análisis de los nuevos resultados de normalidad con test de Shapiro Will para variables medicamento e insumo médico de las compras de los Hospitales del IESS años (2017-2020).

A continuación, se resumen los resultados de la tabla 17, obtenidos para cada variable analizada:

Medicamento 2017: $p=0.5225$ la distribución de los datos de esta variable no mostró evidencia significativa de desviación de la normalidad, cumpliendo adecuadamente con los supuestos requeridos.

Insumo 2017: $p=0.1055$ a pesar de un p-valor ligeramente más bajo, esta variable también se considera normalmente distribuida, dado que no se alcanzó un nivel de significancia que indique una desviación notable.

Medicamento 2018: $p=0.2727$ los datos de esta variable se ajustan a una distribución normal, tal como lo indica el p-valor, permitiendo su inclusión en análisis paramétricos sin necesidad de transformaciones adicionales.

Insumo 2018: $p=0.9948$ esta variable muestra un excelente ajuste a la normalidad, con un p-valor muy cercano a 1, lo que refuerza la confiabilidad de los análisis subsecuentes que la involucren.

Medicamento 2019: $p=0.7754$ el análisis de esta variable confirma que su distribución es consistentemente normal, permitiendo su uso en modelos estadísticos sin restricciones.

Insumo 2019: $p=0.7771$ de manera similar a las otras variables, esta también cumple con la suposición de normalidad, con un p-valor que respalda su adecuación para análisis estadísticos.

Medicamento 2020: $p=0.5835$ los datos correspondientes a esta variable presentan una distribución normal, validando su uso en análisis paramétricos posteriores.

Insumo 2020: $p=0.6073$ finalmente, esta variable también se considera normalmente distribuida, como lo demuestra el resultado del test de Shapiro-Wilk.

Los resultados del test de Shapiro-Wilk indican que todas las variables evaluadas cumplen con la suposición de normalidad, con p-valores significativamente superiores al umbral comúnmente aceptado de 0.05. Esto garantiza que los análisis estadísticos que involucren estas variables se realizarán sobre la base de datos que respetan los supuestos paramétricos fundamentales, aumentando la robustez y la validez de las conclusiones obtenidas.

Tabla 18

Anova de las medias de las compras de la variable Medicamento de cada periodo (2017–2020)

	Df	Sum Sq	Mean Sq	F value	Pr(>F)
Variable	3	535.7	178.58	6.554	0.000925 ***
Residuals	44	1198.9	27.25		

Signif. codes: 0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

4.20 Análisis de resultados de Anova de las compras de la variable medicamento de cada periodo (2017–2020).

La tabla 18 presenta los resultados del ANOVA indicando que existe una diferencia significativa en las medias de las variables medicamento 2017, medicamento 2018, medicamento 2019, y medicamento 2020. Dado que el valor p es 0.000925, que es mucho menor que 0.05, podemos rechazar la hipótesis nula que establece que las

medias de estas variables son iguales. Esto sugiere que al menos una de las medias de los medicamentos difiere significativamente de las otras.

Este resultado implica que los patrones de los medicamentos han cambiado significativamente entre los años evaluados, lo cual puede deberse a diversos factores, como cambios en las políticas de salud, disponibilidad de medicamentos, o cambios en la demanda de los mismos.

Df (Grados de Libertad)

Variable: Hay 3 grados de libertad para el factor "Variable", lo que indica que hay 4 grupos en total (una categoría de menos que el número total de variables: Medicamento 2017, Medicamento 2018, Medicamento 2019, Y Medicamento 2020).

Residuales: Hay 44 grados de libertad asociados con los errores residuales, lo que refleja el número de observaciones menos el número de grupos.

Sum Sq (Suma de Cuadrados):

Variable: La suma de cuadrados entre los grupos es 535.7, que representa la variabilidad debida a las diferencias entre las medias de las variables.

Residuales: La suma de cuadrados dentro de los grupos (errores residuales) es 1198.9, que representa la variabilidad dentro de los grupos que no se explica por las diferencias entre las medias.

Mean Sq (Cuadrado Medio):

Variable: El cuadrado medio para el factor "Variable" es 178.58, calculado dividiendo la suma de cuadrados entre los grupos por los grados de libertad.

Residuales: El cuadrado medio de los residuos es 27.25, calculado dividiendo la suma de cuadrados residuales por los grados de libertad residuales.

F value:

El valor F de 6.554 indica la relación entre la variabilidad entre grupos y la variabilidad dentro de los grupos. Un valor F alto sugiere que hay diferencias significativas entre los grupos.

Para identificar específicamente cuáles de estas variables tienen diferencias significativas entre ellas, se realiza la prueba de Tukey, que comparan cada par de variables.

4.21 Análisis de resultados de la prueba Tukey de las compras de la variable medicamento de cada periodo (2017–2020).

Tabla 19

Resultados de la Prueba Tukey en las compras de Medicamentos entre periodos (2017-2020)

Comparison	Hosp.diff	Hosp.lwr	Hosp.upr	Hosp. p.adj
MED. 2018-MED. 2017	-7.335	-13.025	-1.645	0.006
MED. 2019-MED. 2017	-1.760	-7.450	3.928	0.841
MED. 2020-MED. 2017	-7.551	-13.241	-1.86	0.005
MED. 2019-MED. 2018	5.574	-0.115	11.264	0.056
MED. 2020-MEDICAMENTO 2018	-0.216	-5.905	5.473	0.999
MED. 2020-MEDICAMENTO 2019	-5.790	-11.480	-0.100	0.044

Medicamento 2017 vs. Medicamento 2018: Se observa una diferencia estadísticamente significativa ($p = 0.0067505$) entre las compras de medicamentos en 2017 y 2018. La diferencia estimada es de aproximadamente -7.34 unidades, con un intervalo de confianza del 95% que va desde -13.03 a -1.65 unidades. Esta disminución significativa sugiere una reducción notable en las adquisiciones de medicamentos entre estos dos años, lo que podría estar influenciado por ajustes en las políticas de adquisición o variaciones en la demanda de servicios médicos.

Medicamento 2017 vs. Medicamento 2019: No se encontró una diferencia significativa ($p = 0.8416738$) entre las compras de medicamentos en 2017 y 2019. La diferencia estimada es de aproximadamente -1.76 unidades, con un intervalo de confianza del 95% que va desde -7.45 a 3.93 unidades. Esto sugiere una estabilidad en las adquisiciones de medicamentos entre estos dos años, posiblemente indicando políticas consistentes de adquisición o una demanda constante.

Medicamento 2017 vs. Medicamento 2020: También se observa una diferencia estadísticamente significativa ($p = 0.0050675$) entre las compras de medicamentos

en 2017 y 2020. La diferencia estimada es de aproximadamente -7.55 unidades, con un intervalo de confianza del 95% que va desde -13.24 a -1.86 unidades. Esta reducción significativa podría estar relacionada con cambios en la gestión de inventarios o en la demanda de medicamentos durante el año 2020.

Medicamento 2018 vs. Medicamento 2019: No se encontró una diferencia significativa ($p = 0.0567372$) entre las compras de medicamentos en 2018 y 2019. La diferencia estimada es de aproximadamente 5.57 unidades, con un intervalo de confianza del 95% que va desde -0.12 a 11.26 unidades. Aunque cercana al umbral de significancia, esta estabilidad en las adquisiciones sugiere políticas de adquisición consistentes o una demanda similar de medicamentos en estos años.

Medicamento 2018 vs. Medicamento 2020: No se encontró una diferencia significativa ($p = 0.9996205$) entre las compras de medicamentos en 2018 y 2020. La diferencia estimada es de aproximadamente -0.22 unidades, con un intervalo de confianza del 95% que va desde -5.91 a 5.47 unidades. Esta continuidad en las adquisiciones puede reflejar una planificación efectiva de inventarios o una demanda estable en el suministro de medicamentos durante el período evaluado.

Medicamento 2019 vs. Medicamento 2020: Se observa una diferencia estadísticamente significativa ($p = 0.0447001$) entre las compras de medicamentos en 2019 y 2020. La diferencia estimada es de aproximadamente -5.79 unidades, con un intervalo de confianza del 95% que va desde -11.48 a -0.10 unidades. Esta reducción en las adquisiciones podría estar relacionada con cambios en la política de adquisición o variaciones en la demanda durante estos años.

Interpretación: Los resultados revelan fluctuaciones significativas en las compras de medicamentos a lo largo de los años 2017, 2018, 2019 y 2020. Las diferencias más notables se observan al comparar 2017 con 2018 y 2020, así como entre 2019 y 2020, lo que sugiere posibles ajustes en las políticas de adquisición o en las necesidades clínicas durante esos períodos. Este análisis proporciona una visión detallada de cómo han variado las compras de medicamentos, utilizando pruebas estadísticas robustas como la prueba de Tukey para comparaciones múltiples.

Este análisis proporciona una visión clara de cómo han variado las compras de medicamentos utilizando pruebas estadísticas robustas como la prueba de Tukey para comparaciones múltiples.

4.22 Análisis de resultados de Anova de las compras de la variable insumo médico de cada periodo (2017–2020).

Tabla 20

Resultados de Anova de las medias de las compras de la variable Insumo médico de cada periodo (2017–2020)

	Df	Sum	Sq	Mean Sq	F value	Pr(>F)
Variable	3	668.4	222.80	5.477	0.00275	**
Residuals	44	1789.7	40.68			

Signif. codes: 0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

En la tabla 20 se presenta el análisis ANOVA donde indica en sus resultados que existen muestra diferencias significativas en las medias de los insumos entre 2017, 2018, 2019 y 2020, con grados de libertad (Df=3Df = 3Df=3), suma de cuadrados 668.4, cuadrado medio 222.80, el f-valor 5.477 y un p-valor de 0.00275. Estos resultados indican que las compras de insumos médicos variaron significativamente a lo largo de los años, reflejando posibles cambios en las políticas de adquisición o en la demanda de insumos. Este análisis subraya la importancia de monitorear y ajustar las estrategias de adquisición para una gestión eficiente de los recursos en el sector salud.

4.23 Análisis de resultados de la prueba Tukey de las compras de la variable insumo médico de cada periodo (2017–2020).

Tabla 21

Resultados de la Prueba Tukey en las compras de Insumo médicos entre periodos (2017-2020)

Comparison	Hosp.diff	Hosp.lwr	Hosp.upr	Hosp. p.adj
INSUMO.2018-INSUMO.2017	-4.6189896	-11.570906	2.332927	0.2992994
INSUMO.2019-INSUMO.2017	3.8719118	-3.080004	10.823828	0.4537673
INSUMO.2020-INSUMO.2017	-5.3556291	-12.307545	1.596287	0.1833287
INSUMO.2019-INSUMO.2018	8.4909014	1.538985	15.442818	0.0111276
INSUMO.2020-INSUMO.2018	-0.7366395	-7.688556	6.215277	0.9919884
INSUMO.2020-INSUMO.2019	-9.2275409	-16.179457	-2.275625	0.0050623

En la tabla 21 del presente estudio, se llevó a cabo un análisis exhaustivo de las diferencias en las adquisiciones de insumos médicos entre los años 2017, 2018, 2019 y 2020 utilizando la prueba de Tukey para comparaciones múltiples. Los resultados revelaron variaciones significativas entre los años evaluados, destacando diferencias tanto positivas como negativas en las adquisiciones de insumos médicos.

Al comparar el año 2017 con 2018, no se observó una disminución significativa de 4.62 unidades (IC 95%: -11.57 a 2.33, $p = 0.299$), lo que sugiere que las adquisiciones de insumos se mantuvieron relativamente estables entre estos dos años. De manera similar, la comparación entre 2017 y 2019 mostró una diferencia de 3.87 unidades (IC 95%: -3.08 a 10.82, $p = 0.454$), indicando estabilidad en las compras durante este período.

Por otro lado, el contraste entre 2017 y 2020 reveló una disminución de 5.36 unidades (IC 95%: -12.31 a 1.60, $p = 0.183$), lo que podría señalar ajustes en la demanda o en las políticas de adquisición para ese año. Entre los años 2018 y 2019, se observó un aumento significativo de 8.49 unidades (IC 95%: 1.54 a 15.44, $p = 0.011$), lo que sugiere un incremento en la adquisición de insumos durante este período.

La comparación entre 2018 y 2020 no mostró una diferencia significativa, con una disminución de 0.74 unidades (IC 95%: -7.69 a 6.22, $p = 0.992$), indicando que las

adquisiciones se mantuvieron estables entre estos dos años. Finalmente, al comparar 2019 con 2020, se encontró una disminución significativa de 9.23 unidades (IC 95%: -16.18 a -2.28, $p = 0.005$), lo que refleja una reducción en la compra de insumos médicos en ese último año.

Este análisis detallado proporciona una visión clara de cómo han fluctuado las adquisiciones de insumos médicos a lo largo de los años evaluados, utilizando pruebas estadísticas robustas para identificar diferencias significativas. Los hallazgos pueden ser útiles para guiar políticas de adquisición y planificación estratégica en entornos hospitalarios y de atención médica.

4.24 Análisis de resultados de la prueba Tukey de las variables medicamento e insumo médico de cada periodo (2017–2020).

Tabla 22

Resultados de la prueba Tukey, Medicamento vs Insumos médicos entre periodos (2017-2020)

Comparison	Hosp.diff	Hosp.lwr	Hosp.upr	Hosp.p.adj
INSUMO.2018-INSUMO.2017	-4.61898962	-12.0063328	2.76835354	0.5267988
INSUMO.2019-INSUMO.2017	3.87191179	-3.5154314	11.25925495	0.7325405
INSUMO.2020-INSUMO.2017	-5.35562915	-12.7429723	2.03171400	0.3324289
MEDICAMENTO.2017-INSUMO.2017	2.63625691	-4.7510862	10.02360007	0.9534332
MEDICAMENTO.2018-INSUMO.2017	-4.69906483	-12.0864080	2.68827832	0.5043264
MEDICAMENTO.2019-INSUMO.2017	0.87529654	-6.5120466	8.26263970	0.9999534
MEDICAMENTO.2020-INSUMO.2017	-4.91519560	-12.3025388	2.47214756	0.4447986
INSUMO.2019-INSUMO.2018	8.49090141	1.1035583	15.87824456	0.0130175
INSUMO.2020-INSUMO.2018	-0.73663953	-8.1239827	6.65070362	0.9999856
MEDICAMENTO.2017-INSUMO.2018	7.25524653	-0.1320966	14.64258969	0.0579576
MEDICAMENTO.2018-INSUMO.2018	-0.08007522	-7.4674184	7.30726794	1.0000000
MEDICAMENTO.2019-INSUMO.2018	5.49428616	-1.8930570	12.88162931	0.3004254
MEDICAMENTO.2020-INSUMO.2018	-0.29620598	-7.6835491	7.09113717	1.0000000
INSUMO.2020-INSUMO.2019	-9.22754094	-16.6148841	-1.84019779	0.0047994
MEDICAMENTO.2017-INSUMO.2019	-1.23565488	-8.6229980	6.15168828	0.9995312
MEDICAMENTO.2018-INSUMO.2019	-8.57097663	-15.9583198	-1.18363347	0.0117216

MEDICAMENTO.2019-INSUMO.2019	-2.99661525	-10.3839584	4.39072790	0.9110077
MEDICAMENTO.2020-INSUMO.2019	-8.78710739	-16.1744505	-1.39976423	0.0087925
MEDICAMENTO.2017-INSUMO.2020	7.99188606	0.6045429	15.37922922	0.0244970
«continuación»				
MEDICAMENTO.2018-INSUMO.2020	0.65656432	-6.7307788	8.04390747	0.9999935
MEDICAMENTO.2019-INSUMO.2020	6.23092569	-1.1564175	13.61826884	0.1631418
MEDICAMENTO.2020-INSUMO.2020	0.44043355	-6.9469096	7.82777671	0.9999996
MEDICAMENTO.2018-MEDICAMENTO.2017	-7.33532175	-14.7226649	0.05202141	0.0530137
MEDICAMENTO.2019-MEDICAMENTO.2017	-1.76096037	-9.1483035	5.62638278	0.9954680
MEDICAMENTO.2020-MEDICAMENTO.2017	-7.55145251	-14.9387957	-0.16410936	0.0414438
MEDICAMENTO.2019-MEDICAMENTO.2018	5.57436138	-1.8129818	12.96170453	0.2827906
MEDICAMENTO.2020-MEDICAMENTO.2018	-0.21613076	-7.6034739	7.17121239	1.0000000
MEDICAMENTO.2020-MEDICAMENTO.2019	-5.79049214	-13.1778353	1.59685102	0.2384428

Diferencias significativas altas

Se identificaron diferencias estadísticamente significativas entre las adquisiciones de insumos en 2019 y 2020 ($\Delta = -9.23$, $p = 0.0048$), lo que destaca una notable disminución en las compras de insumos durante el último año evaluado. Esta reducción podría estar vinculada a ajustes en políticas de adquisición o cambios en la demanda clínica, indicando un impacto significativo en la gestión de recursos.

Asimismo, la comparación entre insumos en 2018 y 2019 ($\Delta = 8.49$, $p = 0.0130$) reveló un aumento significativo en las adquisiciones de insumos en 2019. Este incremento podría reflejar adaptaciones a nuevas políticas de salud pública o un incremento en la demanda de insumos específicos, subrayando cambios sustanciales en la gestión de recursos sanitarios.

Finalmente, la comparación entre medicamentos en 2017 e insumos en 2020 ($\Delta = 7.99$, $p = 0.0245$) mostró diferencias significativas, indicando una ligera superioridad en las adquisiciones de medicamentos respecto a los insumos durante ese período. Este hallazgo subraya la importancia de considerar no solo las variaciones temporales, sino también las diferencias entre categorías de recursos en contextos hospitalarios.

Diferencias significativas moderadas

La comparación entre medicamentos en 2018 e insumos en 2019 mostró una diferencia significativa ($\Delta = -8.57$, $p = 0.0117$), indicando variaciones notables en las adquisiciones entre estas categorías de recursos durante ese período. Este hallazgo subraya la importancia de considerar las diferencias entre medicamentos e insumos en la gestión de recursos sanitarios.

Por otro lado, la comparación entre medicamentos en 2020 e insumos en 2019 reveló una diferencia significativa ($\Delta = -8.79$, $p = 0.0088$), destacando fluctuaciones en las adquisiciones entre estos recursos en diferentes años. Estas fluctuaciones pueden estar relacionadas con ajustes en la política de adquisición o cambios en la demanda clínica, afectando la gestión de recursos en entornos hospitalarios.

Además, la comparación entre medicamentos en 2017 y 2020 mostró una diferencia significativa ($\Delta = -7.55$, $p = 0.0414$), subrayando cambios en las adquisiciones de medicamentos durante ese período específico. Estas variaciones pueden reflejar ajustes en la gestión de inventarios o modificaciones en las políticas de suministro, resaltando la necesidad de optimización en la gestión de recursos farmacéuticos.

Diferencias significativas bajas

Se observó una ligera diferencia entre insumos en 2017 y medicamentos en 2018 ($\Delta = -4.70$, $p = 0.5043$), indicando una disminución moderada en las adquisiciones de insumos durante el segundo año evaluado. Este cambio podría reflejar ajustes continuos en la gestión de inventarios o cambios en las necesidades clínicas, destacando una tendencia descendente en la gestión de recursos no farmacéuticos.

Por último, las comparaciones entre medicamentos en 2018 y 2019 mostraron una diferencia moderada ($\Delta = 5.57$, $p = 0.2828$), indicando un aumento en las adquisiciones de medicamentos durante ese período. Este hallazgo subraya la importancia de adaptarse a cambios dinámicos en la gestión de inventarios y en las políticas de suministro, enfatizando la necesidad de estrategias flexibles de gestión de recursos farmacéuticos.

Este análisis detallado utilizando la prueba de Tukey proporciona una comprensión profunda de las dinámicas en las adquisiciones de recursos sanitarios a lo largo de varios años, destacando las variaciones significativas y moderadas que pueden

influir en la planificación estratégica y la optimización de recursos en entornos clínicos y administrativos.

4.25 Análisis de resultados Componentes Principales PCA, a las variables medicamento e insumos médicos entre periodos (2017-2020).

Tabla 23

Resultados de los Componentes Principales PCA, a las variables Medicamento e Insumos médicos entre periodos (2017-2020)

Importance of components:	PC1	PC2	PC3	PC4	PC5	PC6	PC7	PC8
Standard deviation	2.592	0.742	0.583	0.454	0.283	0.243	0.180	0.102
Proportion of Variance	0.840	0.068	0.042	0.025	0.010	0.007	0.004	0.001
Cumulative Proportion	0.840	0.908	0.951	0.977	0.987	0.994	0.998	1.000

El análisis de Componentes Principales (PCA) aplicado a los datos de compras de medicamentos e insumos de hospitales del IESS entre 2017 y 2020 revela patrones subyacentes en las compras hospitalarias. La primera componente de la tabla 23 principal (PC1) explica el 84.0% de la variabilidad total, indicando una tendencia predominante compartida entre los hospitales, posiblemente influenciada por políticas de compra o presupuestos. La PC2 añade un 6.88% adicional, sugiriendo patrones específicos adicionales. En conjunto, PC1 y PC2 explican el 90.88% de la variabilidad, permitiendo un análisis simplificado y eficaz de las diferencias entre hospitales en términos de compras de medicamentos e insumos. Según Johnson & Wichern (2007), el PCA es una técnica estadística que facilita la identificación de estos patrones al transformar variables originales en un conjunto reducido de componentes no correlacionadas, esenciales para comprender la estructura subyacente de los datos y tomar decisiones informadas en la gestión de recursos hospitalarios.

El análisis PCA muestra que las compras de medicamentos e insumos en los hospitales del IESS presentan un patrón claro y dominante, representado por la primera componente principal. Este patrón global puede estar influenciado por factores comunes a todos los hospitales. Las componentes adicionales capturan

variaciones menos dominantes, pero aún significativas, que podrían estar relacionadas con características específicas de cada hospital o año. La alta varianza explicada por las primeras componentes sugiere que se puede simplificar el análisis de estos datos complejos sin perder información crítica.

4.26 Análisis de resultados de los Componentes Principales PCA, de los Hospitales entre periodos (2017-2020).

Tabla 24

Resultados de Análisis de Componentes Principales PCA, a los Hospitales del IESS entre periodos (2017-2020)

Importance of components:	PC1	PC2	PC3	PC4	PC5	PC6	PC7	PC8
Standard deviation	1.772	1.436	1.162	0.995	0.514	0.359	0.202	0.129
Proportion of Variance	0.392	0.257	0.169	0.124	0.033	0.016	0.005	0.002
Cumulative Proportion	0.392	0.650	0.819	0.943	0.976	0.992	0.997	1.000

Basado en los resultados de la tabla 24, Análisis de Componentes Principales (PCA) aplicado a los datos de compras de hospitales del IESS, se observa que los componentes principales revelan patrones significativos en las estrategias de adquisición entre los hospitales. La primera componente principal (PC1) explica el 39.27% de la variabilidad total, destacándose como el principal factor de diferenciación entre los hospitales. Esta componente sugiere una tendencia general compartida en las compras mancomunadas, posiblemente influenciada por políticas institucionales comunes o necesidades básicas de suministro. La PC2 y PC3 añaden un 25.79% y 16.90% adicionales de varianza explicada, respectivamente, permitiendo una diferenciación más detallada entre los hospitales en términos de sus estrategias específicas de adquisición.

En conjunto, los primeros cuatro componentes (PC1 a PC4) explican el 94.35% de la variabilidad total, lo que indica que estos componentes son críticos para entender las diferencias y similitudes en las prácticas de compra entre los hospitales del IESS. Este análisis proporciona una base sólida para optimizar la gestión de inventarios, mejorar la planificación de recursos y promover una distribución equitativa de suministros médicos dentro del sistema hospitalario.

4.27 Funcionamiento del Software, para control de inventarios en las farmacias de los Hospitales del IESS.

El software de control de inventarios para farmacias de los hospitales del Instituto Ecuatoriano de Seguridad Social (IESS), está diseñado para gestionar el inventario de medicamentos e insumos médicos de manera eficiente, permitiendo registrar ingresos y egresos, mantener un seguimiento del stock disponible, y generar informes detallados.

La construcción del software fue desarrollada utilizando RStudio y su paquete "shiny". comenzó con la definición de la interfaz de usuario (UI) y la lógica del servidor. La UI se diseñó para ser intuitiva, permitiendo la entrada de datos a través de diversos campos como farmacia, tipo de medicamento, cantidad y proveedor, entre otros. El paquete "shiny" facilitó la creación de una interfaz web interactiva, permitiendo actualizaciones dinámicas de los datos.

La lógica del servidor se implementó para gestionar la interacción entre la UI "" y los datos, asegurando que las entradas y salidas de inventario se registren y actualicen correctamente. Además, se agregaron funcionalidades para la generación de informes y gráficos, permitiendo una gestión eficiente del inventario. El uso de RStudio proporcionó un entorno de desarrollo integrado (IDE) potente y flexible, facilitando la escritura, depuración y ejecución del código R de manera eficiente. Cada lengüeta del software tiene funcionalidades específicas que se describen en detalle a continuación.

a. Ingresos

La lengüeta 'Ingresos' permite al usuario registrar la entrada de nuevos productos al inventario. En la figura 34 se visualiza los campos disponibles para el registro incluyen lo siguiente:

- a. Farmacia: Selección de la farmacia donde se recibirá el producto.
- b. Demanda Media Mensual: Cantidad promedio mensual que se espera para el producto.
- c. Tipo de Ítem: Selección del tipo de ítem (Medicamento o Insumo Médico).

- d. Inventario: Nombre del producto ingresado.
- e. Cantidad: Número de unidades recibidas.
- f. Precio: Costo del producto por unidad.
- g. Proveedor: Selección del proveedor del producto.
- h. Fecha de Fabricación: Fecha de fabricación del producto.
- i. Fecha de Compra: Fecha en la que se compró el producto.
- j. Fecha de Expiración: Fecha de vencimiento del producto.
- k. Lote: Número de lote del producto.

Figura 34

Interfaz del software, Registro de Ingresos

Control de Inventarios para Farmacias de IESS

Farmacia:	<input type="text"/>
Demanda Media Mensual:	<input type="text" value="0"/>
Tipo de ítem:	<input type="text" value="MEDICAMENTO"/>
Inventario:	<input type="text"/>
Cantidad:	<input type="text" value="0"/>
Precio:	<input type="text" value="0"/>
Proveedor:	<input type="text"/>
Fecha de Fabricación:	<input type="text" value="2024-01-01"/>
Fecha de Compra:	<input type="text" value="2024-01-01"/>
Fecha de Expiración:	<input type="text" value="2024-12-31"/>
Lote:	<input type="text" value="0"/>
<input type="button" value="Registrar Ingreso"/>	

Una vez completados estos campos, el usuario puede presionar el botón 'Registrar Ingreso' para agregar el producto al inventario. El software calculará automáticamente el tiempo de vencimiento y el tiempo estimado de duración en stock en “meses” basado en la demanda media mensual, en este ejemplo se consideró que se visualicen de color rojo los números inferiores a 3 meses en

ambas columnas, cada usuario de hospital puede estimar su necesidad real y filtrar en tiempo necesario. Observar la figura 35.

Figura 35

Interfaz del software, visualización lengüeta Ingresos

	Farmacia	Tipo de ítem	Inventario	Cantidad	Precio	Proveedor	Fecha de Fabricación	Fecha de Compra	Fecha de Expiración	Lote	Tiempo de Vencimiento	Demanda Media Mensual	Tiempo estimado de duración en stock
1	Carlos Andrade Marín IESS	MEDICAMENTO	Ibuprofeno 500 mg.	2500	0.35	Insuemosfarma C.Ltda.	2024-01-01	2024-01-10	2024-09-01	1	7	1900	2.5
2	Carlos Andrade Marín IESS	MEDICAMENTO	Ibuprofeno 500 mg.	7000	0.38	Laboratorios Loja S.A.	2023-12-06	2024-02-01	2024-10-10	1	10.15	1900	7
3	Carlos Andrade Marín IESS	MEDICAMENTO	Ibuprofeno 500 mg.	1200	0.25	Distribuidor El Oro S.A.	2024-02-29	2024-03-20	2024-05-20	1	3.68	1900	3.3
4	Carlos Andrade Marín IESS	MEDICAMENTO	Ibuprofeno 500 mg.	1200	0.2	Distribuidor El Oro S.A.	2024-02-29	2024-03-20	2024-04-24	2	1.81	1900	1.6
5	Carlos Andrade Marín IESS	INSUMO MÉDICO	Guantes plásticos	6000	0.08	Laboratorios Loja S.A.	2024-01-01	2024-02-14	2024-10-31	1	9.90	500	12
6	Teodoro Maldonado Carco IESS	INSUMO MÉDICO	Guantes plásticos	3500	0.08	Laboratorios Loja S.A.	2024-01-01	2024-02-14	2024-10-31	1	9.99	450	7.78
7	Teodoro Maldonado Carco IESS	INSUMO MÉDICO	Guantes plásticos	3500	0.05	Insuemosfarma C.Ltda.	2023-12-14	2024-01-01	2024-09-10	1	8.9	450	7.78

a. Egresos

La interfaz de 'Egresos' está destinada a registrar la salida de productos del inventario. La figura 36 se observa los campos disponibles para el registro de inventario al sistema, que incluyen:

- a) Farmacia: Selección de la farmacia desde donde se enviará el producto.
- b) Inventario: Nombre del producto a egresar.
- c) Cantidad: Número de unidades enviadas.
- d) Proveedor: Selección del proveedor del producto.
- e) Lote: Número de lote del producto.
- f) Fecha de Fabricación: Fecha de fabricación del producto.
- g) Fecha de Entra: Fecha en la que se entrega el producto.

Figura 36

Interfaz del software, Registro de Egreso

Inventario:

Cantidad:

Proveedor:

Lote:

Fecha de Entrega:

Registrar Egreso

Descargar Datos

El usuario puede registrar la salida de productos presionando el botón 'Registrar Egreso'. El software verifica que exista suficiente stock disponible antes de realizar el registro y actualiza automáticamente el inventario. De no existir la disponibilidad del producto en el inventario, el sistema presenta alerta mediante un mensaje con la leyenda “Error” No existe la cantidad suficiente para entregar.

Figura 37

Interfaz del software, lengüeta Egreso

Farmacia	Tipo de Item	Inventario	Cantidad	Precio	Proveedor	Fecha de Fabricación	Fecha de Compra	Fecha de Expiración	Lote	Tiempo de Vencimiento	Demanda Media Mensual	Tiempo estimado de duración en stock	Fecha de Entrega
Carlos Andrade Marín IESS	MEDICAMENTO	Ibuprofeno 500 mg.	50	0.2	Distribuidor El Oro S.A.	2024-02-29	2024-03-20	2024-04-24	2	0	1000	0.1	2024-07-18
Carlos Andrade Marín IESS	MEDICAMENTO	Ibuprofeno 500 mg.	50	0.2	Distribuidor El Oro S.A.	2024-02-29	2024-03-20	2024-04-24	2	0	1000	0.1	2024-01-08
Carlos Andrade Marín IESS	MEDICAMENTO	Ibuprofeno 500 mg.	60	0.2	Distribuidor El Oro S.A.	2024-02-29	2024-03-20	2024-04-24	2	0	1000	0.1	2024-01-09
Carlos Andrade Marín IESS	MEDICAMENTO	Ibuprofeno 500 mg.	75	0.2	Distribuidor El Oro S.A.	2024-02-29	2024-03-20	2024-04-24	2	0	1000	0.1	2024-01-24
Carlos Andrade Marín IESS	MEDICAMENTO	Ibuprofeno 500 mg.	125	0.2	Distribuidor El Oro S.A.	2024-02-29	2024-03-20	2024-04-24	2	0	1000	0.1	2024-01-25
Carlos Andrade Marín IESS	MEDICAMENTO	Ibuprofeno 500 mg.	125	0.2	Distribuidor El Oro S.A.	2024-02-29	2024-03-20	2024-04-24	2	0	1000	0.1	2024-02-02

La figura 37

muestra una visualización de todos los registros de 'Egresos', la cual se actualiza con cada egreso realizado del inventario. En esta interfaz se visualizan las mismas

columnas de la Figura 33, con la adición de una nueva columna llamada 'Fecha de entrega', que registra la fecha de salida de cada producto del inventario.

b. Saldos

La figura 38 muestra la interfaz de la pestaña 'Saldos', que es un resumen del inventario actual. Las columnas en este interfaz son las mismas de la figura 33. En este interfaz de 'Saldos' la columna que debe ser más distinguida para los usuarios de cada hospital es la columna (tiempo estimado de duración en stock) debido a que está refleja un estimado del tiempo en que cada producto del inventario permanecerá en stock basado en la demanda media mensual

En esta lengüeta Saldos, también es muy importante filtrar la columna (tiempo de vencimiento) resaltando los productos que están cerca de vencer. Aquí la importancia de aplicación de Modelo de Inventario PEPS (primero en entrar – primero en salir) permitiendo al usuario tomar acciones preventivas, o por ejemplo egresar productos próximos a su fecha de vencimiento inferiores a 4 meses como se visualiza la figura 36, o los meses que el usuario considere, según la rotación del producto basada en la demanda, y a su vez realizar los trámites respectivos en la institución, para informar al laboratorio y obtener el respectivo canje del nuevo producto. De esta manera evitar pérdidas económicas millonarias en los hospitales del IESS, como las que se ha detallado en esta investigación.

Figura 38

Interfaz del software, lengüeta Saldos

	Farmacia	Inventario	Proveedor	Lote	Cantidad	Tipo de Item	Precio	Fecha de Fabricación	Fecha de Compra	Fecha de Expiración	Tiempo de Vencimiento	Demanda Media Mensual	Tiempo estimado de duración en stock
7	Carlos Andrade Marin IESS	Ibuprofeno 500 mg.	Distribuidor El Oro S.A.	2	206	MEDICAMENTO	0.2	2024-02-29	2024-03-20	2024-04-24	1.81	1000	0.21
1	Carlos Andrade Marin IESS	Ibuprofeno 500 mg.	Distribuidor El Oro S.A.	1	119	MEDICAMENTO	0.25	2024-02-29	2024-03-20	2024-06-20	3.68	1000	0.12
3	Carlos Andrade Marin IESS	Ibuprofeno 500 mg.	Insumofarma C.Ltda.	1	2500	MEDICAMENTO	0.35	2024-01-01	2024-01-10	2024-09-01	7	1000	2.5
2	Teodoro Maldonado Carco IESS	Gautes platicos	Insumofarma C.Ltda.	1	3500	INSUMO MEDICO	0.05	2023-12-14	2024-01-01	2024-09-10	8.9	450	7.75
4	Carlos Andrade Marin IESS	Gautes platicos	Laboratorios Loja S.A.	1	6000	INSUMO MEDICO	0.08	2024-01-01	2024-02-14	2024-10-31	9.99	500	12
5	Teodoro Maldonado Carco IESS	Gautes platicos	Laboratorios Loja S.A.	1	3500	INSUMO MEDICO	0.08	2024-01-01	2024-02-14	2024-10-31	9.99	450	7.75
6	Carlos Andrade Marin IESS	Ibuprofeno 500 mg.	Laboratorios Loja S.A.	1	7000	MEDICAMENTO	0.38	2023-12-06	2024-02-01	2024-10-10	10.15	1000	7

Showing 1 to 7 of 7 entries

Previous 1 Next

Exportar Datos (session/ide1398d09be4c2871933beb1946902/download/download_saldos?w=)

Imprimir

Además se ha planteado un escenario de existir un desabastecimiento por cualquier causal, por ejemplo “la no entrega en los tiempos establecidos parte del proveedor”, el hospital en desabastecimiento tendría la opción de solicitar préstamos emergentes a otros hospitales del IESS hasta que se reabastezca en su inventario, observando en este apartado SALDOS los posibles hospitales que mantengan un stock superior a 5 o 6 meses de duración, siempre y cuando considerando también la fecha de vencimiento y dar prioridad al que este más próximo a la fecha de vencimiento, luego de recibir el inventario del proveedor se procede a la devolución del mismo.

En un ejemplo que no se puede descartar, se ha puesto en práctica en el software y se observa en la imagen 39 donde se ilustra este tipo de acontecimientos que el medicamento ibuprofeno en el Hospital Carlos Andrade Marín tiene una estimación de duración en stock de 0.12 o sea menos de 1 mes, cuenta con una stock de 119 para una demanda mensual a la cual no podrá abastecer, pero también se observa que el Hospitales General Manta y General Ambato poseen una cantidad de 9.000 y 8.000 unidades de este medicamento y con una estimación de duración en stock de 9 y 8 meses respectivamente, con fechas de vencimiento de 10.15 y 1.81 meses, en la cual se deberá priorizar el de menor tiempo de vencimiento que es en este caso sería del Hospital General Ambato.

Figura 39

Interfaz del software, lengüeta Saldos Prioridades

	Farmacia	Inventario	Proveedor	Lote	Cantidad	Tipo de Item	Precio	Fecha de Fabricación	Fecha de Compra	Fecha de Expiración	Tiempo de Vencimiento	Demanda Mensual	Tiempo estimado de duración en stock
1	Carlos Andrade Marín IESS	Ibuprofeno 500 mg.	Distribuidor El Oro S.A.		119	MEDICAMENTO	0.25	2024-02-29	2024-03-20	2024-06-20	3.69	1000	0.12
4	Carlos Andrade Marín IESS	Guantes plásticos	Laboratorios Loja S.A.		6000	INSUMO MEDICO	0.08	2024-01-01	2024-02-14	2024-10-31	9.99	500	12
5	Teodoro Maldonado Carco IESS	Guantes plásticos	Laboratorios Loja S.A.		3500	INSUMO MEDICO	0.08	2024-01-01	2024-02-14	2024-10-31	9.99	450	7.78
	General Manta IESS	Ibuprofeno 500 mg.	Químicos S.A.		9000	MEDICAMENTO	0.39	2023-12-06	2024-02-01	2024-10-10	10.15	1000	9
	General Ambato	Ibuprofeno 500 mg.	Distribuidor El Oro S.A.		8000	MEDICAMENTO	0.27	2024-02-29	2024-03-20	2024-04-24	PRIORIDAD 1.81	1000	8

c. Farmacias

La pestaña 'Farmacias' que se observa en la figura 40, permite registrar y administrar las farmacias de los hospitales del IESS. Los campos disponibles para el registro incluyen:

- a) Nombre de la Farmacia del Hospital
- b) Ciudad donde se encuentra la farmacia.
- c) Contacto: Persona de contacto en la farmacia.
- d) Correo Electrónico del contacto.

El usuario puede registrar una nueva farmacia presionando el botón 'Registrar'. Las farmacias registradas se muestran en una tabla con opciones para eliminar registros.

Figura 40

Interfaz del software, lengüeta Farmacias

Nombre de la Farmacia	Ciudad	Contacto	Correo Electrónico
Cebis IESS	Guayaquil	0221547747	cebboiess@gmail.com
Teodoro Maldonado Carco IESS	Guayaquil	0221754741	teodoromaldonado@gmail.com
Quito Sur IESS	Quito	042874475	quitosuriness@gmail.com
Carlos Andrade Marín IESS	Quito	042999999	hcainess@gmail.com
General Machala IESS	Machala	0727567477	machalainess@gmail.com

d. Proveedores

La lengüeta 'Proveedores' que se observa en la figura 40, permite registrar y administrar los proveedores de productos. Los campos disponibles para el registro incluyen:

- a. Nombre del Proveedor
- b. Contacto: Persona de contacto en el proveedor.
- c. Ciudad donde se encuentra el proveedor.
- d. Dirección del proveedor.
- e. Correo Electrónico del contacto.

- f. Observaciones: Campo para agregar observaciones adicionales sobre el proveedor, como por ejemplo que el proveedor realiza descuento por volúmenes de venta, o describir el porcentaje de extemporaneidad en función de los días de retraso por la entrega.
- g. Calificación del Proveedor: Calificación del proveedor basada en su desempeño (Cumple, No Cumple) en los tiempos de entrega.

Es importante considerar la importancia del literal (f) y (g), para determinar la existencia de desviación estándar en tiempos de entrega, y su aplicación en las ecuaciones citadas en los Modelo Probabilístico de Revisión continua, con Demanda Variable y tiempo de entrega constante, Modelo Probabilístico de Revisión continua, con Demanda Constante y Tiempo de entrega variable, y Modelo Probabilístico de Revisión continua, con Demanda Variable y Tiempo de Entrega Variable.

El usuario puede registrar un nuevo proveedor presionando el botón 'Registrar'. Los proveedores registrados se muestran en una tabla con opciones para eliminar registros.

Figura 41

Interfaz del software, lengüeta Proveedores

Control de Inventarios para Farmacias de IESS

Ingresos Egresos Saldos Farmacias **Proveedores** Demanda Precio Referencia

Nombre del Proveedor:

Contacto:

Ciudad:

Dirección:

Correo Electrónico:

Observaciones:

Calificación del Proveedor:

Show: 10 entries

Nombre del Proveedor	Contacto	Ciudad	Dirección	Correo Electrónico	Calificación del Proveedor	Observaciones
Distribuidor El Oro S.A.	072417787	Machala	Av. 25 de junio	divibustawron@gmail.com	Cumple	
Laboratorios Loja S.A.	074740747	Loja	Puente elevado	laboratoriosloja@gmail.com	Cumple	Entrega inmediata
Insumosarma C Ltda.	043254789	Guayaquil	Rdondel principal y Av. 9	insumosarma@gmail.com	Cumple	Descuento por volumen

Showing 1 to 3 of 3 entries

Previous 1 Next

[Exportar Datos \(sesionid=11066d95e6c2071935bebf84690721c0mkaedkdownload_proveedores?w=\)](#)

e. Demanda

La pestaña 'Demanda' se observa en la figura 41, la cual permite calcular la demanda mensual de un producto específico en una farmacia. Los campos disponibles incluyen:

- Farmacia: Selección de la farmacia.
- Inventario: Selección del producto.
- Fecha de Egreso desde: Fecha de inicio para el cálculo de la demanda.
- Fecha de Egreso hasta: Fecha de fin para el cálculo de la demanda.

Figura 42

Interfaz del software, lengüeta Demanda



The screenshot shows the 'Demanda' tab selected in a software interface. The 'Demanda' tab is highlighted with a red box and a red arrow pointing to it. Below the tabs, there are several input fields: 'Farmacia' (Carlos Andrade Marín IESS), 'Inventario' (Ibuprofeno 500 mg.), 'Fecha de Egreso desde' (2024-01-01), and 'Fecha de Egreso hasta' (2024-03-31). A 'Calcular Demanda' button is located below these fields. To the right, a 'Resultados' box displays the following information: 'Egreso Total: 2025', 'Promedio Mensual: 684.34', 'STOCK DISPONIBLE: 9825', and 'Pronóstico de duración en stock en meses: 14.36'. The 'STOCK DISPONIBLE' and 'Pronóstico de duración en stock en meses' values are highlighted with a red box. At the bottom of the interface, there are buttons for 'Exportar Datos' and 'Imprimir'.

Al presionar el botón 'Calcular Demanda', el software calcula el total de egresos, la demanda promedio mensual, el stock disponible, y un pronóstico de la duración del producto en stock basado en la demanda mensual actualizada por el sistema en un rango de fechas seleccionadas, diferente la que se registró la inicio en la figura 34, esto se da porque pueden existir variaciones en la demanda de cada mes, permitiendo las actualizaciones de datos más confiables para el cálculo del promedio mensual en stock en meses.

Estos resultados son importantes porque ayudará a la administración del hospital a realizar compras según su demanda real, reduciendo en un buen porcentaje el déficit o el exceso de compra de un medicamento o insumo médico. El de evitar el exceso de compras optimiza los costos de almacenamiento del inventario y posibles

pérdidas que se puedan presentarse, como por ejemplo la caducidad del mismo por baja rotación de la demanda. Además, optimiza el tiempo de los funcionarios del hospital en trámites administrativos en tema de que se presente el canje al laboratorio de algún producto próximo a expirar. Asimismo, este cálculo ayuda a reducir el déficit del medicamento o insumo, evitando compras emergentes e inconformidades de los afiliados del IESS como son principalmente las cirugías suspendidas ya programadas muchas de las veces con 5, 6, o 7 meses de anticipación.

Se desarrolla un ejemplo de demostración de un modelo de inventario básico EOQ en el software y la comprobación de la misma, del siguiente caso:

El hospital Carlos Andrade Marín IESS, presenta entre las fechas 01/01/2024 al 31/03/2024, un promedio mensual adaptación de ecuación (1) de consumo del medicamento ibuprofeno de 684.34, para considerar la demanda anual se tendría que multiplicar por 12 meses obteniendo un dato relevante en la rotación de ese producto. Conociendo demanda anual (D) se puede aplicar la ecuación No- 10 y “20 derivaciones adicionales” de las mencionadas a lo largo de esta investigación. Para complementar los datos en la aplicación de la ecuación No- 10, los administradores de cada hospital estimaran los valores como el costo del producto en base al precio promedio que da el software, de mantener una unidad en inventario (h) y el costo de realizar una orden de pedido (k), dentro de su jurisdicción.

Se procede el cálculo de la cantidad óptima de pedido (EOQ), para el ibuprofeno y se colocará valores estimados de (h) y (k) para este ejemplo:

Datos:

D= 684.34 * 12 (meses) = 8212.08 ≈ 8212. Unidades (redondeado no se puede fraccionar)

k= 0.85

h = 0.03

c= \$ 0.05

$$y = \sqrt{\frac{2KD}{h}} = \sqrt{\frac{2(0.85)(8212)}{0.03}} = 682,16 \approx 682 \text{ unidades} \quad \dots (10)$$

Este ejemplo, la cantidad optima de pedido para el Hospital Carlos Andrade Marín sería 682 unidades de ibuprofeno. Seguido a esto se puede calcular las ecuaciones (4), (5), (8), (38).

$$t_o = \frac{y}{D} = \frac{682}{8212} = 0.0830491963 \quad \text{días}$$

... (4)

Este resultado del tiempo entre ciclo de pedidos 0.0830491963 debe ser multiplicado por 365 días que labora el hospital Carlos Andrade Marín, se obtiene un resultado $30.31 \approx 30$ días, que indica que cada 30 días se debe realizar un pedido para mantener el inventario óptimo de ibuprofeno y evitar faltantes

$$promedio = \frac{Y}{2} = \frac{682}{2} = 341 \quad \text{unidades} \quad \dots (5)$$

La ecuación (5) muestra el nivel del inventario promedio 341 unidades.

$$N = \frac{D}{y} = \frac{8212}{682} = 12.04 \approx 12 \quad \text{unidades} \quad \dots (38)$$

Además, se puede determinar mediante la ecuación (38) donde (N) es número de ordenes al año. Por lo tanto, se deberá realizar 12 órdenes de compra de ibuprofeno en el año, para que el inventario se reestablezca a su nivel máximo.

$$CT = (8212 * 0.05) + (12.04 * 0.85) + \left(\frac{682}{2} * 0.03\right) = 431.06$$

Para finalizar este ejercicio, se puede determinar mediante la ecuación el costo total por unidad de tiempo al año, del medicamento ibuprofeno que sería de \$431.06 dólares, esto representa todos los costos asociados de la compra de ese medicamento en el año.

La figura 43 muestra las respuestas obtenidas por el software, que son las mismas que se ha desarrollado, la comprobación muestra la efectividad del funcionamiento y la confiabilidad de los resultados.

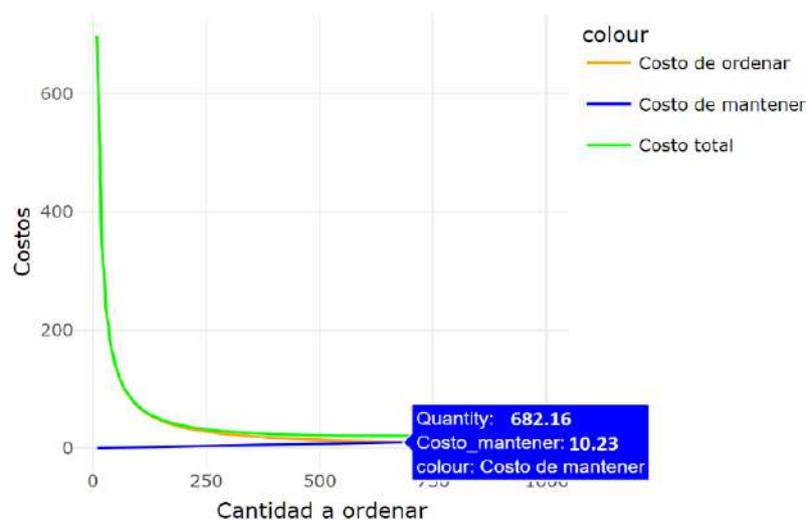
Figura 43

Lengüeta Formula EOQ Determinístico

Costo de ordenar (S):	0.85
Costo de mantener (H):	0.03
Costo (C):	0.05
Número de días de trabajo:	365
Resultados	
Cantidad óptima de pedido (Q*):	682.16
Número esperado de órdenes (N):	12.04
Tiempo esperado entre órdenes (L):	30.32 días
Punto de reorden (R):	682.16
Costo total (CT):	431.06
Costo de ordenar:	10.23
Costo de mantener:	10.23

Figura 44

Gráfico de la curva de los costos de EOQ de la cantidad a solicitar



La representación de la curva de costos en relación con la cantidad a ordenar que se observa en la figura 44, según el modelo de Cantidad Económica de Pedido (EOQ). En esta gráfica, se observan tres curvas:

- a. Costo de ordenar: Representada probablemente por una línea azul. Esta curva generalmente disminuye conforme se aumenta la cantidad a ordenar, ya que, al ordenar mayores cantidades, se reduce el número de órdenes y, por ende, el costo total de ordenar.
- b. Costo de mantener: Incorporada por una línea verde. Esta curva de color verde tiende a aumentar con la cantidad a ordenar, ya que, al tener más inventario, los costos de almacenamiento y mantenimiento se incrementan.
- c. Costo total: Es la suma de los costos de ordenar y mantener. Se representa normalmente por una línea que muestra una curva en forma de U. El punto más bajo de esta curva indica la cantidad económica de pedido (EOQ), que es la cantidad que minimiza el costo total de inventario.

En el gráfico, la leyenda muestra que para una cantidad específica (en el ejemplo dado, aproximadamente 682.16 unidades), el costo de mantener es de 10.23 (posiblemente en alguna unidad monetaria). Este punto de datos se encuentra en el contexto de los costos totales, y resalta la importancia de encontrar el equilibrio entre los costos de ordenar y los costos de mantener para minimizar el costo total.

Figura 45

Lengüeta Modelo Probabilístico de Revisión Continua con Demanda Variable y Tiempo de Entrega Constante

Factor de seguridad (z):	<input type="text" value="2.054"/>
Desviación Estándar (σD):	<input type="text" value="7"/>
Tiempo de entrega de espera (LT):	<input type="text" value="5"/>
Demanda promedio (\bar{d}):	<input type="text" value="22.81"/>
Demanda anual (D):	<input type="text" value="8212"/>
Costo por unidad (C):	<input type="text" value="0.05"/>
Costo de ordenar (K):	<input type="text" value="0.85"/>
Costo de mantener por unidad (h):	<input type="text" value="0.03"/>

Respuestas
Cantidad óptima de pedido (y^*): 682.16
Número de órdenes (N): 12.04
Punto de Reorden (R): 146.2
Inventario de Seguridad (SS): 32.15
Costo Total Anual del Sistema (CT): 431.93



La figura 45 muestra los resultados para un modelo probabilístico de revisión continua de demanda variable y tiempo de entrega constante (MP-RC-DV-TC). En este modelo se registraron los siguientes datos en las nuevas variables:

1. Factor de seguridad (z) 98% = 2.054. "Política del cada hospital"
2. La desviación estándar de la demanda (σ_D que se consideró (7) unidades.
3. Tiempo de entrega de espera (LT) (5) días.
4. Demanda promedio diaria (\bar{d}) ($684.32 / 30 \text{ días} = 22.81 \approx 23$), este cálculo se lo realiza de esta manera por considerar que los hospitales trabajan los 365 días del año.

Nota: Los registros de (LT) y (\bar{d}) están en la misma unidad de medida, en este caso "días".

En la figura 45, se observa que el valor de la cantidad económica de pedido (y^*) permanece igual al del modelo EOQ básico mostrado en la figura 42, ya que las nuevas variables no afectan la ecuación (10). Sin embargo, el Punto de Reorden (R) cambia, ya que se aplica la ecuación (28), resultando en un valor de 146.2, aproximadamente 146 unidades, lo que representa una disminución de 535.96, aproximadamente 535 unidades, en comparación con el modelo EOQ básico. Además, el Inventario de Seguridad (SS), calculado con la ecuación (28), resulta en 32.15, aproximadamente 32 unidades. El costo total anual del sistema, según la ecuación (29), ahora es de \$431.53, lo que supone un incremento de \$0.47 en comparación con el modelo EOQ básico, debido a la variabilidad de la demanda en este modelo.

Lengüeta Modelo Probabilístico de Revisión Continua con Demanda Variable y Tiempo de Entrega Variable

Figura 46

Lengüeta Modelo Probabilístico de Revisión Continua con Demanda Variable y Tiempo de Entrega Variable

2.054
Desviación Estándar (σ_D):
7
Tiempo de entrega de espera (LT):
5
Demanda promedio (\bar{D}):
22.81
Demanda anual (D):
8212
Costo por unidad (C):
0.05
Costo de ordenar (K):
0.85
Costo de mantener por unidad (h):
0.03

Respuestas Cantidad óptima de pedido (y^*): 682.16 Número de órdenes (N): 12.04 Punto de Reorden (R): 146.2 Inventario de Seguridad (SS): 32.15 Costo Total Anual del Sistema (CT): 431.53
--



La figura 46 muestra los resultados para un modelo probabilístico de revisión continua de demanda constante y tiempo de entrega variable (MP-RC-DC-TV). Este modelo además de las variables ya conocidas, se presenta una nueva variable que se calcula de la siguiente forma:

La desviación estándar del tiempo de entrega (σ_{LT}) que se considera (0.71 días), debido a que el tiempo de entrega de espera (LT) es 5, en este caso los hospitales trabajan los 365 días del año, y la semana consta de 7 días se obtiene ($5 / 7 = 0.71$).

Los nuevos resultados son:

Este modelo presenta los siguientes cambios en las respuestas:

Punto de reorden con ecuación (31) se obtiene $147.31 \approx 147$ unidades.

Inventario de seguridad con ecuación (30) da un valor de $33.26 \approx 33$ unidades.

El costo total anual del sistema de ecuación (29) es de \$ 432.06

Figura 47

Lengüeta Modelo Probabilístico de Revisión Continua con Demanda Variable y Tiempo de Entrega Variable

Ingreso de Datos para MP-RC-DV-TV	
Factor de seguridad (z):	2.054
Desviación estándar tiempo de entrega (σ_{LT}):	0.71
Desviación estándar de la demanda (σ_d):	7
Tiempo de entrega (LT):	5
Tiempo promedio de espera (LT con barra):	3
Demanda promedio (\bar{d}):	22.81
Demanda anual (D):	8212
Costo por unidad (C):	0.05
Costo de ordenar (K):	0.85
Costo de mantener por unidad (h):	0.03

Resultados	
Inventario de Seguridad (SS):	41.55
Punto de Reorden (R):	155.6
Cantidad Económica de Pedido (Q):	682.16
Número de Órdenes de Compra (N):	12.04
Costo total Anual del sistema (CT):	432.31



La figura 47 se visualiza los resultados para un modelo probabilístico de revisión continua, pero en este caso la demanda es variable, así como el tiempo de entrega (MP-RC-DC-TV), considerado este modelo el más complejo porque se reúnen las dos sigmas (σ), tanto el de la desviación estándar de demanda diaria (σ_D) como la desviación estándar del tiempo de entrega (σ_{LT}). En este nuevo modelo además de las variables ya conocidas de los modelos de la figura 45 y 46 presenta una nueva variable “Tiempo promedio de espera” se considera para este caso (3 días).

Los nuevos resultados son:

Punto de reorden con ecuación (33) se obtiene $155.6 \approx 156$ unidades.

Inventario de seguridad con ecuación (32) da un valor de $41.55 \approx 42$ unidades.

El costo total anual del sistema de ecuación (29) es de \$ 432.31.

Tabla 25*Resultados (R), (SS) y (CT) en modelos Determinísticos y Probabilísticos*

	(EOQ BÁSICO)	(MP-RC-DV-TC)	(MP-RC-DC-TV)	(MP-RC-DV-TV)
Punto de reorden (R)	682.16 u	146.2 u	147.31 u	155.6 u
Inventario de Seguridad (SS)	“No aplica”	32.15 u	33.26 u	41.55 u
Costo total sistema (CT)	\$ 431.06	\$ 431.53	\$ 432.06	\$ 432.31

Análisis de resultados de los Modelos de Inventario

Se analiza cuál modelo tiene el mayor valor para cada uno de los parámetros (Punto de Reorden (R), Inventario de Seguridad (SS) y Costo Total del Sistema (CT)) y expliquemos por qué ocurre esto:

Punto de reorden (R)

- a. **Mayor valor:** EOQ Básico con 682.16 unidades.
- b. **Razón:** El modelo EOQ básico no considera la variabilidad en la demanda ni en el tiempo de entrega, por lo que su punto de reorden se basa únicamente en la demanda promedio durante el tiempo de entrega. Sin la inclusión de un inventario de seguridad, el punto de reorden es simplemente la demanda durante el tiempo de entrega.

Inventario de seguridad (SS)

- a. **Mayor valor:** MP-RC-DV-TV con 41.55 unidades.
- b. **Razón:** Este modelo considera la variabilidad tanto en la demanda como en el tiempo de entrega, lo que resulta en la necesidad de un inventario de seguridad más alto para protegerse contra la incertidumbre en ambos factores. Esto asegura que se mantenga un nivel de servicio adecuado incluso con fluctuaciones en la demanda o retrasos en el suministro.

Costo total del sistema (CT)

- a. **Mayor valor:** MP-RC-DV-TV con \$432.31.
- b. **Razón:** El costo total es más alto en este modelo debido al inventario de seguridad adicional requerido para mitigar la variabilidad en la demanda y el tiempo de entrega. Este costo extra refleja la inversión necesaria para reducir el riesgo de ruptura de stock y asegurar la disponibilidad continua de productos.

En el análisis de los modelos de inventario, se observa que los Costos Totales del Sistema (CTU) son bastante similares entre los diferentes enfoques, con valores que oscilan entre \$431.06 y \$432.31. Aunque esta diferencia pueda parecer pequeña a primera vista, es crucial considerar que los volúmenes de compras de medicamentos e insumos médicos son significativamente grandes. Además, al tratarse de múltiples ítems, una variación aparentemente mínima en el costo puede acumularse y convertirse en un monto considerablemente importante. Por lo tanto, incluso una ligera diferencia en los costos totales puede tener un impacto relevante en la gestión financiera y operativa de los hospitales del IESS, subrayando la importancia de elegir el modelo de inventario más adecuado para optimizar tanto los costos como la disponibilidad de productos.

Recomendación general

Si la organización puede manejar la complejidad adicional y tiene acceso a datos fiables sobre la demanda y los tiempos de entrega, el modelo MP-RC-DV-TV es generalmente el más adecuado, ya que proporciona la mayor flexibilidad y preparación ante la incertidumbre.

Sin embargo, si los recursos para la gestión del inventario son limitados, o si la demanda y los tiempos de entrega son relativamente estables, el modelo EOQ básico puede ser suficiente y más fácil de implementar.

Para los hospitales del IESS, minimizar el riesgo de ruptura de stock y asegurar la disponibilidad continua de productos es crucial. Por esta razón, el software que se ha desarrollado está diseñado para gestionar eficientemente los inventarios y

abordar estos desafíos. A continuación, se presenta una evaluación de los modelos de inventario más adecuados para esta situación:

EOQ Básico Determinístico

- a. Ventajas: Es simple de calcular y entender, y no requiere datos sobre la variabilidad de la demanda o el tiempo de entrega.
- b. Desventajas: No considera incertidumbres en la demanda o en los tiempos de entrega, lo que puede llevar a niveles de stock inadecuados (sobrestocking o understocking).
- c. Adecuado para: Situaciones donde la demanda es relativamente estable y predecible, y los tiempos de entrega son constantes y confiables.

MP-RC-DV-TC (Demanda Variable, Tiempo de Entrega Constante)

- a. Ventajas: Considera la variabilidad en la demanda, lo que permite un cálculo más preciso del inventario de seguridad y, por lo tanto, puede reducir el riesgo de faltantes de stock.
- b. Desventajas: Requiere datos adicionales sobre la variabilidad de la demanda y puede ser más complejo de implementar y gestionar.
- c. Adecuado para: Entornos donde la demanda es variable pero los tiempos de entrega son confiables y constantes.

MP-RC-DC-TV (Demanda Constante, Tiempo de Entrega Variable)

- a. Ventajas: Permite manejar la incertidumbre en los tiempos de entrega, ajustando el inventario de seguridad para cubrir posibles retrasos.
- b. Desventajas: Similar al modelo anterior, puede ser más complejo y requiere datos precisos sobre los tiempos de entrega.
- c. Adecuado para: Situaciones donde los tiempos de entrega son variables, pero la demanda es relativamente constante.

MP-RC-DV-TV (Demanda Variable, Tiempo de Entrega Variable)

- a. Ventajas: Ofrece la mayor flexibilidad y robustez, considerando tanto la variabilidad en la demanda como en los tiempos de entrega.
- b. Desventajas: Es el modelo más complejo de implementar y gestionar, y requiere datos detallados sobre la demanda y los tiempos de entrega.
- c. Adecuado para: Entornos donde tanto la demanda como los tiempos de entrega son variables y no predecibles.

f. Lengüeta Software Precio Referencia

La pestaña 'Precio Referencia' permite calcular el promedio del precio de compra de un producto en un periodo específico. Los campos disponibles incluyen:

- a) Inventario: Selección del producto.
- b) Fecha de Ingreso desde: Fecha de inicio para el cálculo del precio promedio.
- c) Fecha de Ingreso hasta: Fecha de fin para el cálculo del precio promedio.

Al presionar el botón 'Calcular Promedio de Precio de Compra', el software calcula y muestra el precio promedio de compra del producto en el periodo especificado.

Figura 48

Interfaz del software, lengüeta Precio Referencia



Esta parte del software es importante porque ayuda a las administraciones de los hospitales a minimizar las especulaciones referentes a los sobrepuestos de

medicamentos e insumos médicos, que también ha sido observado en los hospitales del IESS a nivel nacional por las autoridades gubernamentales, mencionados también en esta investigación.

El usuario puede visualizar a nivel nacional los precios de un producto en todos los hospitales del IESS y realizar un estudio de mercado adecuado para el departamento de planificación, compras públicas entre otros, evitando de esta manera pérdidas económicas para la institución, también la optimización de los tiempos de los funcionarios en estas áreas, y de ser necesario la presencia en cuanto al número de este personal en cada departamento del IESS, con el fin de lograr un mejor manejo de recurso de la institución en todos los ámbitos y destinarlos en otras áreas de mayor relevancia.

En las figuras 35, 37, 38 y 39 también se observa usando un filtrado de formar individual un ítem y conocer el precio de venta de cada proveedor, y con la lengüeta de la figura 41 visualizar en la celda de observaciones y determinar si el proveedor ofrece algún tipo de descuento por volúmenes altos de venta, que también es necesario para la aplicación de las ecuaciones (21), (22) y (25) en los Modelos Determinísticos EOQ con reducción de precios.

Funciones Adicionales

Figura 49

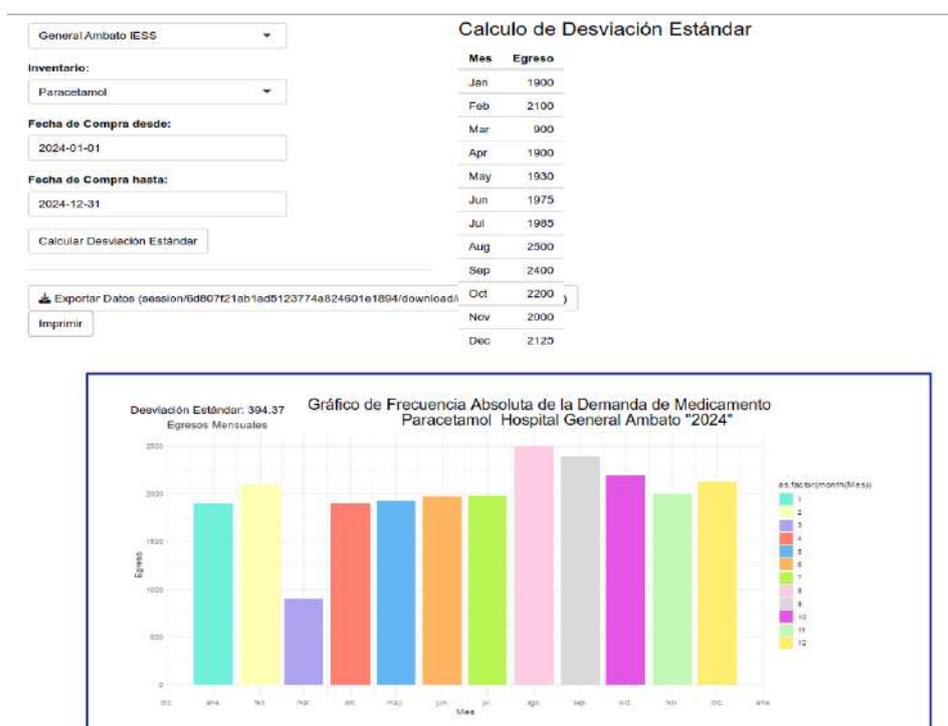
Interfaz del software, Gráfico



g. Lengüeta desviación estándar

Figura 50

Frecuencia Absoluta y Resultados de Desviación Estándar



Gráficos

Los gráficos que se pueden presentar en el software en esta lengüeta de la figura 49, es para completar la información y tener una mayor visualización del comportamiento de la demanda promedio por mes de un medicamento o insumo médico de cada hospital durante el año.

Se ha realizado de un ejemplo demostrativo del software en la figura 50, donde se observa un gráfico de frecuencia absoluta, que indica el comportamiento mensual de la demanda y el cálculo de la desviación estándar del medicamento en este ejemplo paracetamol. El tamaño de cada barra en la gráfica ayuda corroborar la respuesta del cálculo de la desviación estándar, para determinar si existe la presencia de este indicador, de un ítem y en un hospital en específico que se desee consultar en este apartado.

La importancia de los resultados de la gráfica en la figura 50 para la aplicación de la ecuación (3) dónde se considera una demanda determinística de un producto

cuya variabilidad es inferior o 20%. En este caso práctico la demanda media del medicamento paracetamol del Hospital General Ambato es de 2000, se observa en la figura 50 refleja un resultado de la desviación estándar que haciende a (394.37) que bien podría considerar determinística porque el 20% de 2000 es 400, o salvo mejor criterio para el administrador podrá aplicar para un modelo probabilísticos por estar muy cerca de ese porcentaje y tener una mayor seguridad de ese medicamento en el inventario.

Si el administrador del hospital considerado demanda probabilística el porcentaje mencionado, tendrá que aplicar las ecuaciones de inventario de seguridad (27), punto de reorden (28), y (29) costo total por unidad al año en el sistema dentro de los Modelo Probabilístico de Revisión continua con Demanda Variable y tiempo de entrega constante. Además, también se aplica en la ecuación (30) inventario de seguridad y (31) punto de reorden en el Modelo Probabilístico de Revisión continua, con Demanda Constante y Tiempo de entrega variable, y finalmente en las ecuaciones (32) inventario de seguridad, (33) punto de reorden, (34) revisión periódica, (35) desviación estándar de la demanda durante el periodo de revisión y entrega, (36) inventario de seguridad y (37) cantidad a pedir en el periodo T, en los Modelo Probabilístico de Revisión continua, con Demanda Variable y Tiempo de Entrega Variable.

Los datos que se obtienen del software en la lengüeta Demanda (figura 42), Desviación Estándar figura 50, en conjunto con Proveedores de la figura 41 ayuda a la complementación para aplicación de las ecuaciones citadas a lo largo de esta investigación, consideras las lengüetas más importantes del software.

El software también incluye las siguientes funcionalidades adicionales:

- a. Descargar Datos: Permite al usuario descargar los datos del inventario, ingresos, egresos, saldos, farmacias y proveedores en formato CSV o Excel.
- b. Imprimir: Función para imprimir los datos de cada pestaña.
- c. Actualización Dinámica: Las listas desplegables para seleccionar farmacias e inventarios se actualizan dinámicamente basadas en los datos ingresados.

- d. Verificación de Stock: Antes de registrar un egreso, el software verifica que haya suficiente stock disponible.

El software de control de inventarios para las farmacias del IESS es una herramienta robusta y eficiente que permite gestionar el inventario de medicamentos y suministros médicos de manera efectiva. Cada pestaña del software está diseñada para facilitar la administración de la farmacia de cada hospital, asegurando que los usuarios puedan registrar y monitorear ingresos y egresos, mantener un control preciso del stock, y generar informes detallados que ayuden en la toma de decisiones a las autoridades de cada nosocomio del IESS.

4.28 Software y su aporte en la optimización de inventarios, para la aplicación modelos determinísticos y estocásticos.

El software se enriquece con la capacidad de proporcionar datos críticos sobre las cantidades de medicamentos e insumos médicos que están próximos a agotarse o que requieren devolución, junto con precios referenciales obtenidos de otros hospitales para productos específicos, y un control de la demanda determinística promedio como la probabilística, Este flujo de información se complementa con un estudio de mercado detallado y ofertas de descuento basadas en las cantidades de compra. Al integrar estos datos, el software permite brindar información eficientemente para los administradores de los hospitales del IESS y puedan considerar las mejores decisiones en la aplicación de modelos de inventario en escenarios determinísticos y estocásticos, especialmente en esta última.

Además, la funcionalidad de alertas sobre productos próximos a expirar permite a los usuarios tomar acciones preventivas, como devolver productos a los proveedores dentro de los plazos establecidos o redistribuirlos a hospitales donde puedan ser utilizados antes de su vencimiento. Esta capacidad de gestión proactiva reduce el riesgo de expiración y asegura que los recursos sean utilizados de manera eficiente. La capacidad de gestionar préstamos interhospitalarios también contribuye a una rotación de inventarios más dinámica y colaborativa, optimizando los recursos disponibles y garantizando que los hospitales puedan responder rápidamente a las necesidades emergentes de suministros médicos, ayudando a los administradores a tomar decisiones informadas sobre cuándo y cuánto pedir,

así como a evaluar la duración del inventario disponible. Esto permite una planificación más precisa y una mejor gestión del espacio de almacenamiento.

El tiempo de entrega es otro factor crítico que el software puede brindar información a través de los históricos de cumplimiento por parte de los proveedores. Al tener datos sobre los tiempos de entrega, ayuda a los administradores a planificar pedidos con suficiente anticipación para garantizar que los suministros lleguen a tiempo. Esto es especialmente importante para medicamentos críticos y otros insumos médicos importantes en los afiliados del IESS.

En conjunto, estas características permiten una gestión de inventarios proactiva y adaptativa, esencial para mantener la operatividad y la calidad del servicio en el sector de la salud. La integración de modelos determinísticos y estocásticos, junto con un análisis detallado de precios, tiempos de entrega, asegura que los hospitales puedan optimizar sus inventarios de manera eficiente y efectiva. Este enfoque integral no solo mejora la disponibilidad y el uso de recursos, sino que también apoya la sostenibilidad financiera y operativa de las instituciones de salud, garantizando que puedan cumplir con su misión de proporcionar atención médica de calidad.

Los modelos de inventario determinísticos y estocásticos, son esenciales para la planificación eficiente de compras. Estos modelos se benefician enormemente de la información precisa que brinda el software sobre la demanda promedio mensual y la variabilidad de esta, tiempos de entrega, y precio referencial, facilitando el cálculo de la cantidad óptima de pedido. La aplicación del software ofrece el monitoreo de precios, ayudando a los funcionarios un buen estudio de mercado, para garantizar la compra de medicamentos e insumos médicos en precios justos, lo cual es crucial y fortalece la toma de decisiones estratégicas. Este software a mejorar significativamente en la transparencia y eficiencia en la gestión de recursos hospitales del IESS y su implementación representa un paso crucial hacia la modernización

CAPÍTULO V

5. CONCLUSIONES

1. El análisis de los resultados de la tesis, a través de diversas pruebas y test estadísticos como ANOVA, reveló importantes fluctuaciones en la compra de medicamentos en los hospitales del IESS durante los años 2017-2020. El año 2018, en particular, mostró diferencias significativas, indicando un aumento notable en la demanda de medicamentos. Estos hallazgos sugieren que la gestión de inventarios presenta ineficiencias, reflejadas en variaciones considerables en las cantidades compradas y en la falta de un sistema de planificación adecuado. El análisis también evidenció que la estabilidad en los periodos y las variaciones en otros pueden deberse a políticas de adquisición inconsistentes y a una planificación deficiente de la demanda, lo que genera tanto desabastecimientos como excedentes de stock, con implicaciones negativas para el servicio al paciente y los costos operativos.
2. Software de optimización desarrollado y presentado en esta tesis es una herramienta crucial para la optimización de la gestión de inventarios en los hospitales del IESS. Diseñado para integrar y analizar datos en tiempo real, el software y su aporte en modelos matemáticos avanzados para predecir la demanda de medicamentos insumos médicos para planificar las adquisiciones de manera eficiente. Su funcionalidad permite un seguimiento detallado del inventario, alertando sobre medicamentos próximos a caducar o stocks excesivos, y recomendando ajustes en las órdenes de compra. Este sistema no solo optimiza los procesos de adquisición y almacenamiento, sino que también mejora la coordinación entre los diferentes departamentos dentro de los hospitales, reduciendo el tiempo de operacionalización de los funcionarios, así los costos operativos y mejorando la disponibilidad de productos esenciales para los pacientes.

3. Las ventajas del control de Inventarios con la implementación del software de optimización en los hospitales del IESS ofrecen múltiples ventajas, particularmente en el control del stock y en la prevención del desabastecimiento y el exceso de inventario. Al minimizar la cantidad de productos caducados, el sistema reduce las pérdidas económicas significativas que resultan de la expiración de medicamentos. Además, el control de precios se convierte en un aspecto fundamental del software, ayudando a mitigar la volatilidad y especulación de precios elevados, que pueden ser perjudiciales para la gestión hospitalaria. Un control más riguroso del inventario asegura que los recursos se utilicen de manera eficiente, evitando tanto el desperdicio como la escasez, lo cual es esencial para mantener una operación hospitalaria estable y confiable.
4. El software propuesto permite un control exhaustivo de los modelos de inventario, tanto determinísticos como probabilísticos, a través de iteraciones y ajustes continuos basados en datos reales. En el modelo determinístico, el software ayuda a prever la demanda y optimizar el volumen de pedidos, reduciendo así los costos de mantenimiento y evitando desabastecimientos. En el modelo probabilístico, el sistema incorpora la incertidumbre en la demanda y en los tiempos de entrega, ajustando los niveles de inventario para minimizar los riesgos de stock. Estas capacidades permiten una gestión más precisa y adaptativa del inventario, mejorando significativamente la eficiencia operativa y la capacidad de respuesta del sistema hospitalario ante fluctuaciones en la demanda y en la oferta de medicamentos.

CAPÍTULO VI

6. RECOMENDACIONES

1. Los hallazgos de esta investigación, se recomienda la implementación de este software que permitirá la optimización de recursos económicos en todos los hospitales del IESS en Ecuador. La capacitación de los funcionarios es esencial para asegurar una adaptación eficaz al manejo del software y su correcta operación. Este sistema, basado en modelos matemáticos determinísticos y probabilísticos, optimiza la adquisición de medicamentos e insumos médicos, estableciendo puntos de reorden y cantidades óptimas de pedidos. Además, el software incluye un módulo de monitoreo de precios que ayuda a evitar sobrecostos, garantizando así la compra de insumos a precios justos y mejorando la transparencia en la gestión de recursos.
2. Si los hospitales del IESS pueden manejar la complejidad adicional y tienen acceso a datos fiables sobre la demanda y los tiempos de entrega, el modelo MP-RC-DV-TV es generalmente el más adecuado, ya que proporciona la mayor flexibilidad y preparación ante la incertidumbre. Sin embargo, si los recursos para la gestión del inventario son limitados, o si la demanda y los tiempos de entrega son relativamente estables, el modelo EOQ Básico puede ser suficiente y más fácil de implementar. El software que se ha desarrollado está diseñado para apoyar la implementación de estos modelos, facilitando la gestión del inventario y la toma de decisiones informadas en los hospitales del IESS.
3. La implementación del software reducirá significativamente las pérdidas económicas asociadas con medicamentos caducados y desabastecimientos, optimizando el uso de recursos y mejorando la atención al paciente. Este avance tecnológico es un paso crucial hacia la

modernización de los sistemas de salud en Ecuador, asegurando que los hospitales del IESS puedan gestionar sus inventarios de manera más eficiente y sostenible. En resumen, el software no solo aborda problemas críticos como la falta de medicamentos y el desperdicio de insumos, sino que también fortalece la toma de decisiones estratégicas en la administración hospitalaria.

7. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.

- Acosta Prieto, J. L., Ulloa Felipe, A. B., & Monzón Alfaro, Y. (2024). Procedimiento para la gestión de inventario en Empresa Industrial Ferroviaria José Valdés Reyes. *Avances*, 163-176.
- Água, P. B., Delaunay, R., & Frias, A. (2022). Optimización de operaciones en cadenas de suministro: minimizar los flujos de almacenamiento en función de la ubicación de los productos. *Revista Dirección y Organización*, 52-58.
- Aguilar, L., García, G., & Morales, L. (2018). Aceptación del software libre en las instituciones públicas de Morona Santiago en Ecuador. *Atlante. Cuadernos de Educación y Desarrollo*.
- Anderson, D., Sweeney, D., Williams, T., Camm, J., & Martin, k. (2011). *Métodos cuantitativos para los negocios*. México: CENGAGE.
- Andeson, T. W. (2003). *An Introduction to Multivariate Statistical Analysis*. New York.
- Arrow, K., Harris , T., & Marschak , J. (1951). Política de inventario óptima. *Econometría* 19, 250-272.
- Bernal, I., Iraizoz, E., & Gonzáles, J. (2020). El desabastecimiento y la escasez de medicamentos. Análisis y recomendaciones de la campaña “no es sano”. *Fundación Salud por Derecho y la Organización*, 3-17.
- Bofill , A., Sablón , N., & Florido, R. (2017). Procedimiento para la Gestión de Inventario en el almacén central de una cadena comercial Cubana. *Universidad y Sociedad*, 9, 41-51.
- Borda, H. (2018). *Propuesta de mejora del proceso de compra de bienes de la unidad de logística de 23 días reduciendo a 14 días de ejecución del hospital sub regional de Andahuaylas*. Universidad José Carlos Mariátegui, MOQUEGUA – PERU.
- Bravo Arroyave, J. S., Riascos Guerrero, J. A., Galván Colonia, E., & Pincay Lozada, J. L. (2024). Estrategias basadas en inteligencia artificial para la gestión de inventarios en la cadena de suministro. *Tecnología en Marcha*, 88-97.
- Cárdenas, A. (13 de Noviembre de 2020). *Medicina se caduca mientras pacientes del IESS esperan por fármacos*. Obtenido de El Universo: <https://www.eluniverso.com/noticias/2020/11/12/nota/8046601/medicina-se-caduca-mientras-pacientes-iess-esperan-farmacos/>
- Carmichael, D., Graham, L., & Whittington, R. (2007). *Accountants' handbook financial accounting and general topics* (11th ed.). Hoboken, N.J.: John Wiley & Sons.

- Carreño, D., Amaya, L., Ruiz, E., & Tiboche, F. (2019). Diseño de un sistema para la gestión de inventarios de las pymes en el sector alimentario. *Industrial Data*, 113-132.
- Castellano, P., & Pérez, M. (22 de 4 de 2020). Desabastecimiento de medicamentos: un problema en constante crecimiento. *Fundación Pharmaceutical Care*, 207–223.
- Celi, P. (11 de mayo de 2020). Contralor del Estado revela que en compras públicas de insumos médicos hay sobrepuestos de hasta 9000%. (Televisa, Entrevistador) Obtenido de <https://www.eluniverso.com/noticias/2020/05/11/nota/7838046/contralor-estado-revela-que-compras-publicas-insumos-medicos-hay/>
- Céspedes, N., Paz, J., Jimenez, F., Pérez, L., & Pérez, Y. (20 de Mayo de 2017). *La Administración de los Inventarios en el Marco de la Administración Financiera a Corto Plazo*.
- Chase, R., & Aquilano, N. (1995). *Dirección y administración de la producción y de las operaciones*. Mexico: McGraw-Hill.
- Chase, R., & Jacobs, R. (2009). *Administración de Operaciones Producción y cadena de suministros*. México: McGraw-Hill/Interamericana.
- Chase, R. B., & Jacobs, R. F. (2014). *Administración de Operaciones. Producción y cadena de suministros*. México: McGraw-Hill / Interamericana.
- Choo, C., & Díaz, D. (1999). *La organización inteligente: el empleo de la información para dar significado, crear conocimiento y tomar decisiones*. Mexico: DF: Oxford University Press.
- Chopra, S., & Meindl, P. (2008). *Administración de la Cadena de Suministro, Estrategia, planeación y operación*. México: Pearson Educación.
- Chopra, S., & Meindl, P. (2013). *Administración de la Cadena de Suministro, Estrategia, planeación y operación*. México: Pearson Educación.
- Clark, A. R., & Scarf, H. (1960). *Optimal Policies for a Multi-Item, Single-Stage Production Problem*. Estados Unidos: Management Science.
- Collazo, M., Ramos, D., Yañez, R., & De la Cruz, B. (2007). ¿El Control del Precio de los Medicamentos debe ser una Responsabilidad de las Autoridades Reguladoras Nacionales? *Latin American Journal of Pharmacy*, 913-923.
- Comercio, E. (1 de septiembre de 2020). *IESS investiga caso de sobrepuesto en la compra de medicamentos en hospital de Ambato*. Obtenido de El Comercio: <https://www.elcomercio.com/tendencias/sociedad/iess-investiga-sobrepuesto-medicamentos-ambato.html>
- Consejo de la Salubridad General. (2009). *Cuadro Básico y Catálogo de Medicamentos*. México.

- Contreras, M. (2018). Análisis de la sostenibilidad del sistema de pensiones ecuatoriano, periodo 2013-2025. *Papeles de población*, 29-62.
- Corruption Perceptions Index*. (23 de enero de 2020). Obtenido de Transparency International: <https://www.transparency.org/en/cpi/2020/index/nzl>
- Cuadras, C. (2019). *Nuevos Métodos de Análisis Multivariante*. Barcelona: CMC.
- Cuesta, J. F., Reátegui, L. A., Loor, K. J., & Patiño Pérez, D. (2023). Control de inventario de una empresa de venta de aves de corral usando algoritmo AHP. *ECUADORIAN SCIENCE JOURNAL*, 32-36.
- CVN. (15 de Enero de 2019). *Todo Lo Que Debes Saber Sobre Los Insumos Hospitalarios*. Obtenido de <https://www.cvn.com.co/insumos-hospitalarios/>
- De la Cruz Rodríguez, G. R., Pacheco Guzmán, J. J., Quispe Sánchez, E. S., Ríos Reyes, J. A., Renzo Yanpier, V. C., & Vigo Rodríguez, D. E. (2022). Artificial intelligence for the integration of blockchain in the supply chain: A systematic review. *Gestión de Operaciones Industriales*, 38-51.
- Doane, D. P., & Seward, L. E. (2011). Measuring Skewness: A Forgotten Statistic? *Journal of Statistics Education*.
- El Telégrafo. (22 de Febrero de 2019). *IESS tuvo fármacos caducados para el VIH*. Recuperado el 22 de 02 de 2019, de <https://www.eltelegrafo.com.ec/noticias/economia/4/iess-farmacos-caducados-vih-ecuador>
- El Universo. (15 de mayo de 2020). Ecuador Fiscalía también enfrenta pandemia de corrupción en hospitales. Recuperado el 15 de 05 de 2020, de <https://www.eluniverso.com/noticias/2020/05/15/nota/7841823/estructura-hace-anos-hospitales>
- El Universo. (17 de septiembre de 2020). *Medicamentos caducados y sin el correcto etiquetado se hallaron en hospitales y en botica privada en Guayaquil*. Obtenido de <https://www.eluniverso.com/guayaquil/2020/09/17/nota/7978741/medicamentos-operativos-farmacias-covid-19-arcasa>
- Erazo, A., Ramos, F., Galzara, P., & Boné, M. (2023). La inteligencia artificial aplicada a la optimización de programas informáticos. *Journal of Economic and Social Science Research*, 48-663.
- Fadul, A. (2004). *Diseño Estructurado de Algoritmos*. Colombia.
- Fisher, R. A. (1974). *Statistical tables for biological, agricultural and medical research*. Addison-Wesley Longman Ltd.
- Flores, C., & Chacón, G. (septiembre de 2012). Modelos determinísticos de inventarios para demanda independiente. Un estudio en Venezuela. *Contaduría y administración*.

- Garzón , Y. (2021). *Prototipo de software de registro y control de inventario para la empresa Ke–Nice’s [Tesis de Maestría, Universidad Católica de Colombia]*. Bogotá. Obtenido de <https://repository.ucatolica.edu.co/server/api/core/bitstreams/016154bd-a831-4000-949e-949714d8d696/content>
- González, A. (2 de octubre de 2020). El periodismo debe seguir legitimándose en su rigor e. *El Comercio*. Obtenido de <https://www.elcomercio.es/culturas/periodismodebe-seguir-20191002001809-ntvo.html>.
- Goyal, M., Singh, N., & Gupta, R. (2020). Artificial Intelligence in Software Engineering: A Systematic Mapping Study. *Journal of Systems and Software*.
- Goyal, S. (1985). Economic order quantity under conditions of permissible delay in payments. *The Journal of the Operational Research Society*, 4, 335-338.
- Granja, C. (30 de Julio de 2020). *Desabastecimiento de medicinas también pasa factura a la productividad; Ministerio de Salud estima pérdidas por casi \$ 20 millones*. Obtenido de El Universo:https://www-eluniverso-com.cdn.ampproject.org/v/s/www.eluniverso.com/noticias/ecuador/desabastecimiento-hospitalario-tambien-pasa-factura-a-la-productividad-ministerio-de-salud-estima-perdidas-por-casi-20-millones-nota/?amp_js_v=a6&_gsa=1&outputType=am
- Guerrero, L., & Escobar, M. (2020). Efectos sociales del desabastecimiento de medicinas en el hospital del Instituto Ecuatoriano de Seguridad Social de la ciudad de Portoviejo en el año 2020. *593 Digital Publisher CEIT*, 301-317.
- Gutiérrez , M., Narváez, C., & Ormaza, J. (2020). Control interno permanente en la administración de los inventarios del Hospital Homero Castanier Crespo. *Cienciamatria*, 553-583.
- Hadidah, I. (2016). *Analisis Kerugian Akibat Kejadian Obat Stagnant Dan Stockout Di Instalasi Farmasi*. Surabaya: Universitas Airlangga.
- Hair, J., Anderson, R., Tatham, R., & Black, W. (1999). *Análisis Multivariante*. Madrid: Pearson Prentice Hall.
- Heizer , J. H., & Render, B. (2009). *Principios de Administración de Operaciones* (Séptima ed.). México: Pearson Prentice Hall.
- Heredia, V. (25 de junio de 2019). *Faltan medicinas en hospitales del Instituto Ecuatoriano de Seguro Social*. Obtenido de El Comercio: <https://www.elcomercio.com/actualidad/hospitales-iess-escasez-medicinas-pacientes.html>
- Hernández Sampieri, R., Fernández , C., & Baptista, M. (2018). *Metodología de la investigación*. México: McGRAW-HILL Interamericana.
- Hernández, M., & Orueta , R. (2019). Desabastecimiento de medicamentos en España. Un problema de salud. *Aten Primaria*, 599-601.

- Hernández, R. (2014). *Metodología de la Investigación* (6 sexta ed.). México: McGRAW-HILL Educación.
- Herrera, K., & Ramírez Corro, F. O. (2024). Implementación de Indicadores para la Optimización de la Producción en una Empresa Procesadora de Alimentos en Panamá, 2022. *Revista Especializada de Ingeniería y Ciencias de la Tierra*, 134-141.
- Huang, C., & Chung, K. (2007). *An EOQ model for deteriorating items with time-proportional demand and shortages under inflation and time value of money*.
- INEC. (2010). *Resultados Censo de Población*. Obtenido de <https://www.ecuadorencifras.gob.ec/censo-de-poblacion-y-vivienda/>
- Johnson, R. A., & Wichern, D. W. (2007). *Applied multivariate statistical analysis* (6th ed. ed.). New Jersey: Pearson Prentice Hall.
- Klassen, R. D., & Jacobs, B. W. (2001). La integración de la tecnología de la información con la cadena de suministro: un examen de su potencial y desafíos. *The International Journal of Management Science*, 681-697.
- Kotler, P., & Armstrong, G. (2013). *Fundamentos de Marketing*. México: Pearson Educación.
- Kumalasari, A. (2016). *Pengendalian Persediaan Obat Generik Dengan Metode MMSL (Minimum-Maximum Stock Level) dan Metode EOQ (Economic Order Quantity)*. Surabaya: Universitas Airlangga.
- Latama, C., Gálvez, R., Sanchez, J., Pita, P., & Puigventós, F. (2017). *Medicamentos ¿Derecho humano o negocio?* Madrid: Ediciones Díaz de Santos.
- Leyva, K. (2020). *Nivel de eficacia de la Ley N° 31040 y su afectación del derecho a la salud a consecuencia del alza de precios en las boticas del distrito de Tarapoto, Agosto-Diciembre 2020*. Universidad Nacional de San Martín, Tarapoto-Perú.
- Mella, C. (20 de octubre de 2020). *El IESS dejó caducar medicinas en los 101 hospitales de su red*. Obtenido de Primicias: <https://www.primicias.ec/noticias/sociedad/hospitales-iess-dejaron-caducar-medicamentos/>
- Mesa, A. (2017). Una visión histórica en el desarrollo de fármacos a partir de productos naturales. *Ciencias Farmacéuticas*, 16-27.
- Mitchell, T. (1997). *Machine Learning*. New York: McGraw-Hill Education.
- Mwamba, E., & Yangailo, T. (2022). El impacto de la gestión de inventarios en el rendimiento de una organización. *Revista Científica Profundidad Construyendo Futuro*, 77-85.

- Noori, H., & Radford, R. (1997). *Administración de operaciones y producción. Calidad total y respuesta sensible rápida*. Colombia: MacGraw-Hill Latinoamericana.
- Organización Mundial de la Salud. (2012). *Estadística Sanitarias Mundiales*. Obtenido de https://apps.who.int/iris/bitstream/handle/10665/44858/9789243564449_spa.pdf;jsessionid=30D024E0D6DCC544CA8A9A7731F9E46F?sequence=1
- Organización Mundial de la Salud. (2016). La escasez mundial de medicamentos y la seguridad y accesibilidad de los medicamentos pediátricos. 1-6.
- Ortega, A., Padilla, S., Torres, J., & Ruz, A. (2017). Nivel de importancia del control interno de los inventarios dentro del marco conceptual de una empresa. *Liderazgo Estratégico*, 7, 71-82.
- Patanjali, K. (2017). *Machine Learning for Decision Makers*. Bangalore, India: Apress.
- Pinchi, M. (2020). *Eficacia de la Ley 31040 y delito de acaparamiento de productos y especulación de precios, ante la crisis económica por pandemia del COVID-19 en Tarapoto, 2020*. Universidad César Vallejo, Tarapoto- Perú.
- Pressman, R. (2010). *Ingeniería de software enfoque practico*. México: McGRAW-HILL.
- Primicias. (16 de septiembre de 2020). *Red de corrupción en hospital del IESS enquistada desde 2015*. Obtenido de <https://www.primicias.ec/noticias/politica/red-corrupcion-hospital-iess-enquistada/>
- Pulido Rojano, A., Pizarro Rada, A., Padilla Polanco, M., Sánchez Jiménez, M., & De la Rosa, L. (2020). An optimization approach for inventory costs in probabilistic inventory models: A case study. *Ingeniare. Revista chilena de ingeniería*, 383-395.
- Quiroga, M. A., Pérez Jiménez, F., & Serrano Gómez, M. (2015). La Administración de los inventarios en las empresas estatales cubanas. Métodos a utilizar en la gestión de inventario. *Universidad & ciencia*.
- Render, B. (2016). *Métodos Cuantitativos para los Negocios* (11 ed.). España: ADDISON-WESLEY.
- Render, B., & Heizer, J. (2009). *Principios de administración de operaciones*. México: Pearson Educación.
- Rivera García, E. E., Albán Velasco, L. L., Zamora Varas, G. F., & Menéndez Marquinez, C. A. (2024). Uso del Software Adonis en la gestión por procesos empresarial. *JOURNAL OF SCIENCE AND RESEARCH*, 116-127.
- Rodríguez, A. (2016). Optimización de estados en la mejora de procesos de. *Enl@ce Revista Venezolana de Información, Tecnología y Conocimiento*, 9-27.

- Romero, R. (1997). *Del libro: Marketing*. Palmir EIRL.
- Sauls, C. (2016). Trend in revenue loss due to expired medication at a large urban hospital in Johannesburg, South Africa. *Escuela de Salud Pública de la Universidad*.
- Silver, E., Pyke, D., & Peterson, R. (1998). *Gestión de inventarios y planificación y programación de la producción*. Nueva York: John Wiley.
- Simchi-Levi, D., Kaminsky, P., & Simchi-Levi, E. (2008). *Supply chain design and management: concepts, strategies, and case studies*. Estados Unidos: McGraw-Hill Higher Education.
- Smith, J. (2018). *Statistical methods in medical research*. Publisher. Springer.
- Sorondo, H. M., & Gordon, P. W. (1987). *Investigación de Operaciones*.
- Soto, S., Rivero, L., & Olgúin, E. (2019). El uso de software libre en el control de inventarios: caso de estudio. *Ciencia Administrativa*, 12, 2-7.
- Stair, R., & Reynolds, G. (2018). *Principles of information systems*. Mexico: Cengage Learning.
- Taha, H. (2004). *Investigación de Operaciones*. México: Pearson Educación.
- Taha, H. (2012). *Investigación de Operaciones* (Novena Edición ed.). Mexico: Pearson Educación.
- Taha, H. (2017). *Investigación de Operaciones* (Décima ed.). México: Pearson Educación.
- Taylor, J., & Harris, R. (2019). *Diccionario médico: Términos y definiciones para estudiantes de medicina*. Harris, R., & Taylor, J.
- Telégrafo, E. (22 de 02 de 2019). IESS tuvo fármacos caducados para el VIH.
- Telégrafo, E. (12 de junio de 2020). El sobreprecio más escandaloso está en hospital "Los Ceibos". Obtenido de <https://www.eltelegrafo.com.ec/noticias/judicial/12/sobreprecio-escandalo-hospital-ceibos>
- Tersine, R. (1998). *Principles of Inventory and Materials Management*. North-Holland.
- Thompson, I. (2008). *Promonegocios*. Obtenido de Definición de precio: Obtenido de <https://www.promonegocios.net/mercadotecnia/precio-definicionconcepto.html#:~:text=Definici%C3%B3nde%20Precio%2C%20Seg%C3%BAn,2008,vol.2>
- Toerper, M. V. (2014). Medication waste reduction in pediatric pharmacy batch processes. *J Pediatr Pharmacol Ther.* 2014 Apr;19(2):111-7. doi:10.5863/1551-6776-19.2.111.

Valencia, P. (1997). Optimización mediante algoritmos genéticos. *Paper presented at the Anales del Instituto de Ingenieros de Chile.*

ANEXO 1: Matriz de operacionalización de las variables

Título: Software de optimización para modelos de inventarios y control de precios de medicamentos e insumos en hospitales del Instituto Ecuatoriano de Seguridad Social								
Variables	Definición Teórica	Definición Operativa	Dimensiones	Indicador	Tipo de Estadística	Escala	Dato	Instrumento
Software de optimización para modelos de inventarios (Independiente)	Herramientas computacionales que permiten registrar las transacciones, es decir, entradas y salidas al almacén, para apoyar el control de inventarios para la industria moderna están basados en el tradicional modelo Cantidad Económica de Pedido.	Automatización de modelos de inventario, mediante algoritmo de computación.	Modelos de Inventarios. Base de datos del inventario. Lenguaje de programación.	Porcentaje de exactitud en la toma de decisión para generar la compra. Cantidad óptima de pedido, para generar la compra.	Cuantitativo Continua	Intervalo Entero	0-100 Numérico	Base de Datos.
Control de precios de medicamentos e insumos en los hospitales del Instituto Ecuatoriano de Seguridad Social. (Dependiente)	Logística que se realiza antes de adquirir un bien o servicio, para seleccionar el precio conveniente y prevenir incrementar los costos en la empresa, a través de un estudio de mercado realizado por decisiones administrativas.	Precio mínimo de entre todos los proveedores, con la máxima calidad del medicamento e insumo necesario para la actividad de los hospitales del IESS.	Proveedor con precios más económico de los medicamentos e insumos. Calidad de medicamento e insumo. Tiempo de adquisición del insumo.	Precio promedio referencial de los medicamentos e insumos. Porcentaje de eficacia de los medicamentos e insumos Días.	Cuantitativo Continua.	Real Intervalo Razón	Numérico 0-100	Base de Datos.

ANEXO 2: Matriz de Consistencia

Título: Software de optimización para modelos de inventarios y control de precios de medicamentos e insumos en hospitales del Instituto Ecuatoriano de Seguridad Social.				
FORMULACIÓN DEL PROBLEMA	OBJETIVO GENERAL	HIPÓTESIS GENERAL	VARIABLE INDEPENDIENTE	VARIABLE DEPENDIENTE
¿El diseño de un software de optimización para modelos de inventarios, permitirá mejorar el control de precios de medicamentos e insumos en hospitales del Instituto Ecuatoriano de Seguridad Social?	Diseñar un software de optimización para modelos de inventarios y control de precios de medicamentos e insumos en hospitales del Instituto Ecuatoriano de Seguridad Social.	El diseño de un software de optimización para modelos de inventarios, permite la mejora del control de precios de medicamentos e insumos en hospitales del Instituto Ecuatoriano de Seguridad Social.	Software de optimización para modelos de inventarios.	Control de precios de medicamentos e insumos en los hospitales del Instituto Ecuatoriano de Seguridad Social.
PROBLEMA ESPECÍFICO 1	OBJETIVO ESPECÍFICO 1	HIPÓTESIS ESPECÍFICA 1		
¿Qué características se debe considerar en la base de datos de los precios, cantidad de compras de medicamentos e insumos médicos de los hospitales del Instituto Ecuatoriano de Seguridad Social?	Analizar la base de datos de precios, cantidad de compras de medicamentos e insumos médicos de los hospitales del Instituto Ecuatoriano de Seguridad Social.	La base de datos interconectados entre los hospitales permite el control de precios y cantidad de compras de medicamentos e insumos médicos de los hospitales del Instituto Ecuatoriano de Seguridad Social.		
PROBLEMA ESPECÍFICO 2	OBJETIVO ESPECÍFICO 2	HIPÓTESIS ESPECÍFICA 2		
¿Qué modelo optimizará los inventarios de precios de medicamentos e insumos en hospitales del Instituto Ecuatoriano de Seguridad Social?	Elaborar el modelo de optimización para inventarios y control de precios de medicamentos e insumos en hospitales del Instituto Ecuatoriano de Seguridad Social.	Los modelos determinísticos y probabilístico permiten optimizar los inventarios de precios de medicamentos e insumos en hospitales del Instituto Ecuatoriano de Seguridad Social.		
PROBLEMA ESPECÍFICO 3	OBJETIVO ESPECÍFICO 3	HIPÓTESIS ESPECÍFICA 3		
¿Qué software permite la optimización para inventarios y control de precios de medicamentos e insumos en hospitales del Instituto Ecuatoriano de Seguridad Social?	Diseñar y verificar el software de optimización para inventarios y control de precios de medicamentos e insumos en hospitales del Instituto Ecuatoriano de Seguridad Social.	El software en función de los modelos determinísticos y probabilísticos permite la optimización de inventarios y control de precios de medicamentos e insumos en hospitales del Instituto Ecuatoriano de Seguridad Social.		

ANEXO 3: Programa en base de Rstudio, para diseño del software modelo de optimización de inventarios.

Link:

https://drive.google.com/file/d/1h9b0Ch3EFh3V_LBN9JXmR4qe7YY7kHd_/view?usp=sharing