



# FACULTAD DE INGENIERÍA

Carrera de Ingeniería Industrial

“PROPUESTA DE UN MODELO DE INVENTARIO PARA MEJORAR LA GESTIÓN DE ABASTECIMIENTO DE CONSUMIBLES EN UN CENTRO DE ESTUDIOS SUPERIORES”

Tesis para optar el título profesional de:

Ingeniero Industrial

Autor:

Jaime David Gil Lozano

Asesor:

Ing. Freddy Matute Miranda

Lima - Perú

2020

## DEDICATORIA

A Dios, por haberme bendecido con tantas cosas en la vida. Porque a pesar de mis errores y pecados, nunca me abandonó.

A mi padre Jaime David Gil Mendoza (Q.E.P.D.), porque siempre estuvo conmigo en todo momento de mi vida. Porque además de haber sido un gran padre, fue también mi mejor amigo. Te amo papá.

A mi madre y a mis hermanos, porque son mi motivo para seguir superándome cada día más.

A Karen Emperatriz Atuncar Menacho, por haber llegado a mi vida y por haberme ayudado a lograr mis metas. Te amo mi amor.

## **AGRADECIMIENTO**

Al Ing. Freddy Matute Miranda, por su asesoría y ayuda para que yo pueda finalizar de la mejor manera la presente tesis.

## Tabla de contenidos

DEDICATORIA .....	2
AGRADECIMIENTO .....	3
ÍNDICE DE TABLAS .....	7
ÍNDICE DE FIGURAS .....	9
ÍNDICE DE FÓRMULAS.....	11
<b>CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN .....</b>	<b>14</b>
<b>1.1. Realidad problemática .....</b>	<b>14</b>
1.1.1. Contexto a nivel general.....	14
1.1.2. Contexto a nivel institucional.....	18
1.1.2.1. Problemas identificados en la institución objeto de estudio.....	18
1.1.2.2. Nivel de servicio alcanzado .....	23
1.1.2.3. Determinación de las principales referencias .....	29
1.1.2.4. Análisis de los lead-times .....	37
1.1.2.5. Análisis de los niveles de inventario.....	42
1.1.2.6. Análisis de las compras con caja chica .....	45
<b>1.2. Antecedentes .....</b>	<b>47</b>
1.2.1. Internacionales .....	47
1.2.2. Nacionales.....	48
<b>1.3. Bases teóricas.....</b>	<b>50</b>
1.3.1. Consumibles .....	50
1.3.2. Stock .....	51
1.3.3. Gestión de los stocks.....	51
1.3.4. Servicio al cliente.....	51
1.3.5. Abastecimiento .....	51
1.3.6. Categorización A-B-C.....	52
1.3.7. Pronósticos .....	52
1.3.7.1. Patrones de una serie de tiempo .....	53
1.3.7.2. Promedios móviles.....	55
1.3.7.3. Suavizamiento exponencial simple .....	55
1.3.7.4. Suavizamiento exponencial lineal de Holt .....	56
1.3.7.5. Método de Holt-Winters .....	57
1.3.7.6. Descomposición de series de tiempo .....	58
1.3.8. Modelos de inventario.....	60
1.3.8.1. Demanda independiente contra dependiente .....	60
1.3.8.2. Modelo básico de la cantidad económica a ordenar (EOQ).....	61
1.3.8.3. Minimización de costos .....	62
1.3.8.4. Puntos de reorden .....	66
1.3.8.5. Modelos probabilísticos e inventario de seguridad .....	67
1.3.8.6. Otros modelos probabilísticos.....	70

1.3.8.6.1.	La demanda es variable y el tiempo de entrega es constante	71
1.3.8.6.2.	El tiempo de entrega es variable y la demanda es constante	71
1.3.8.6.3.	Tanto la demanda como el tiempo de entrega son variables	71
1.3.8.7.	Sistemas de periodo fijo (p)	72
1.4.	Formulación del problema	74
1.5.	Objetivos	74
1.5.1.	Objetivo general	74
1.5.2.	Objetivos específicos	74
1.6.	Hipótesis	74
1.6.1.	Hipótesis general	74
1.6.2.	Hipótesis específicas	74
<b>CAPÍTULO II. METODOLOGÍA</b>		<b>75</b>
2.1.	Tipo de investigación	75
2.2.	Población y muestra (Materiales, instrumentos y métodos)	76
2.3.	Técnicas e instrumentos de recolección y análisis de datos	77
2.4.	Procedimiento	81
2.5.	Aspectos éticos	82
<b>CAPÍTULO III. RESULTADOS</b>		<b>83</b>
3.1.	Pronosticando la demanda	83
3.1.1.	Familias de producto de los consumibles principales	83
3.1.2.	Pronosticando la familia combustibles y lubricantes	84
3.1.3.	Pronosticando la familia economato	91
3.1.4.	Pronosticando las familias de producto restantes	97
3.2.	Determinación del tipo de demanda: Coeficiente de Variación (V)	101
3.3.	Comprobación del tipo de demanda: Prueba de normalidad Anderson-Darling	105
3.4.	Determinación de los costos de mantener inventario y de ordenar pedidos	107
3.4.1.	Costos de mantener inventario de consumibles	107
3.4.2.	Costo de pedir consumibles	110
3.5.	Determinación de la cantidad económica a ordenar (EOQ)	111
3.6.	Determinación de los puntos de reorden	121
3.7.	Cálculo del costo de la política de inventarios	134
3.8.	Gestión actual vs Propuesta	136
3.8.1.	Costo anual de la actual gestión	136
3.8.2.	Costo anual de la propuesta	136
3.8.3.	Comparativo de los costos totales anuales	137
3.8.4.	Nivel de servicio de la actual gestión	138
3.8.5.	Nivel de servicio de la propuesta	138
3.8.6.	Comparativo de los niveles de servicio	138
3.8.7.	Comparativo de los gastos de caja chica	139
3.9.	Evaluación económica de la propuesta	140
3.9.1.	Gastos de capacitación	140
3.9.2.	Costos de ejecución	142
3.9.3.	Ahorros proyectados	146
3.9.4.	Retorno de la inversión	146

<b>CAPÍTULO IV. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES.....</b>	<b>148</b>
<b>4.1. Discusión.....</b>	<b>148</b>
4.1.1. Limitaciones o puntos inciertos.....	148
4.1.2. Interpretación comparativa.....	149
4.1.3. Implicancias.....	149
<b>4.2. Conclusiones.....</b>	<b>150</b>
<b>REFERENCIAS.....</b>	<b>152</b>
<b>ANEXOS.....</b>	<b>155</b>

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla N° 1	Matriz de criticidad.....	22
Tabla N° 2	Enfoques para el cálculo del Fill Rate .....	23
Tabla N° 3	Operaciones típicas en el manejo de los inventarios. Actividades factibles.....	30
Tabla N° 4	Análisis de referencias bajo el criterio de movilidad .....	32
Tabla N° 5	Valoración de referencias que cumplen el mínimo exigido por el criterio de movilidad.....	34
Tabla N° 6	Compras anuales de consumibles realizadas con caja chica.....	46
Tabla N° 7	Técnicas e instrumentos de recolección y análisis de datos .....	77
Tabla N° 8	Matriz de consistencia .....	78
Tabla N° 9	Operacionalización de las variables .....	80
Tabla N° 10	Familias de producto de los consumibles principales.....	84
Tabla N° 11	Consumos mensuales valorizados en soles de la familia combustibles y lubricantes.....	84
Tabla N° 12	Consumo del Petróleo Diesel D-2 de los años 2017 y 2018.....	86
Tabla N° 13	Comparativo MAPE - familia combustibles y lubricantes .....	90
Tabla N° 14	Pronósticos para la familia combustibles y lubricantes .....	90
Tabla N° 15	Desagregación del pronóstico anual de la familia combustibles y lubricantes.....	91
Tabla N° 16	Consumos mensuales valorizados en soles de la familia economato.....	92
Tabla N° 17	Comparativo MAPE - familia economato .....	95
Tabla N° 18	Pronóstico para la familia economato.....	95
Tabla N° 19	Desagregación del pronóstico anual de la familia economato .....	96
Tabla N° 20	Comparativo MAPE – familias restantes.....	97
Tabla N° 21	Cálculo de los consumos valorizados anuales en soles para las familias de producto restantes. 99	
Tabla N° 22	Desagregación del pronóstico anual de las familias de producto restantes .....	100
Tabla N° 23	Determinación del tipo de demanda de la referencia 1113 - cordón unipolar TFF #14 awg....	102
Tabla N° 24	Determinación del tipo de demanda de la referencia 1521 - pila alcalina 1.5VDC AAA Duracell MN 2400.....	103
Tabla N° 25	Determinación del tipo de demanda de la referencia 3415 - plástico stretch film 18 .....	103
Tabla N° 26	Determinación del tipo de demanda de la referencia 6577 - recarga p/plumón pilot (WBS-VBM) verde .....	104
Tabla N° 27	Determinación del tipo de demanda de la referencia 3481 - archivador palanca t/oficio Artesco .....	104
Tabla N° 28	Costos de mantener consumibles.....	107
Tabla N° 29	Costo de pedir una referencia.....	111
Tabla N° 30	EOQ – Ref. 1114 (Cordón unipolar TFF #16 awg).....	112
Tabla N° 31	Comparativo de lotes - Ref. 1114 (Cordón unipolar TFF #16 awg) .....	112
Tabla N° 32	EOQ – Ref. 3012 (Guantes de nitrilo tipo quirúrgico. caja x 50 unid.).....	113
Tabla N° 33	Comparativo de lotes - Ref. 3012 (Guantes de nitrilo tipo quirúrgico. caja x 50 unid.) .....	113
Tabla N° 34	EOQ – Ref. 3415 (Plástico stretch film 18).....	114
Tabla N° 35	Comparativo de lotes - Ref. 3415 (Plástico stretch film 18).....	114
Tabla N° 36	EOQ – Ref. 13643 (PT elite jumbo básica x 200 mts. (PTRJ10027)) .....	115
Tabla N° 37	Comparativo de lotes - Ref. 13643 (PT elite jumbo básica x 200 mts. (PTRJ10027)) .....	115
Tabla N° 38	Determinación de las cantidades económicas a ordenar.....	116
Tabla N° 39	Determinación de los puntos de reorden.....	128
Tabla N° 40	Costo total anual de inventario por nivel de servicio .....	134
Tabla N° 41	Costos anuales de la actual gestión.....	136
Tabla N° 42	Costos anuales de la propuesta.....	136
Tabla N° 43	Comparativo de costos totales anuales – manejo actual vs propuesta.....	137
Tabla N° 44	Nivel de servicio promedio – periodo 2018.....	138
Tabla N° 45	Nivel de servicio propuesto.....	138
Tabla N° 46	Comparativo de niveles de servicio – manejo actual vs propuesta .....	138
Tabla N° 47	Comparativo de los gastos de caja chica - manejo actual vs propuesta.....	139
Tabla N° 48	Gastos por curso .....	140
Tabla N° 49	Gasto por horas laborables destinadas a capacitación .....	141
Tabla N° 50	Gasto por servicios consumidos durante la capacitación.....	141
Tabla N° 51	Gasto total de capacitación.....	141
Tabla N° 52	Costo de mano de obra.....	144

Tabla N° 53 Costo anual de mano de obra .....	144
Tabla N° 54 Costo por servicios consumidos .....	145
Tabla N° 55 Costo anual por servicios consumidos.....	145
Tabla N° 56 Costo total anual de ejecución.....	145
Tabla N° 57 Ahorros proyectados de la propuesta.....	146
Tabla N° 58 Flujo económico e indicadores de la propuesta.....	147



## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura N° 1. Número de matriculados a nivel mundial en educación terciaria .....	15
Figura N° 2. Gasto público en educación terciaria.....	15
Figura N° 3. Gasto público en educación terciaria como porcentaje del PBI .....	16
Figura N° 4. Número de alumnos matriculados en universidades públicas y privadas del Perú.....	17
Figura N° 5. Gasto público por alumno en educación superior no universitario y universitario del Perú.....	17
Figura N° 6. Áreas ejecutoras de los procesos logísticos .....	18
Figura N° 7. Procedimiento de abastecimiento.....	20
Figura N° 8. Procedimiento de recepción de mercadería - compra local.....	21
Figura N° 9. Análisis de Pareto de los problemas logísticos .....	22
Figura N° 10. Fill Rate – Unidades de Producto.....	25
Figura N° 11. Fill Rate – Referencias .....	26
Figura N° 12. Fill Rate – Pedidos .....	27
Figura N° 13. Comparativo Fill Rate .....	28
Figura N° 14. Consumo anual año 2018 Referencia 6077 .....	31
Figura N° 15. Inventario promedio año 2018 Referencia 6077 .....	32
Figura N° 16. Rotación año 2018 Referencia 6077 .....	32
Figura N° 17. Análisis de Pareto por familias de productos.....	37
Figura N° 18. Diagrama de caja del código 1062 .....	38
Figura N° 19. Diagrama de caja del código 9731 .....	39
Figura N° 20. Diagrama de caja del código 10517 .....	40
Figura N° 21. Diagrama de caja del código 6427 .....	41
Figura N° 22. Niveles de inventario vs Consumo (considerando todas las referencias).....	42
Figura N° 23. Niveles de inventario vs Consumo (considerando sólo las referencias principales) .....	43
Figura N° 24. Cantidad de quiebres de stock de las referencias principales en el año 2018.....	44
Figura N° 25. Correlación N° de referencias solicitadas con N° de quiebres de stock.....	45
Figura N° 26. Uso de caja chica en ítems principales .....	46
Figura N° 27. Patrones de demanda .....	54
Figura N° 28. Uso del inventario a través del tiempo .....	61
Figura N° 29. Costo total como función de la cantidad a ordenar .....	63
Figura N° 30. Curva del punto de reorden (ROP).....	66
Figura N° 31. Curva normal estandarizada para un nivel de servicio del 95% .....	69
Figura N° 32. Punto de reorden (ROP) para una demanda probabilística.....	70
Figura N° 33. Nivel de inventarios en un sistema de periodo fijo (P) .....	72
Figura N° 34. Pasos para la recolección y análisis de datos.....	81
Figura N° 35. Pasos para el desarrollo de la propuesta de inventario.....	82
Figura N° 36. Serie de tiempo de la familia combustibles y lubricantes.....	85
Figura N° 37. Método promedios móviles – familia combustibles y lubricantes.....	86
Figura N° 38. Método suavizamiento exponencial simple – familia combustibles y lubricantes .....	87
Figura N° 39. Método suavizamiento exponencial lineal de Holt – familia combustibles y lubricantes.....	88
Figura N° 40. Método descomposición de series de tiempo – familia combustibles y lubricantes.....	88
Figura N° 41. Método de Holt-Winters – familia combustibles y lubricantes .....	89
Figura N° 42. Serie de tiempo de la familia economato.....	92
Figura N° 43. Método promedios móviles – familia economato.....	92
Figura N° 44. Método suavizamiento exponencial – familia economato.....	93
Figura N° 45. Método suavizamiento exponencial lineal de Holt – familia economato.....	93
Figura N° 46. Método descomposición de series de tiempo – familia economato .....	94
Figura N° 47. Método de Winters – familia economato.....	94
Figura N° 48. Prueba de normalidad Anderson-Darling .....	106
Figura N° 49. EOQ – Ref. 1114 (Cordón unipolar TFF #16 awg) .....	112
Figura N° 50. EOQ – Ref. 3012 (Guantes de nitrilo tipo quirúrgico. caja x 50 unid.) .....	113
Figura N° 51. EOQ – Ref. 3415 (Plástico stretch film 18).....	114
Figura N° 52. EOQ – Ref. 13643 (PT elite jumbo básica x 200 mts. (PTRJ10027)).....	115
Figura N° 53. Sistema de punto de reorden (ROP).....	122
Figura N° 54. Cálculo del valor Z – Ref. 1114.....	123
Figura N° 55. Cálculo del valor Z – Ref. 3012.....	125

Figura N° 56. Cálculo del valor Z – Ref. 3415 .....	126
Figura N° 57. Cálculo del valor Z – Ref. 13643 .....	127
Figura N° 58. Costo total anual de inventario por nivel de servicio .....	135
Figura N° 59. Comparativo de los costos totales anuales.....	137
Figura N° 60. Comparativo de los niveles de servicio .....	138
Figura N° 61. Comparativo de los gastos totales anuales de caja chica.....	139
Figura N° 62. Diagrama de Gantt – Actividades de la propuesta .....	143

## ÍNDICE DE FÓRMULAS

Fórmula N° 1. Pronóstico de promedio móvil de orden k.....	55
Fórmula N° 2. Pronóstico de suavizamiento exponencial simple.....	56
Fórmula N° 3. Pronóstico de suavizamiento exponencial lineal de Holt.....	57
Fórmula N° 4. Método de Holt-Winters.....	58
Fórmula N° 5. Modelo de descomposición aditiva.....	59
Fórmula N° 6. Modelo de descomposición multiplicativa.....	60
Fórmula N° 7. Costo anual preparación.....	63
Fórmula N° 8. Costo anual de mantener.....	64
Fórmula N° 9. Cantidad económica a ordenar.....	64
Fórmula N° 10. Número esperado de órdenes y tiempo esperado entre órdenes.....	64
Fórmula N° 11. Costo total anual del inventario.....	65
Fórmula N° 12. Costo total anual del inventario incluyendo costo del material comprado.....	65
Fórmula N° 13. Punto de reorden (ROP).....	66
Fórmula N° 14. Demanda por día.....	67
Fórmula N° 15. Punto de reorden con stock de seguridad (1).....	68
Fórmula N° 16. Costo anual por faltantes.....	68
Fórmula N° 17. Punto de reorden con stock de seguridad (2).....	69
Fórmula N° 18. Número de desviaciones estándar o valor Z.....	69
Fórmula N° 19. ROP cuando sólo la demanda es variable.....	71
Fórmula N° 20. ROP cuando la demanda es constante y sólo el tiempo de entrega es variable.....	71
Fórmula N° 21. ROP cuando la demanda y el tiempo de entrega son variables.....	71
Fórmula N° 22. MAPE.....	90
Fórmula N° 23. Coeficiente de variación.....	102

## RESUMEN

El presente trabajo tiene como finalidad desarrollar y proponer un modelo de inventario el cual ayude a mejorar la gestión de abastecimiento de consumibles de un centro de estudios superiores. La investigación, de tipo cuantitativa según el enfoque, se llevará a cabo en la sede principal de la institución objeto de estudio la cual está ubicada en el departamento de Lima. Asimismo, por su alcance la investigación es explicativa, y por su diseño es no experimental, subtipo longitudinal. Se analizaron un total de 4,457 referencias de las cuales se seleccionaron 141 de ellas en base a un criterio técnico, luego éstas fueron utilizadas en la metodología desarrollada. Asimismo, para poder determinar cuál modelo de inventario era el idóneo, se tomaron aleatoriamente algunos consumibles principales y se analizó la demanda de éstos a través del coeficiente de variación, comprobándose luego la naturaleza de tales a través de la prueba de normalidad de Anderson-Darling. Por otra parte, para la estimación de la demanda se utilizó un sistema de pronóstico de dos niveles en el que se agruparon los consumibles por tipo de familia de producto. El modelo de inventario desarrollado, el cual es un modelo probabilístico con punto de reorden para demanda variable y tiempo de entrega variable, mejoró notablemente la gestión de abastecimiento; disminuyendo el costo total anual en un 39%, incrementando el nivel de servicio en 6.65% y finalmente disminuyendo el gasto anual de caja chica como mínimo en un 22.20%.

**Palabras clave:** Modelo de gestión de inventario, modelo probabilístico de inventario, inventario de consumibles, EOQ, nivel de servicio, ROP.

## ABSTRACT

The purpose of this work is to develop and propose an inventory model which will help improve the supply management of consumables in a higher education centre. The research, of quantitative type according to the approach, will be carried out at the main headquarters of the institution under study which is located in the department of Lima. Also, by its scope the research is explanatory, and by its design it is non-experimental, longitudinal subtype. A total of 4,457 references were analyzed from which 141 of them were selected based on a technical criterion, then these were used in the developed methodology. Also, in order to determine which inventory model was suitable, some major consumables were randomly taken and demand for them was analyzed through the coefficient of variation, then the nature of such was checked through the Anderson-Darling normality test. On the other hand, a two-tier forecasting system was used for demand estimation in which consumables were grouped by product family type. The developed inventory model, which is a probabilistic model with reorder point for variable demand and variable delivery time, significantly improved supply management by decreasing the total annual cost by 39%, increasing the level of service by 6.65% and eventually reducing annual petty cash fund by at least 22.20%.

**Keywords:** Inventory management model, probabilistic inventory model, consumable inventory, EOQ, service level, ROP.

## CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN

### 1.1. Realidad problemática

#### 1.1.1. Contexto a nivel general

La gestión de inventarios se ha convertido en un tema crucial para todas las organizaciones del ámbito empresarial, ya que el inventario es uno de los activos más caros de muchas compañías, llega a representar hasta un 50% del capital total invertido (Render & Heizer, 2014).

Aunque podemos pensar que no hay inventarios en el sector servicios de nuestra economía, esto casi nunca es así. Los negocios de venta al mayoreo y menudeo mantienen grandes inventarios, lo cual convierte a la administración de inventarios en un elemento crucial. En el caso de los negocios de servicio de comida, el control de inventarios suele marcar la diferencia entre el éxito y el fracaso. (Render & Heizer, 2014).

Otro agente económico importante del sector servicios son las instituciones de educación superior tales como las universidades o los institutos superiores. Según la Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura (UNESCO), el número de matriculados a nivel mundial en educación terciaria considerando todos los programas y ambos sexos, ha crecido considerablemente como se muestra en el gráfico líneas abajo. Tal incremento en la demanda requiere que los centros de estudios superiores, sean éstos de carácter público o privado, realicen grandes compras e inversiones por lo cual la gestión de inventarios es una necesidad fundamental para la buena administración de los bienes.

## Número de matriculados a nivel mundial en Educación Terciaria

(Considerando todos los programas y ambos sexos)

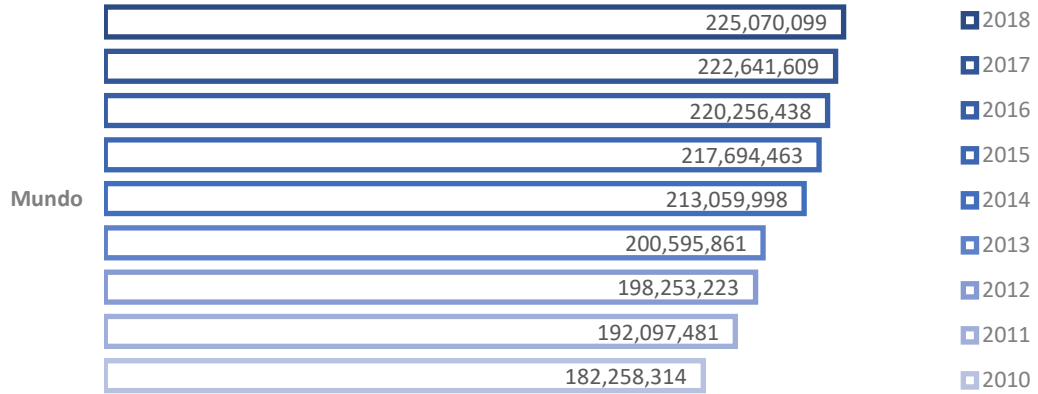


Figura N° 1. Número de matriculados a nivel mundial en educación terciaria  
Fuente: UNESCO

Asimismo, en países de Sudamérica como Argentina, Brasil, Chile, Colombia y Perú el gasto público en educación terciaria (superior) ha crecido con el pasar de los años como se muestra a continuación.

## Gasto Público en Educación Terciaria (Millones de Dólares Americanos)

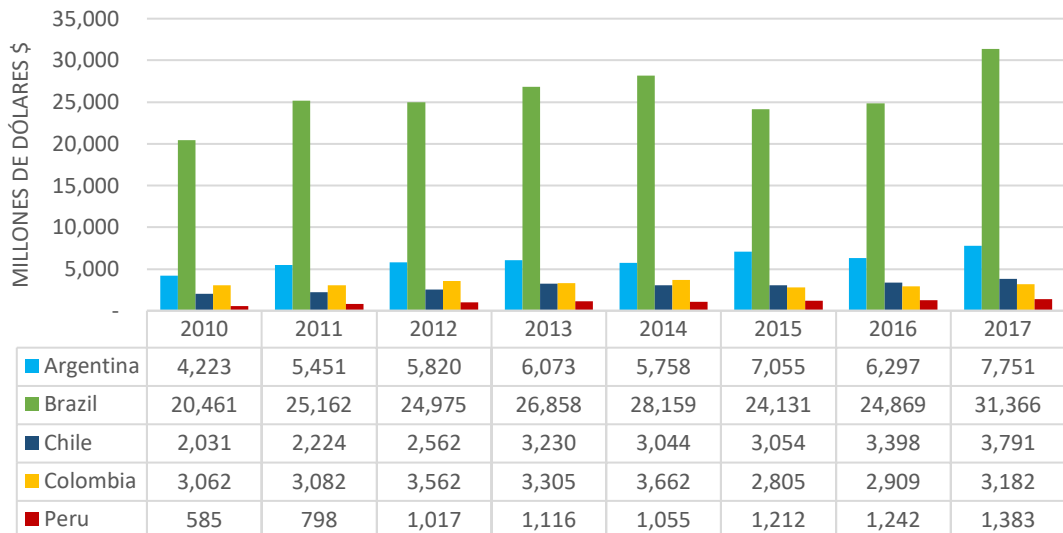


Figura N° 2. Gasto público en educación terciaria  
Fuente: UNESCO

A pesar de que los montos destinados en educación superior difieren bastante entre aquellos países, la tendencia indica que conforme avanza los años, el gasto público crece en cada respectivo país.

Sumado a lo anterior, el siguiente gráfico muestra el gasto público en educación superior como porcentaje del PBI en cada país respectivo. Otra vez se puede visualizar una tendencia creciente para cada caso.

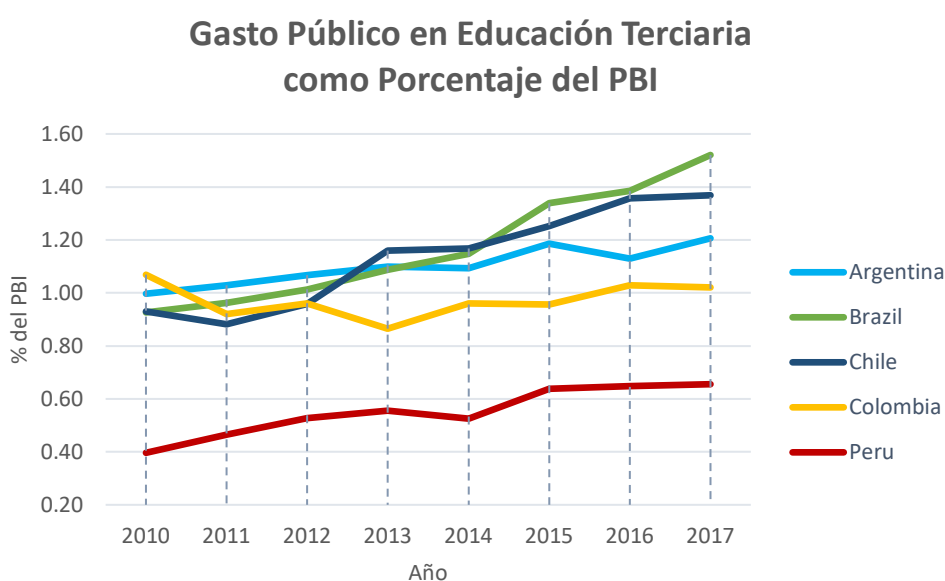
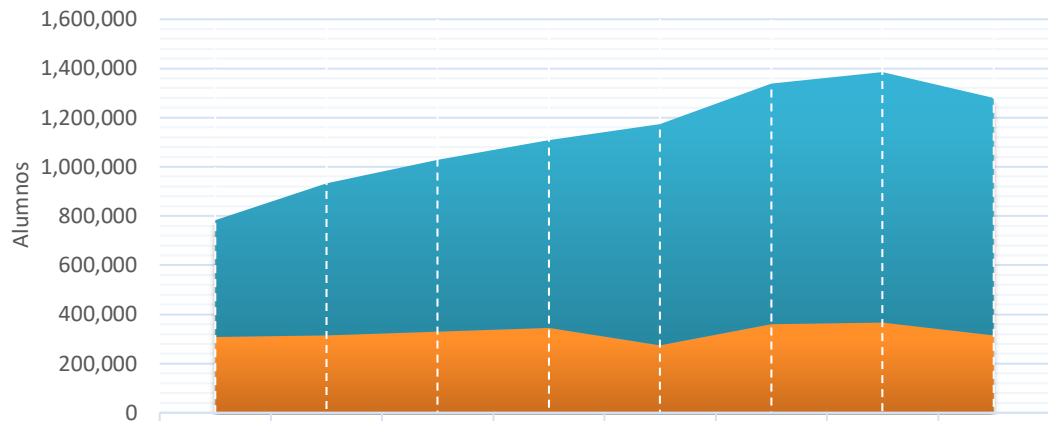


Figura N° 3. Gasto público en educación terciaria como porcentaje del PBI  
Fuente: UNESCO

Por otra parte en el caso del Perú, la educación superior específicamente la universitaria, también ha crecido en número de alumnos matriculados ya que según datos estadísticos del Instituto Nacional de Estadística e Informática (INEI), al año 2017 se tenía un total de 1,281,755 alumnos inscritos entre universidades públicas y privadas tal cual se ve a continuación.



### Número de Alumnos Matriculados en Universidades Públicas y Privadas del Perú

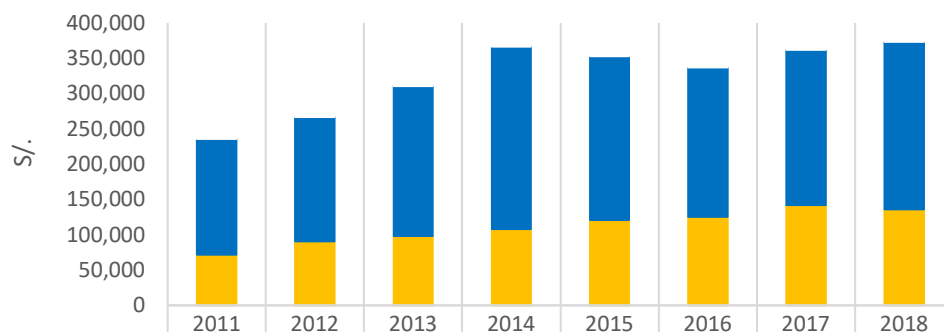


	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017
Total	784,700	935,489	1,030,064	1,109,437	1,174,634	1,341,286	1,387,149	1,281,755
■ Número de alumnos matriculados en universidades privadas	473,515	618,974	697,581	762,002	898,404	979,896	1,017,720	965,709
■ Número de alumnos matriculados en universidades públicas	309,175	314,504	330,471	345,422	274,216	359,375	367,413	314,029

Figura N° 4. Número de alumnos matriculados en universidades públicas y privadas del Perú  
Fuente: INEI

Con respecto al gasto público por alumno, se presentó la siguiente distribución expresada en miles de nuevos soles.

### Gasto Público por Alumno en Educación Superior No Universitario y Universitario (Miles de nuevos soles)



	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018
Total	235,453	266,785	310,479	366,337	352,748	337,392	361,877	373,143
■ Gasto Público por alumno en Educación Superior universitario	163,810	175,816	212,294	258,032	231,973	211,639	220,123	237,028
■ Gasto Público por alumno en Educación Superior no Universitario	71,643	90,969	98,185	108,305	120,776	125,753	141,753	136,115

Figura N° 5. Gasto público por alumno en educación superior no universitario y universitario del Perú  
Fuente: INEI

### 1.1.2. Contexto a nivel institucional

Dicho todo lo anterior, para el presente trabajo se ha elegido como objeto de estudio la sede principal, ubicada en el departamento de Lima, de un reconocido centro de estudios superiores del Perú. Esta institución educativa se dedica a formar y capacitar profesionales, así como también brindar servicios de consultoría, investigación y aplicación de tecnología. El instituto cuenta con 3 sedes a nivel nacional, estando tales ubicados en los departamentos de Lima (sede centro), Trujillo (sede norte) y Arequipa (sede sur).

#### 1.1.2.1. Problemas identificados en la institución objeto de estudio

Los problemas identificados en la sede Lima del centro de estudios son principalmente de carácter logístico, esto debido a factores determinantes como acceso a las áreas funcionales del que se disponía y disponibilidad de información correspondiente a tales áreas. Las áreas responsables de la ejecución de los procesos logísticos en la sede principal son las áreas de Logística y Almacén, ambas están por debajo de la Jefatura de Operaciones.



Figura N° 6. Áreas ejecutoras de los procesos logísticos  
Fuente: Elaboración propia

A continuación, en la figura N° 7 se muestra un flujograma del proceso de abastecimiento que se da en el centro de estudios superiores, el cual inicia en el surgimiento de la necesidad por parte del solicitante y finaliza en la atención del requerimiento o entrega del material. Por otra parte, en la figura N° 8 se muestra el procedimiento de recepción de mercadería correspondiente a compra local, proceso que compete al área de almacén.

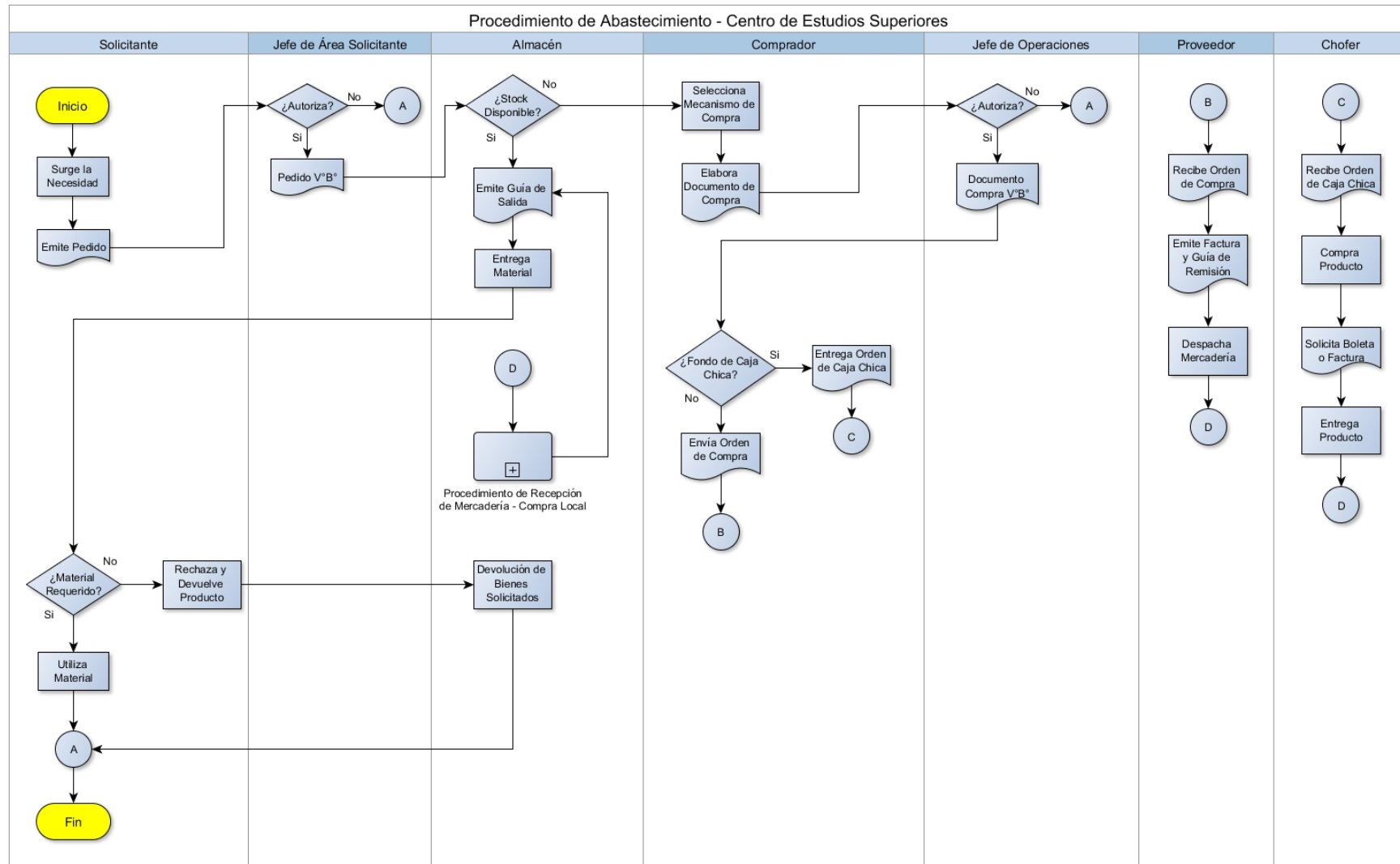


Figura N° 7. Procedimiento de abastecimiento  
Fuente: Elaboración propia

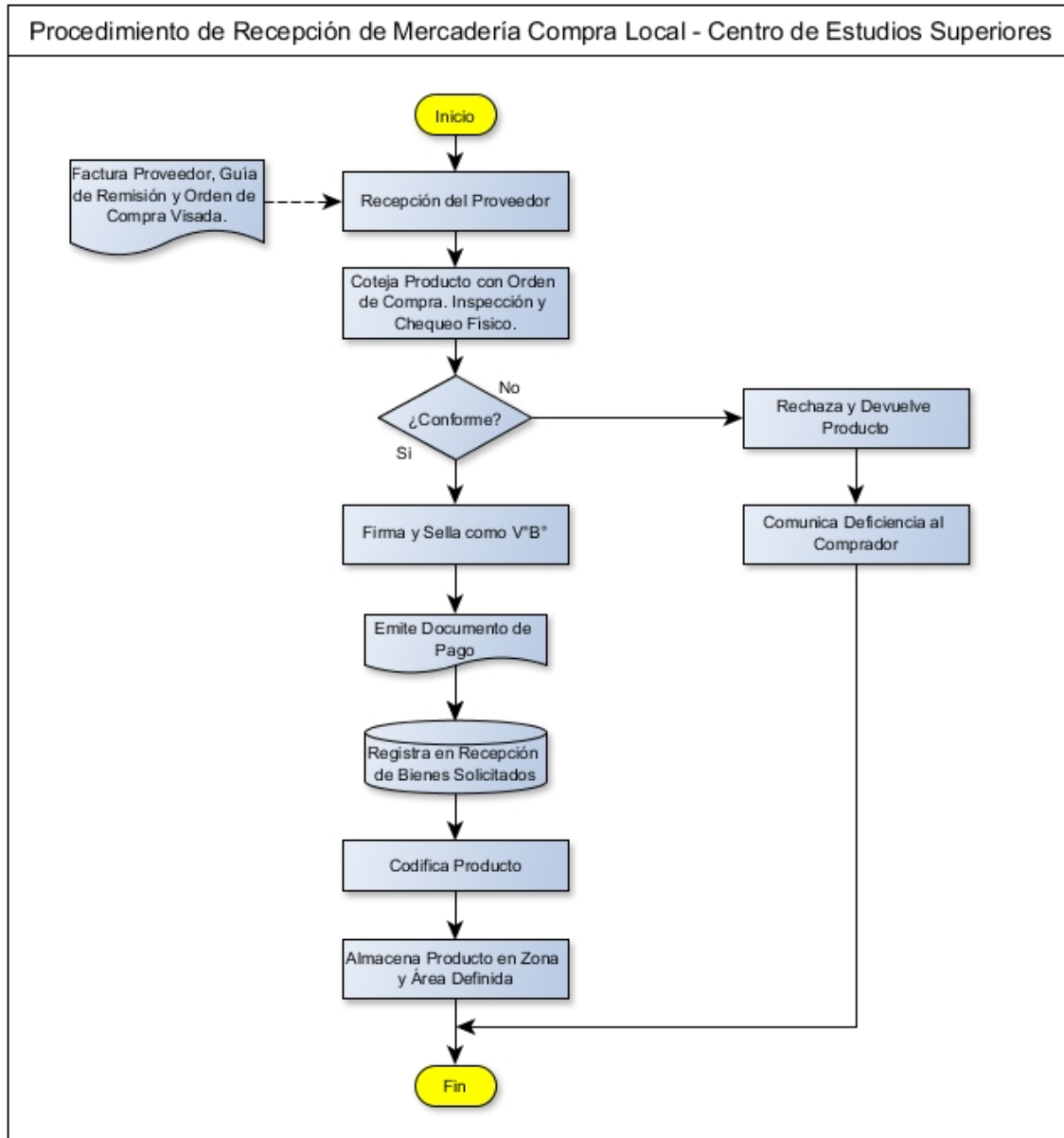


Figura N° 8. Procedimiento de recepción de mercadería - compra local  
Fuente: Elaboración propia

Los problemas logísticos detectados fueron priorizados en base a un ponderado hecho a través de una matriz de criticidad según se muestra en la tabla siguiente.

Tabla N° 1  
*Matriz de criticidad*

Problemas Logísticos	Gravedad	Urgencia	Ponderado
Bajo nivel de servicio al cliente interno	3	3	9
Alto costo anual por manejo de inventario	3	3	9
Abuso de caja chica para compras al contado de principales referencias	3	2	6
Sistema (software) inadecuado para la gestión logística	2	1	2
Procesos no estandarizados	2	1	2
Infraestructura inadecuada para el almacenaje	1	1	1
Otros	1	1	1

1 - Poco grave	1 - Poco urgente
2 - Grave	2 - Urgente
3 - Muy grave	3 - Muy urgente

Fuente: Elaboración propia

Una vez hecho esto, se determinaron los principales puntos críticos a través del análisis de Pareto o Ley 80-20, en base al ponderado obtenido por cada problema.

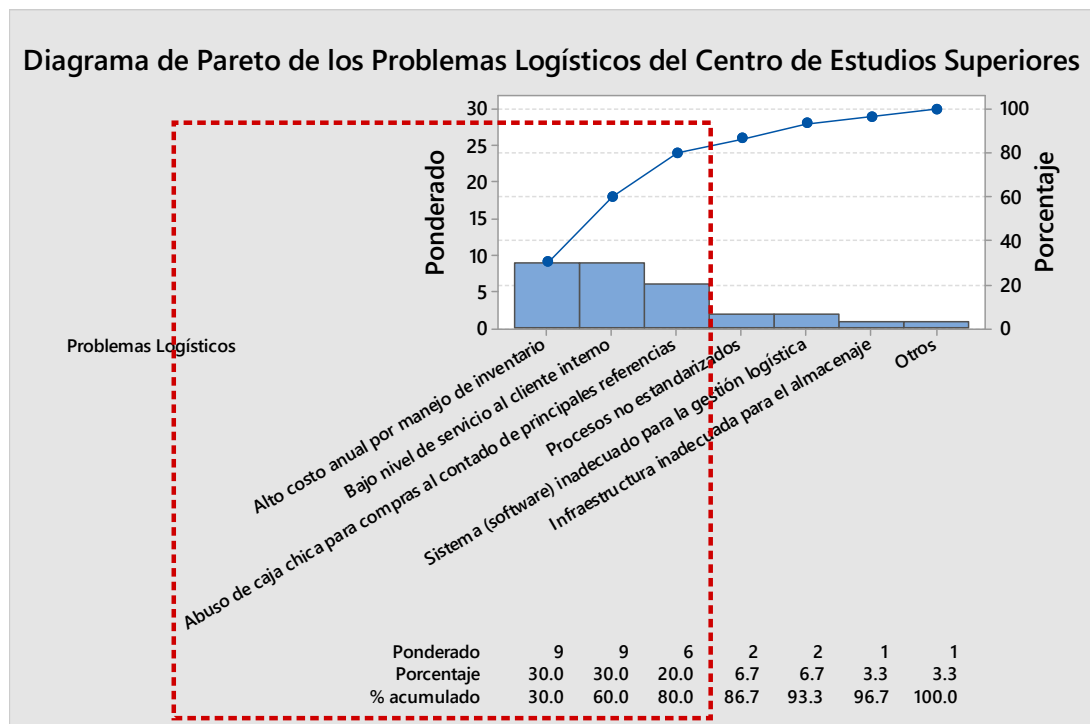


Figura N° 9. Análisis de Pareto de los problemas logísticos  
Fuente: Elaboración propia

Del análisis de Pareto realizado líneas arriba, se puede determinar que los principales problemas logísticos que afectan a la sede Lima del centro de estudios superiores son tener un alto costo anual por manejo de inventario, tener un bajo nivel de servicio al cliente interno y hacer un uso abusivo de la caja chica para compras al contado de principales referencias; representando estos 3 problemas el 80% de la suma total de los ponderados, por lo cual tales problemas serán considerados como los más críticos y que ameritan ser resueltos a través de la implementación de un modelo de inventario propuesto en el presente trabajo de investigación.

#### 1.1.2.2. Nivel de servicio alcanzado

Con el fin de determinar el nivel de servicio alcanzado, se analizaron los registros de los pedidos realizados a través del sistema interno de la institución, denominado SISLOG (Sistema de Logística). Tales registros fueron exportados a través del sistema y corresponden a 48 meses (4 años) de tiempo, desde febrero del 2015 hasta enero del 2019. El indicador logístico usado para tal fin es el Fill Rate, el cual permite medir el nivel de cumplimiento en la entrega de pedidos completos, es decir, establece la relación entre lo solicitado y lo realmente entregado (Global Standards 1 Chile [GS1 Chile], 2004). Este indicador puede evaluarse de tres maneras: Referencias, Unidades de Productos y Pedidos; para lo cual se establecerán las siguientes relaciones de datos numéricos:

Tabla N° 2

*Enfoques para el cálculo del Fill Rate*

Unidades de Producto	$\frac{\text{Número de unidades de producto entregadas en el periodo } X}{\text{Total de unidades de producto solicitadas para el período } X}$
Referencias	$\frac{\text{Número de referencias entregadas completas en el periodo } X}{\text{Total de referencias solicitadas para el período } X}$
Pedidos	$\frac{\text{Número de pedidos entregados completos en el periodo } X}{\text{Total de pedidos solicitados para el período } X}$

Fuente: (Global Standards 1 Chile [GS1 Chile], 2004)

Para tener un mejor panorama del nivel alcanzado, se ha calculado el Fill Rate en base a los 3 enfoques descritos anteriormente para luego así proceder a comparar los resultados en una sola gráfica de tiempo y poder sacar una conclusión general de la realidad.



## Fill Rate - Unidades de Producto Feb. 2015 - Ene. 2019

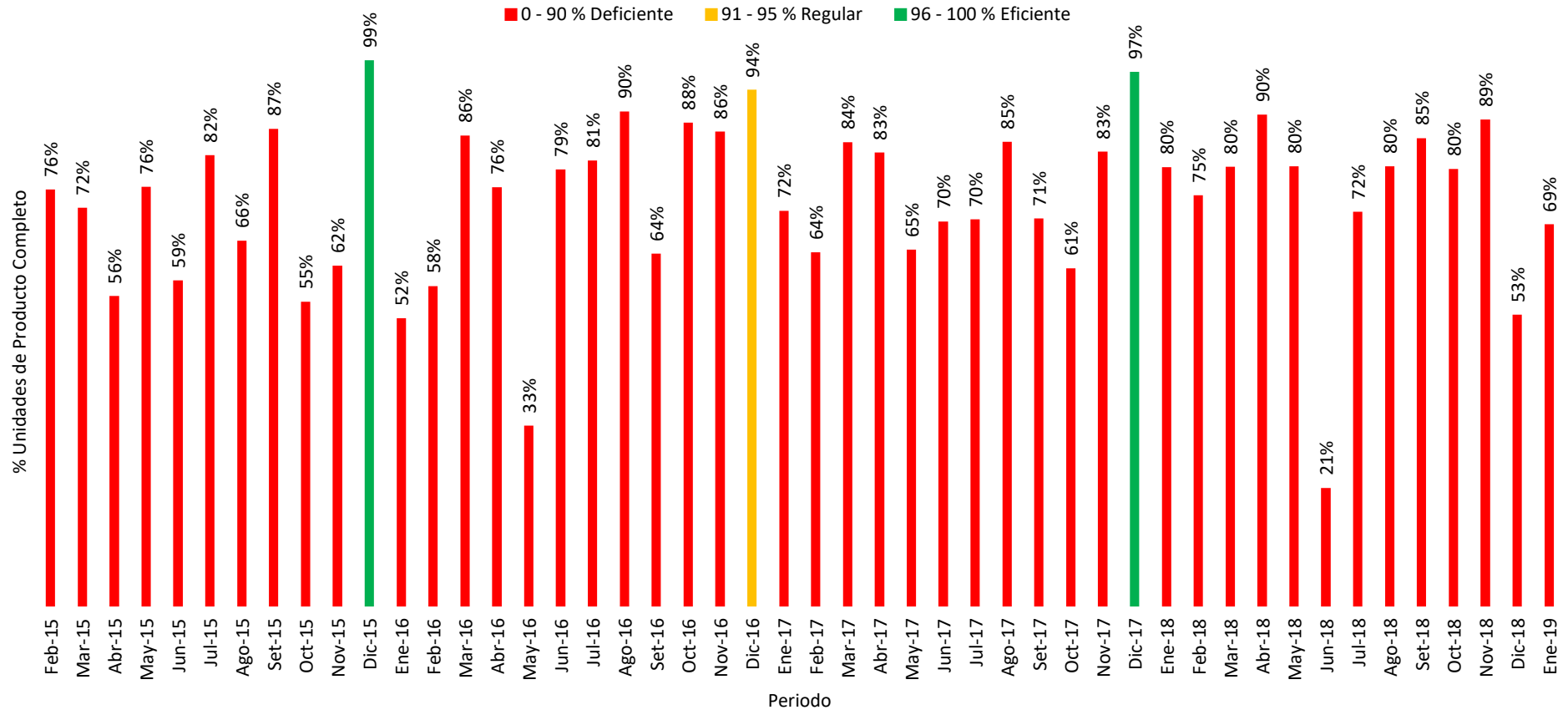


Figura N° 10. Fill Rate – Unidades de Producto  
Fuente: Elaboración propia

## Fill Rate - Referencias Feb. 2015 - Ene. 2019

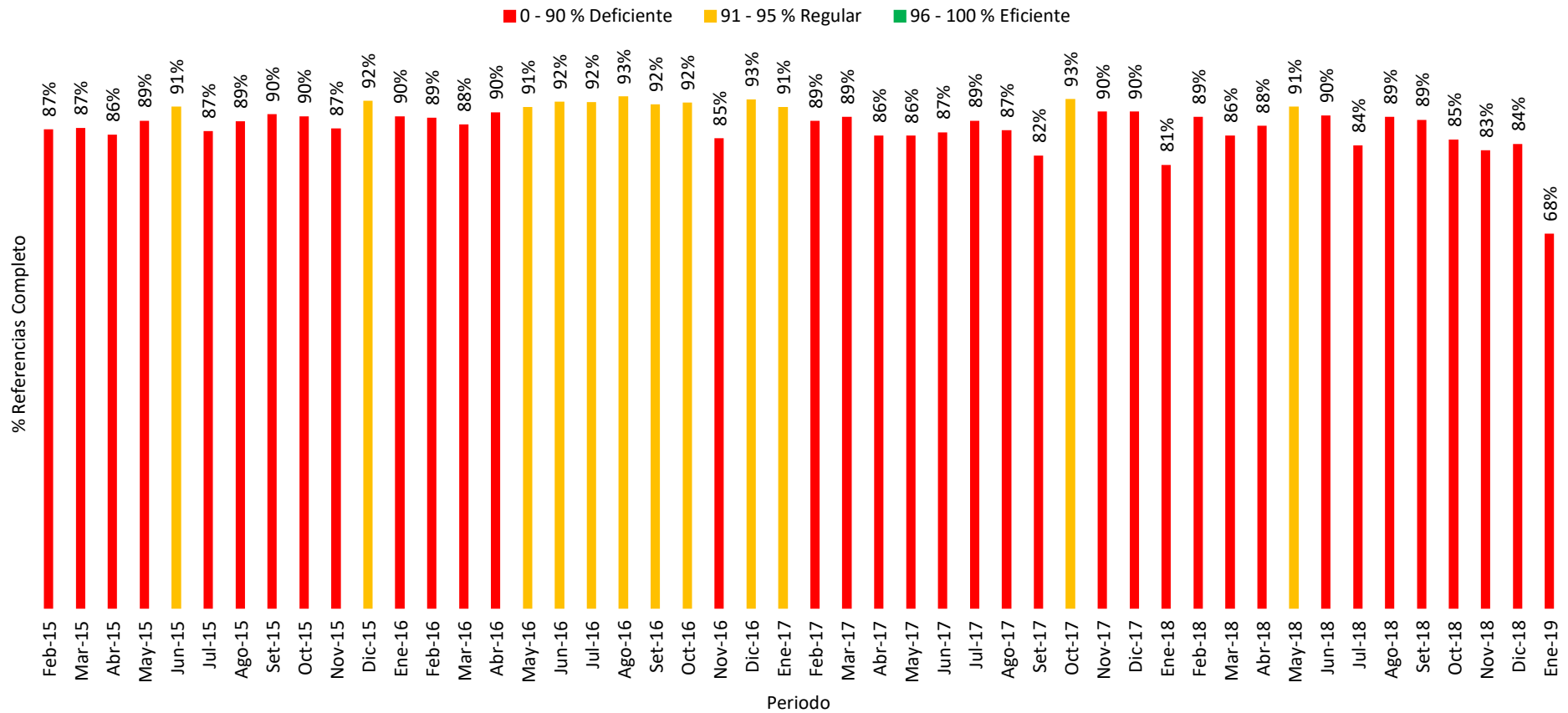


Figura N° 11. Fill Rate – Referencias  
Fuente: Elaboración propia

## Fill Rate - Pedidos Feb. 2015 - Ene. 2019

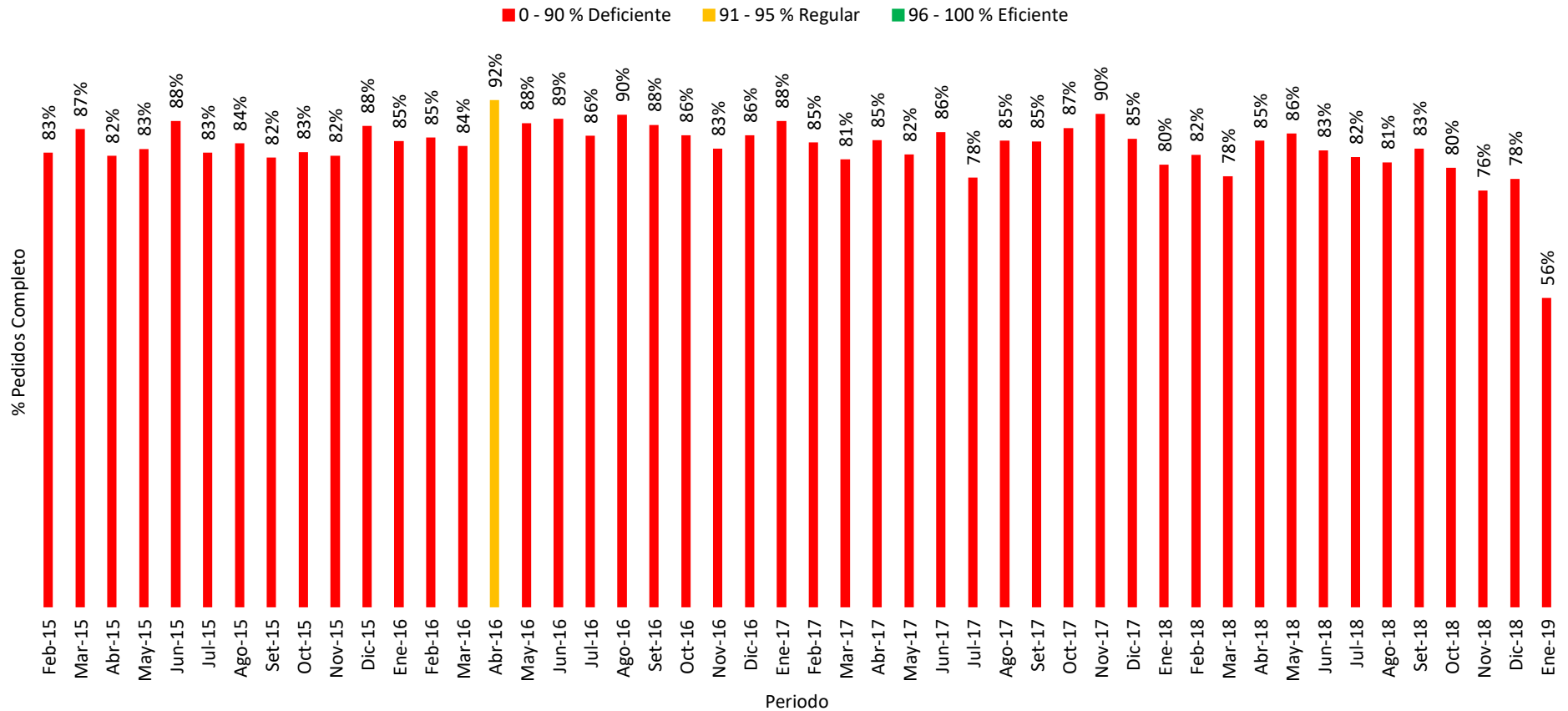


Figura N° 12. Fill Rate – Pedidos  
Fuente: Elaboración propia

### Comparativo Fill Rate Feb. 2015 - Ene. 2019

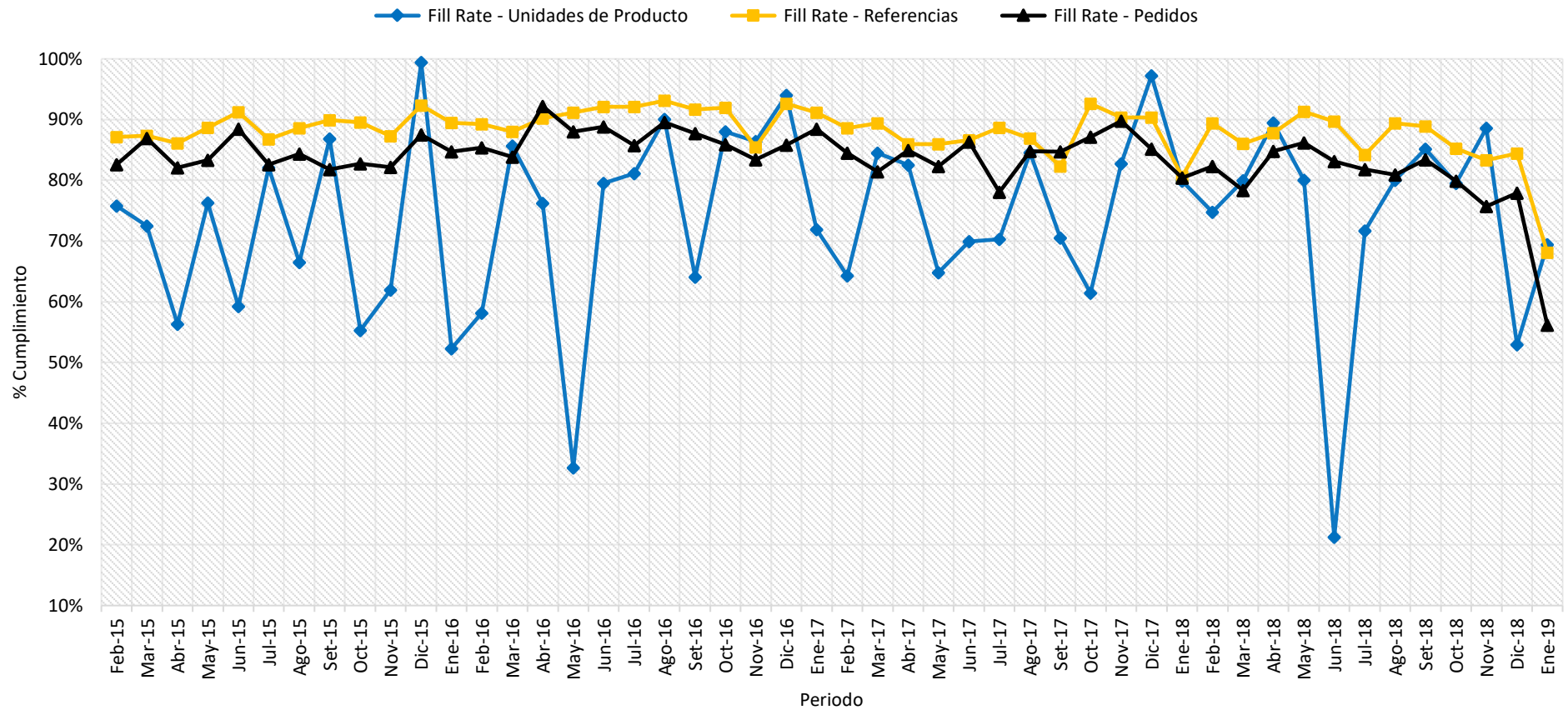


Figura N° 13. Comparativo Fill Rate  
Fuente: Elaboración propia

De los 3 primeros gráficos se puede determinar que, sea el Fill Rate calculado en base a unidades de producto, referencias o pedidos, el nivel de servicio alcanzado tiende a no ser eficiente, presentándose casi siempre por debajo de lo regular. Esto justifica la implementación de una técnica o modelo de gestión de inventario que permita elevar a un nivel aceptable el servicio brindado a los clientes internos.

Por otra parte, el último gráfico permite saber que se tiende a alcanzar mayores porcentajes de cumplimiento a nivel de referencias que a nivel de unidades de producto o pedidos completos. Esta comparación permite que de manera individual cada indicador no sea engañoso de la realidad, pues se puede presentar el caso de que, por ejemplo, para cierto mes aumente el nivel de unidades de producto despachados pero que disminuya asimismo para tal mes el nivel de referencias atendidas, queriendo esto decir que el cumplimiento se ha dirigido mayormente a referencias compuestas por mayor número de unidades. La idea aquí es que el Fill Rate por pedidos sea el que mayor porcentaje logre, queriendo esto decir que estamos atendiendo mayor número de pedidos al 100% (pedidos completos).

#### 1.1.2.3. **Determinación de las principales referencias**

Mora (2016) afirma:

La actividad básica y única del depósito (lugar del *stock*) que maneja inventarios es almacenar, que se asocia a lo permanente, es decir, que de esas referencias debe existir lo suficiente para atender a la demanda durante el período con movimiento y rotación. La negación de lo anterior genera la otra acción factible, no almacenar. Trasegar se refiere a lo temporal, donde el almacén solo trasiega la mercancía mientras llega y es retirada del almacén; exige que sean tiempos ínfimos o cero, es decir, instantáneos. (p.57)

Tabla N° 3

*Operaciones típicas en el manejo de los inventarios. Actividades factibles*

<p><b>Almacenar de manera permanente:</b> esta actividad comprende los ítems que se han de mantener en <i>stock</i> de forma permanente o al menos durante el período de tiempo definido de recálculo o reabastecimiento, con rotación y movimiento suficiente que amerite su permanencia en el almacén en forma permanente durante el mes (o período a trabajar).</p>
<p><b>No almacenar y trasegar:</b> es el almacenamiento breve o temporal, tendiendo a lo instantáneo o inmediato, requerido en aquellos ítems que solo se piden al proveedor o a fábrica, cuando son solicitados por los demandantes de los procesos, no se desean mantener en <i>stock</i>.</p>

Fuente: (Mora, 2016, p.57)

Para poder tener un conocimiento más profundo de la gestión de abastecimiento dada en la sede Lima del instituto objeto de estudio, es necesario primero determinar cuáles son los consumibles más relevantes o importantes que deben ser mantenidos siempre en stock, para lo cual se utilizará el criterio técnico de movilidad (criterio puramente logístico). En base a la determinación de tales consumibles se podrá saber luego si las emisiones de pedido (órdenes de compra) realizadas por parte del área de logística, son realizadas en el tiempo oportuno para así evitar roturas o quiebres de stock; se podrá saber también si los niveles de inventario mantenidos en el almacén son los adecuados, o es necesario elevar el nivel actual; y por último se podrá saber también qué tanto se usa la modalidad de compras con caja chica para la adquisición de artículos principales.

### Movilidad (movimiento)

Es la cantidad del número de meses o períodos en que se demanda (superior o igual a una unidad demandada) una referencia o ítem, en un lapso de tiempo preestablecido a evaluar. Esta es diferente a rotación, es la capacidad de que una referencia sea solicitada, así sea en al menos una unidad, durante varios períodos en un rango determinado a ellos. Es importante resaltar que este criterio no evalúa la cantidad de la demanda o consumo, es decir no vela por las cantidades o volúmenes demandados o solicitados, sino porque sí se muevan o no en ese lapso de tiempo. Mora (2016).

Con respecto a la rotación, ésta no será utilizada como criterio para la determinación de los principales artículos, ya que al realizarse el cálculo de tal indicador para todas las referencias que han presentado salidas en el año 2018 , éste se distorsiona debido al bajo nivel de inventario mensual que se ha mantenido a lo largo del tiempo, generando por ejemplo que consumibles con pocos meses de demanda, como es el caso del código 6077 (Cartulina 50 x 65 cm rosado), el cual sólo ha sido solicitado en 3 de los 12 meses correspondientes a tal año, figure entre los primeros artículos (análisis ABC) que mayor rotación presentan. Este caso se repite para muchas otras referencias analizadas.

Años		2018											
Unds consumidas	Fec. Entrega												
Codigo Bien	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Set	Oct	Nov	Dic	Total general
6077			2.00	4.00	100.00								106.00

Figura N° 14. Consumo anual año 2018 Referencia 6077  
Fuente: Elaboración propia

Años	2018											
Suma de CANT. FISICA	Mes											
CODIGO	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Set	Oct	Nov	Dic
6077	2.00	2.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

Figura N° 15. Inventario promedio año 2018 Referencia 6077  
Fuente: Elaboración propia

Codigo Bien	Consumo Unids.	Inv. Promedio Unds.	Rotación 2018	% Acum. Rotación	Clase
1114	116.00	0.08	1,392.00	15.77%	A
1113	71.00	0.17	426.00	20.60%	A
6077	106.00	0.33	318.00	24.20%	A
3693	103.00	0.33	309.00	27.70%	A
9285	48.00	0.17	288.00	30.97%	A
13227	23.00	0.08	276.00	34.09%	A
1530	75.00	0.33	225.00	36.64%	A
6076	110.00	0.50	220.00	39.13%	A
3024	18.00	0.08	216.00	41.58%	A
3249	100.00	0.50	200.00	43.85%	A
2935	16.00	0.08	192.00	46.02%	A
11035	94.00	0.50	188.00	48.15%	A
8101	22.00	0.17	132.00	49.65%	A
3412	10,700.00	83.33	128.40	51.10%	A
246	100.00	0.83	120.00	52.46%	A
249	30.00	0.25	120.00	53.82%	A
6616	10.00	0.08	120.00	55.18%	A
2355	9.00	0.08	108.00	56.41%	A
1541	8,800.00	83.33	105.60	57.60%	A
206	17.00	0.17	102.00	58.76%	A

Figura N° 16. Rotación año 2018 Referencia 6077  
Fuente: Elaboración propia

Dicho todo esto se procederá a continuación con el análisis de todas las referencias con movimiento, correspondientes a 48 meses de tiempo, según lo recomienda Mora (2016), que datan desde febrero del 2015 hasta enero del 2019. Tales totalizan 4,457 SKU's a analizar.

Tabla N° 4  
*Análisis de referencias bajo el criterio de movilidad*



Año	Mes	Código Bien					Hasta código n
		0001	3586	3588	3589	3591	
2015	Feb		0.10			2.00	
2015	Mar		0.50	6.00			
2015	Abr		1.00				
2015	May		0.40				
2015	Jun		1.05				
2015	Jul	2.00	3.00				
2015	Ago		1.52				
2015	Set		4.20				
2015	Oct						
2015	Nov		3.20				
2015	Dic		1.55	21.00			
2016	Ene			20.00			
2016	Feb		2.30			2.00	
2016	Mar		1.30				
2016	Abr		3.40				
2016	May		6.60				
2016	Jun		0.50		500.00		
2016	Jul		0.90				
2016	Ago		4.50				
2016	Set		18.65	2.00	100.00		
2016	Oct						
2016	Nov		2.10				
2016	Dic		1.00	1.00			
2017	Ene		1.00	2.00			
2017	Feb		1.00	5.00			
2017	Mar		1.50				
2017	Abr		8.50				
2017	May		3.00	1.00			
2017	Jun						
2017	Jul			3.00			
2017	Ago		2.56				
2017	Set			1.00			
2017	Oct		2.10	1.00			
2017	Nov		2.00	1.00			
2017	Dic		0.34	1.00			
2018	Ene			2.00			
2018	Feb	1.00	6.00	1.00			
2018	Mar			2.00			
2018	Abr			1.00			
2018	May		2.35	1.00			
2018	Jun						
2018	Jul			2.00			
2018	Ago	2.00	7.10	1.00			
2018	Set		3.20	1.00			
2018	Oct		1.35	2.00			
2018	Nov		3.00				
2018	Dic			1.00			
2019	Ene		7.00	2.00			

Cantidad de meses con movimiento positivo en los últimos 48 meses	3	36	24	2	2	Hasta código n
Cantidad de meses con movimiento positivo en los últimos 24 meses	2	15	18	0	0	
Cantidad de meses con movimiento positivo en los últimos 12 meses	2	7	10	0	0	
Cantidad de meses con movimiento positivo en los últimos 3 meses	0	2	2	0	0	

Mínimo con movimiento	Asignación de puntaje a cada rango en cada referencia						
60%, al menos 29 meses con movimiento	Si en el periodo de 48 meses, al menos el 60% de los meses, o sea 29 de los 48, tienen movimiento se otorgan 6 puntos	0	6	0	0	0	Hasta código n
60%, al menos 15 meses con movimiento	Si en el periodo de 24 meses, al menos el 60% de los meses, o sea 15 de los 24, tienen movimiento se otorgan 7 puntos	0	7	7	0	0	
60%, al menos 8 meses con movimiento	Si en el periodo de 12 meses, al menos el 60% de los meses, o sea 8 de los 12, tienen movimiento se otorgan 9 puntos	0	0	9	0	0	
60%, al menos 2 meses con movimiento	Si en el periodo de 3 meses, al menos el 60% de los meses, o sea 2 de los 3, tienen movimiento se otorgan 8 puntos	0	8	8	0	0	
<b>Total del puntaje de cada referencia que obtiene por movilidad, con 30 máximo</b>		0	21	24	0	0	Hasta código n

Fuente: Elaboración propia

En la tabla N° 5 se muestra a aquellas referencias con sus respectivos puntajes obtenidos que han cumplido con el mínimo de movimientos exigidos en algunos o todos los rangos de tiempos establecidos, arrojando un total de 141 referencias. Tales se considerarán como las más relevantes o importantes, y siempre se deben mantener en stock. Las otras, al presentar poca movilidad, no ameritan ser tratadas como referencias de stock permanente y la idea, como lo afirma Mora (2016), es que sólo trasieguen.

Tabla N° 5  
*Valoración de referencias que cumplen el mínimo exigido por el criterio de movilidad*

Código	Producto	Familia	Puntaje	Clase
1011	PETROLEO DIESEL D-2	COMBUSTIBLES Y LUBRICANTES	30	A
1062	Aflojatodo WD-40 en spray 11 oz.	COMBUSTIBLES Y LUBRICANTES	30	A
1113	CORDON UNIPOLAR TFF #14 AWG	MATERIALES ELECTRICOS	30	A
1114	CORDON UNIPOLAR TFF #16 AWG	MATERIALES ELECTRICOS	30	A
1520	Pila Alcalina 1.5VDC AA Duracell MN 1500	MATERIALES ELECTRICOS	30	A
1521	Pila alcalina 1.5VDC AAA Duracell MN 2400	MATERIALES ELECTRICOS	30	A
2376	Cinta aislante 3M Temflex 1700 3/4 pulg x 20 mts	PEGAMENTOS Y RESINAS	30	A
2380	Cinta Masking Tape 1pulg x 55yrd Pegafan 500	ECONOMATO	30	A
2381	Cinta Masking Tape 1/2pulg x 55yrd Pegafan 500	ECONOMATO	30	A
2385	Cinta Masking Tape 3/4pulg x 55yrd Pegafan 500	ECONOMATO	30	A
2431	Cinta de Embalaje Transp. 2 Pulg x 110 Yds.	ECONOMATO	30	A

2987	CASCO SEGURIDAD MSA JOCKEY MODELO VGUARD C/RACHET 4P. COLOR BLANCO	MATERIALES DE SEGURIDAD	30	A
3059	TRAPO	MATERIALES DIVERSOS	30	A
3100	AGUA DE MESA	MATERIALES DIVERSOS	30	A
3186	VASO DESCARTABLE	ENVASES Y RECIPIENTES	30	A
3275	Sobre manila A4 Grafipapel amarillo	ECONOMATO	30	A
3285	Papel p/papelógrafo 61 x 86 cm 56 gr Paramonga	ECONOMATO	30	A
3312	Corrector líquido t/lapicero Faber Castell	ECONOMATO	30	A
3353	Plumón delgado Fab indeleble 421-F negro	ECONOMATO	30	A
3368	Plumón grueso Fab Jumbo 123 estuche x 4 p/pizarra acrilica	ECONOMATO	30	A
3374	Plumón resaltador Fab 48 amarillo	ECONOMATO	30	A
3409	Funda PVC A4 gruesa portapapeles	ECONOMATO	30	A
3415	PLASTICO STRETCH FILM 18	ECONOMATO	30	A
3440	Grapa 26/6 Rapid caja x 5000	ECONOMATO	30	A
3456	Borrador grande blanco p/lápiz	ECONOMATO	30	A
3481	Archivador palanca t/oficio Artesco	ECONOMATO	30	A
3487	Folder manila A4 Grafipapel	ECONOMATO	30	A
3533	Etiqueta adhesiva 3.4 x 10.2 cm Eticom (14 x hoja)	ECONOMATO	30	A
3556	TARJETA PERSONAL	ECONOMATO	30	A
4428	LENTES SEGURIDAD C/IMPACTO MSA-SIERRA (ESTUDIANTES)	MATERIALES DE SEGURIDAD	30	A
5028	Recarga p/plumón Pilot (WBS-VBM) azul	ECONOMATO	30	A
5029	Recarga p/plumón Pilot (WBS-VBM) negro	ECONOMATO	30	A
5042	Zapato de seguridad dieléctrico c/punta fibra de vidrio	MATERIALES DE SEGURIDAD	30	A
5512	Plumón recargable Pilot V Board Master azul	ECONOMATO	30	A
5513	Plumón recargable Pilot V Board Master verde	ECONOMATO	30	A
5514	Plumón recargable Pilot V Board Master rojo	ECONOMATO	30	A
5515	Plumón recargable Pilot V Board Master negro	ECONOMATO	30	A
6577	Recarga p/plumón Pilot (WBS-VBM) verde	ECONOMATO	30	A
9151	Trapo Industrial	MATERIALES DIVERSOS	30	A
9451	BOLIGRAFO PILOT G-1 T/LIQUIDA NEGRO	ECONOMATO	30	A
9730	BOLIGRAFO PILOT G-1 T/LIQUIDA ROJO	ECONOMATO	30	A
9731	BOLIGRAFO PILOT G-1 T/LIQUIDA AZUL	ECONOMATO	30	A
10517	Mouse inalámbrico	SUMINISTROS DE COMPUTO	30	A
2382	Cinta Masking Tape 1-1/2pulg x 55yrd Pegafan 500	ECONOMATO	24	B
3012	GUANTES DE NITRILO TIPO QUIRÚRGICO. CJA.x 50 unid.	MATERIALES DE SEGURIDAD	24	B
3315	Pasta Limpia tipo	ECONOMATO	24	B
3588	PASE DE VISITANTES T/ A-6	ECONOMATO	24	B
6427	Pad para mouse ergonomico	SUMINISTROS DE COMPUTO	24	B
10765	VOLANTE A5 LIMA	ECONOMATO	24	B
12560	POST IT 654-5PK (3X3) X 500H NEON 3M	ECONOMATO	24	B
13228	Adaptador HDMI a VGA - Marca Delcon	SUMINISTROS DE COMPUTO	24	B
13643	PT ELITE JUMBO BASICA x 200 mts. (PTRJ10027)	MATERIALES DIVERSOS	24	B
13722	PAPEL HIG. ELITE JUMBO CLASSIC X 500m	MATERIALES DIVERSOS	24	B
1165	CABLE DE SEGURIDAD C/ LLAVE 1.8M KENSINGTON	MATERIALES ELECTRICOS	22	B
1541	Cinta de amarre de pvc 10 cm.	MATERIALES ELECTRICOS	22	B
2386	Cinta teflon de 1/2 pulg. x 12 mts.	PEGAMENTOS Y RESINAS	22	B
3348	Lápiz c/borrador Faber Castell 1210TB	ECONOMATO	22	B
3386	Block de notas Post-It 3 x 3 pulg. R-330 pop-up	ECONOMATO	22	B
3433	Clips #1 plateado caja x 100	ECONOMATO	22	B
4617	Cinta adhesiva doble contacto 3/4pulg x 33 mt 3M	ECONOMATO	22	B
5030	Recarga p/plumón Pilot (WBS-VBM) rojo	ECONOMATO	22	B
10085	Supresor de Picos Metalico de 8 tomas-Universal	MATERIALES ELECTRICOS	22	B
10645	Jabón Espuma x 1000 ml. (marca Tork)	MATERIALES DIVERSOS	22	B
1518	Pila alcalina 9VDC Duracell MN 1604 (Bateria)	MATERIALES ELECTRICOS	21	B
3018	Protector de oído (tipo tapón)	MATERIALES DE SEGURIDAD	21	B
3455	Tijera mango plástico grande 20 cm Faber Castell	ECONOMATO	21	B
3586	Papel bond A4 90 grs membretado (vertical)	ECONOMATO	21	B
5998	Plumón resaltador Fab 48 celeste	ECONOMATO	21	B
2383	Cinta Masking Tape 2pulg x 55yrd Pegafan 500	ECONOMATO	14	C
3458	Mota p/pizarra acrilica Omega Standard	ECONOMATO	14	C
3521	Cinta adhesiva 1/2pulg x 36yrd Magic Tape 3M	ECONOMATO	14	C
3523	Cinta adhesiva 3/4pulg x 36yrd Magic Tape 3M	ECONOMATO	14	C
3537	Goma en barra UHU Stick 40 gr	ECONOMATO	14	C
4346	Thinner acrílico	PINTURAS Y DISOLVENTES	14	C
6336	Plumón resaltador Fab 48 rosado	ECONOMATO	14	C
3068	Detergente Ace o Ariel de 850 grs.	MATERIALES DIVERSOS	13	C
3334	Bolígrafo 061 Faber Castell Azul	ECONOMATO	13	C
4240	GUANTES POLIESTER C/PALMA JEBE ANTIDESLIZANTE	MATERIALES DE SEGURIDAD	13	C

5372	Plumón grueso Fab indeleble Jumbo 23 negro	ECONOMATO	13	C
5451	Sobre manila medio oficina Grafipapel amarillo	ECONOMATO	13	C
6025	Banderita Post It 1/2 pulg. 3M 683 x 4 colores	ECONOMATO	13	C
8101	ALAMBRE TW # 16 AWG (1.3 MM2) X 100 MT. COLOR NEGRO	MATERIALES ELECTRICOS	13	C
2373	Cinta adhesiva 1/2pulg x 36yrd Pegafan	ECONOMATO	9	C
3358	Plumón grueso Fab Jumbo 47 azul	ECONOMATO	9	C
3359	Plumón grueso Fab Jumbo 47 negro	ECONOMATO	9	C
3361	Plumón grueso Fab Jumbo 47 rojo	ECONOMATO	9	C
3362	Plumón grueso Fab Jumbo 47 verde	ECONOMATO	9	C
294	Tubo de abasto hilo acero inox. 1/2 pulg. Metusa	MATERIALES DE CONSTRUCCION	8	C
440	Codo 90 pvc clase10 c/rosca Pavco 1-1/2 pulg.	TUBERIAS DUCTOS Y ACCESORIOS	8	C
470	UNION UNIVERSAL PVC 1 1/2C/ROSCA	TUBERIAS DUCTOS Y ACCESORIOS	8	C
493	UNION SIMPLE PVC EC 1	TUBERIAS DUCTOS Y ACCESORIOS	8	C
588	Válvula esférica 1-1/2 pulg CIM 14	VALVULAS Y ACCESORIOS	8	C
605	Grifo esférico p/jardin 1/2 pulg CIM 34	VALVULAS Y ACCESORIOS	8	C
940	Pintura esm. sint. en spray gris claro	PINTURAS Y DISOLVENTES	8	C
954	Pintura esm. sint. en spray negro	PINTURAS Y DISOLVENTES	8	C
1539	Cinta de amarre de pvc 15 cm.	MATERIALES ELECTRICOS	8	C
2243	Switch D-Link DES-1008D 8 puertos	MATERIALES ELECTRONICOS	8	C
2769	PAPEL FILTRO 45 X 45 LENTO	PRODUCTOS QUIMICOS Y REACTIVOS	8	C
2770	PAPEL FILTRO 45 X 45 RAPIDO	PRODUCTOS QUIMICOS Y REACTIVOS	8	C
2843	Jeringa descartable de 5cm3	PRODUCTOS QUIMICOS Y REACTIVOS	8	C
3024	GUARDAPOLVO DE DRILL AZUL ACERO TALLA M	MATERIALES DE SEGURIDAD	8	C
3271	Sobre manila A4 c/ventana horizontal Membretado 90 grs	ECONOMATO	8	C
3273	Sobre manila extra oficina Grafipapel amarillo	ECONOMATO	8	C
3457	Borrador grande mixto	ECONOMATO	8	C
3460	Regla cristal 30 cm Artesco	ECONOMATO	8	C
3483	Fastener de metal anticorte Warrior 10339-8	ECONOMATO	8	C
3486	Folder manila t/oficio Grafipapel	ECONOMATO	8	C
4711	Jeringa descartable de 1cm3 (tuberculina)	PRODUCTOS QUIMICOS Y REACTIVOS	8	C
5367	Bolígrafo 031 Fab P/F azul	ECONOMATO	8	C
5575	INTERRUPTOR TERMOMAG.3X16A P/RIEL	MATERIALES ELECTRICOS	8	C
7200	Sobre A4 membretado vertical de 90 grs.	ECONOMATO	8	C
7463	REGLA METALICA DE 50 CM	HERRAMIENTAS CONSUMIBLES	8	C
7870	TAPA TROQUELADA Y CONTRATAPA EN FOLDCOTE 16 PARA PCC	ECONOMATO	8	C
8097	ALAMBRE TW # 14 AWG (2.1 MM2) X 100 MT. COLOR AZUL	MATERIALES ELECTRICOS	8	C
9045	Chaleco de brigadista (naranja).	MATERIALES DIVERSOS	8	C
9349	BOTIN DE SEGURIDAD HERALDO MANRIQUE (ESCUELA DE OPERADORES)	MATERIALES DE SEGURIDAD	8	C
9450	Bolígrafo 061 Fab P/F azul	ECONOMATO	8	C
9480	PAPEL P/LIMPIAR LENTES-UVEX X CAJA	MATERIALES DE SEGURIDAD	8	C
9526	PLANCHA DURAPLA MDF STD CRUDO 2.14 X 2.44 DE 3.0 MM	MATERIALES DE CONSTRUCCION	8	C
9668	PLANCHA ACRILICO TRANSPARENTE CRISTAL LISO 90cm x 60cm DE 4mm.	MATERIALES DE CONSTRUCCION	8	C
9990	Accesorio p/Fluxómetro VAINSA	MATERIALES DE CONSTRUCCION	8	C
10279	PLANCHA DE CARTÓN CORRUGADO IMPORTADO DE 4MM x 1.7 MT x 0.80 MT	MATERIALES DE CONSTRUCCION	8	C
10665	Post it rectangular 76 mm x 127 mm	ECONOMATO	8	C
11305	tarjetas arduino UNO R3	MATERIALES ELECTRONICOS	8	C
11838	TAMPÓN O ALMOHADILLA DACTILAR TRODAT NEGRO	ECONOMATO	8	C
11839	TAJADOR CON DEPOSITO	ECONOMATO	8	C
13465	cargador para celular Motorola Moto G4 Plus (Turbo Power).	MATERIALES EVENTUALES	8	C
13592	Accesorio de Arduino : Wifi ESP8266	MATERIALES ELECTRONICOS	8	C
15016	BATERIA DURACELL 9V.	MATERIALES ELECTRICOS	8	C
18342	JABON ESPUMA WEST MICROSAFE CLEAN X 1000 ML (SUAVE AROMA)	MATERIALES DIVERSOS	8	C
3170	Caramelo Frutina Ambrosoli	MATERIALES DIVERSOS	6	C
3335	Bolígrafo Uni-Ball UM-170 azul	ECONOMATO	6	C

3342	Bolígrafo Uni-Ball UM-170 rojo	ECONOMATO	6	C
3424	Forro Vinifan t/oficio cristal	ECONOMATO	6	C
3448	Saca grapas s/marca	ECONOMATO	6	C
4593	Block de notas 1.5 x 2 pulg Stick 21131	ECONOMATO	6	C
5008	Lápiz c/borrador Stabilo HB Swano 4906	ECONOMATO	6	C
6337	Plumón resaltador Fab 48 verde	ECONOMATO	6	C
7901	Toma doble univ. 2P+T, 15A, 250V Leviton 5825-I C/Placa	MATERIALES ELECTRICOS	6	C
8100	ALAMBRE TW # 16 AWG (1.3 MM2) X 100 MT. COLOR ROJO	MATERIALES ELECTRICOS	6	C
8103	ALAMBRE TW # 16 AWG (1.3 MM2) X 100 MT. COLOR AZUL	MATERIALES ELECTRICOS	6	C

Fuente: Elaboración propia

En base a la tabla anterior y haciendo uso de la ley 80 – 20 del análisis de Pareto, se determinaron las principales familias de producto que se suministran en la sede principal. El cuadro muestra que, del total de familias atendidas, el 83.9 % de tales se concentran en artículos tipo economato, eléctricos, diversos y de seguridad.

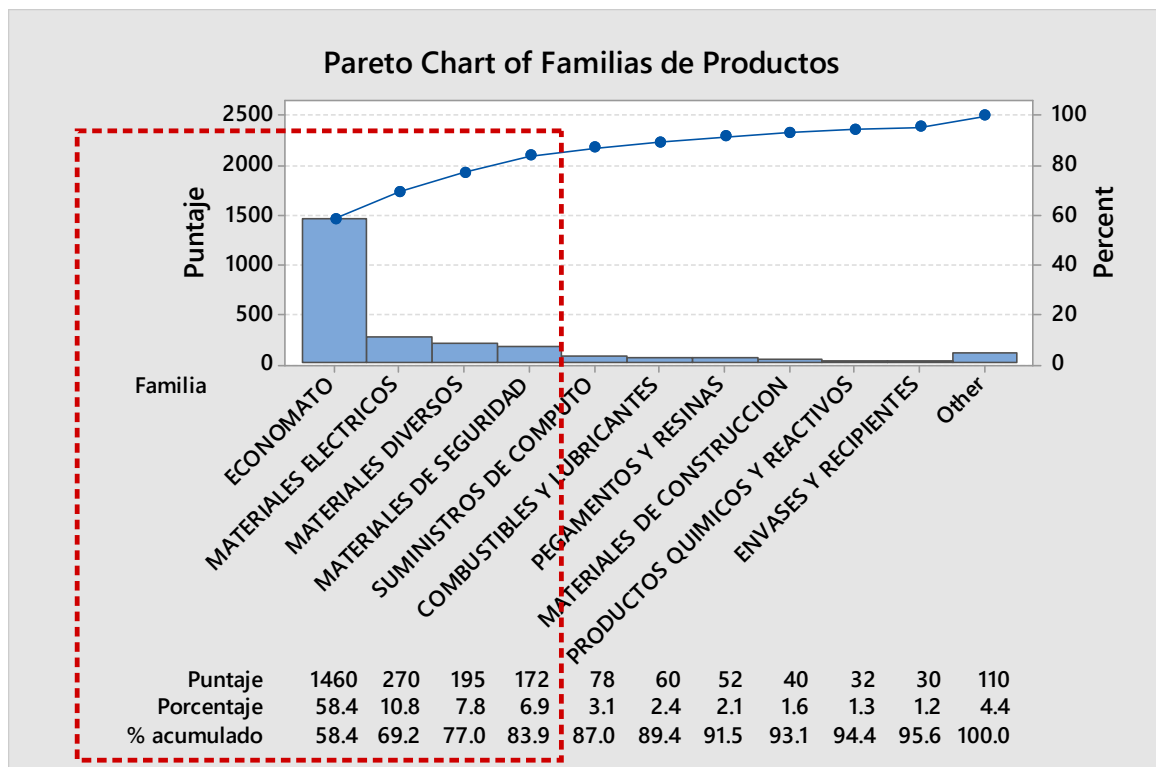


Figura N° 17. Análisis de Pareto por familias de productos

Fuente: Elaboración propia

#### 1.1.2.4. Análisis de los lead-times

Con el objeto de analizar y evaluar la distribución de los tiempos de atención (lead times) resultado de la actual gestión de abastecimiento, se ha tomado como base a los artículos de la tabla N° 5. Se analizarán los lead times en días, correspondientes al periodo 2018. Se tomarán aleatoriamente 4 referencias de toda la lista. Con el uso de

diagramas de caja (Boxplots) se podrá visualizar la mediana y los cuartiles de los datos así como también los valores atípicos que éstos puedan presentar.

### Artículo Clase A: Aflojatodo WD-40 en spray 11 oz. (Código: 1062)

Variable	Total Count	Minimum	Q1	Median	Q3	Maximum	Range	IQR	Mode	N for Mode
Lead-Time (days)	12	3.00	7.25	10.50	21.75	49.00	46.00	14.50	7; 9	2

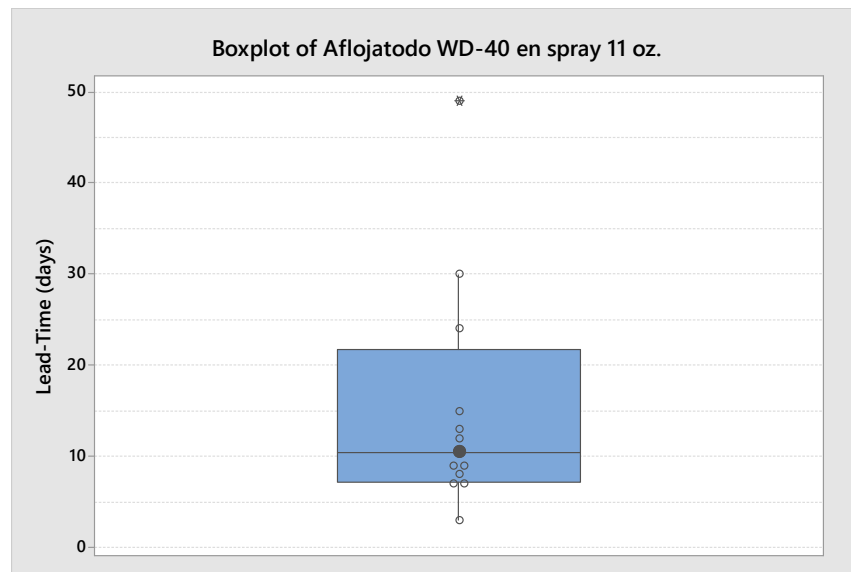


Figura N° 18. Diagrama de caja del código 1062  
Fuente: Elaboración propia

**Análisis:** Según lo mostrado, en el año 2018, de un total de 12 atenciones realizadas, la mitad de las veces en que el código 1062 fue atendido, tomó menos de 10.50 días y la otra mitad tomó más días, con un máximo de 49 días transcurridos. Éste último valor de 49 días es considerado como un valor atípico y habría que analizar la causa de tal duración. Por ejemplo, una de las causas posibles es que ocasionalmente el área de almacén genera guías de salida de items pertenecientes a requerimientos olvidados de atender por los compradores. Pasado el tiempo, al momento de comprar para stock e ingresar los materiales al kardex, el sistema identifica las referencias que habiendo sido aprobadas, aún no han sido despachadas, y como detecta que hay stock disponible

para esos códigos, se generan automáticamente las listas de guías por atender, a lo cual el personal de almacén les dá salida asumiendo que corresponden a requerimientos recientes. Por otra parte, los días de espera que más veces se han repetido han sido de 7 y 9, con una repetición de 2 veces cada uno. Por último, atender la referencia 1062, tomó como mínimo 3 días de espera para el usuario interno.

### Artículo Clase A: BOLIGRAFO PILOT G-1 T/LIQUIDA AZUL (Código: 9731)

Variable	Total Count	Minimum	Q1	Median	Q3	Maximum	Range	IQR	Mode	N for Mode
Lead-Time (days)	16	0.00	0.00	9.00	29.25	57.00	57.00	29.25	0	5

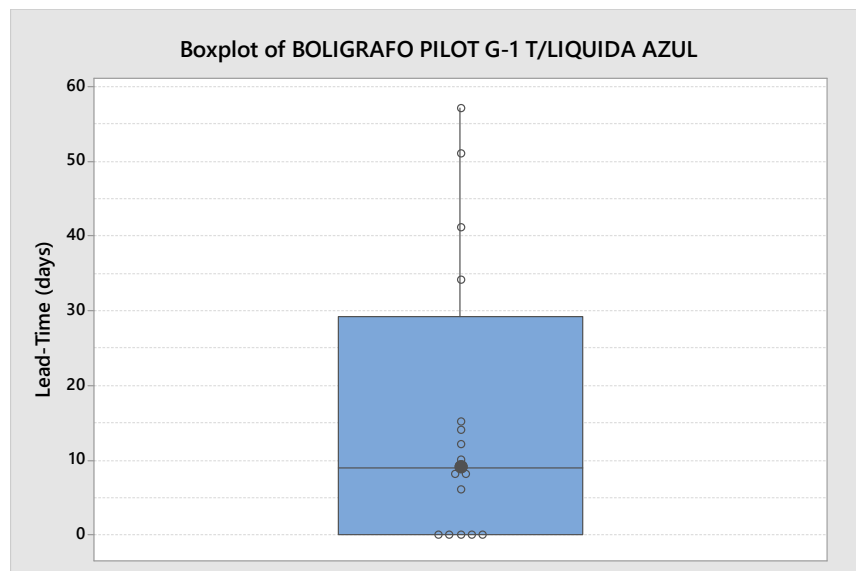


Figura N° 19. Diagrama de caja del código 9731  
Fuente: Elaboración propia

**Análisis:** Según lo mostrado, en el año 2018, de un total de 16 atenciones realizadas, la mitad de las veces en que el código 9731 fue atendido tomó menos de 9 días y la otra mitad tomó más días, con un máximo de 57 días transcurridos. Asimismo, el 75% de las atenciones tomaron menos de 29.25 días. El otro 25% restante tomó más. Por otra parte el tiempo de espera que más veces se ha repetido a sido de 0 días, con una repetición de 5 veces.

### Artículo Clase A: Mouse inalámbrico (Código: 10517)

Variable	Total Count	Minimum	Q1	Median	Q3	Maximum	Range	IQR	Mode	N for Mode
Lead-Time (days)	28	1.00	3.00	6.00	13.25	39.00	38.00	10.25	2	5

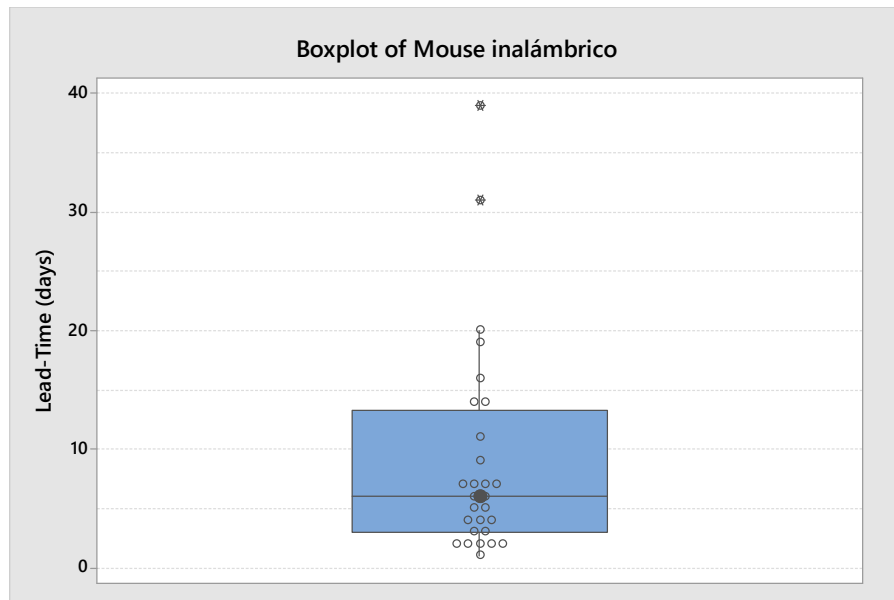


Figura N° 20. Diagrama de caja del código 10517  
Fuente: Elaboración propia

**Análisis:** Según lo mostrado, en el año 2018, de un total de 28 atenciones realizadas, la mitad de las veces en que el código 10517 fue atendido tomó menos de 6 días y la otra mitad tomó más días, con un máximo de 39 días transcurridos. Éste último valor de 39 días es considerado como un valor atípico, y habría que analizar la causa de tal duración. Asimismo, el 75% de las atenciones tomaron menos de 13.25 días. El otro 25% restante tomó más. Por otra parte, el tiempo de espera que más veces se ha repetido a sido de 2 días, con una repetición de 5 veces. Por último, atender la referencia 10517 tomó como mínimo 1 día de espera para el usuario interno.



### Artículo Clase B: Pad para mouse ergonómico (Código: 6427)

Variable	Total Count	Minimum	Q1	Median	Q3	Maximum	Range	IQR	Mode	N for Mode
Lead-Time (days)	17	2.00	4.00	5.00	14.00	31.00	29.00	10.00	4	4

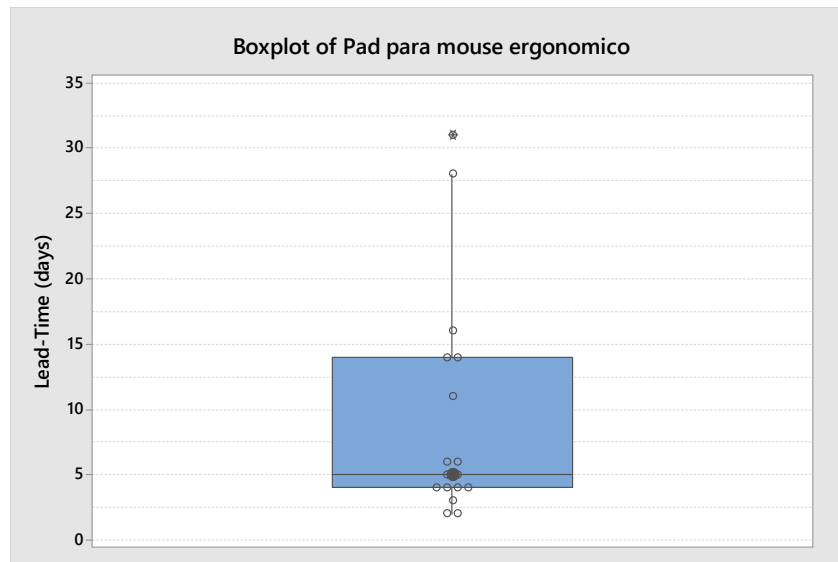


Figura N° 21. Diagrama de caja del código 6427  
Fuente: Elaboración propia

**Análisis:** Según lo mostrado, en el año 2018, de un total de 17 atenciones realizadas, la mitad de las veces en que el código 6427 fue atendido tomó menos de 5 días y la otra mitad tomó más días, con un máximo de 31 días transcurridos. Éste último valor de 31 días es considerado como un valor atípico, y habría que analizar la causa de tal valor. Asimismo, el 75% de las atenciones tomaron menos de 14 días. El otro 25% restante tomó más. Por otra parte, el tiempo de espera que más veces se ha repetido a sido de 4 días, con una repetición de 4 veces. Por último, atender la referencia 6427 tomó como mínimo 2 días de espera para el usuario interno.

Como conclusión a los lead times analizados, se puede decir que la atención de artículos considerados relevantes no tiende a ser inmediata en la sede Lima del centro

de estudios evaluado, y que lo común o usual es que el cliente interno tenga que esperar varios días para ser atendido ya que es muy probable que su solicitud tenga que pasar primero por un proceso de compra, debido a la falta de stock de tales referencias en el almacén.

#### 1.1.2.5. Análisis de los niveles de inventario

A continuación se muestran los diferentes niveles de inventario mensuales valorizados en soles correspondientes al año 2018, considerando para tales todas las referencias mantenidas en el almacén. Por otra parte, para el consumo, se considera también a todas las referencias que han sido atendidas en tal periodo.

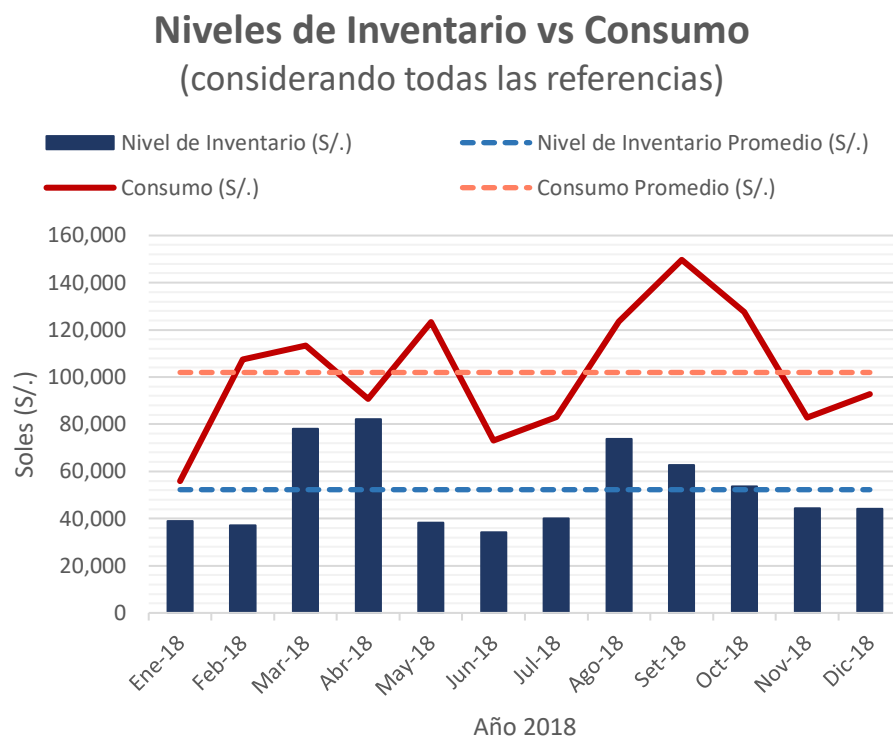


Figura N° 22. Niveles de inventario vs Consumo (considerando todas las referencias)  
Fuente: Elaboración propia

Como se puede apreciar del gráfico líneas arriba, los niveles de inventario siempre están por debajo de la media del consumo, motivo por el cual se afirma que tales

niveles no son los adecuados, y que por ende es necesario elevar el número de unidades a almacenar, según amerite cada referencia.

Asimismo, considerando sólo las referencias de la tabla N° 5, en el siguiente gráfico se muestra tanto los niveles de inventario mensuales valorizados en soles del año 2018, así como también los consumos mensuales correspondientes a tal periodo.

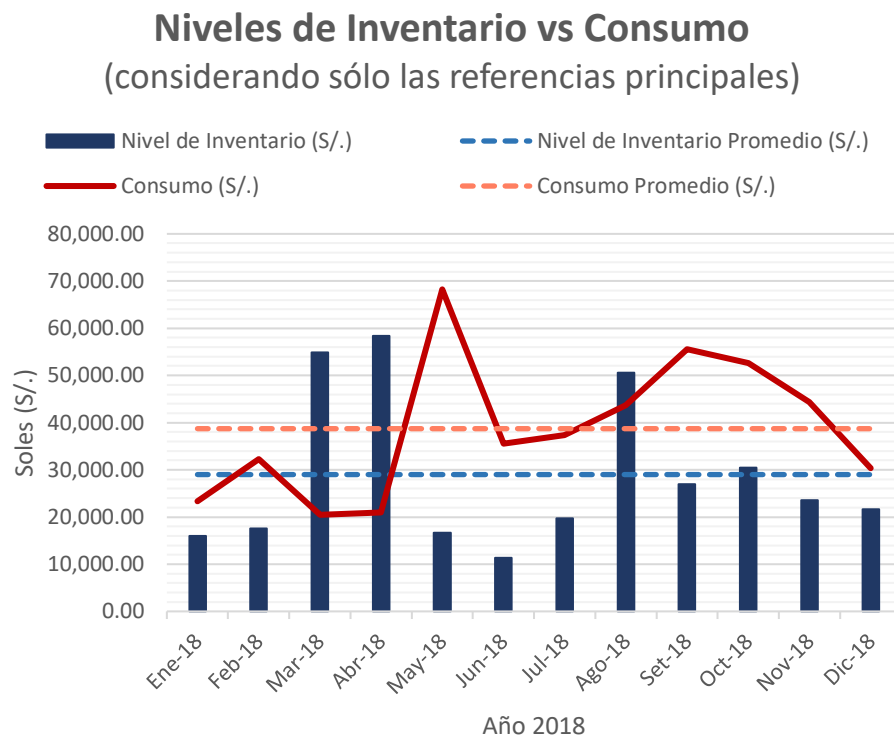


Figura N° 23. Niveles de inventario vs Consumo (considerando sólo las referencias principales)  
Fuente: Elaboración propia

Se puede apreciar que en ciertos meses los niveles de inventario presentan picos que sobrepasan la media del consumo, esto debido a la estacionalidad causada por los alumnos nuevos que cada año ingresan (meses de marzo y agosto) a la institución. En tales meses siempre se compran EPP's para entregarlos a los ingresantes, es por eso que los volúmenes siempre tienden a aumentar bastante. Luego, al finalizar la entrega de EPP's, se procede a generar las salidas correspondientes del kardex, razón por la cual los niveles de inventario vuelven a normalizarse en los meses posteriores.

El tener bajos niveles de inventario conlleva a que cada vez que un usuario solicite alguna referencia, se dé una alta probabilidad de que no haya en stock lo requerido, produciéndose así los famosos quiebres o roturas de stock. Este hecho repercute negativamente en el nivel de servicio, generando insatisfacción y molestia en el cliente interno.

El siguiente gráfico considera sólo las referencias principales determinadas en la tabla N° 5. Se evalúa las cantidades y porcentajes de quiebres de stock generados en el año 2018 de tales referencias.

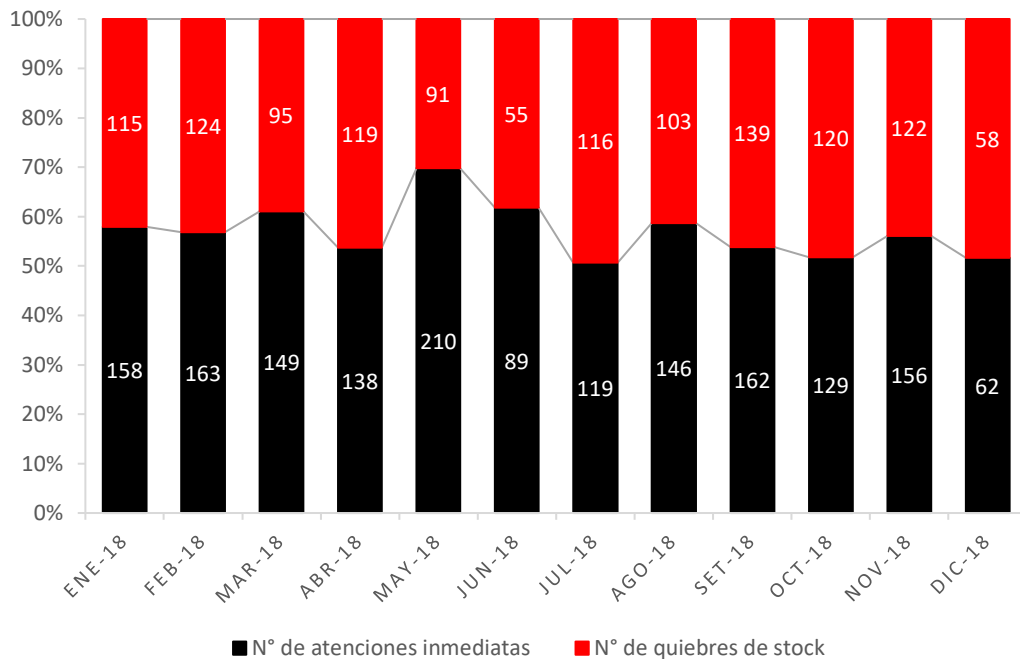


Figura N° 24. Cantidad de quiebres de stock de las referencias principales en el año 2018  
Fuente: Elaboración propia

El gráfico indica que se han generado quiebres de stock en el año 2018 para las referencias más importantes, y que las cantidades presentadas son muy altas.

Asimismo, a continuación se muestra la correlación existente entre el número de referencias solicitadas con el número de quiebres de stock, también considerando sólo los principales artículos.

Pearson correlation	0.842
P-value	0.001

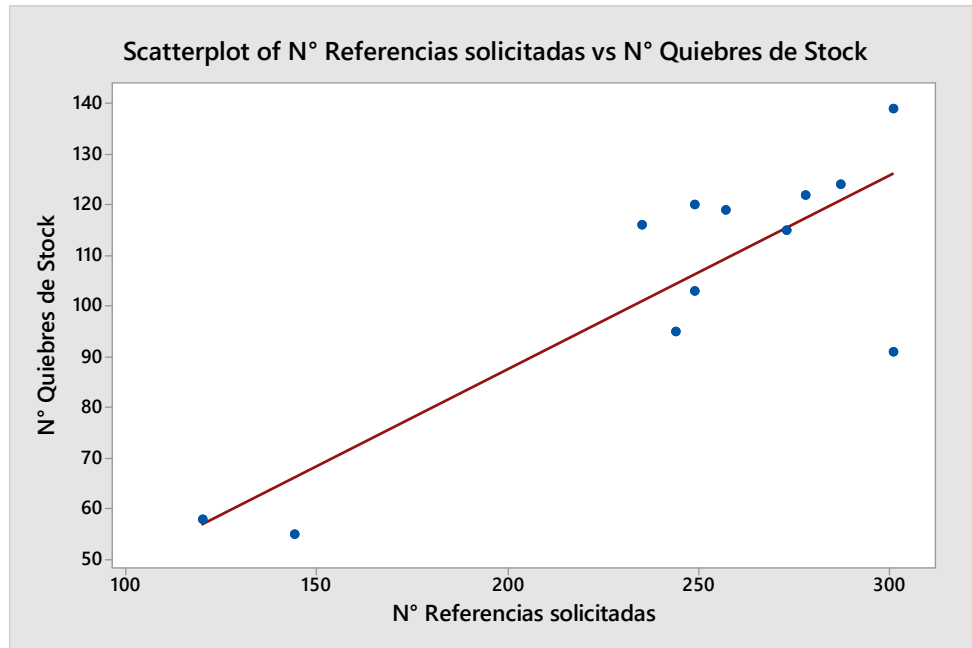


Figura N° 25. Correlación N° de referencias solicitadas con N° de quiebres de stock  
Fuente: Elaboración propia

Existe correlación entre las dos variables. A medida que el número de referencias solicitadas aumenta, los quiebres de stock también aumentan. Asimismo el valor p es menor que el nivel de significancia de 0.05, lo que indica que la correlación es significativa.

#### 1.1.2.6. Análisis de las compras con caja chica

Finalmente, se muestra a continuación los montos y porcentajes que representan las compras anuales (años 2016, 2017 y 2018) de las principales referencias hechas con caja chica (pago al contado) del total de compras de consumibles hechas bajo esa

misma modalidad. Estas compras se efectúan debido a la falta de stock de esos artículos en el almacén así como también a la necesidad y urgencia de tales materiales por parte de los usuarios.

Tabla N° 6  
*Compras anuales de consumibles realizadas con caja chica*

Compras realizadas con caja chica				
Periodo	Monto correspondiente al total de ítems		Monto correspondiente a ítems principales	
	Monto (S/.)	%	Monto (S/.)	%
2016	76,393.69	100.00%	8,577.33	11.23%
2017	83,524.70	100.00%	9,953.78	11.92%
2018	69,586.38	100.00%	16,261.90	23.37%

Fuente: Elaboración propia

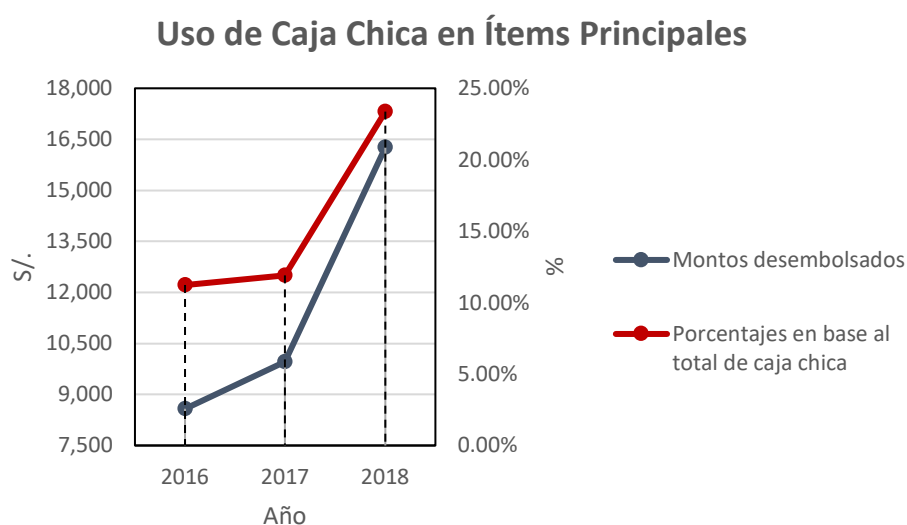


Figura N° 26. Uso de caja chica en ítems principales  
Fuente: Elaboración propia

Tanto de la tabla como del gráfico líneas arriba se puede apreciar que cada año que transcurre en el instituto, el uso de la caja chica para comprar consumibles considerados principales es cada vez mayor. Esto implica que los pagos por tales materiales fueron hechos al contado cuando lo ideal era que debieron haber sido

adquiridos con crédito a través de una mejor gestión de abastecimiento, lo cual al final repercute negativamente en el adecuado uso del capital de trabajo de la institución.

## 1.2. Antecedentes

### 1.2.1. Internacionales

Rangel (2016). *Definir el modelo de gestión de inventarios para múltiples productos, dentro del procedimiento de compras en CIVALCO LTDA.* (tesis de maestría). Universidad de los Andes, Bogotá, Colombia. Se desarrolla una propuesta de gestión de inventarios para múltiples productos dentro del procedimiento de compras, aplicado a una empresa de servicios de ingeniería, especializada en sistemas de protección contra incendio y atención de emergencia. La empresa no cuenta con una gestión de inventarios y su gestión en el procedimiento de compras es ineficiente debido a que no garantiza un manejo adecuado de los bienes. Asimismo, la empresa a pesar de contar con una herramienta de registro de inventarios, no le ha sido posible cuantificar el inventario disponible, incurriendo en costos no previstos y generando por ende pérdidas para la organización. Por tal razón se propuso la aplicación del sistema ABC de inventarios y el modelo EOQ sin faltantes, los cuales generaron un ahorro del 6.62% en base a las compras del periodo 2014.

Faune (2016). *Rediseño de la gestión del stock de medicamentos de la farmacia de un hospital público* (tesis de pregrado). Universidad de Chile, Santiago de Chile, Chile. Se plantea rediseñar y mejorar el sistema de gestión de inventario de medicamentos dentro de la farmacia ambulatoria de un hospital público, con el fin de disminuir el sobre stock existente. Entre los problemas identificados están un sobre stock promedio anual de 15.16 % respecto al gasto total anual, pedidos realizados de manera informal con cantidades basadas en aproximaciones de la demanda histórica, entre otros. Para

este caso se propuso la implementación de un sistema de reposición periódica para gestionar el inventario, así como el uso del modelo de suavización exponencial con estacionalidad para la realización de pronósticos. El modelo propuesto permitió mejoras en la gestión del inventario, con una considerable disminución del sobre stock, siendo éste de sólo 3.75 % con respecto al gasto incurrido en ese periodo, y 61.12 % más bajo que el sobre stock generado en el periodo anterior.

Arana (2015). *Gestión de inventarios en una empresa de repuestos automotrices* (tesis de pregrado). Universidad de Chile, Santiago de Chile, Chile. Se desarrolla un modelo de gestión de inventarios para una empresa dedicada a la prestación de servicios de mantenimiento y venta de repuestos automotrices. La empresa presenta continuamente quiebres de stock en sus artículos más importantes, productos almacenados por largos periodos de tiempo, y registros de inventarios desactualizados. Determinado todos estos problemas, se procedió a clasificar todas las referencias en categorías según criterios técnicos, se realizó pronósticos de forma agregada por familias, se utilizó el modelo EOQ con extensión probabilística, y finalmente se realizaron las simulaciones respectivas para evaluar el modelo, obteniendo resultados positivos como un aumento en el nivel de servicio de 5.5 % promedio y una disminución de costos de 7.9 % promedio.

### 1.2.2. Nacionales

Fernández (2016). *Análisis y diseño de un sistema de gestión de inventarios para una empresa de servicios logísticos* (tesis de pregrado). Pontificia Universidad Católica del Perú, Lima, Perú. Se desarrolla un sistema de gestión de inventarios para una empresa peruana que brinda servicios logísticos de soporte, específicamente en la gestión de



abastecimiento para empresas del rubro industrial. La empresa no ha clasificado adecuadamente sus inventarios, resultando en un 25% de pedidos desatendidos. Asimismo, se presentan altos porcentajes de quiebres de stock con promedios de 19% y coberturas de sólo 30%, cantidad inferior a lo mínimo establecido. Por otra parte, casi todos los procesos se realizan de manera manual, con formatos de Excel, dando cabida al error. El modelo propone realizar una clasificación ABC multicriterio, así como el uso de modelos de reposición continua Q y periódica P según aplique a cada referencia. Los resultados obtenidos por el modelo propuesto fueron una disminución considerable del número de quiebres, pasando de 30 roturas promedio a sólo 5 promedio. Por otra parte, se propone también la implementación de un ERP que permita mejorar los procesos de la empresa.

Vásquez (2015). *Análisis, diagnóstico y propuesta de mejora en la gestión de inventarios y de almacenes en una empresa del sector gráfico* (tesis de maestría). Pontificia Universidad Católica del Perú, Lima, Perú. Se realiza una propuesta de mejora para la gestión de inventarios y almacenes de una empresa gráfica ubicada en Lima, dedicada a dar servicios gráficos de Pre-Prensa, Prensa y Post prensa, así como también servicio de diseño gráfico. Con respecto a la gestión de inventarios, la empresa presenta exactitudes de registros de inventarios bajos, de tan sólo 34.10% según última toma física anual. Asimismo, los inventarios no son controlados de una manera estructurada pues los puntos de reposición son determinados de una manera empírica. Por último, el capital de trabajo no es administrado eficientemente, ya que el índice de cobertura cubre muchos días (56) de atención a la demanda, siendo el tiempo de atención por parte del proveedor mínimo (de 3 a 4 días). Como solución a todos estos problemas, se propone aplicar la clasificación ABC multicriterio, pronósticos basados

en modelos de series de tiempo, y la curva de intercambio (éste último con el fin de establecer el punto de operación); obteniendo así un ahorro del 18.20% en los costos totales con respecto a la política actual.

Concha (2017). *Propuesta de un sistema de gestión de inventarios para el área de farmacia de una clínica en la ciudad de Arequipa* (tesis de pregrado). Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa, Arequipa, Perú. Se propone el desarrollo de un sistema de gestión de inventario para el área de farmacia de una clínica de la ciudad de Arequipa que desarrolla servicios de sanidad en diversas especialidades. Según encuestas realizadas, la razón por la cual la clínica presenta rupturas de stock y sobre stock de insumos se debe principalmente a una mala planificación, sumado a esto la existencia de una inadecuada política de compras. Es por tales motivos, que como medidas de solución se procedió a clasificar todas las referencias con el Sistema ABC de inventarios, se utilizó pronósticos de series de tiempo y se aplicó asimismo controles de inventario con puntos de reorden para demanda incierta y costos conocidos por faltantes; resultando tales medidas en ahorros totales de un 29% en los costos.

### **1.3. Bases teóricas**

#### **1.3.1. Consumibles**

Objetos, materiales o suministros destinados a utilizarse en las necesidades de la empresa, sin que se revendan ni se incorporen directamente a los productos acabados, es decir, que concurren sólo de manera indirecta a la fabricación o a la distribución. Garcia(2013). *Contabilidad para todos y todas*. Recuperado de <https://contabilidadparanocontables.blogspot.com>.

### 1.3.2. Stock

Se considera stock a aquella cantidad de producto que se encuentra acumulada en un lugar determinado y en disposición de ser vendida, distribuida o usada (Bureau Veritas Formación, 2011).

### 1.3.3. Gestión de los stocks

La gestión de stocks consiste en planificar, organizar y controlar el conjunto de productos, materias primas, componentes y productos semiacabados pertenecientes a una empresa. El objetivo de la gestión de stocks es establecer un equilibrio entre la calidad del servicio al cliente y los costes que derivan de la posesión de los stocks (Bureau Veritas Formación, 2011).

### 1.3.4. Servicio al cliente

El servicio al cliente puede ser definido como la medida de actuación del sistema logístico para proporcionar en tiempo y lugar un producto o servicio (Bureau Veritas Formación, 2011).

### 1.3.5. Abastecimiento

En esencia, se refiere a administrar una amplia gama de procesos que están asociados con la necesidad de una organización de adquirir bienes y servicios que son necesarios a lo largo de la cadena de suministro y en la organización en general. Ejemplos de actividades dentro del proceso de abastecimiento incluyen la contratación de productos/servicios, la selección del proveedor, la negociación del precio, la administración del contrato, la administración de la

transacción y la administración del desempeño del proveedor (Coyle, Langley, Novack, & Gibson, 2018).

#### 1.3.6. **Categorización A-B-C**

La categorización A-B-C de artículos se basa en la “Ley de Pareto”. En 1907, el sociólogo y economista italiano Vilfredo Pareto (1848-1923) expresó su creencia de que en Italia entre el 80 y el 85 por ciento del dinero lo tenía sólo entre el 15 y el 20 por ciento de la población del país. Al grupo pequeño y rico lo denominó “minoría vital” y a todos los demás “mayoría trivial”. Con el tiempo se conoció a esto como la “Regla 80-20” o Ley de Pareto. El concepto representa la proposición de que, dentro de una población de cosas dada, aproximadamente el 20 por ciento de ellas tiene concentrado el 80 por ciento del “valor” de todos los artículos, y que el restante 80 por ciento solamente concentra el 20 por ciento del valor total de los artículos. “Valor” puede definirse de diversas maneras. Por ejemplo, si el criterio es el dinero, el 20 por ciento de todos los artículos representa el 80 por ciento del valor en dólares de todos los artículos. Si el criterio es la tasa de uso, el 20 por ciento de todos los artículos representa el 80 por ciento de los artículos usados o vendidos con mayor frecuencia. Muller (2004).

#### 1.3.7. **Pronósticos**

Un pronóstico es una predicción de acontecimientos futuros que se utiliza con propósitos de planificación (Krajewski, Ritzman, & Malhotra, 2008).

Los métodos de elaboración de pronósticos se pueden clasificar como cualitativos o cuantitativos. Los primeros implican la necesidad del criterio de expertos para obtener los pronósticos. Dichos métodos son apropiados cuando

los datos históricos de la variable a pronosticar no apliquen o no estén disponibles. Los métodos cuantitativos se pueden utilizar cuando 1) la información del pasado acerca de la variable que se desea pronosticar esté disponible; 2) la información pueda cuantificarse, y 3) sea razonable suponer que el patrón del pasado continúe en el futuro. En estos casos, los pronósticos se pueden obtener mediante un método de series de tiempo o un método causal (Anderson, Sweeney, & Williams, 2012).

Si los datos históricos se limitan a los valores pasados de la variable que se pronostica, al procedimiento de elaboración de pronósticos se le llama método de series de tiempo, y los datos históricos se refieren como una serie de tiempo. El objetivo del análisis de la serie de tiempo es descubrir un patrón en los datos históricos o de series de tiempo para después extrapolar el modelo al futuro. El pronóstico se basa únicamente en los valores pasados de la variable o en los errores de pronóstico del pasado. Los métodos de elaboración de pronósticos causales se basan en el supuesto de que la variable a pronosticar tiene una relación de causa y efecto con una o más variables (Anderson et al., 2012).

Este trabajo se centrará únicamente en pronósticos cuantitativos que utilicen métodos de series de tiempo.

#### 1.3.7.1. **Patrones de una serie de tiempo**

Una serie de tiempo es una secuencia de observaciones en una variable que se mide en puntos sucesivos en el tiempo o sobre un periodo sucesivo. Las medidas pueden ser tomadas cada hora, día, semana, mes o año, o en cualquier otro intervalo regular. El patrón de datos es un factor importante en la comprensión de cómo las series de tiempo se han comportado en el pasado. Si se espera que tal comportamiento continúe en el futuro, se puede utilizar el patrón anterior

como guía en la selección de un método de elaboración de pronósticos adecuado (Anderson et al., 2012).

Krajewski et al., (2008) indican que los cinco patrones básicos de la mayoría de las series de tiempo aplicables a la demanda son:

1. Horizontal. La fluctuación de los datos en torno de una media constante.
2. Tendencia. El incremento o decremento sistemático de la media de la serie a través del tiempo.
3. Estacional. Un patrón repetible de incrementos o decrementos de la demanda, dependiendo de la hora del día, la semana, el mes o la temporada.
4. Cíclico. Una pauta de incrementos o decrementos graduales y menos previsible de la demanda, los cuales se presentan en el transcurso de periodos más largos (años o decenios).
5. Aleatorio. La variación imprevisible de la demanda.

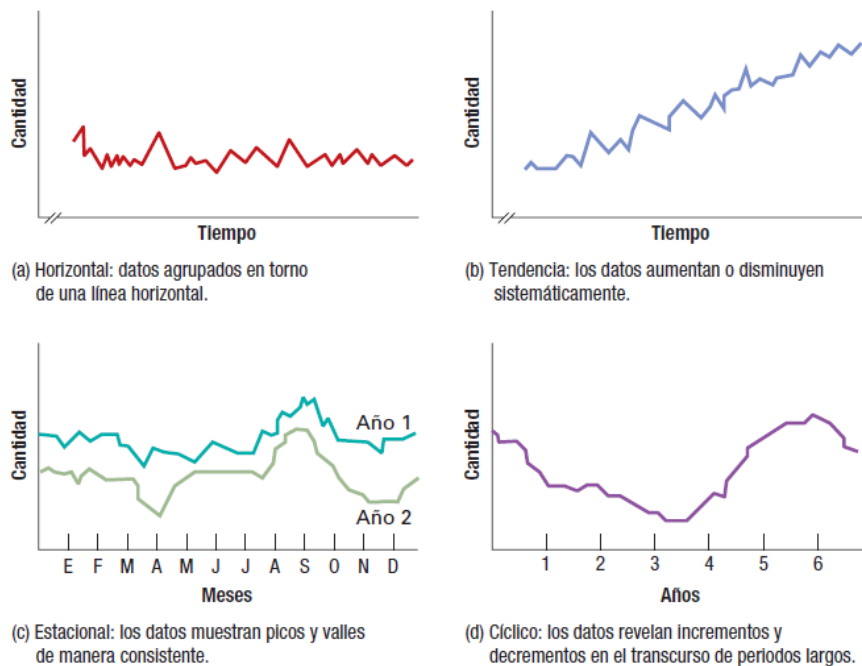


Figura N° 27. Patrones de demanda  
Fuente: (Krajewski et al., 2008)

### 1.3.7.2. Promedios móviles

Según Anderson et al., (2012), el método de promedios móviles utiliza el promedio de los valores de los  $k$  datos más recientes de la serie de tiempo como pronóstico para el próximo periodo. El término *móvil* se utiliza porque cada vez que en la serie de tiempo hay una nueva observación, ésta sustituye a la observación más antigua de la ecuación y se calcula un nuevo promedio. Como resultado, el promedio se modifica, o se mueve, conforme se disponga de una nueva observación.

En términos matemáticos, un pronóstico de promedio móvil de orden  $k$  es el siguiente.

Pronóstico de Promedio Móvil de Orden  $k$

$$F_{t+1} = \frac{\sum(\text{los } k \text{ valores más recientes de los datos)}}{k} = \frac{Y_t + Y_{t-1} + \dots + Y_{t-k+1}}{k}$$

donde

$$F_{t+1} = \text{pronóstico de la serie de tiempo para el periodo } t + 1$$

$$Y_t = \text{valor real de la serie de tiempo en el periodo } t$$

*Fórmula N° 1.* Pronóstico de promedio móvil de orden  $k$   
Fuente: (Anderson et al., 2012)

### 1.3.7.3. Suavizamiento exponencial simple

Según Anderson et al., (2012), el suavizamiento exponencial utiliza un promedio ponderado de los valores pasados de la serie de tiempo como pronóstico; en el que se elige un peso, aquel para la observación más reciente. Los pesos de los valores para los demás datos se calculan automáticamente y son más pequeños conforme las observaciones se vuelven más antiguas. La ecuación del suavizamiento exponencial simple es la siguiente.

### Pronóstico de Suavizamiento Exponencial Simple

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

donde

- $F_{t+1}$  = pronóstico para el periodo  $t + 1$  de la serie de tiempo
- $Y_t$  = valor real de la serie de tiempo en el periodo  $t$
- $F_t$  = pronóstico para el periodo  $t$  de la serie de tiempo
- $\alpha$  = constante de suavizamiento ( $0 \leq \alpha \leq 1$ )

*Fórmula N° 2.* Pronóstico de suavizamiento exponencial simple  
Fuente: (Anderson et al., 2012)

La ecuación muestra que el pronóstico para el periodo  $t + 1$  es un promedio ponderado del valor real en el periodo  $t$  y del valor pronosticado para el periodo  $t$ . El peso dado al valor real en el periodo  $t$  es la **constante de suavizamiento**  $\alpha$ , y el peso dado al pronóstico para el periodo  $t$  es  $1 - \alpha$ . Resulta que el pronóstico exponencial para cualquier periodo es en realidad un promedio ponderado de *todos los valores reales anteriores* de la serie de tiempo (Anderson et al., 2012).

#### 1.3.7.4. Suavizamiento exponencial lineal de Holt

Anderson et al., (2012) indican que Charles Holt desarrolló una versión de suavizamiento exponencial para pronosticar una serie de tiempo con tendencia lineal. Recuerde que el procedimiento de suavizamiento exponencial simple utiliza  $\alpha$  como constante de suavizamiento para “suavizar” la aleatoriedad o las fluctuaciones irregulares en una serie de tiempo, y que los pronósticos para el periodo  $t + 1$  se obtienen mediante la ecuación  $F_{t+1} = \alpha Y_t + (1 - \alpha)F_t$ .

Los pronósticos por el método de suavizamiento exponencial lineal de Holt se obtienen mediante dos constantes de suavizamiento  $\alpha$  y  $\beta$ , y tres ecuaciones.



### Ecuaciones de Suavizamiento Exponencial Lineal de Holt

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

$$b_t = \beta(L_t - L_{t-1}) + (1 - \beta)b_{t-1}$$

$$F_{t+k} = L_t + b_t k$$

donde

$L_t$  = estimación del nivel de la serie de tiempo para el periodo  $t$   
 $b_t$  = estimación de la pendiente de la serie de tiempo para el periodo  $t$   
 $\alpha$  = constante de suavizamiento para el nivel de la serie de tiempo

$\beta$  = constante de suavizamiento para la pendiente de la serie de tiempo  
 $F_{t+k}$  = pronóstico para el periodo  $k$  en el futuro  
 $k$  = número de periodos próximos a pronosticar

*Fórmula N° 3. Pronóstico de suavizamiento exponencial lineal de Holt*  
 Fuente: (Anderson et al., 2012)

#### 1.3.7.5. Método de Holt-Winters

Hanke (2010) indica que cuando existe un patrón estacional, el método de suavización exponencial lineal y estacional de tres parámetros de Winters, una extensión del método de Holt, podría representar mejor los datos y reducir el error del pronóstico. En el método de Winters, se emplea una ecuación adicional para estimar la estacionalidad. En la versión multiplicativa del método de Winters, la estimación de la estacionalidad está dada por un índice estacional. Ésta última indica que, para calcular el componente estacional actual,  $S_t$ , el producto de  $\gamma$  y un estimado del índice estacional dado por  $Y_t/L_t$  se suma  $(1-\gamma)$  veces al componente estacional previo  $S_{t-s}$ . Este procedimiento es equivalente a suavizar los valores previos y actuales de  $Y_t/L_t$ .  $Y_t$  se divide entre el nivel actual estimado  $L_t$ , para crear un índice (razón) que pueda usarse de forma multiplicativa para ajustar un pronóstico que tome en cuenta los picos y valles estacionales. Las 4 ecuaciones usadas en la suavización (multiplicativa) de Winters son:

Series suavizadas exponencialmente o nivel estimado:

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

Estimación de la tendencia:

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

Estimado de estacionalidad:

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

Pronóstico de  $p$  periodos futuros:

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

donde:

$L_t$  = nuevo valor suavizado (estimado de nivel actual)

$\alpha$  = constante de suavización del nivel

$Y_t$  = nueva observación o valor real en el periodo  $t$

$\beta$  = constante de suavización para el estimado de tendencia

$T_t$  = estimado de tendencia

$\gamma$  = constante de suavización para el estimado de estacionalidad

$S_t$  = estimado de estacionalidad

$p$  = periodos futuros a pronosticarse

$s$  = longitud de la estacionalidad

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

*Fórmula N° 4. Método de Holt-Winters*

Fuente: (Hanke, 2010)

#### 1.3.7.6. Descomposición de series de tiempo

Según Anderson et al., (2012) la descomposición de series de tiempo se puede utilizar para separar o descomponer una serie de tiempo en su parte de tendencia y estacional y en su componente irregular, aunque este método puede utilizarse para el pronóstico, y su aplicación principal es conseguir una mejor comprensión de la serie de tiempo. Entender qué sucede en realidad con una serie de tiempo a menudo depende del uso de los datos desestacionalizados.

Los métodos de descomposición de series tiempo asumen que  $Y_t$ , el valor real de la serie de tiempo en el periodo  $t$ , es una función de tres componentes: un componente de tendencia, un componente estacional y un componente irregular o de error. El cómo estos tres componentes se combinan para generar los valores

observados de la serie de tiempo depende de si se asume que la relación entre ellos se describe mejor por un modelo aditivo o un modelo multiplicativo.

Un modelo de descomposición aditiva tiene la siguiente forma:

$$Y_t = \text{Tendencia}_t + \text{Estacional}_t + \text{Irregular}_t$$

donde

$\text{Tendencia}_t$  = valor de la tendencia en el periodo  $t$

$\text{Estacional}_t$  = valor estacional en el periodo  $t$

$\text{Irregular}_t$  = valor irregular en el periodo  $t$

*Fórmula N° 5. Modelo de descomposición aditiva*

Fuente: (Anderson et al., 2012)

En el modelo aditivo, los valores de los tres componentes simplemente se suman para obtener el valor real de las series de tiempo  $Y_t$ . El componente irregular o de error toma en cuenta la variabilidad de la serie de tiempo que no puede ser explicada por los componentes de tendencia y estacional.

Un modelo aditivo es apropiado en situaciones en las que las fluctuaciones estacionales no dependen del nivel de la serie de tiempo. Éste es apropiado si las fluctuaciones estacionales en el periodo anterior son casi del mismo tamaño que las fluctuaciones estacionales en periodos posteriores. Sin embargo, si las fluctuaciones estacionales cambian en el tiempo y son cada vez mayores a medida que aumenta el volumen de ventas debido a una tendencia lineal a largo plazo, entonces se debe utilizar el modelo multiplicativo. Muchas series de tiempo para las empresas y para la economía siguen este patrón.

Un modelo de descomposición multiplicativa toma la siguiente forma:

$$Y_t = \text{Tendencia}_t \times \text{Estacional}_t \times \text{Irregular}_t$$

donde

$\text{Tendencia}_t$  = valor de la tendencia en el periodo  $t$

$\text{Estacional}_t$  = índice estacional en el periodo  $t$

$\text{Irregular}_t =$  índice irregular en el periodo  $t$

*Fórmula N° 6.* Modelo de descomposición multiplicativa  
Fuente: (Anderson et al., 2012)

En este modelo los componentes de tendencia, estacional e irregular se multiplican para dar el valor de la serie de tiempo. La tendencia se mide en las unidades de producto de la serie que se pronostica. Sin embargo, los componentes estacional e irregular se miden en términos relativos, con valores superiores a 1.00 indicando los efectos por arriba de la tendencia y con valores menores a 1.00 indicando los efectos por debajo de la tendencia.

### 1.3.8. Modelos de inventario

Render & Heizer (2014) mencionan que la determinación del modelo de inventario a aplicar va a depender del tipo de demanda que se presente, pudiendo ser tal una de las siguientes:

#### 1.3.8.1. Demanda independiente contra dependiente

Los modelos para el control de inventarios suponen que la demanda de un artículo es independiente o dependiente de la demanda de otros artículos. Por ejemplo, la demanda de refrigeradores es independiente de la demanda de hornos eléctricos. Sin embargo, la demanda de componentes para hornos eléctricos es dependiente de los requerimientos de hornos eléctricos (Render & Heizer, 2014).

Debido a que el tipo de demanda que aplica para nuestro caso es independiente, se procederá a analizar sólo los modelos que correspondan a tal categoría y que asimismo sean idóneos para la organización, considerando suposiciones de certidumbre e incertidumbre.

### 1.3.8.2. Modelo básico de la cantidad económica a ordenar (EOQ)

Render & Heizer (2009) indican que el EOQ (Economic Order Quantity; modelo de la cantidad económica a ordenar) es una de las técnicas más antiguas y conocidas que se utilizan para el control de inventarios. Esta técnica es relativamente fácil de usar y se basa en varios supuestos:

1. La demanda es conocida, constante e independiente.
2. El tiempo de entrega, es decir, el tiempo entre colocar y recibir la orden se conoce y es constante.
3. La recepción del inventario es instantánea y completa. En otras palabras, el inventario de una orden llega en un lote al mismo tiempo.
4. Los descuentos por cantidad no son posibles.
5. Los únicos costos variables son el costo de preparar o colocar una orden (costo de preparación) y el costo de mantener o almacenar inventarios a través del tiempo (costo de mantener o llevar).
6. Los faltantes (inexistencia) se evitan por completo si las órdenes se colocan en el momento correcto.

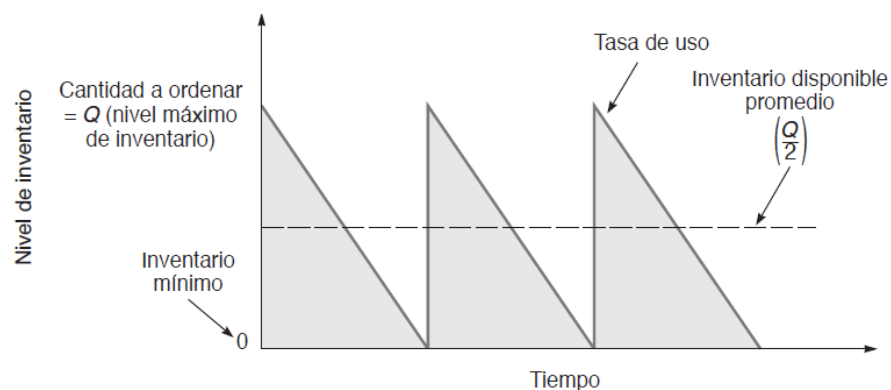


Figura N° 28. Uso del inventario a través del tiempo  
Fuente: (Render & Heizer, 2009)

Con estos supuestos, la gráfica de uso del inventario a través del tiempo tiene forma de diente de sierra. En esta figura,  $Q$  representa la cantidad que se ordena. Si se trata de 500 vestidos, los 500 vestidos llegan al mismo tiempo (cuando se recibe la orden). Por lo tanto, el nivel de inventario salta de 0 a 500 vestidos. En general, cuando llega una orden el nivel de inventario aumenta de 0 a  $Q$  unidades. Debido a que la demanda es constante a través del tiempo, el inventario disminuye a una tasa constante en el tiempo. Cada vez que el nivel del inventario llega a 0, se coloca y recibe una nueva orden, y el nivel del inventario se eleva de nuevo a  $Q$  unidades (representado por las rectas verticales). Este proceso continúa en forma indefinida a través del tiempo (Render & Heizer, 2009).

#### 1.3.8.3. Minimización de costos

Según Render & Heizer(2009), el objetivo de la mayoría de los modelos de inventario es minimizar los costos totales. Con los supuestos que se acaban de dar, los costos significativos son el costo de preparación (u ordenar) y el costo de mantener (o llevar). Todos los demás costos, como el costo del inventario en sí, son constantes. De esta forma, si minimizamos la suma de los costos de preparar y mantener, también minimizaremos el costo total. El tamaño óptimo del lote,  $Q^*$ , será la cantidad que minimice los costos totales. Conforme aumenta la cantidad ordenada, disminuye el número total de órdenes colocadas por año. Entonces, si la cantidad ordenada se incrementa, el costo anual de preparar u ordenar disminuye. Pero si aumenta la cantidad ordenada, el costo de mantener también aumenta debido a que se mantiene un inventario promedio

mayor. Con el modelo EOQ, la cantidad óptima a ordenar aparecerá en el punto donde el costo total de preparación es igual al costo total de mantener.

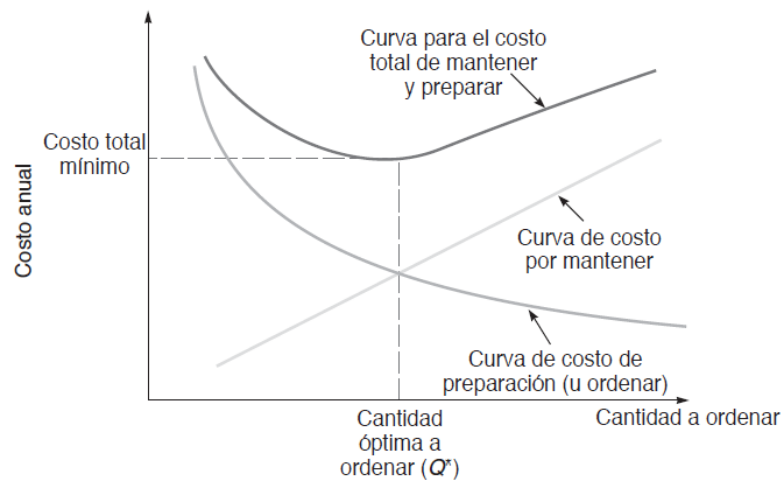


Figura N° 29. Costo total como función de la cantidad a ordenar  
Fuente: (Render & Heizer, 2009)

Usando las siguientes variables, podemos determinar los costos de ordenar y mantener y despejar  $Q^*$ :

$Q$  = Número de unidades por orden

$Q^*$  = Número óptimo de unidades a ordenar (EOQ)

$D$  = Demanda anual en unidades para el artículo en inventario

$S$  = Costo de ordenar o de preparación para cada orden

$H$  = Costo de mantener o llevar inventario por unidad por año

$$\begin{aligned}
 1. \text{ Costo anual de preparación} &= (\text{Número de órdenes colocadas por año}) \times \\
 & \quad (\text{Costo de preparación u ordenar por orden}) \\
 &= \left( \frac{\text{Demanda anual}}{\text{Número de unidades en cada orden}} \right) (\text{Costo de preparación u ordenar por orden}) \\
 &= \left( \frac{D}{Q} \right) (S) = \frac{D}{Q} S
 \end{aligned}$$

Fórmula N° 7. Costo anual preparación  
Fuente: (Render & Heizer, 2009)

2. Costo anual de mantener = (Nivel de inventario promedio) × (Costo de mantener por unidad por año)

$$= \left( \frac{\text{Cantidad a ordenar}}{2} \right) (\text{Costo de mantener por unidad por año})$$

$$= \left( \frac{Q}{2} \right) (H) = \frac{Q}{2} H$$

*Fórmula N° 8. Costo anual de mantener*  
Fuente: (Render & Heizer, 2009)

3. La cantidad óptima a ordenar se encuentra cuando el costo anual de preparación es igual al costo anual de mantener; a saber:

$$= \left( \frac{D}{Q} \right) S = \frac{Q}{2} H$$

4. Para despejar  $Q^*$ , simplemente se multiplican en forma cruzada los términos y se despeja  $Q$  en el lado izquierdo de la igualdad.

$$2DS = Q^2 H$$

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

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

*Fórmula N° 9. Cantidad económica a ordenar*  
Fuente: (Render & Heizer, 2009)

También podemos determinar el número esperado de órdenes colocadas durante el año (N) y el tiempo esperado entre órdenes (T) como sigue:

$$\text{Número esperado de órdenes} = N = \frac{\text{Demanda}}{\text{Cantidad a ordenar}} = \frac{D}{Q^*}$$

$$\text{Tiempo esperado entre órdenes} = T = \frac{\text{Número de días de trabajo por año}}{N}$$

*Fórmula N° 10. Número esperado de órdenes y tiempo esperado entre órdenes*  
Fuente: (Render & Heizer, 2009)



El costo variable anual total del inventario es la suma de los costos de preparación y los costos de mantener:

Costo total anual = Costo de preparación (ordenar) + Costo de mantener

En términos de las variables del modelo, el costo total TC se expresa como:

$$TC = \frac{D}{Q}S + \frac{Q}{2}H$$

*Fórmula N° 11.* Costo total anual del inventario  
Fuente: (Render & Heizer, 2009)

Los costos de inventario también se pueden expresar de manera que incluyan el costo real del material comprado. Si suponemos que la demanda anual y el precio por cada aguja hipodérmica son valores conocidos (por ejemplo, 1,000 agujas hipodérmicas por año a  $P = \$10$ ) y que el costo anual total debe incluir el costo de la compra, entonces:

$$CT = \frac{D}{Q}S + \frac{Q}{2}H + PD$$

*Fórmula N° 12.* Costo total anual del inventario incluyendo costo del material comprado  
Fuente: (Render & Heizer, 2009)

Como los costos de material no dependen de una política de pedidos en particular, se incurre en un costo anual de materiales de  $D \times P = (1,000)(\$10) = \$10,000$ .

#### 1.3.8.4. Puntos de reorden

Los modelos de inventario sencillos asumen que la recepción de la orden es instantánea. En otras palabras, suponen (1) que una empresa colocará una orden cuando el nivel de inventario de un artículo dado llegue a cero, y (2) que los artículos solicitados se recibirán de inmediato. Sin embargo, el tiempo que transcurre entre la colocación de la orden y su recepción, llamado tiempo de entrega, o tiempo de abastecimiento, toma desde unas cuantas horas hasta varios meses. Así, la decisión de cuándo ordenar suele expresarse en términos de un ROP (*Reorder Point*; punto de reorden) el nivel de inventario en el cual debe colocarse la orden (Render & Heizer, 2009).

##### Curva del punto de reorden (ROP)

$Q^*$  es la cantidad óptima a ordenar, y el tiempo de entrega representa el tiempo que transcurre entre colocar y recibir la orden.

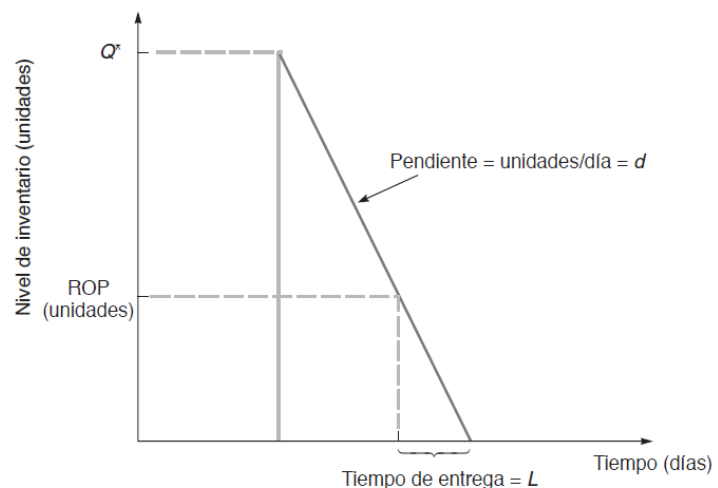


Figura N° 30. Curva del punto de reorden (ROP)  
Fuente: (Render & Heizer, 2009)

El punto de reorden (ROP) se da como:

$$\begin{aligned} \text{ROP} &= (\text{Demanda por día})(\text{Tiempo de entrega de nueva orden en días}) \\ &= d \times L \end{aligned}$$

Fórmula N° 13. Punto de reorden (ROP)  
Fuente: (Render & Heizer, 2009)

Esta ecuación del ROP supone que la demanda durante el tiempo de entrega y el tiempo de entrega en sí son constantes. Cuando no es así, es necesario agregar inventario adicional, a menudo llamado inventario de seguridad.

La demanda por día,  $d$ , se encuentra dividiendo la demanda anual,  $D$ , entre el número de días de trabajo al año:

$$d = \frac{D}{\text{Número de días hábiles en un año}}$$

*Fórmula N° 14. Demanda por día*  
Fuente: (Render & Heizer, 2009)

#### 1.3.8.5. Modelos probabilísticos e inventario de seguridad

Según Render & Heizer (2009) los siguientes modelos de inventario se aplican cuando la demanda del producto no se conoce, pero puede especificarse mediante una distribución de probabilidad. Este tipo de modelos se llaman modelos probabilísticos.

Una preocupación importante de la administración es mantener un nivel de servicio adecuado ante la demanda incierta. El nivel de servicio es el complemento de la probabilidad de un faltante. Por ejemplo, si la probabilidad de que ocurra un faltante es de 0.05, entonces el nivel de servicio es de .95. La demanda incierta eleva la posibilidad de faltantes. Un método adecuado para reducir los faltantes consiste en mantener en inventario unidades adicionales. Como se indicó, tal inventario suele denominarse inventario de seguridad. Implica agregar cierto número de unidades al punto de reorden, como un amortiguador. A partir del análisis anterior:

$$\text{Punto de Reorden} = \text{ROP} = d \times L$$

donde  $d$  = Demanda diaria  
 $L$  = Tiempo de entrega de la orden, o número de días hábiles necesarios para efectuar la entrega de una orden.

La inclusión del inventario de seguridad ( $ss$ ) cambia la expresión a:

$$\text{ROP} = d \times L + ss$$

*Fórmula N° 15. Punto de reorden con stock de seguridad (1)*

Fuente: (Render & Heizer, 2009)

La cantidad de inventario de seguridad depende del costo de incurrir en un faltante y del costo de mantener el inventario adicional. El costo anual por faltantes se calcula de la siguiente manera:

Costo anual por faltantes = La suma de las unidades faltantes para cada nivel de demanda  
× La probabilidad de ese nivel de demanda × El costo de faltantes/unidad  
× El número de órdenes por año

*Fórmula N° 16. Costo anual por faltantes*

Fuente: (Render & Heizer, 2009)

Asimismo para Render & Heizer (2009), cuando resulta difícil o imposible determinar el costo de quedarse sin existencias, el administrador puede decidir seguir la política de mantener un inventario de seguridad suficiente para satisfacer un nivel prescrito de servicio al cliente. El administrador podría querer definir su nivel de servicio como satisfacer el 95% de la demanda (o a la inversa, tener faltantes sólo un 5% del tiempo). Si se supone que durante el tiempo de entrega (el periodo de reorden) la demanda sigue una curva normal, sólo se necesitan la media y la desviación estándar para definir los requerimientos de inventario en cualquier nivel de servicio. En general, los datos de ventas son adecuados para calcular la media y la desviación estándar. En el siguiente ejemplo usamos una curva normal con media ( $\mu$ ) y desviación estándar ( $\sigma$ ) conocidas con la finalidad de determinar el punto de reorden y el

inventario de seguridad necesarios para un nivel de servicio del 95%. Usamos la siguiente fórmula:

$$ROP = \text{Demanda esperada durante el tiempo de entrega} + Z\sigma_{dLT}$$

donde  $Z$  = Número de desviaciones estándar  
 $\sigma_{dLT}$  = Desviación estándar de la demanda durante el tiempo de entrega

*Fórmula N° 17. Punto de reorden con stock de seguridad (2)*  
 Fuente: (Render & Heizer, 2009)

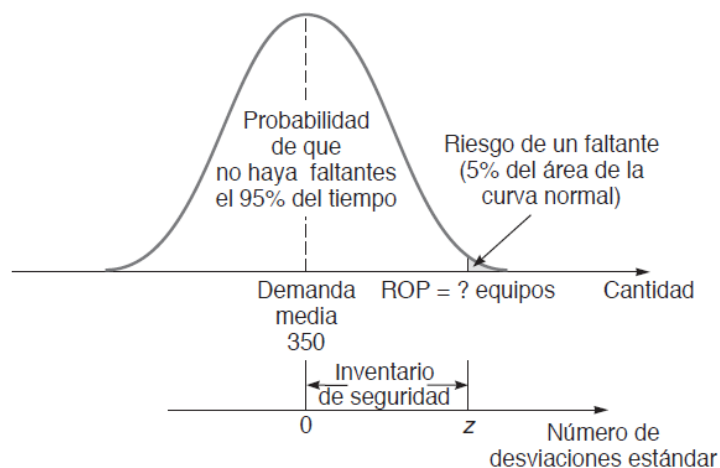
$$\mu = \text{Demanda media} = 350 \text{ equipos}$$

$$\sigma_{dLT} = \text{Desviación estándar de la demanda durante el tiempo de entrega} = 10 \text{ equipos}$$

$$Z = \text{Número de desviaciones estándar}$$

$$Z = \frac{x - \mu}{\sigma_{dLT}}$$

*Fórmula N° 18. Número de desviaciones estándar o valor Z*  
 Fuente: (Render & Heizer, 2009)



*Figura N° 31. Curva normal estandarizada para un nivel de servicio del 95%*  
 Fuente: (Render & Heizer, 2009)

Usando una tabla normal encontramos un valor  $Z$  de 1.65 desviaciones estándar desde la media, dando un inventario de seguridad de  $1.65(10) = 16.5$  equipos.

El punto de reorden es:

$$\text{ROP} = \text{Demanda esperada durante el tiempo de entrega} + \text{Inventario de seguridad}$$

$$= 350 \text{ equipos} + 16.5 \text{ equipos del inventario de seguridad} = 366.5, \text{ o } 367 \text{ equipos.}$$

**Demanda probabilística para un artículo de hospital**

El número esperado de equipos necesarios durante el tiempo de entrega es de 350, pero para un nivel de servicio del 95% el punto de reorden debe elevarse a 366.5.

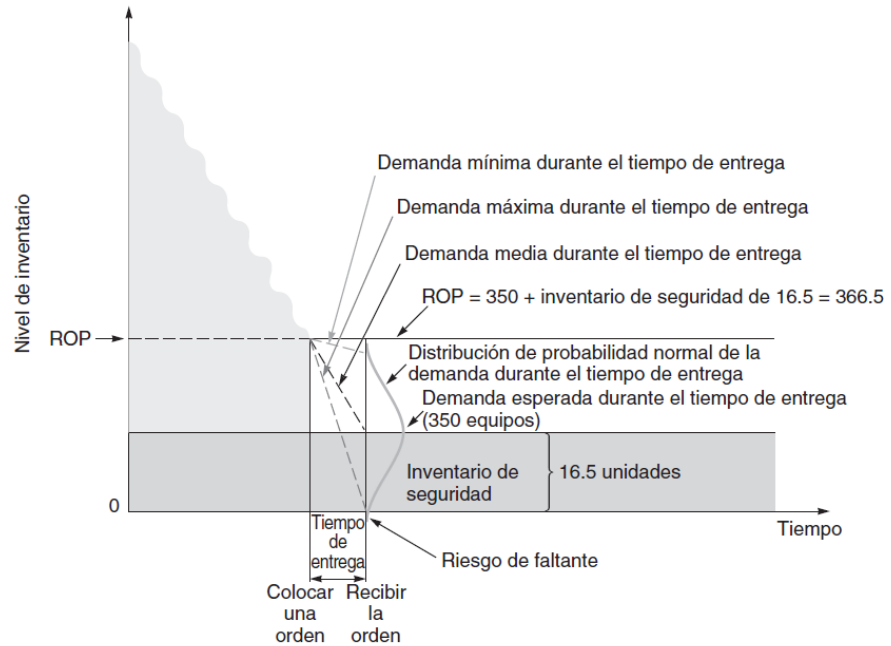


Figura N° 32. Punto de reorden (ROP) para una demanda probabilística  
Fuente: (Render & Heizer, 2009)

**1.3.8.6. Otros modelos probabilísticos**

Según Render & Heizer (2009) las ecuaciones anteriores suponen que se conocen tanto una estimación de la demanda esperada durante los tiempos de entrega como su desviación estándar. Cuando no se cuenta con los datos del tiempo de entrega, estas fórmulas no se pueden aplicar. Sin embargo, existen otros tres modelos disponibles. Debemos determinar qué modelo usar para tres situaciones.

1. La demanda es variable y el tiempo de entrega es constante
2. El tiempo de entrega es variable y la demanda es constante
3. Tanto el tiempo de entrega como la demanda son variables

Los tres modelos suponen que la demanda y el tiempo de entrega son variables independientes.

#### 1.3.8.6.1. La demanda es variable y el tiempo de entrega es constante

Cuando *sólo la demanda es variable*, entonces:

$$ROP = (\text{Demanda diaria promedio} \times \text{Tiempo de entrega en días}) \times Z\sigma_{dLT}$$

donde  $\sigma_{dLT}$  = Desviación estándar de la demanda durante el tiempo de entrega =  $\sigma_d \sqrt{\text{Tiempo de entrega}}$  y  $\sigma_d$  = Desviación estándar de la demanda diaria

*Fórmula N° 19.* ROP cuando sólo la demanda es variable  
Fuente: (Render & Heizer, 2009)

#### 1.3.8.6.2. El tiempo de entrega es variable y la demanda es constante

Cuando la *demanda es constante y sólo el tiempo de entrega es variable*, entonces:

$$ROP = (\text{Demanda diaria} \times \text{Tiempo de entrega promedio en días}) + Z(\text{Demanda diaria}) \times \sigma_{LT}$$

donde  $\sigma_{LT}$  = Desviación estándar del tiempo de entrega en días

*Fórmula N° 20.* ROP cuando la demanda es constante y sólo el tiempo de entrega es variable  
Fuente: (Render & Heizer, 2009)

#### 1.3.8.6.3. Tanto la demanda como el tiempo de entrega son variables

Cuando la demanda y el tiempo de entrega son variables, la fórmula para el punto de reorden se vuelve más compleja:

$$ROP = (\text{Demanda diaria promedio} \times \text{Tiempo de entrega promedio}) + Z\sigma_{dLT}$$

donde  $\sigma_d$  = Desviación estándar de la demanda diaria

$\sigma_{LT}$  = Desviación estándar del tiempo de entrega en días

$$\text{y } \sigma_{dLT} = \sqrt{(\text{Tiempo de entrega promedio} \times \sigma_d^2) + (\text{Demanda diaria promedio})^2 \sigma_{LT}^2}$$

*Fórmula N° 21.* ROP cuando la demanda y el tiempo de entrega son variables  
Fuente: (Render & Heizer, 2009)

### 1.3.8.7. Sistemas de periodo fijo (p)

Los modelos de inventario considerados hasta ahora son sistemas de cantidad fija, o sistemas Q. Es decir, la misma cantidad fija de un artículo se agrega al inventario cada vez que se coloca una orden. Observamos que un evento dispara las órdenes. Cada vez que el inventario disminuye hasta el punto de reorden (ROP), se coloca una nueva orden de Q unidades.

Para usar el modelo de cantidad fija, es necesario monitorear continuamente el inventario. Esto se conoce como sistema de inventario perpetuo. Cada vez que un artículo entra o sale del inventario, los registros deben actualizarse para asegurar que no se ha alcanzado el ROP. Por otra parte, en un sistema P, o de periodo fijo, las órdenes se colocan al final de un periodo dado. Entonces, y sólo entonces, se cuenta el inventario. Sólo se pide la cantidad necesaria para elevar el inventario a un nivel meta especificado (Render & Heizer, 2009).

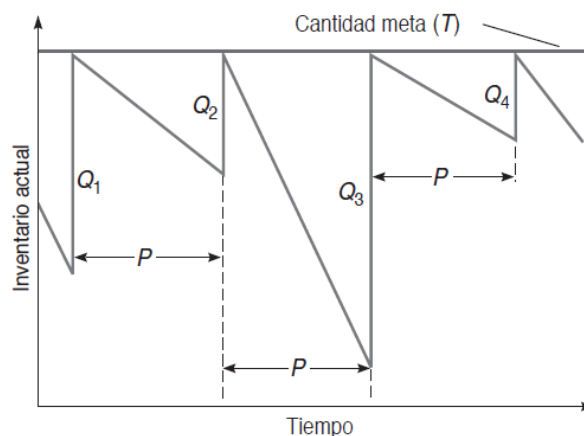


Figura N° 33. Nivel de inventarios en un sistema de periodo fijo (P)  
Fuente: (Render & Heizer, 2009)

Los sistemas de periodo fijo comparten varias suposiciones con el sistema básico de cantidad fija EOQ:

- Los únicos costos relevantes son los costos de ordenar y mantener.
- Los tiempos de entrega se conocen y son constantes.



- Los artículos son independientes entre sí.

La ventaja del sistema de periodo fijo es que no hay un conteo físico de los artículos del inventario después de que se extrae un artículo esto ocurre sólo cuando llega el tiempo de la siguiente revisión. Este procedimiento también es conveniente para la administración, en especial cuando el control del inventario es uno más de los deberes de un empleado.

Un sistema de periodo fijo resulta adecuado cuando los vendedores visitan a los clientes de manera rutinaria (es decir, a intervalos de tiempo fijos) para tomar nuevas órdenes o cuando el departamento de compras desea combinar órdenes para ahorrar costos de ordenar y de transporte (por lo tanto, artículos similares del inventario tendrán un mismo periodo de revisión).

La desventaja del sistema P es que, como no hay un conteo del inventario durante el periodo de revisión, existe la posibilidad de registrar faltantes durante ese tiempo. Este escenario es posible si una orden grande llevara el inventario hasta cero, justo después de colocar una orden. Por lo tanto, es necesario mantener un nivel más alto de inventario de seguridad (en comparación con el sistema de cantidad fija) como protección contra faltantes durante el tiempo que transcurre entre revisiones y el tiempo de entrega (Render & Heizer, 2009).

## **1.4. Formulación del problema**

¿Cómo la implementación de un modelo de inventario mejora la gestión de abastecimiento de consumibles del centro de estudios superiores objeto de estudio?

## **1.5. Objetivos**

### **1.5.1. Objetivo general**

Determinar si la aplicación de un modelo de inventario mejora la gestión de abastecimiento de consumibles del centro de estudios superiores objeto de estudio.

### **1.5.2. Objetivos específicos**

- Determinar si un alto nivel de servicio incrementa el inventario de seguridad de los consumibles.
- Determinar si un bajo nivel de inventario de consumibles incrementa el costo total por manejo de materiales.

## **1.6. Hipótesis**

### **1.6.1. Hipótesis general**

La aplicación de un modelo de inventario mejora la gestión de abastecimiento de consumibles del centro de estudios superiores objeto de estudio.

### **1.6.2. Hipótesis específicas**

- Un alto nivel de servicio incrementa el inventario de seguridad de los consumibles.
- Un bajo nivel de inventario de consumibles incrementa el costo total por manejo de materiales.

## CAPÍTULO II. METODOLOGÍA

### 2.1. Tipo de investigación

Según el enfoque, la investigación es de tipo cuantitativo. Hernández, Fernández, & Baptista (2014) indican que en este enfoque se utiliza la recolección de datos para probar hipótesis con base en la medición numérica y el análisis estadístico, con el fin de establecer pautas de comportamiento y probar teorías. Todo esto se da en el presente estudio ya que las mediciones numéricas realizadas confirmaron tanto la hipótesis general como las específicas, probando así toda la base teórica expuesta.

Asimismo, por su alcance, el estudio es explicativo. Tales se enfocan en explicar por qué ocurre un fenómeno y en qué condiciones se manifiesta, o por qué se relacionan dos o más variables (Hernández et al., 2014). En el presente trabajo se explica las razones del porqué se da una mala gestión de abastecimiento en la institución objeto de estudio, mostrándose mediciones que son resultado de dicha gestión.

Por otra parte, según su diseño, la investigación es no experimental. Hernández et al. (2014) refieren que estos estudios se realizan sin manipular deliberadamente variables, ni tampoco se genera ninguna situación, sino que se observan situaciones ya existentes, no provocadas intencionalmente en la investigación por quien la realiza. Tal es el caso que se observa en el presente trabajo pues no se construye el contexto, no hay manipulación intencional ni asignación al azar. La gestión de abastecimiento en el centro de estudios ya había ocurrido, así como también otras variables como la demanda de los consumibles, por ejemplo, y en estos hechos el autor del presente

estudio no tuvo nada que ver, sino que era una situación que ya existía, ajena al control directo que hay en un experimento.

Por último, considerando los tipos de diseños no experimentales, el presente estudio corresponde a uno de tipo longitudinal, en el cual se recaban datos en diferentes puntos del tiempo para realizar inferencias acerca de la evolución del problema de investigación o fenómeno, sus causas y sus efectos (Hernández et al., 2014). Dicho lo anterior, con el fin de analizar la gestión de abastecimiento en el instituto, se tuvo que extraer todos los SKU's que habían presentado movimiento en el periodo comprendido desde febrero del 2015 hasta enero del 2019 (48 meses).

## **2.2. Población y muestra (Materiales, instrumentos y métodos)**

La investigación se llevará a cabo en la sede Lima del centro de estudios superiores objeto de estudio. La población está compuesta por 4,457 SKU's (consumibles) los cuales presentaron movimientos en el periodo comprendido desde febrero del 2015 hasta enero del 2019. Tales fueron analizados en su totalidad en base al criterio técnico de movilidad (criterio puramente logístico) con el fin de determinar aquellas referencias que sean consideradas principales y que justifican su permanencia en el almacén; resultando de tal análisis una selección o muestra de 141 ítems que cumplen las exigencias del criterio y que delimitarán el presente estudio a esa cantidad de consumibles. Dicho lo anterior, se considera a tal selección de ítems como una muestra de tipo no probabilística, ya que según Hernández et al. (2014) tales muestras suponen un procedimiento de selección orientado por las características de la investigación, más que por un criterio estadístico de generalización. Se seleccionan individuos o casos típicos sin intentar que sean estadísticamente representativos de una población determinada. Asimismo, la elección de los casos no depende de que todos tengan la

misma posibilidad de ser elegidos, sino de la decisión de un investigador o grupo de personas que recolectan los datos. Por último, el subtipo de muestra es por conveniencia, la cual está formada por los casos disponibles a los cuales tenemos acceso (Hernández et al., 2014). Para el autor del presente trabajo fue accesible la obtención de la información relacionada a los inventarios, pues trabajaba en el área de almacén de la sede Lima del instituto objeto de estudio, además de ser usuario del módulo de logística del sistema utilizado por la institución.

### 2.3. Técnicas e instrumentos de recolección y análisis de datos

Tabla N° 7

*Técnicas e instrumentos de recolección y análisis de datos*

Técnica	Justificación	Instrumentos de recolección	Procesamiento de datos	Área de aplicación
Análisis documental	La trazabilidad y evaluación de la gestión de abastecimiento en el centro de estudios se realiza a través del análisis de los registros obtenidos del sistema interno de la institución llamado SISLOG (Sistema de Logística), siendo este sistema válido y confiable para el instituto.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Laptop</li> <li>• Memoria USB</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• SISLOG (Sistema de Logística)</li> <li>• Microsoft Excel versión 2016</li> <li>• Minitab versión 18.1</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Logística</li> <li>• Almacén</li> </ul>

Fuente: Elaboración propia

### MATRIZ DE CONSISTENCIA

**TÍTULO: “PROPUESTA DE UN MODELO DE INVENTARIO PARA MEJORAR LA GESTIÓN DE ABASTECIMIENTO DE CONSUMIBLES EN UN CENTRO DE ESTUDIOS SUPERIORES”**

Tabla N° 8  
*Matriz de consistencia*

PROBLEMA	OBJETIVOS	HIPÓTESIS	VARIABLES	METODOLOGÍA/DISEÑO
<p><b>Problema general:</b></p> <p>¿Cómo la implementación de un modelo de inventario mejora la gestión de abastecimiento de consumibles del centro de estudios superiores objeto de estudio?</p>	<p><b>Objetivo general:</b></p> <p>Determinar si la aplicación de un modelo de inventario mejora la gestión de abastecimiento de consumibles del centro de estudios superiores objeto de estudio.</p> <p><b>Objetivos específicos:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Determinar si un alto nivel de servicio incrementa el inventario de seguridad de los consumibles.</li> </ul>	<p><b>Hipótesis general:</b></p> <p>La aplicación de un modelo de inventario mejora la gestión de abastecimiento de consumibles del centro de estudios superiores objeto de estudio.</p> <p><b>Hipótesis específicas:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Un alto nivel de servicio incrementa el inventario de seguridad de los consumibles.</li> <li>• Un bajo nivel de inventario de consumibles incrementa</li> </ul>	<p><b>Variable independiente:</b></p> <p>Modelo de inventario</p> <p><b>Variable dependiente:</b></p> <p>Gestión de abastecimiento de consumibles</p>	<p><b>Enfoque de la investigación:</b></p> <p>Cuantitativo</p> <p><b>Alcance de la investigación:</b></p> <p>Explicativo</p> <p><b>Diseño de la investigación:</b></p> <p>No experimental</p> <p>Subtipo: <i>Longitudinal</i></p> <p><b>Población y muestra</b></p> <p><b>Población:</b></p> <p>4,457 consumibles, los cuales presentaron movimientos en el periodo comprendido desde febrero del 2015 hasta enero del 2019.</p>

	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Determinar si un bajo nivel de inventario de consumibles incrementa el costo total por manejo de materiales.</li> </ul>	<p>el costo total por manejo de materiales.</p>		<p><b>Muestra:</b></p> <p>141 consumibles que cumplen las exigencias del criterio técnico de movilidad. La muestra es de tipo no probabilística, y subtipo <i>por conveniencia</i>.</p> <p><b>Técnicas e instrumentos de recolección y análisis de datos</b></p> <p><b>Técnica:</b></p> <p>Análisis documental</p> <p><b>Instrumento:</b></p> <p>Laptop y memoria USB.</p> <p><b>Procesamiento de datos:</b></p> <p>SISLOG (Sistema de Logística)</p> <p>Minitab versión 18.1</p> <p>Excel versión 2016</p>
--	--	---	--	---

Fuente: Elaboración propia

**INSTRUMENTOS DE MEDICIÓN - OPERACIONALIZACIÓN DE LAS VARIABLES**

Tabla N° 9

*Operacionalización de las variables*

VARIABLES	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	DIMENSIÓN	INDICADOR	ESCALA
<p>Variable independiente:</p> <p><b>Modelo de inventario</b></p>	<p><b>Modelo de inventario</b> Los modelos de inventario son herramientas básicas para el buen funcionamiento de una empresa. Para aplicar un modelo de inventario a una empresa, se deben determinar las características y las necesidades de esta, dichas características deben ajustarse al modelo de inventario (Martinez, Martinez, &amp; Ruiz, 2007).</p>	<p>El objetivo de la mayoría de los modelos de inventario es minimizar los <b>costos totales anuales por mantenimiento de inventario de ciclo y hacer pedidos.</b></p>	<p>Costo total anual del inventario de ciclo</p>	$C = \frac{Q}{2}(H) + \frac{D}{Q}(S)$ <p>C = costo total anual del inventario del ciclo Q = tamaño de lote, en unidades. H = costo de mantener una unidad en inventario durante un año; a menudo se expresa como un porcentaje del valor D = demanda anual, en unidades por año S = costo por hacer pedidos o preparar un lote, en dólares por lote</p>	<p>Fórmula</p>
<p>Variable dependiente:</p> <p><b>Gestión de abastecimiento de consumibles</b></p>	<p><b>Abastecimiento</b> Administrar una amplia gama de procesos que están asociados con la necesidad de una organización de adquirir bienes y servicios que son necesarios a lo largo de la cadena de suministro y en la organización en general (Coyle et al., 2018).</p> <p><b>Consumibles</b> Objetos, materiales o suministros destinados a utilizarse en las necesidades de la empresa, sin que se revendan ni se incorporen directamente a los productos acabados, es decir, que concurren sólo de manera indirecta a la fabricación o a la distribución (García, 2013).</p>	<p>Una buena gestión de abastecimiento permite que la empresa disponga de los productos necesarios, en cantidades adecuadas y en el momento oportuno, brindando así, un alto <b>nivel de servicio ofertado al cliente.</b></p>	<p>Pedidos Entregados Completos – Fill Rate</p>	$\frac{\text{Número de pedidos entregados completos en el periodo } X}{\text{Total de pedidos solicitados para el periodo } X}$	<p>Indicador</p>

Fuente: Elaboración propia



## 2.4. Procedimiento

Para la recolección y análisis de datos se siguieron los siguientes pasos:

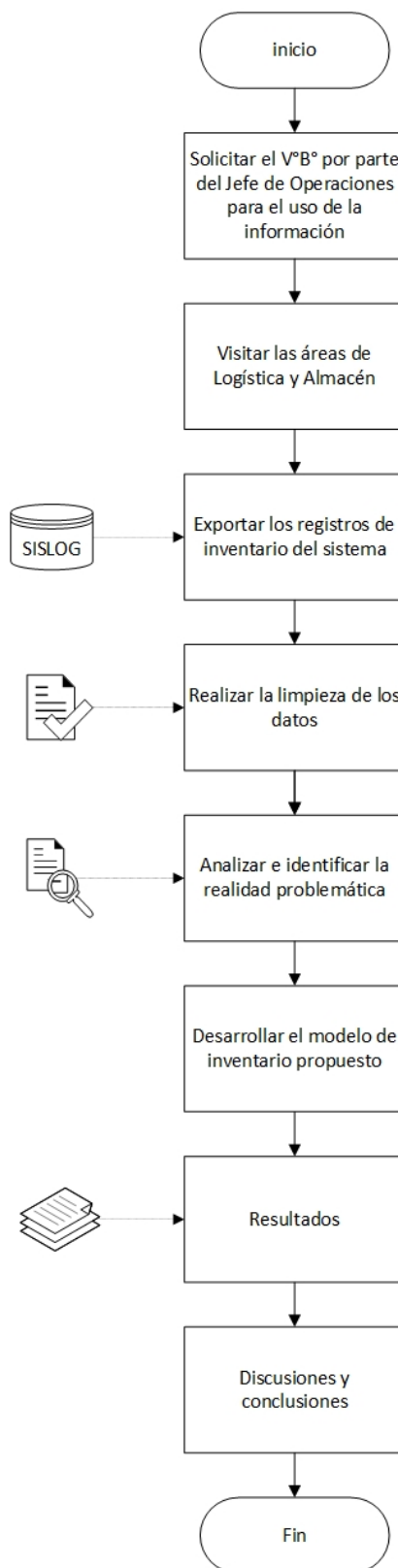


Figura N° 34. Pasos para la recolección y análisis de datos  
Fuente: Elaboración propia

Asimismo, para implementar el modelo de inventario propuesto en la institución educativa evaluada, se realizarán los siguientes pasos:

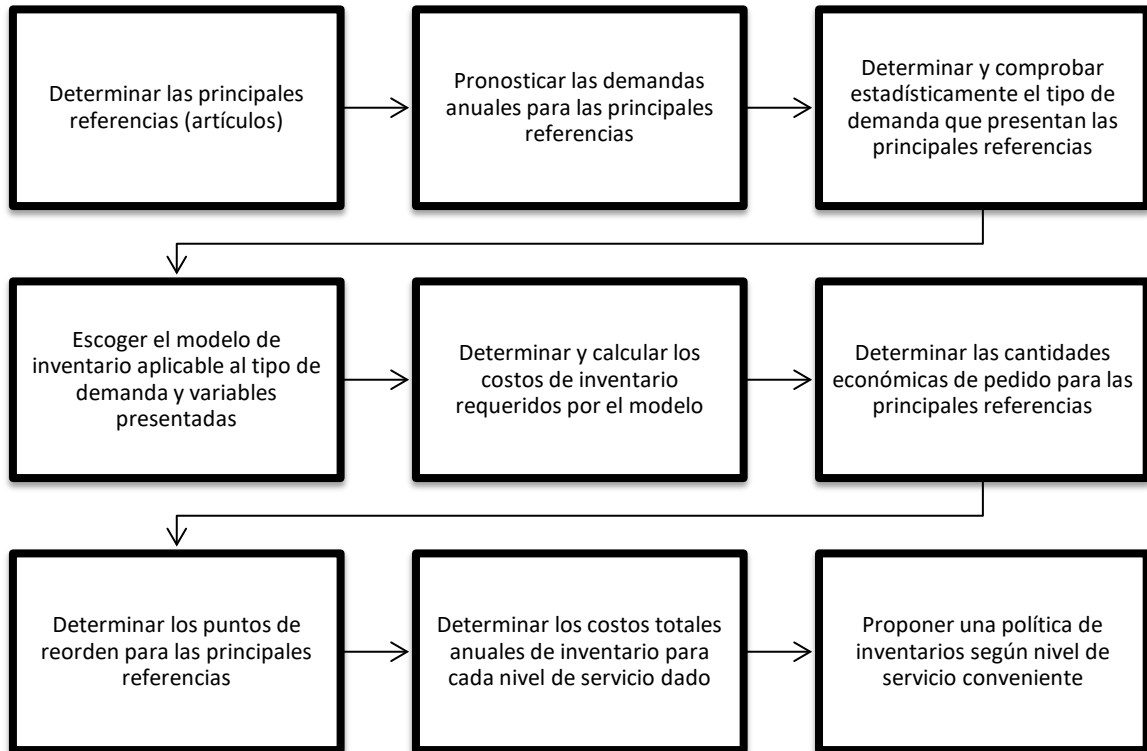


Figura N° 35. Pasos para el desarrollo de la propuesta de inventario  
Fuente: Elaboración propia

Con la implementación total del esquema desarrollado líneas arriba se espera obtener óptimos niveles de inventario que minimicen el costo total por manejo de inventario, maximicen a su vez el nivel de servicio al cliente interno, y finalmente disminuyan el gasto anual de caja chica de la institución.

## 2.5. Aspectos éticos

- La presente investigación no tiene como fin juzgar o criticar el manejo de la gestión de abastecimiento por parte de la institución objeto de estudio, sino simplemente proponer una mejor forma de hacerlo con el fin de mejorar la eficiencia y productividad de los inventarios (consumibles).

- Con respecto al uso de la información, es importante indicar que a toda la data recopilada se le dará un tratamiento totalmente profesional y responsable. Se guardarán las reservas del caso y no se divulgará nada.

## CAPÍTULO III. RESULTADOS

### 3.1. Pronosticando la demanda

Antes de proceder a desarrollar algún modelo de inventario que busque maximizar el nivel de servicio y minimizar a su vez los costos totales de inventario, es necesario primero estimar la demanda anual de las referencias obtenidas en la tabla N° 5 del capítulo introducción (ver tabla N° 5 *Valoración de referencias que cumplen el mínimo exigido por el criterio de movilidad*). Para tal fin se realizará un sistema de pronóstico de dos niveles, en el que primero se agruparán los consumibles por familias de producto, llamándose este proceso agregación; luego se procederá a pronosticar el consumo anual para cada grupo en términos monetarios. Finalmente, los resultados se derivarán en pronósticos para los artículos de manera individual. Se decidió hacer uso de éste método para la realización de los pronósticos porque según Krajewski et al. (2008), al agrupar varios productos o servicios similares en un proceso llamado agregación, las compañías tienen la posibilidad de realizar pronósticos más precisos. Por otra parte, los modelos a evaluar serán de tipo cuantitativo, categoría series de tiempo, siendo éstos los siguientes: *promedios móviles*, *suavizamiento exponencial simple*, *suavizamiento exponencial lineal de Holt*, *descomposición de series de tiempo* y finalmente el *método de Holt-Winters*; todos estos hechos con la ayuda del software Minitab.

#### 3.1.1. Familias de producto de los consumibles principales

Los pronósticos se realizarán en base al valor monetario de los consumos históricos en soles de los años 2017 y 2018, correspondientes a las familias de producto de los consumibles

considerados principales para la institución. Tales fueron determinados en base al criterio técnico de movilidad, criterio puramente logístico.

Tabla N° 10  
*Familias de producto de los consumibles principales*

N° ÍTEM	FAMILIA	N° ÍTEM	FAMILIA
1	COMBUSTIBLES Y LUBRICANTES	9	MATERIALES ELECTRONICOS
2	ECONOMATO	10	MATERIALES EVENTUALES
3	ENVASES Y RECIPIENTES	11	PEGAMENTOS Y RESINAS
4	HERRAMIENTAS CONSUMIBLES	12	PINTURAS Y DISOLVENTES
5	MATERIALES DE CONSTRUCCION	13	PRODUCTOS QUIMICOS Y REACTIVOS
6	MATERIALES DE SEGURIDAD	14	SUMINISTROS DE COMPUTO
7	MATERIALES DIVERSOS	15	TUBERIAS DUCTOS Y ACCESORIOS
8	MATERIALES ELECTRICOS	16	VALVULAS Y ACCESORIOS

Fuente: Elaboración propia

### 3.1.2. Pronosticando la familia combustibles y lubricantes

A continuación, se muestran los consumos históricos mensuales valorizados en soles de la familia combustibles y lubricantes correspondientes a los años 2017 y 2018, para que en base a ellos se determinen las estimaciones por cada método de pronóstico a aplicar.

Tabla N° 11  
*Consumos mensuales valorizados en soles de la familia combustibles y lubricantes*

Ene-17	Feb-17	Mar-17	Abr-17	May-17	Jun-17	Jul-17	Ago-17	Set-17	Oct-17	Nov-17	Dic-17
414.80	400.04	528.87	1,721.51	2,730.96	2,685.86	1,730.05	2,308.27	2,654.58	1,636.14	2,327.37	766.85
Ene-18	Feb-18	Mar-18	Abr-18	May-18	Jun-18	Jul-18	Ago-18	Set-18	Oct-18	Nov-18	Dic-18
3,186.14	3,795.37	1,309.23	1,190.56	2,442.58	14,951.73	17,203.97	15,922.05	12,758.44	27,591.62	16,403.96	14,604.54

Fuente: Elaboración propia

### Serie de tiempo de la familia Combustibles y Lubricantes

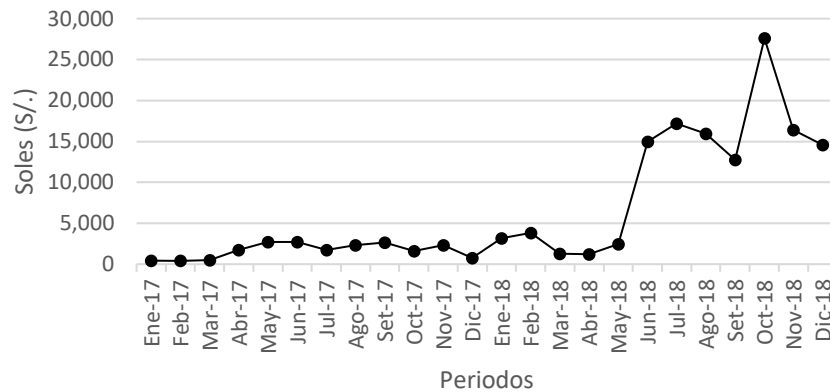


Figura N° 36. Serie de tiempo de la familia combustibles y lubricantes  
Fuente: Elaboración propia

La serie de tiempo de la familia combustibles y lubricantes, conformada por los SKU's 1011 (*Petróleo Diesel D-2*) y 1062 (*Aflojatodo WD-40 en spray 11 oz.*), mantiene un patrón horizontal hasta el mes de mayo del 2018, donde se puede apreciar que los valores fluctúan alrededor de una media constante; sin embargo, en el mes siguiente el consumo se dispara, presentándose a partir de allí una clara tendencia creciente, así como también cierta estacionalidad. Esto se debe particularmente a que en el mes de junio del año 2018 el centro de estudios inicia la especialidad de Escuela de Operación de Equipo Pesado-Mala, donde la demanda por los galones de petróleo diésel crece considerablemente, tal cual se puede apreciar en las siguientes tablas:

Tabla N° 12

Consumo del Petróleo Diesel D-2 de los años 2017 y 2018

Código: 1011

Centro de costo	2017 Galones	2017 Importe S/.	2018 Galones	2018 Importe S/.	Total Galones	Total Importe S/.
Abastecimiento	33	348.37	154	1,835.98	187	2,184.35
Cursos Cerrados Equipo Pesado	40	414.80			40	414.80
Cursos Cerrados Maquinaria de Planta	10	101.30			10	101.30
Cursos Cerrados Química y Metalurgia			30	362.40	30	362.40
Cursos Cortos y Programas Integrales Electrotecnia	5	50.65			5	50.65
Cursos Cortos y Programas Integrales Equipo Pesado	380	3,900.60			380	3,900.60
Cursos Cortos y Programas Integrales Maquinaria de Planta	15	151.95			15	151.95
Cursos Cortos y Programas Integrales Química y Metalurgia	120	1,252.80	50	606.50	170	1,859.30
<b>Escuela de Operación de Equipo Pesado-Mala</b>			<b>8,558</b>	<b>103,013.80</b>	<b>8,558</b>	<b>103,013.80</b>
Gestión Equipo Pesado			40	472.40	40	472.40
Mantenimiento	155	1,595.35	330	3,680.50	485	5,275.84
Mantenimiento Equipo Pesado			40	483.20	40	483.20
Mantenimiento Maquinaria de Planta	30	319.50	50	553.50	80	873.00
PFR Equipo Pesado	160	1,631.20	600	7,109.07	760	8,740.28
PFR Maquinaria de Planta	60	625.01	40	485.20	100	1,110.21
PFR Operaciones Mineras	30	311.10	10	130.40	40	441.50
PFR Química y Metalurgia	60	597.10	110	1,297.50	170	1,894.60
Seguridad y Salud Ocupacional	6	63.90			6	63.90
Servicios Generales Variables por Uso	759	7,786.44	869	10,239.60	1,628	18,026.05
<b>Total general</b>	<b>1,863</b>	<b>19,150.07</b>	<b>10,881</b>	<b>130,270.05</b>	<b>12,744</b>	<b>149,420.12</b>

Consumo de galones de Petróleo Diesel D-2	Jun 2018	Jul 2018	Ago 2018	Set 2018	Oct 2018	Nov 2018	Dic 2018	Total general
Escuela de Operación de Equipo Pesado-Mala	1,094	1,250	1,110	774	2,163	1,146	1,020	<b>8,558</b>

Fuente: Elaboración propia

Se procederá entonces a aplicar, a través del software Minitab, los modelos de pronóstico indicados anteriormente a la serie de tiempo de la familia combustibles y lubricantes.

**Método: Promedios móviles**

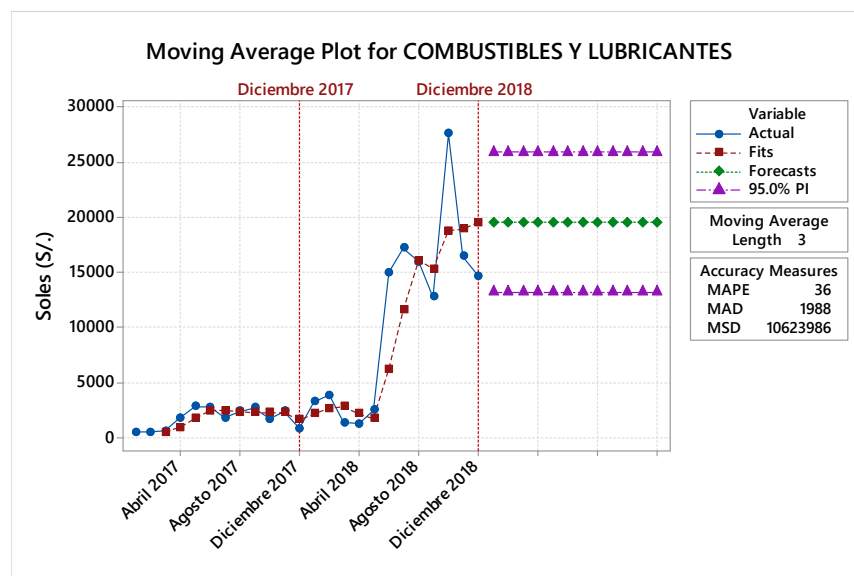


Figura N° 37. Método promedios móviles – familia combustibles y lubricantes  
Fuente: Elaboración propia

Para el método de promedios móviles se utilizó una  $k$  de orden 3, lo cual implica que el método sólo tomará en cuenta los últimos 3 valores de la serie para la determinación del nuevo promedio. Este método no maneja muy bien los patrones de tendencia y estacionalidad, pero es mejor en comparación al método de promedio simple, donde siempre se consideran todos los valores de la serie. El método arrojó un MAPE del 36%.

### Método: Suavizamiento exponencial simple

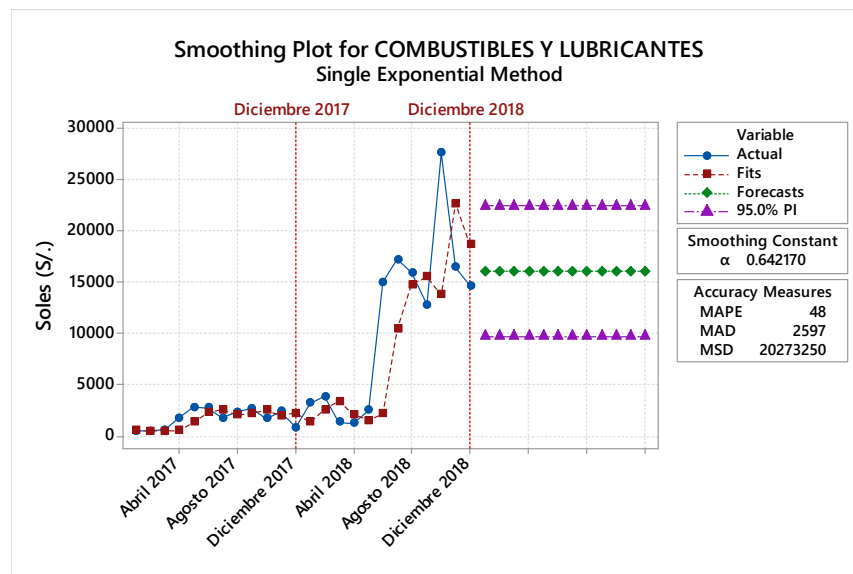


Figura N° 38. Método suavizamiento exponencial simple – familia combustibles y lubricantes  
Fuente: Elaboración propia

Con respecto al método de suavizamiento exponencial simple, el software utilizó una constante óptima (valor de  $\alpha$ ) de 0.64; dando como resultado un MAPE del 48%. Al igual que en el método de promedios móviles, el método de suavizamiento exponencial simple trabaja mejor con series que no presenten patrones de tendencia ni de estacionalidad ya que los pronósticos obtenidos por tal método tienden a subestimar los valores reales de la data.

### Método: Suavizamiento exponencial lineal de Holt

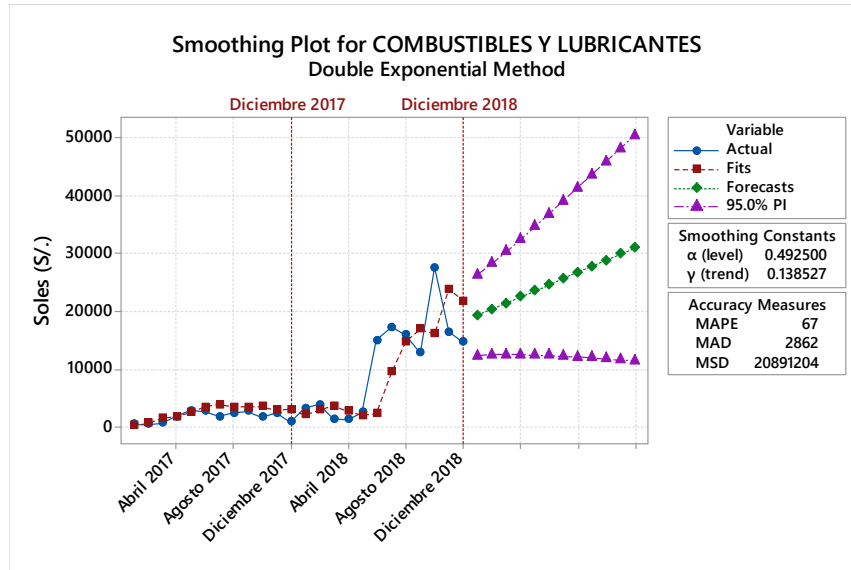


Figura N° 39. Método suavizamiento exponencial lineal de Holt – familia combustibles y lubricantes  
Fuente: Elaboración propia

En el método lineal de Holt (llamado también suavizamiento exponencial doble), el software escogió dos constantes óptimas de suavizamiento ( $\alpha$  y  $\gamma$ ) que arrojaron un MAPE del 67%. Los valores óptimos identificados por Minitab para tales constantes fueron de  $\alpha = 0.49$  y  $\gamma = 0.14$ . El método lineal de Holt se usa cuando la serie exhibe una tendencia, pero no un patrón de estacionalidad.

### Método: Descomposición de series de tiempo

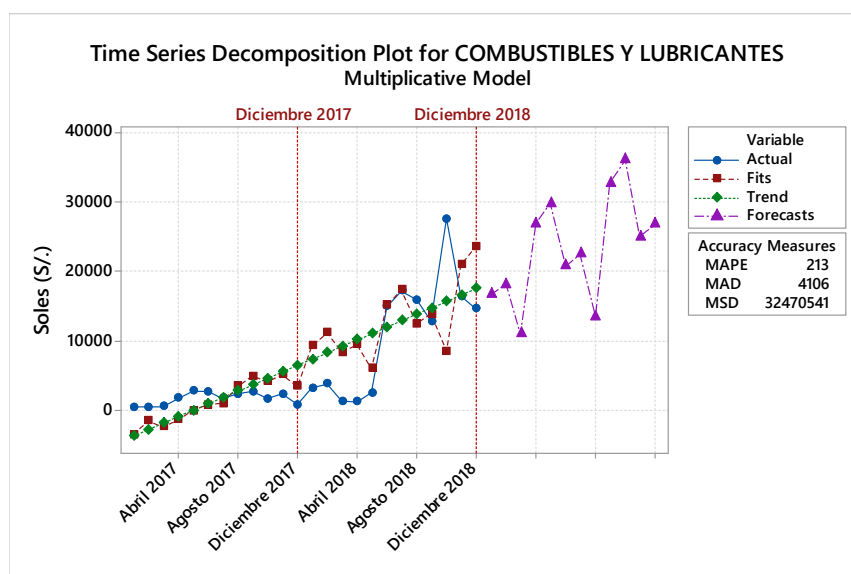


Figura N° 40. Método descomposición de series de tiempo – familia combustibles y lubricantes  
Fuente: Elaboración propia



Para el método de descomposición de series de tiempo, en el cual se descompone la serie en sus 3 partes: ciclo de tendencia, estacionalidad y aleatoriedad (error); Minitab arrojó un MAPE del 213%.

**Método: Holt-Winters**

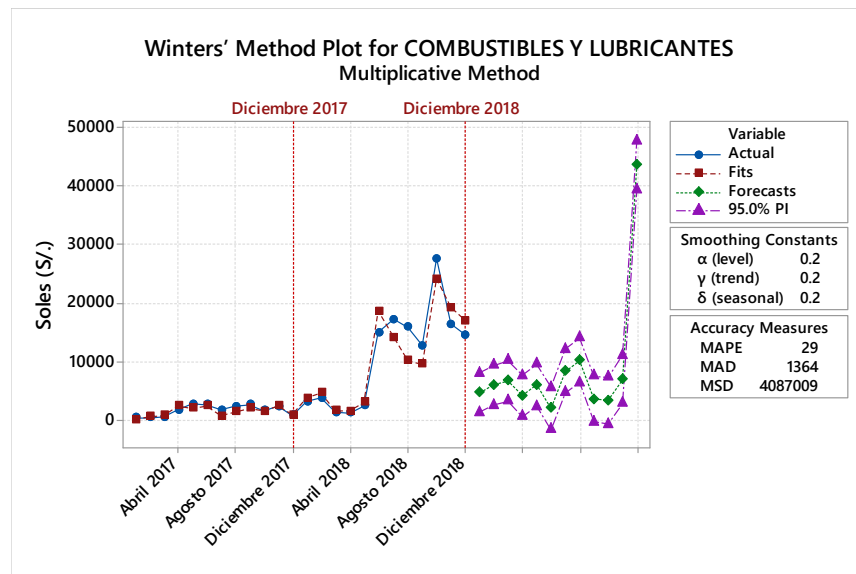


Figura N° 41. Método de Holt-Winters – familia combustibles y lubricantes  
Fuente: Elaboración propia

Finalmente, con respecto al método de Holt-Winters (de tipo multiplicativo), el cual es una extensión del método lineal de Holt pues considera una constante adicional para tratar la estacionalidad, se obtuvo un MAPE del 29%. Asimismo, se utilizó un valor óptimo de 0.2 para todas las constantes del modelo ( $\alpha$ ,  $\gamma$  y  $\delta$ ).

**Selección del método de pronóstico a utilizar**

Según Coyle et al. (2018), la clave para un pronóstico exitoso es elegir la técnica que proporcione la menor cantidad de error. Para tal fin se utilizará el MAPE (error porcentual absoluto medio), el cual según Render & Heizer (2014), es el promedio de las diferencias absolutas encontradas entre los valores pronosticados y los reales, expresado como un porcentaje de los valores reales. Asimismo Krajewski et al. (2008) indican que el MAPE

relaciona el error de pronóstico con el nivel de la demanda, y es útil para colocar el desempeño del pronóstico en su perspectiva correcta.

$$MAPE = \frac{\sum_{i=1}^n 100|\text{Real}_i - \text{Pronóstico}_i|/\text{Real}_i}{n}$$

Fórmula N° 22. MAPE  
Fuente: (Render & Heizer, 2009)

Dicho lo anterior, se muestra a continuación el MAPE arrojado por cada método utilizado para pronosticar el consumo para el siguiente año, correspondiente a la familia combustibles y lubricantes:

Tabla N° 13  
*Comparativo MAPE - familia combustibles y lubricantes*

Familia	Promedios móviles	Suavizamiento exponencial	Suavizamiento exponencial lineal de Holt	Descomposición de series de tiempo	Método de Holt-Winters
COMBUSTIBLES Y LUBRICANTES	36.00	48.00	67.00	213.00	29.00

Fuente: Elaboración propia

De la tabla anterior se puede determinar que el método que menos error arrojó fue el de Holt-Winters. Los pronósticos calculados para la familia combustibles y lubricantes a través de ese método fueron los siguientes:

Tabla N° 14  
*Pronósticos para la familia combustibles y lubricantes*

Periodo	Pronóstico
Enero 2019	4,707.60
Febrero 2019	5,978.90
Marzo 2019	6,758.80
Abril 2019	4,160.40
Mayo 2019	5,962.70
Junio 2019	1,989.90
Julio 2019	8,401.50
Agosto 2019	10,191.70
Setiembre 2019	3,585.20
Octubre 2019	3,327.70
Noviembre 2019	6,972.60

Diciembre 2019	43,602.60
Consumo anual	105,639.60

Fuente: Elaboración propia

Se pronostica que el consumo anual valorizado para el año 2019, correspondiente a la familia combustibles y lubricantes, será de S/. 105,639.60 soles.

### Desagregación del pronóstico de la familia combustibles y lubricantes

Una vez obtenido el pronóstico del consumo anual en soles para el año 2019 de la familia combustibles y lubricantes, se procederá entonces a determinar en base al consumo de los años 2017 y 2018 de esa familia de productos, el porcentaje que representa cada artículo que constituye esa familia. Estos porcentajes permitirán distribuir el pronóstico anual en soles entre todas las referencias de la familia combustibles y lubricantes, para que una vez hecho esto, se divida cada monto entre su respectivo costo promedio unitario y se obtengan así los pronósticos en unidades de producto.

Tabla N° 15

#### Desagregación del pronóstico anual de la familia combustibles y lubricantes

Familia	Código	Unidad de Medida	Consumo total 2017 - 2018 (S/.)	%	Consumo valorizado pronosticado:	Costo Unitario (S/.)	Unidades de producto
					S/105,639.60		
COMBUSTIBLES Y LUBRICANTES	1011	GLN	149,420.12	98.78%	104,350.86	11.16	9,350
COMBUSTIBLES Y LUBRICANTES	1062	FCO	1,845.35	1.22%	1,288.74	25.63	50

Fuente: Elaboración propia

De la tabla líneas arriba, se determina que para el año 2019 el pronóstico anual correspondiente a la referencia 1011 (PETROLEO DIESEL D-2), es de 9,350 galones. Asimismo, para la referencia 1062 (Aflojatodo WD-40 en spray 11 oz.), se estiman 50 frascos de consumo anual.

### 3.1.3. Pronosticando la familia economato

Siguiendo los mismos pasos aplicados en la familia de productos anterior, se muestran a continuación los resultados obtenidos para la familia economato.

Consumos valorizados mensuales en soles de los años 2017 y 2018 - familia economato:

Tabla N° 16

Consumos mensuales valorizados en soles de la familia economato

Ene-17	Feb-17	Mar-17	Abr-17	May-17	Jun-17	Jul-17	Ago-17	Set-17	Oct-17	Nov-17	Dic-17
4,682.3 2	9,610.7 3	8,350.1 3	8,724.4 5	4,548.6 2	3,250.5 7	6,986.4 8	10,749.7 3	4,897.4 8	5,943.3 2	4,952.3 0	2,606.3 7
Ene-18	Feb-18	Mar-18	Abr-18	May-18	Jun-18	Jul-18	Ago-18	Set-18	Oct-18	Nov-18	Dic-18
8,910.0 1	4,862.3 5	2,541.4 8	4,582.5 8	6,777.7 7	4,085.9 6	4,732.2 3	9,860.22	3,628.6 2	3,839.3 3	6,432.3 1	2,760.4 4

Fuente: Elaboración propia

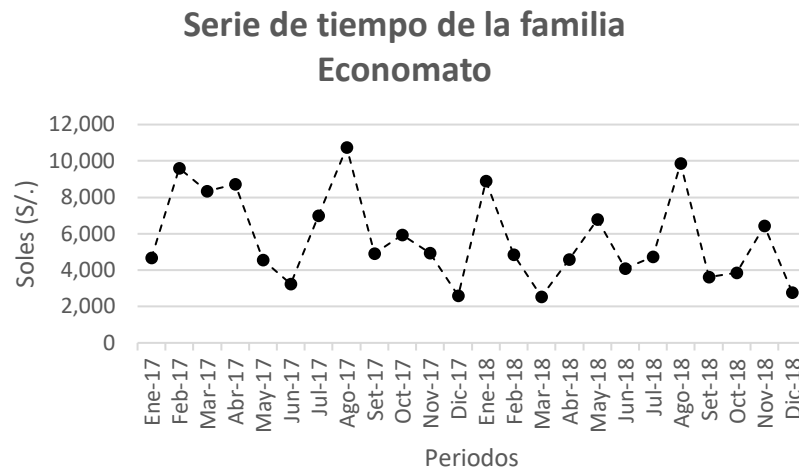


Figura N° 42. Serie de tiempo de la familia economato  
Fuente: Elaboración propia

### Método: Promedios móviles

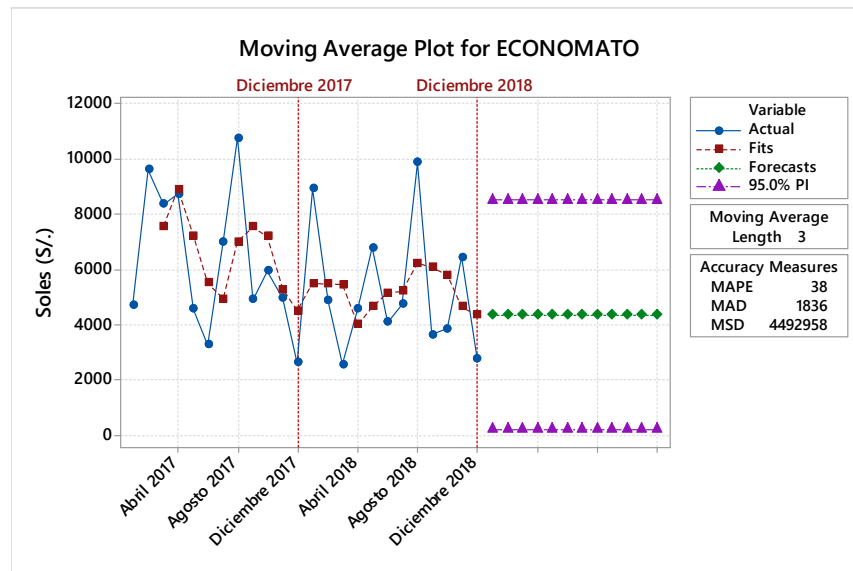


Figura N° 43. Método promedios móviles – familia economato  
Fuente: Elaboración propia

Para el método de promedios móviles se utilizó una  $k$  de orden 3 con lo cual se obtuvo un MAPE del 38%.

### Método: Suavizamiento exponencial simple

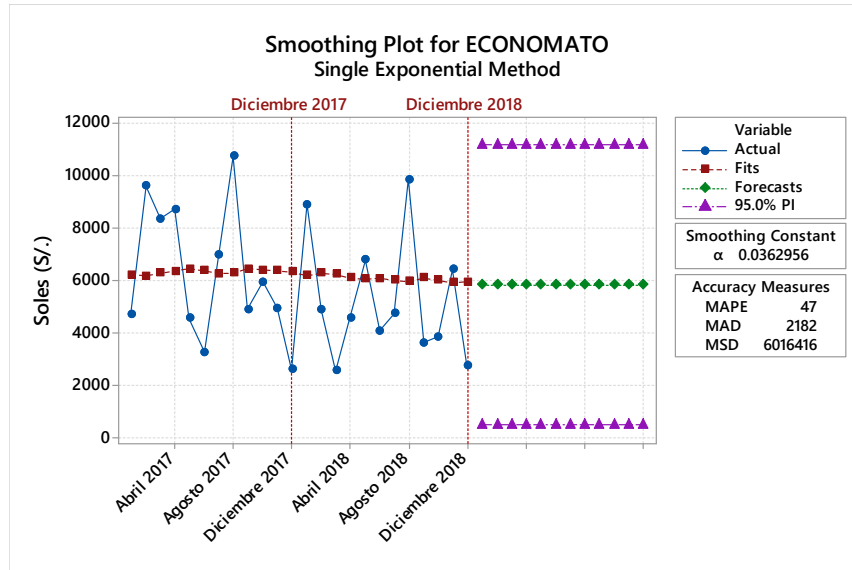


Figura N° 44. Método suavizamiento exponencial – familia economato  
Fuente: Elaboración propia

En el método de suavizamiento exponencial simple, el software utilizó una constante óptima  $\alpha$  de 0.04; dando como resultado un MAPE del 47%.

### Método: Suavizamiento exponencial lineal de Holt

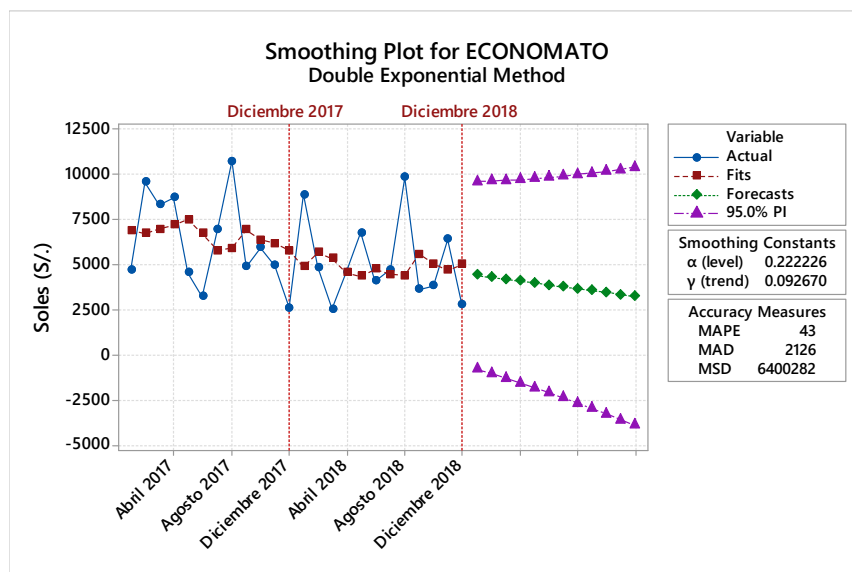


Figura N° 45. Método suavizamiento exponencial lineal de Holt – familia economato  
Fuente: Elaboración propia

En el método lineal de Holt el software produjo un MAPE del 43%. Los valores óptimos identificados por Minitab para las constantes fueron de  $\alpha = 0.22$  y  $\gamma = 0.09$ .

### Método: Descomposición de series de tiempo

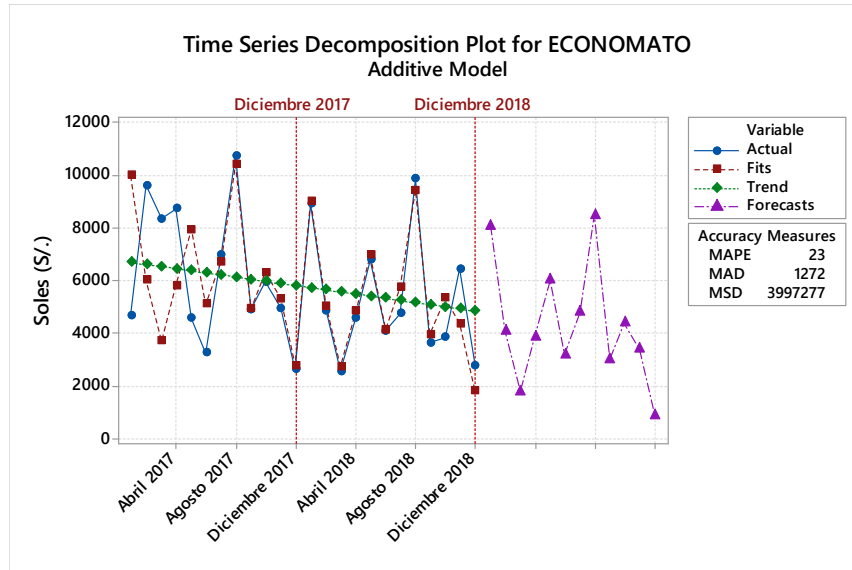


Figura N° 46. Método descomposición de series de tiempo – familia economato  
Fuente: Elaboración propia

Para el caso del método de descomposición de series de tiempo, Minitab arrojó un MAPE del 23%.

### Método: Holt-Winters

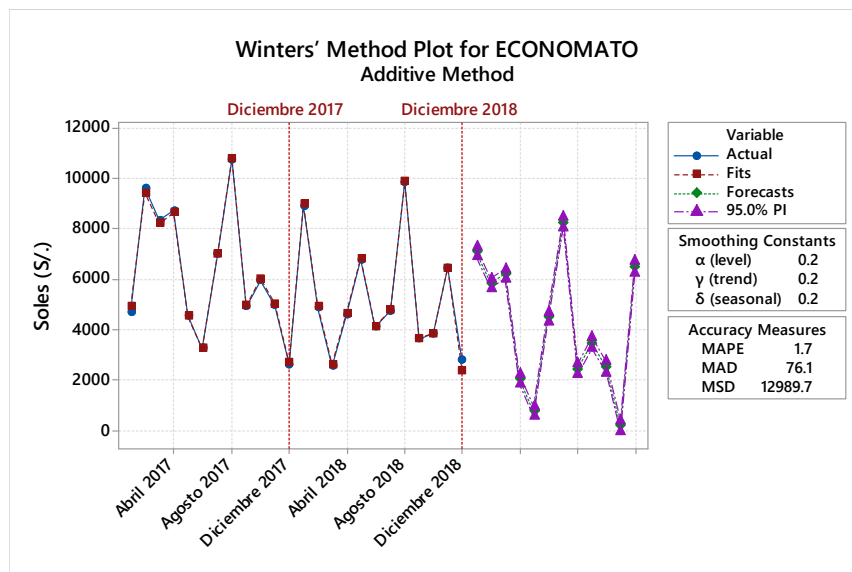


Figura N° 47. Método de Winters – familia economato  
Fuente: Elaboración propia

Por último, con respecto al método de Holt-Winters (de tipo aditivo), se obtuvo un MAPE del 1.7%; utilizándose un valor óptimo de 0.2 para cada una de las constantes del modelo ( $\alpha$ ,  $\gamma$  y  $\delta$ ).

Líneas abajo se muestra el MAPE arrojado por cada método empleado:

Tabla N° 17  
*Comparativo MAPE - familia economato*

Familia	Promedios móviles	Suavizamiento exponencial	Suavizamiento exponencial lineal de Holt	Descomposición de series de tiempo	Método de Holt-Winters
ECONOMATO	38.00	47.00	43.00	23.00	1.70

Fuente: Elaboración propia

El método que arrojó el menor error fue el de Holt-Winters, con un valor MAPE del 1.7%.

El pronóstico calculado para la familia economato fue el siguiente:

Tabla N° 18  
*Pronóstico para la familia economato*

Periodo	Pronóstico
Enero 2019	7,077.85
Febrero 2019	5,820.74
Marzo 2019	6,199.47
Abril 2019	2,029.11
Mayo 2019	737.64
Junio 2019	4,481.23
Julio 2019	8,253.24
Agosto 2019	2,410.72
Setiembre 2019	3,467.18
Octubre 2019	2,487.55
Noviembre 2019	153.65
Diciembre 2019	6,469.84
Consumo anual	49,588.22

Fuente: Elaboración propia

Se pronostica que el consumo anual valorizado para el año 2019, correspondiente a la familia economato, será de S/. 49,588.22 soles.

### **Desagregación del pronóstico de la familia economato**

A continuación, se procede con la desagregación del pronóstico anual hallado para la familia economato, así como la determinación de las cantidades de productos para cada referencia de tal familia:

Tabla N° 19

*Desagregación del pronóstico anual de la familia economato*

Familia	Código	Unidad de Medida	Consumo total 2017 - 2018 (S/.)	%	Consumo valorizado pronosticado:	Costo Unitario (S/.)	Unidades de producto
					S/49,588.22		
ECONOMATO	2373	RLL	38.50	0.03%	13.80	0.73	19
ECONOMATO	2380	RLL	427.87	0.31%	153.40	2.89	53
ECONOMATO	2381	RLL	199.64	0.14%	71.58	1.67	43
ECONOMATO	2382	RLL	503.14	0.36%	180.38	4.21	43
ECONOMATO	2383	RLL	487.06	0.35%	174.62	5.57	31
ECONOMATO	2385	RLL	208.61	0.15%	74.79	2.17	34
ECONOMATO	2431	RLL	1,179.90	0.85%	423.01	2.84	149
ECONOMATO	3271	PZA	2,402.15	1.74%	861.21	0.51	1,697
ECONOMATO	3273	PZA	187.05	0.14%	67.06	0.21	319
ECONOMATO	3275	PZA	701.46	0.51%	251.48	0.14	1,791
ECONOMATO	3285	PZA	464.29	0.34%	166.46	0.16	1,045
ECONOMATO	3312	PZA	199.18	0.14%	71.41	1.65	43
ECONOMATO	3315	CHG	133.20	0.10%	47.75	1.39	34
ECONOMATO	3334	PZA	178.91	0.13%	64.14	1.35	48
ECONOMATO	3335	PZA	123.22	0.09%	44.18	2.39	18
ECONOMATO	3342	PZA	102.73	0.07%	36.83	2.14	17
ECONOMATO	3348	PZA	202.02	0.15%	72.43	0.44	166
ECONOMATO	3353	PZA	215.50	0.16%	77.26	2.09	37
ECONOMATO	3358	PZA	159.76	0.12%	57.28	2.04	28
ECONOMATO	3359	PZA	192.57	0.14%	69.04	2.05	34
ECONOMATO	3361	PZA	103.76	0.08%	37.20	1.88	20
ECONOMATO	3362	PZA	146.82	0.11%	52.64	1.97	27
ECONOMATO	3368	JGO	24,095.17	17.42%	8,638.47	11.60	745
ECONOMATO	3374	PZA	222.20	0.16%	79.66	1.91	42
ECONOMATO	3386	PZA	929.69	0.67%	333.31	3.76	89
ECONOMATO	3409	PZA	950.12	0.69%	340.63	0.28	1,205
ECONOMATO	3415	RLL	7,083.82	5.12%	2,539.65	19.08	133
ECONOMATO	3424	RLL	238.45	0.17%	85.49	6.81	13
ECONOMATO	3433	CJA	135.89	0.10%	48.72	0.64	77
ECONOMATO	3440	CJA	270.97	0.20%	97.15	2.34	42
ECONOMATO	3448	PZA	30.78	0.02%	11.03	1.17	9
ECONOMATO	3455	PZA	377.39	0.27%	135.30	4.83	28
ECONOMATO	3456	PZA	1,921.47	1.39%	688.87	0.46	1,506
ECONOMATO	3457	PZA	11.25	0.01%	4.03	0.42	9
ECONOMATO	3458	PZA	5,429.21	3.93%	1,946.45	6.18	315
ECONOMATO	3460	PZA	23.75	0.02%	8.52	0.51	17
ECONOMATO	3481	PZA	3,100.17	2.24%	1,111.46	3.42	325
ECONOMATO	3483	PZA	98.55	0.07%	35.33	0.12	287
ECONOMATO	3486	PZA	23.27	0.02%	8.34	0.22	38
ECONOMATO	3487	PZA	469.04	0.34%	168.16	0.17	996
ECONOMATO	3521	RLL	588.22	0.43%	210.89	9.84	21
ECONOMATO	3523	RLL	1,310.70	0.95%	469.91	12.66	37
ECONOMATO	3533	PZA	1,180.27	0.85%	423.14	0.04	9,713
ECONOMATO	3537	PZA	717.77	0.52%	257.33	6.65	39
ECONOMATO	3556	PZA	20,744.07	15.00%	7,437.05	0.82	9,082
ECONOMATO	3586	MLL	4,766.00	3.45%	1,708.68	97.81	17
ECONOMATO	3588	MLL	2,465.00	1.78%	883.74	85.00	10
ECONOMATO	4593	UND	588.48	0.43%	210.98	3.18	66
ECONOMATO	4617	RLL	6,124.10	4.43%	2,195.58	157.79	14
ECONOMATO	5008	PZA	280.74	0.20%	100.65	0.61	165
ECONOMATO	5028	PZA	1,286.78	0.93%	461.33	2.13	216
ECONOMATO	5029	PZA	1,270.77	0.92%	455.59	2.15	212
ECONOMATO	5030	PZA	1,112.21	0.80%	398.74	2.13	187
ECONOMATO	5367	PZA	12.11	0.01%	4.34	0.37	12
ECONOMATO	5372	PZA	165.10	0.12%	59.19	2.49	24
ECONOMATO	5451	PZA	378.89	0.27%	135.84	0.10	1,418



ECONOMATO	5512	PZA	1,068.66	0.77%	383.13	3.69	104
ECONOMATO	5513	PZA	915.82	0.66%	328.33	3.73	88
ECONOMATO	5514	PZA	1,031.03	0.75%	369.64	3.71	100
ECONOMATO	5515	PZA	1,060.17	0.77%	380.09	3.69	103
ECONOMATO	5998	PZA	91.13	0.07%	32.67	1.90	17
ECONOMATO	6025	BLST	858.07	0.62%	307.63	11.70	26
ECONOMATO	6336	UND	94.68	0.07%	33.95	1.89	18
ECONOMATO	6337	UND	92.82	0.07%	33.28	1.90	18
ECONOMATO	6577	PZA	791.23	0.57%	283.67	2.17	130
ECONOMATO	7200	MLL	6,002.00	4.34%	2,151.80	579.06	4
ECONOMATO	7870	JGO	6,432.16	4.65%	2,306.02	0.48	4,854
ECONOMATO	9450	UND	15.73	0.01%	5.64	1.15	5
ECONOMATO	9451	UND	226.28	0.16%	81.12	2.82	29
ECONOMATO	9730	UND	198.21	0.14%	71.06	2.83	25
ECONOMATO	9731	UND	243.19	0.18%	87.19	2.82	31
ECONOMATO	10665	UND	163.42	0.12%	58.59	3.77	16
ECONOMATO	10765	MLL	18,187.10	13.15%	6,520.34	150.51	43
ECONOMATO	11838	UND	83.74	0.06%	30.02	6.85	4
ECONOMATO	11839	UND	22.64	0.02%	8.12	1.49	5
ECONOMATO	12560	PAQ	3,777.94	2.73%	1,354.45	13.83	98

Fuente: Elaboración propia

La tabla N° 18 muestra las unidades de producto que se pronostican para el año 2019 para cada referencia perteneciente a la familia economato.

### 3.1.4. Pronosticando las familias de producto restantes

#### Determinación del método a emplear para las familias de producto restantes

Aplicando el mismo procedimiento que en las anteriores familias de producto, se muestra a continuación los valores correspondientes al MAPE de cada uno de los métodos de pronóstico aplicados en las familias de producto restantes, resaltando para cada una de ellas, el mínimo valor arrojado, el cual establece el método que más se ha ajustado a los valores históricos (series de tiempo), y que, por consiguiente, determina el mejor método a emplear.

Tabla N° 20  
*Comparativo MAPE – familias restantes*

Familia	MAPE arrojado por cada método aplicado				Método de Holt-Winters
	Promedios móviles	Suavizamiento exponencial	Suavizamiento exponencial lineal de Holt	Descomposición de series de tiempo	
ENVASES Y RECIPIENTES	70.12	96.94	78.37	50.66	17.57
HERRAMIENTAS CONSUMIBLES	61.11	91.04	77.64	36.15	0.99
MATERIALES DE CONSTRUCCION	79.90	95.30	129.00	67.60	50.40
MATERIALES DE SEGURIDAD	213.00	267.00	443.00	93.00	12.00
MATERIALES DIVERSOS	20.00	24.00	30.00	17.00	8.00
MATERIALES ELECTRICOS	62.00	71.00	79.00	33.00	12.60

MATERIALES ELECTRONICOS	40.46	72.28	65.68	35.92	19.97
MATERIALES EVENTUALES	41.76	68.75	54.04	29.41	12.16
PEGAMENTOS Y RESINAS	124.47	162.57	160.94	44.17	39.70
PINTURAS Y DISOLVENTES	38.55	77.88	62.81	35.92	2.92
PRODUCTOS QUIMICOS Y REACTIVOS	51.60	41.70	82.60	38.80	18.89
SUMINISTROS DE COMPUTO	112.60	144.10	165.70	75.60	25.64
TUBERIAS DUCTOS Y ACCESORIOS	54.94	76.49	74.78	43.64	6.53
VALVULAS Y ACCESORIOS	36.20	38.10	44.60	32.96	12.09

Fuente: Elaboración propia

De la tabla N° 19 se puede concluir que el método que más se ajusta a las series de cada una de las familias de producto restantes es también el método Holt-Winters, cuyos pronósticos se utilizarán para determinar las unidades de producto anuales para cada referencia.

### **Cálculo de los consumos valorizados anuales para las familias de producto restantes**

En base a los pronósticos hallados por el método de Holt-Winters, se calcula a continuación el consumo anual valorizado en soles para las demás familias de producto. Es importante recalcar que, para los valores negativos, se considerará como 0 el consumo del mes respectivo.

Tabla N° 21

*Cálculo de los consumos valorizados anuales en soles para las familias de producto restantes*

Familia	Ene-19	Feb-19	Mar-19	Abr-19	May-19	Jun-19	Jul-19	Ago-19	Set-19	Oct-19	Nov-19	Dic-19	Pronóstico Anual (S/.)
ENVASES Y RECIPIENTES	17.06	17.52	4.40	4.45	29.28	12.42	2.51	4.73	5.40	2.84	1.14	-0.75	<b>101.76</b>
HERRAMIENTAS CONSUMIBLES	14.98	14.49	14.01	13.55	13.11	12.67	12.24	11.81	11.39	10.97	10.55	10.12	<b>149.88</b>
MATERIALES DE CONSTRUCCION	98.52	298.68	104.49	302.72	108.55	139.53	504.47	228.52	479.53	412.39	193.92	372.75	<b>3,244.07</b>
MATERIALES DE SEGURIDAD	9,101.10	1,147.10	535.10	18,375.20	21,309.50	839.30	4,357.40	1,461.30	43,303.10	6,183.90	8,032.30	3,994.00	<b>118,639.30</b>
MATERIALES DIVERSOS	12,058.00	10,674.00	10,032.10	12,655.20	9,066.50	9,039.00	10,485.40	9,177.10	14,519.70	15,628.80	11,898.50	11,557.70	<b>136,792.00</b>
MATERIALES ELECTRICOS	3,556.35	2,608.49	905.74	2,997.50	1,132.71	2,159.41	1,921.18	1,016.45	347.03	2,465.28	3,775.16	641.79	<b>23,527.09</b>
MATERIALES ELECTRONICOS	62.60	167.69	56.78	53.88	50.97	48.07	45.17	42.26	68.72	74.83	80.93	60.04	<b>811.93</b>
MATERIALES EVENTUALES	57.83	168.43	59.04	89.65	60.26	134.86	61.48	130.09	119.82	154.42	87.03	87.64	<b>1,210.54</b>
PEGAMENTOS Y RESINAS	165.34	153.92	66.72	5.02	103.83	43.54	119.14	162.16	119.61	73.06	118.37	-21.45	<b>1,130.72</b>
PINTURAS Y DISOLVENTES	-6.30	177.79	37.19	-22.47	18.18	45.29	112.00	46.34	4.63	-22.46	-22.39	146.47	<b>587.88</b>
PRODUCTOS QUIMICOS Y REACTIVOS	435.36	104.52	80.48	21.04	20.60	20.15	19.71	19.27	156.89	87.12	217.95	17.51	<b>1,200.60</b>
SUMINISTROS DE COMPUTO	271.73	167.35	125.63	24.41	183.19	119.69	189.42	184.67	142.46	169.17	8.74	192.44	<b>1,778.87</b>
TUBERIAS DUCTOS Y ACCESORIOS	70.85	-5.31	-5.65	-5.98	-6.32	-6.66	-7.00	106.65	84.11	-8.01	-8.35	44.34	<b>305.94</b>
VALVULAS Y ACCESORIOS	-5.85	165.00	-9.80	93.44	46.01	71.72	125.94	445.63	66.59	-19.79	218.36	-21.82	<b>1,232.68</b>

Fuente: Elaboración propia

### Desagregación de los pronósticos de las familias de producto restantes

Siguiente, se procede con la desagregación del pronóstico anual hallado para las familias de producto de la tabla líneas arriba, así como la determinación de las cantidades de productos para cada referencia de tales familias:

Tabla N° 22

#### Desagregación del pronóstico anual de las familias de producto restantes

Familia	Código	Unidad de Medida	Consumo total 2017 - 2018 (S/.)	%	Consumo valorizado pronosticado:	Costo Unitario (S/.)	Unidades de producto
					S/101.76		
ENVASES Y RECIPIENTES	3186	PZA	845.46	100.00%	101.76	0.03	<b>3,772</b>
Consumo valorizado pronosticado:					<b>S/149.88</b>		
HERRAMIENTAS CONSUMIBLES	7463	PZA	121.42	100.00%	149.88	8.78	<b>17</b>
Consumo valorizado pronosticado:					<b>S/3,244.07</b>		
MATERIALES DE CONSTRUCCION	294	PZA	1,596.63	25.67%	832.63	15.30	<b>54</b>
MATERIALES DE CONSTRUCCION	9526	PZA	1,013.84	16.30%	528.71	30.81	<b>17</b>
MATERIALES DE CONSTRUCCION	9668	PZA	1,790.01	28.77%	933.47	62.19	<b>15</b>
MATERIALES DE CONSTRUCCION	9990	PZA	1,318.78	21.20%	687.73	72.32	<b>10</b>
MATERIALES DE CONSTRUCCION	10279	PZA	501.50	8.06%	261.53	6.83	<b>38</b>
Consumo valorizado pronosticado:					<b>S/118,639.30</b>		
MATERIALES DE SEGURIDAD	2987	PZA	49,581.03	24.56%	29,139.85	29.77	<b>979</b>
MATERIALES DE SEGURIDAD	3012	CJA	7,681.00	3.81%	4,514.29	33.89	<b>133</b>
MATERIALES DE SEGURIDAD	3018	PAR	2,549.84	1.26%	1,498.59	2.74	<b>548</b>
MATERIALES DE SEGURIDAD	3024	PZA	1,754.38	0.87%	1,031.09	49.08	<b>21</b>
MATERIALES DE SEGURIDAD	4240	PAR	1,395.85	0.69%	820.37	5.44	<b>151</b>
MATERIALES DE SEGURIDAD	4428	PZA	13,900.44	6.89%	8,169.59	6.85	<b>1,192</b>
MATERIALES DE SEGURIDAD	5042	PAR	83,649.14	41.44%	49,162.42	72.73	<b>676</b>
MATERIALES DE SEGURIDAD	9349	PAR	40,557.60	20.09%	23,836.59	61.22	<b>389</b>
MATERIALES DE SEGURIDAD	9480	CJA	793.76	0.39%	466.51	14.20	<b>33</b>
Consumo valorizado pronosticado:					<b>S/136,792.00</b>		
MATERIALES DIVERSOS	3059	KG	3,020.98	1.62%	2,214.33	3.22	<b>687</b>
MATERIALES DIVERSOS	3068	BLS	721.74	0.39%	529.02	8.30	<b>64</b>
MATERIALES DIVERSOS	3100	BID	14,124.96	7.57%	10,353.37	10.00	<b>1,036</b>
MATERIALES DIVERSOS	3170	BLS	1,149.01	0.62%	842.20	4.92	<b>171</b>
MATERIALES DIVERSOS	9045	PZA	89.90	0.05%	65.89	29.97	<b>2</b>
MATERIALES DIVERSOS	9151	KG	2,022.40	1.08%	1,482.38	2.80	<b>529</b>
MATERIALES DIVERSOS	10645	UND	86,537.10	46.37%	63,430.30	27.12	<b>2,339</b>
MATERIALES DIVERSOS	13643	RLL	35,077.21	18.80%	25,711.03	14.20	<b>1,810</b>
MATERIALES DIVERSOS	13722	RLL	37,989.61	20.36%	27,845.78	7.25	<b>3,841</b>
MATERIALES DIVERSOS	18342	UND	5,890.56	3.16%	4,317.69	22.66	<b>191</b>
Consumo valorizado pronosticado:					<b>S/23,527.09</b>		
MATERIALES ELECTRICOS	1113	RLL	11,647.02	17.77%	4,180.00	71.91	<b>58</b>
MATERIALES ELECTRICOS	1114	RLL	12,053.49	18.39%	4,325.88	48.07	<b>90</b>
MATERIALES ELECTRICOS	1165	PZA	7,975.48	12.17%	2,862.32	60.20	<b>48</b>
MATERIALES ELECTRICOS	1518	PZA	2,684.11	4.09%	963.30	11.28	<b>85</b>
MATERIALES ELECTRICOS	1520	PZA	2,555.61	3.90%	917.18	2.25	<b>407</b>
MATERIALES ELECTRICOS	1521	PZA	2,429.64	3.71%	871.97	2.14	<b>407</b>
MATERIALES ELECTRICOS	1539	PZA	159.32	0.24%	57.18	0.06	<b>954</b>
MATERIALES ELECTRICOS	1541	PZA	686.25	1.05%	246.29	0.03	<b>8,519</b>
MATERIALES ELECTRICOS	5575	PZA	229.44	0.35%	82.34	76.48	<b>1</b>
MATERIALES ELECTRICOS	7901	PZA	1,693.69	2.58%	607.85	14.68	<b>41</b>
MATERIALES ELECTRICOS	8097	RLL	2,247.35	3.43%	806.55	67.04	<b>12</b>
MATERIALES ELECTRICOS	8100	RLL	2,248.55	3.43%	806.98	44.73	<b>18</b>
MATERIALES ELECTRICOS	8101	RLL	2,660.99	4.06%	955.00	44.78	<b>21</b>

MATERIALES ELECTRICOS	8103	RLL	2,801.71	4.27%	1,005.50	45.54	<b>22</b>
MATERIALES ELECTRICOS	10085	PZA	11,883.69	18.13%	4,264.94	134.53	<b>32</b>
MATERIALES ELECTRICOS	15016	PZA	1,598.83	2.44%	573.80	10.76	<b>53</b>
Consumo valorizado pronosticado:					<b>S/811.93</b>		
MATERIALES ELECTRONICOS	2243	UND	50.00	8.29%	67.32	50.00	<b>1</b>
MATERIALES ELECTRONICOS	11305	PZA	355.00	58.87%	478.00	43.75	<b>11</b>
MATERIALES ELECTRONICOS	13592	PZA	198.00	32.84%	266.61	18.00	<b>15</b>
Consumo valorizado pronosticado:					<b>S/1,210.54</b>		
MATERIALES EVENTUALES	13465	UND	690.01	100.00%	1,210.54	62.73	<b>19</b>
Consumo valorizado pronosticado:					<b>S/1,130.72</b>		
PEGAMENTOS Y RESINAS	2376	RLL	2,899.53	90.57%	1,024.14	5.52	<b>186</b>
PEGAMENTOS Y RESINAS	2386	RLL	301.75	9.43%	106.58	0.98	<b>108</b>
Consumo valorizado pronosticado:					<b>S/587.88</b>		
PINTURAS Y DISOLVENTES	940	FCO	181.00	14.04%	82.55	7.60	<b>11</b>
PINTURAS Y DISOLVENTES	954	FCO	250.83	19.46%	114.40	8.01	<b>14</b>
PINTURAS Y DISOLVENTES	4346	GLN	857.11	66.50%	390.92	14.46	<b>27</b>
Consumo valorizado pronosticado:					<b>S/1,200.60</b>		
PRODUCTOS QUIMICOS Y REACTIVOS	2769	PZA	379.87	23.47%	281.76	3.41	<b>83</b>
PRODUCTOS QUIMICOS Y REACTIVOS	2770	PZA	919.79	56.82%	682.23	3.78	<b>181</b>
PRODUCTOS QUIMICOS Y REACTIVOS	2843	PZA	190.40	11.76%	141.22	0.63	<b>223</b>
PRODUCTOS QUIMICOS Y REACTIVOS	4711	PZA	128.60	7.94%	95.39	0.51	<b>185</b>
Consumo valorizado pronosticado:					<b>S/1,778.87</b>		
SUMINISTROS DE COMPUTO	6427	UND	1,103.42	15.42%	274.34	18.36	<b>15</b>
SUMINISTROS DE COMPUTO	10517	PZA	2,335.69	32.64%	580.71	35.08	<b>17</b>
SUMINISTROS DE COMPUTO	13228	PZA	3,715.80	51.93%	923.83	57.22	<b>16</b>
Consumo valorizado pronosticado:					<b>S/305.94</b>		
TUBERIAS DUCTOS Y ACCESORIOS	440	PZA	156.94	37.25%	113.96	7.11	<b>16</b>
TUBERIAS DUCTOS Y ACCESORIOS	470	PZA	259.95	61.70%	188.76	13.05	<b>14</b>
TUBERIAS DUCTOS Y ACCESORIOS	493	PZA	4.44	1.05%	3.22	2.22	<b>1</b>
Consumo valorizado pronosticado:					<b>S/1,232.68</b>		
VALVULAS Y ACCESORIOS	588	PZA	1,008.51	36.19%	446.08	110.63	<b>4</b>
VALVULAS Y ACCESORIOS	605	PZA	1,778.36	63.81%	786.59	30.21	<b>26</b>

Fuente: Elaboración propia

### 3.2. Determinación del tipo de demanda: Coeficiente de Variación (V)

Con el fin de elegir un adecuado modelo de inventario que mejore la gestión de abastecimiento de consumibles del centro de estudios analizado, es necesario primero saber el tipo de demanda que presentan los consumibles. Para esto, Taha (2002) propone un método para dar con una “estimación aproximada” inicial, basándose en el cálculo de la media y la desviación estándar del consumo durante un periodo específico. Es así entonces que hace uso del coeficiente de variación,  $V$ , el cual mide la variación relativa o dispersión de los datos alrededor de la media, pudiendo así valorar la naturaleza de la demanda. Por lo general, los valores altos de  $V$  indican una alta incertidumbre en el uso de la media como una aproximación del consumo mensual.

$$V = \frac{\text{Desviación estándar}}{\text{Media}} \times 100$$

Fórmula N° 23. Coeficiente de variación  
Fuente: (Taha, 2002)

Taha (2002) establece los siguientes lineamientos:

1. Demanda determinística y constante: Si la demanda mensual promedio es “de manera aproximada” constante y  $V$  es menor a 20%.
2. Demanda determinística variable: Si la demanda mensual promedio varía entre los diferentes meses y  $V$  es menor a 20%.
3. Demanda probabilística estacionaria: Si  $V$  es alto (mayor a 20%) pero aproximadamente constante.
4. Demanda probabilística no estacionaria: Si  $V$  y la demanda mensual promedio varían apreciablemente mes a mes.

A continuación, se procede a determinar el tipo de demanda para los consumibles, tomando como ejemplo 5 artículos de clase A de manera aleatoria correspondientes a la tabla N° 5 (*Valoración de referencias que cumplen el mínimo exigido por el criterio de movilidad*), considerando para tales sus respectivos consumos en unidades de producto desde el año 2014 al 2018.

Tabla N° 23

*Determinación del tipo de demanda de la referencia 1113 - cordón unipolar TFF #14 awg*

Años	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Set	Oct	Nov	Dic
2014	3	214	7	5	2	0	2	17	2	15	4	0
2015	0	18	17	2	4	1	12	6	14	0	2	1
2016	1	6	15	23	2	0	0	17	4	10	6	3
2017	10	6	4	8	14	6	3	16	8	9	7	2
2018	0	11	14	1	4	0	4	9	10	8	6	4
Media	2.80	51.00	11.40	7.80	5.20	1.40	4.20	13.00	7.60	8.40	5.00	2.00
Desv. Est.	3.76	81.62	5.00	7.98	4.49	2.33	4.12	4.60	4.27	4.84	1.79	1.41
$V$ (%)	134.39	160.04	43.89	102.37	86.35	166.60	98.05	35.42	56.20	57.64	35.78	70.71

Fuente: Elaboración propia

De la tabla N° 22 se concluye que la demanda mensual para la referencia 1113 es aproximadamente probabilística ya que el coeficiente de variación es mayor a 20%. Asimismo, el consumo es variable o dinámico (no constante).

Tabla N° 24

*Determinación del tipo de demanda de la referencia 1521 - pila alcalina 1.5VDC AAA Duracell MN 2400*

Años	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Set	Oct	Nov	Dic
2014	55	8	86	36	52	32	18	12	78	58	40	14
2015	16	21	85	53	10	20	78	24	41	11	144	8
2016	18	88	23	60	20	54	4	60	68	39	52	18
2017	25	36	44	20	94	119	32	58	57	55	52	4
2018	42	60	54	34	36	64	30	42	78	51	54	2
Media	31.20	42.60	58.40	40.60	42.40	57.80	32.40	39.20	64.40	42.80	68.40	9.20
Desv. Est.	15.01	28.53	24.29	14.28	29.49	34.33	24.90	18.79	14.04	17.16	38.12	6.01
V (%)	48.12	66.98	41.59	35.17	69.54	59.39	76.84	47.93	21.80	40.10	55.74	65.36

Fuente: Elaboración propia

De la tabla N° 23 se determina que la demanda mensual para la referencia 1521 es aproximadamente probabilística pues  $V$  es mayor a 20%. Asimismo, la media del consumo mensual presenta variabilidad por lo cual es dinámico.

Tabla N° 25

*Determinación del tipo de demanda de la referencia 3415 - plástico stretch film 18*

Años	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Set	Oct	Nov	Dic
2014	19	2	19	6	7	9	4	5	19	14	6	10
2015	13	11	8	9	16	15	11	15	21	31	6	18
2016	6	0	17	14	11	17	14	6	30	4	28	8
2017	26	16	26	2	20	38	16	17	16	36	14	5
2018	0	30	30	8	10	8	1	13	16	18	10	0
Media	12.80	11.80	20.00	7.80	12.80	17.40	9.20	11.20	20.40	20.60	12.80	8.20
Desv. Est.	9.20	10.81	7.62	3.92	4.62	10.86	5.78	4.83	5.16	11.59	8.16	5.95
V (%)	71.84	91.65	38.08	50.25	36.11	62.39	62.78	43.15	25.30	56.24	63.74	72.52

Fuente: Elaboración propia

De la tabla N° 24 se aprecia que la demanda mensual para la referencia 3415 es aproximadamente probabilística pues  $V$  es mayor a 20%. Por otra parte, la media del consumo no es constante.

Tabla N° 26

*Determinación del tipo de demanda de la referencia 6577 - recarga p/plumón pilot (WBS-VBM) verde*

Años	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Set	Oct	Nov	Dic
2014	5	3	6	6	5	1	6	16	3	7	6	2
2015	11	2	5	10	13	21	28	8	10	5	7	0
2016	14	14	48	20	5	2	0	19	36	34	0	60
2017	23	3	48	4	6	3	0	9	32	20	13	32
2018	30	12	9	50	10	0	5	6	22	28	9	2
Media	16.60	6.80	23.20	18.00	7.80	5.40	7.80	11.60	20.60	18.80	7.00	19.20
Desv. Est.	8.87	5.11	20.29	16.92	3.19	7.86	10.40	5.00	12.58	11.37	4.24	23.62
V (%)	53.42	75.22	87.46	94.02	40.87	145.63	133.33	43.14	61.06	60.50	60.61	123.00

Fuente: Elaboración propia

De la tabla N° 25 se considera que la demanda mensual para la referencia 6577 es aproximadamente probabilística pues  $V$  es mayor a 20%. Asimismo, el consumo promedio es variable.

Tabla N° 27

*Determinación del tipo de demanda de la referencia 3481 - archivador palanca t/oficio Artesco*

Años	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Set	Oct	Nov	Dic
2014	22	63	11	58	1	66	5	71	12	61	58	68
2015	59	65	3	7	98	73	11	24	7	63	12	0
2016	69	92	48	16	55	31	44	28	20	84	0	38
2017	61	24	67	54	63	15	52	15	45	3	51	2
2018	55	71	4	61	4	34	120	18	10	15	65	0
Media	53.20	63.00	26.60	39.20	44.20	43.80	46.40	31.20	18.80	45.20	37.20	21.60
Desv. Est.	16.25	22.05	26.08	22.90	37.00	22.07	41.04	20.41	13.79	30.87	26.13	27.35
V (%)	30.55	34.99	98.05	58.43	83.72	50.38	88.45	65.42	73.35	68.30	70.25	126.60

Fuente: Elaboración propia

De la tabla N° 26 se aprecia que la demanda mensual para la referencia 3481 es aproximadamente probabilística pues  $V$  es mayor a 20%. Asimismo, la media del consumo no es constante.



Como conclusión final, de las 5 referencias analizadas anteriormente se determina entonces que el tipo de demanda para los consumibles tiende siempre a ser aproximadamente probabilística y variable.

### 3.3. Comprobación del tipo de demanda: Prueba de normalidad Anderson-Darling

Una vez conocido que la demanda de los consumibles tiende a ser de naturaleza probabilística, es decir, que no se conoce pero que puede especificarse mediante una distribución de probabilidad, es crucial ahora que se compruebe lo antes mencionado a través del estadístico de la prueba de Anderson-Darling, el cual mide qué tan bien siguen los datos una distribución específica. A continuación, se procederá a determinar si la demanda sigue una curva normal con la prueba de hipótesis de Anderson-Darling para normalidad, utilizando para tal, los consumos mensuales en unidades de producto del año 2018 de los 5 artículos tomados como ejemplo en la sección anterior.

Realizamos entonces los siguientes pasos:

1. Se establece la pregunta de enfoque:  
¿Sigue la demanda de consumibles una distribución normal?
2. Se establecen las hipótesis:  
Hipótesis nula  $H_0$ : La demanda de consumibles sigue una distribución normal  
Hipótesis alterna  $H_1$ : La demanda de consumibles no sigue una distribución normal
3. Se procede a realizar la gráfica de probabilidad con la ayuda del software Minitab para comparar visualmente la distribución acumulativa de los valores de los consumos con una distribución acumulativa normal.
4. Se toma una decisión acerca de la hipótesis nula, comparando el valor p con el valor de  $\alpha$  ( $\alpha=0.05$ ).

Si el valor  $p \leq \alpha$ , se rechaza la hipótesis nula  $H_0$ .

Si el valor  $p > \alpha$ , no se rechaza la hipótesis nula  $H_0$ .

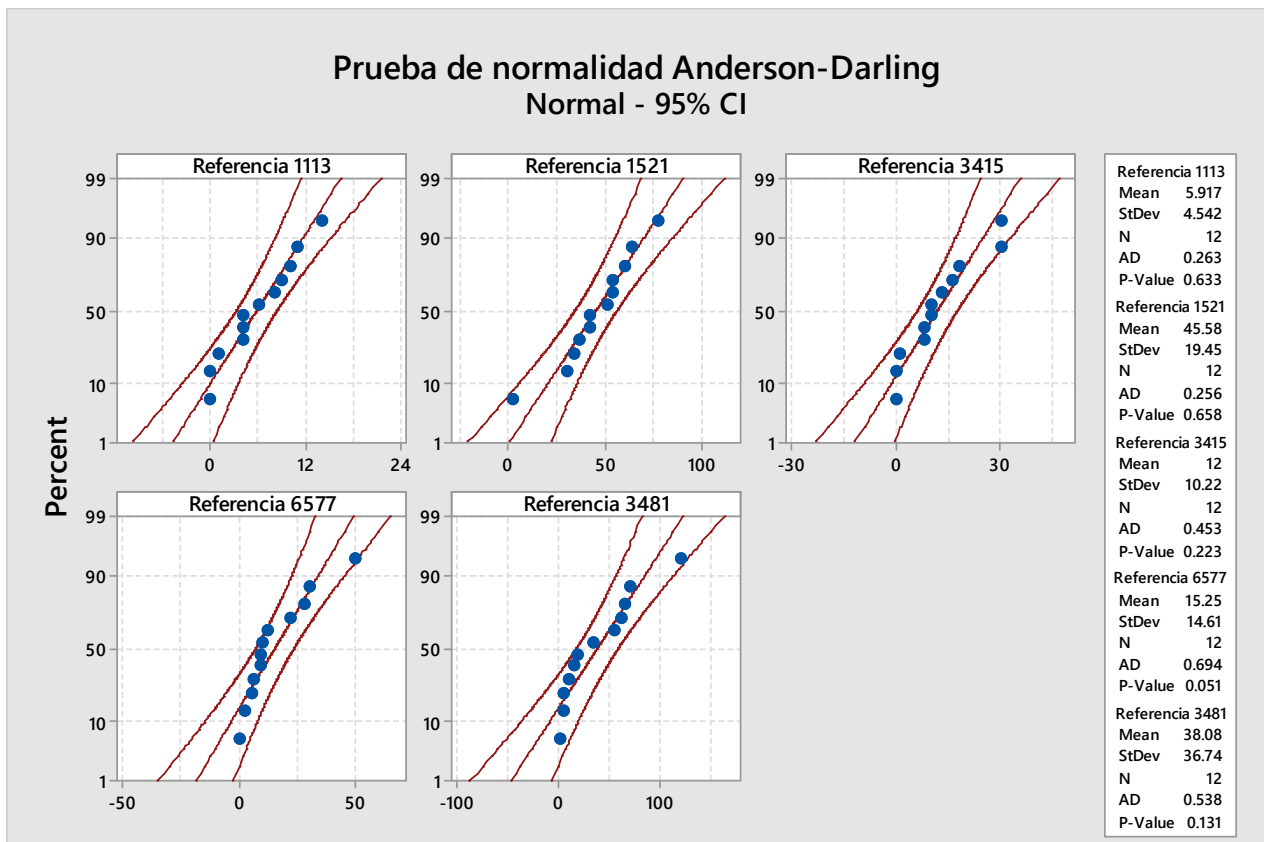


Figura N° 48. Prueba de normalidad Anderson-Darling  
Fuente: Elaboración propia

Viendo los resultados de la prueba de normalidad Anderson Darling de los 5 consumibles evaluados, en el que se considera un nivel de confianza del 95% ( $1-\alpha$ ), no se rechazaría la hipótesis nula  $H_0$  de que la demanda de consumibles sigue una distribución normal, dado que el valor  $p$  es mayor que  $\alpha$  en todos los casos. Se concluye que no tenemos suficiente evidencia para afirmar que la hipótesis alterna es verdadera, o, dicho de otro modo, se infiere que es razonable asumir que la demanda de consumibles sigue una distribución normal, por lo cual es adecuado entonces utilizar para los consumibles un modelo de inventario que sea probabilístico.

### 3.4. Determinación de los costos de mantener inventario y de ordenar pedidos

#### 3.4.1. Costos de mantener inventario de consumibles

Mora (2016) afirma: “El valor del costo de almacenar o tener el stock usualmente es un porcentaje del costo de la referencia. Usualmente oscila alrededor del 20% del precio o costo o valor del ítem” (p.108). Habiendo dicho esto, se procederá entonces a estimar el costo unitario anual de almacenamiento de los consumibles:

Tabla N° 28  
*Costos de mantener consumibles*

Código	Descripción	U.M.	Costo Unit. (S/-)	Costo de Mantener (20%)
294	Tubo de abasto hilo acero inox. 1/2 pulg. Metusa	PZA	15.30	3.06
440	Codo 90 pvc clase10 c/rosca Pavco 1-1/2 pulg.	PZA	7.11	1.42
470	UNION UNIVERSAL PVC 1 1/2C/ROSCA	PZA	13.05	2.61
493	UNION SIMPLE PVC EC 1	PZA	3.00	0.60
588	Válvula esférica 1-1/2 pulg CIM 14	PZA	110.63	22.13
605	Grifo esférico p/jardin 1/2 pulg CIM 34	PZA	30.21	6.04
940	Pintura esm. sint. en spray gris claro	FCO	7.60	1.52
954	Pintura esm. sint. en spray negro	FCO	8.01	1.60
1011	PETROLEO DIESEL D-2	GLN	11.16	2.23
1062	Aflojatodo WD-40 en spray 11 oz.	FCO	25.63	5.13
1113	CORDON UNIPOLAR TFF #14 AWG	RLL	71.91	14.38
1114	CORDON UNIPOLAR TFF #16 AWG	RLL	48.07	9.61
1165	CABLE DE SEGURIDAD C/ LLAVE 1.8M KENSINGTON	PZA	60.20	12.04
1518	Pila alcalina 9VDC Duracell MN 1604 (Bateria)	PZA	11.28	2.26
1520	Pila Alcalina 1.5VDC AA Duracell MN 1500	PZA	2.25	0.45
1521	Pila alcalina 1.5VDC AAA Duracell MN 2400	PZA	2.14	0.43
1539	Cinta de amarre de pvc 15 cm.	PZA	0.06	0.01
1541	Cinta de amarre de pvc 10 cm.	PZA	0.03	0.01
2243	Switch D-Link DES-1008D 8 puertos	UND	50.00	10.00
2373	Cinta adhesiva 1/2pulg x 36yrd Pegafan	RLL	0.73	0.15
2376	Cinta aislante 3M Temflex 1700 3/4 pulg x 20 mts	RLL	5.52	1.10
2380	Cinta Masking Tape 1pulg x 55yrd Pegafan 500	RLL	2.89	0.58
2381	Cinta Masking Tape 1/2pulg x 55yrd Pegafan 500	RLL	1.67	0.33
2382	Cinta Masking Tape 1-1/2pulg x 55yrd Pegafan 500	RLL	4.21	0.84
2383	Cinta Masking Tape 2pulg x 55yrd Pegafan 500	RLL	5.57	1.11
2385	Cinta Masking Tape 3/4pulg x 55yrd Pegafan 500	RLL	2.17	0.43
2386	Cinta teflon de 1/2 pulg. x 12 mts.	RLL	0.98	0.20
2431	Cinta de Embalaje Transp. 2 Pulg x 110 Yds.	RLL	2.84	0.57
2769	PAPEL FILTRO 45 X 45 LENTO	PZA	3.41	0.68
2770	PAPEL FILTRO 45 X 45 RAPIDO	PZA	3.78	0.76
2843	Jeringa descartable de 5cm3	PZA	0.63	0.13

2987	CASCO SEGURIDAD MSA JOCKEY MODELO VGUARD C/RACHET 4P. COLOR BLANCO	PZA	29.77	5.95
3012	GUANTES DE NITRILLO TIPO QUIRÚRGICO. CJA.x 50 unid.	CJA	33.89	6.78
3018	Protector de oído (tipo tapón)	PAR	2.74	0.55
3024	GUARDAPOLVO DE DRILL AZUL ACERO TALLA M	PZA	49.08	9.82
3059	TRAPO	KG	3.22	0.64
3068	Detergente Ace o Ariel de 850 grs.	BLS	8.30	1.66
3100	AGUA DE MESA	BID	10.00	2.00
3170	Caramelo Frutina Ambrosoli	BLS	4.92	0.98
3186	VASO DESCARTABLE	PZA	0.03	0.01
3271	Sobre manila A4 c/ventana horizontal Membretado 90 grs	PZA	0.51	0.10
3273	Sobre manila extra oficio Grafipapel amarillo	PZA	0.21	0.04
3275	Sobre manila A4 Grafipapel amarillo	PZA	0.14	0.03
3285	Papel p/papelógrafo 61 x 86 cm 56 gr Paramonga	PZA	0.16	0.03
3312	Corrector líquido t/lapicero Faber Castell	PZA	1.65	0.33
3315	Pasta Limpiatipo	CHG	1.39	0.28
3334	Bolígrafo 061 Faber Castell Azul	PZA	1.35	0.27
3335	Bolígrafo Uni-Ball UM-170 azul	PZA	2.39	0.48
3342	Bolígrafo Uni-Ball UM-170 rojo	PZA	2.14	0.43
3348	Lápiz c/borrador Faber Castell 1210TB	PZA	0.44	0.09
3353	Plumón delgado Fab indeleble 421-F negro	PZA	2.09	0.42
3358	Plumón grueso Fab Jumbo 47 azul	PZA	2.04	0.41
3359	Plumón grueso Fab Jumbo 47 negro	PZA	2.05	0.41
3361	Plumón grueso Fab Jumbo 47 rojo	PZA	1.88	0.38
3362	Plumón grueso Fab Jumbo 47 verde	PZA	1.97	0.39
3368	Plumón grueso Fab Jumbo 123 estuche x 4 p/pizarra acrilica	JGO	11.60	2.32
3374	Plumón resaltador Fab 48 amarillo	PZA	1.91	0.38
3386	Block de notas Post-It 3 x 3 pulg. R-330 pop-up	PZA	3.76	0.75
3409	Funda PVC A4 gruesa portapapeles	PZA	0.28	0.06
3415	PLASTICO STRETCH FILM 18	RLL	19.08	3.82
3424	Forro Vinifan t/oficio cristal	RLL	6.81	1.36
3433	Clips #1 plateado caja x 100	CJA	0.64	0.13
3440	Grapa 26/6 Rapid caja x 5000	CJA	2.34	0.47
3448	Saca grapas s/marca	PZA	1.50	0.30
3455	Tijera mango plástico grande 20 cm Faber Castell	PZA	4.83	0.97
3456	Borrador grande blanco p/lápiz	PZA	0.46	0.09
3457	Borrador grande mixto	PZA	0.60	0.12
3458	Mota p/pizarra acrilica Omega Standard	PZA	6.18	1.24
3460	Regla cristal 30 cm Artesco	PZA	0.60	0.12
3481	Archivador palanca t/oficio Artesco	PZA	3.42	0.68
3483	Fastener de metal anticorte Warrior 10339-8	PZA	0.12	0.02
3486	Folder manila t/oficio Grafipapel	PZA	0.22	0.04
3487	Folder manila A4 Grafipapel	PZA	0.17	0.03
3521	Cinta adhesiva 1/2pulg x 36yrd Magic Tape 3M	RLL	9.84	1.97
3523	Cinta adhesiva 3/4pulg x 36yrd Magic Tape 3M	RLL	12.66	2.53
3533	Etiqueta adhesiva 3.4 x 10.2 cm Eticom (14 x hoja)	PZA	0.04	0.01
3537	Goma en barra UHU Stick 40 gr	PZA	6.65	1.33
3556	TARJETA PERSONAL	PZA	0.82	0.16
3586	Papel bond A4 90 grs membretado (vertical)	MLL	97.81	19.56

3588	PASE DE VISITANTES T/ A-6	MLL	85.00	17.00
4240	GUANTES POLIESTER C/PALMA JEBE ANTIDESLIZANTE	PAR	5.44	1.09
4346	Thinner acrílico	GLN	14.46	2.89
4428	LENTES SEGURIDAD C/IMPACTO MSA-SIERRA (ESTUDIANTES)	PZA	6.85	1.37
4593	Block de notas 1.5 x 2 pulg Stick 21131	UND	3.18	0.64
4617	Cinta adhesiva doble contacto 3/4pulg x 33 mt 3M	RLL	157.79	31.56
4711	Jeringa descartable de 1cm3 (tuberculina)	PZA	0.51	0.10
5008	Lápiz c/borrador Stabilo HB Swano 4906	PZA	0.61	0.12
5028	Recarga p/plumón Pilot (WBS-VBM) azul	PZA	2.13	0.43
5029	Recarga p/plumón Pilot (WBS-VBM) negro	PZA	2.15	0.43
5030	Recarga p/plumón Pilot (WBS-VBM) rojo	PZA	2.13	0.43
5042	Zapato de seguridad dieléctrico c/punta fibra de vidrio	PAR	72.73	14.55
5367	Bolígrafo 031 Fab P/F azul	PZA	0.50	0.10
5372	Plumón grueso Fab indeleble Jumbo 23 negro	PZA	2.49	0.50
5451	Sobre manila medio oficio Grafipapel amarillo	PZA	0.10	0.02
5512	Plumón recargable Pilot V Board Master azul	PZA	3.69	0.74
5513	Plumón recargable Pilot V Board Master verde	PZA	3.73	0.75
5514	Plumón recargable Pilot V Board Master rojo	PZA	3.71	0.74
5515	Plumón recargable Pilot V Board Master negro	PZA	3.69	0.74
5575	INTERRUPTOR TERMOMAG.3X16A P/RIEL	PZA	76.48	15.30
5998	Plumón resaltador Fab 48 celeste	PZA	1.90	0.38
6025	Banderita Post It 1/2 pulg. 3M 683 x 4 colores	BLST	11.70	2.34
6336	Plumón resaltador Fab 48 rosado	UND	1.90	0.38
6337	Plumón resaltador Fab 48 verde	UND	1.90	0.38
6427	Pad para mouse ergonomico	UND	18.36	3.67
6577	Recarga p/plumón Pilot (WBS-VBM) verde	PZA	2.17	0.43
7200	Sobre A4 membretado vertical de 90 grs.	MLL	579.06	115.81
7463	REGLA METALICA DE 50 CM	PZA	8.78	1.76
7870	TAPA TROQUELADA Y CONTRATAPA EN FOLDCOTE 16 PARA PCC	JGO	0.48	0.10
7901	Toma doble univ. 2P+T, 15A, 250V Leviton 5825-I C/Placa	PZA	14.68	2.94
8097	ALAMBRE TW # 14 AWG (2.1 MM2) X 100 MT. COLOR AZUL	RLL	67.04	13.41
8100	ALAMBRE TW # 16 AWG (1.3 MM2) X 100 MT. COLOR ROJO	RLL	44.73	8.95
8101	ALAMBRE TW # 16 AWG (1.3 MM2) X 100 MT. COLOR NEGRO	RLL	44.78	8.96
8103	ALAMBRE TW # 16 AWG (1.3 MM2) X 100 MT. COLOR AZUL	RLL	45.54	9.11
9045	Chaleco de brigadista (naranja).	PZA	30.00	6.00
9151	Trapo Industrial	KG	2.80	0.56
9349	BOTIN DE SEGURIDAD HERALDO MANRIQUE (ESCUELA DE OPERADORES)	PAR	61.22	12.24
9450	Bolígrafo 061 Fab P/F azul	UND	1.50	0.30
9451	BOLIGRAFO PILOT G-1 T/LIQUIDA NEGRO	UND	2.82	0.56
9480	PAPEL P/LIMPIAR LENTES-UVEX X CAJA	CJA	14.20	2.84
9526	PLANCHA DURAPLA MDF STD CRUDO 2.14 X 2.44 DE 3.0 MM	PZA	30.81	6.16
9668	PLANCHA ACRILICO TRANSPARENTE CRISTAL LISO 90cm x 60cm DE 4mm.	PZA	62.19	12.44
9730	BOLIGRAFO PILOT G-1 T/LIQUIDA ROJO	UND	2.83	0.57
9731	BOLIGRAFO PILOT G-1 T/LIQUIDA AZUL	UND	2.82	0.56
9990	Accesorio p/Fluxómetro VAINSA	PZA	72.32	14.46
10085	Supresor de Picos Metalico de 8 tomas-Universal	PZA	134.53	26.91
10279	PLANCHA DE CARTÓN CORRUGADO IMPORTADO DE 4MM x 1.7 MT x 0.80 MT	PZA	6.83	1.37
10517	Mouse inalámbrico	PZA	35.08	7.02

10645	Jabón Espuma x 1000 ml. (marca Tork)	UND	27.12	5.42
10665	Post it rectangular 76 mm x 127 mm	UND	3.77	0.75
10765	VOLANTE A5 LIMA	MLL	150.51	30.10
11305	tarjetas arduino UNO R3	PZA	43.75	8.75
11838	TAMPÓN O ALMOHADILLA DACTILAR TRODAT NEGRO	UND	6.85	1.37
11839	TAJADOR CON DEPOSITO	UND	2.00	0.40
12560	POST IT 654-5PK (3X3) X 500H NEON 3M	PAQ	13.83	2.77
13228	Adaptador HDMI a VGA - Marca Delcon	PZA	57.22	11.44
13465	cargador para celular Motorola Moto G4 Plus (Turbo Power).	UND	62.73	12.55
13592	Accesorio de Arduino : Wifi ESP8266	PZA	18.00	3.60
13643	PT ELITE JUMBO BASICA x 200 mts. (PTRJ10027)	RLL	14.20	2.84
13722	PAPEL HIG. ELITE JUMBO CLASSIC X 500m	RLL	7.25	1.45
15016	BATERIA DURACELL 9V.	PZA	10.76	2.15
18342	JABON ESPUMA WEST MICROSAFE CLEAN X 1000 ML (SUAVE AROMA)	UND	22.66	4.53

Fuente: Elaboración propia

### 3.4.2. Costo de pedir consumibles

El costo de pedir se estima mediante la obtención de todos los costos directos e indirectos que se tienen por año para realizar los pedidos. (...). Todos estos valores asociados a la acción de pedir se suman y se dividen entre el total de órdenes de abastecimiento o compra emitidas en el año. De esta manera se obtiene el promedio. Se da en valor monetario absoluto, se puede trabajar por referencia o por familia de ítem, pero en cada caso es el costo individual de cada referencia. (Mora, 2016, p.108)

Dicho lo anterior, se procede a calcular el costo individual de ordenar una referencia:

Tabla N° 29  
*Costo de pedir una referencia*

Salario anual del personal de compras:	S/	255,000.00
Gastos anuales de transporte por la compra de consumibles:	S/	10,105.20
Gastos generales anuales del área de compras:	S/	4,676.44
Internet:		284.27
Energía eléctrica:		273.33
Vigilancia:		358.46
Telefonía:		1,920.00
Limpieza:		640.38
Consumibles:		1,200.00
Costos anuales totales:	S/	269,781.64
Número promedio de órdenes de compra por año:		1,426
Número promedio de referencias por orden:		X 3
Número total de veces en que se ordenaron referencias:		4,277
$\frac{\text{Costos anuales totales}}{\text{Número total de veces en que se ordenaron referencias}} = \frac{\text{S/ } 269,781.64}{4,277} = \text{S/ } 63.08$		
<b>Costo de ordenar = S/ 63.08</b>		

Fuente: Elaboración propia

### 3.5. Determinación de la cantidad económica a ordenar (EOQ)

Una vez calculados las demandas anuales, los costos de mantener y el costo de pedir de los consumibles, se determinará entonces el tamaño óptimo del lote  $Q^*$  para cada referencia, el cual será la cantidad que minimice los costos totales anuales por mantenimiento de inventario y de hacer pedidos. Esto permitirá responder al *cuánto pedir*, uno de los factores claves en el manejo de inventarios.

A continuación, se muestra el cálculo de la cantidad económica a pedir (EOQ) para la referencia 1114 (Cordón unipolar TFF #16 awg):

Tabla N° 30  
EOQ – Ref. 1114 (Cordón unipolar TFF #16 awg)

Cantidad Económica a Ordenar (Q*)	
Referencia	1114
Demanda Anual (D)	90
Costo de mantener (H)	9.61
Costo de ordenar (S)	63.08
Cantidad económica a ordenar (Q*)	34
Costo Anual de Ordenar	S/165.20
Costo Anual de Mantener	S/165.20
Número esperado de órdenes (N)	2.62 órdenes/año
Tiempo esperado entre órdenes (T)	99 días

Fuente: Elaboración propia

Tabla N° 31  
Comparativo de lotes - Ref. 1114 (Cordón unipolar TFF #16 awg)

Cantidad a pedir	Costo Anual de Mantener	Costo Anual de Ordenar	Costo Total Anual	Diferencia del Costo Total Mínimo
8	S/38.46	S/709.62	S/748.08	S/417.68
17	S/81.72	S/333.94	S/415.66	S/85.27
34	S/165.20	S/165.20	S/330.39	S/0.00
51	S/245.16	S/111.31	S/356.48	S/26.08
68	S/326.88	S/83.48	S/410.37	S/79.98
85	S/408.61	S/66.79	S/475.39	S/145.00
102	S/490.33	S/55.66	S/545.98	S/215.59
119	S/572.05	S/47.71	S/619.75	S/289.36
136	S/653.77	S/41.74	S/695.51	S/365.12
153	S/735.49	S/37.10	S/772.59	S/442.20
170	S/817.21	S/33.39	S/850.61	S/520.21
187	S/898.93	S/30.36	S/929.29	S/598.90

Fuente: Elaboración propia

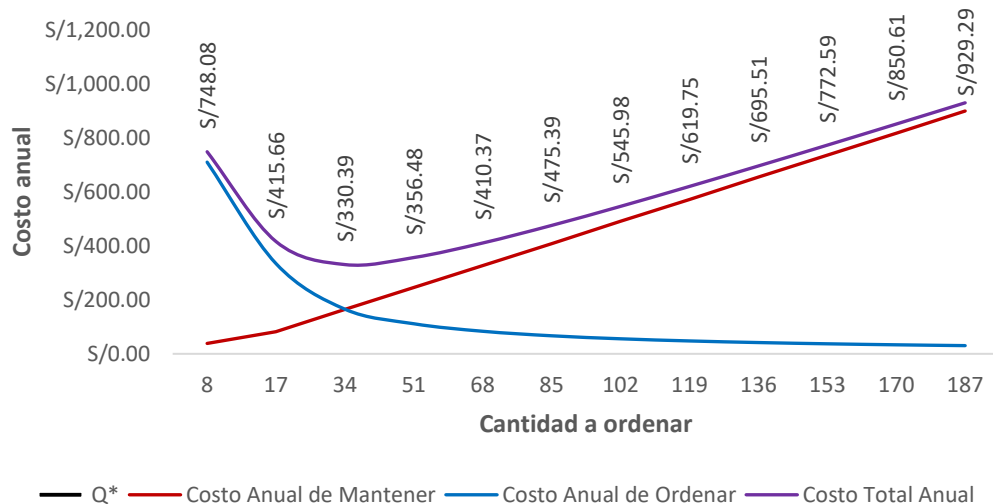


Figura N° 49. EOQ – Ref. 1114 (Cordón unipolar TFF #16 awg)

Fuente: Elaboración propia



EOQ para la referencia 3012 (Guantes de nitrilo tipo quirúrgico. caja x 50 unid.):

Tabla N° 32

EOQ – Ref. 3012 (Guantes de nitrilo tipo quirúrgico. caja x 50 unid.)

Cantidad Económica a Ordenar (Q*)	
Referencia	3012
Demanda Anual (D)	133
Costo de mantener (H)	6.78
Costo de ordenar (S)	63.08
Cantidad económica a ordenar (Q*)	50
Costo Anual de Ordenar	S/168.62
Costo Anual de Mantener	S/168.62
Número esperado de órdenes (N)	2.67 órdenes/año
Tiempo esperado entre órdenes (T)	97 días

Fuente: Elaboración propia

Tabla N° 33

Comparativo de lotes - Ref. 3012 (Guantes de nitrilo tipo quirúrgico. caja x 50 unid.)

Cantidad a pedir	Costo Anual de Mantener	Costo Anual de Ordenar	Costo Total Anual	Diferencia del Costo Total Mínimo
10	S/33.89	S/838.93	S/872.82	S/535.57
20	S/67.79	S/419.46	S/487.25	S/150.00
30	S/101.68	S/279.64	S/381.32	S/44.07
40	S/135.57	S/209.73	S/345.31	S/8.06
50	S/168.62	S/168.62	S/337.25	S/0.00
60	S/203.36	S/139.82	S/343.18	S/5.93
70	S/237.25	S/119.85	S/357.10	S/19.85
80	S/271.15	S/104.87	S/376.01	S/38.76
90	S/305.04	S/93.21	S/398.25	S/61.01
100	S/338.93	S/83.89	S/422.83	S/85.58
110	S/372.83	S/76.27	S/449.09	S/111.84
120	S/406.72	S/69.91	S/476.63	S/139.38

Fuente: Elaboración propia

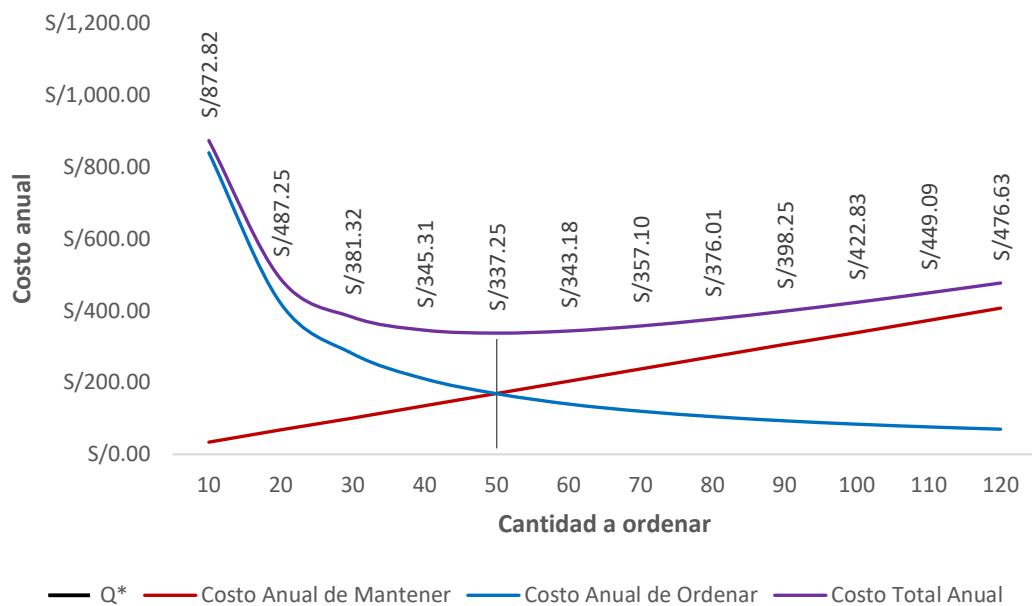


Figura N° 50. EOQ – Ref. 3012 (Guantes de nitrilo tipo quirúrgico. caja x 50 unid.)

Fuente: Elaboración propia

EOQ para la referencia 3415 (Plástico stretch film 18):

Tabla N° 34  
EOQ – Ref. 3415 (Plástico stretch film 18)

Cantidad Económica a Ordenar (Q*)	
Referencia	3415
Demanda Anual (D)	133
Costo de mantener (H)	3.82
Costo de ordenar (S)	63.08
Cantidad económica a ordenar (Q*)	66
Costo Anual de Ordenar	S/126.51
Costo Anual de Mantener	S/126.51
Número esperado de órdenes (N)	2.01 órdenes/año
Tiempo esperado entre órdenes (T)	130 días

Fuente: Elaboración propia

Tabla N° 35  
Comparativo de lotes - Ref. 3415 (Plástico stretch film 18)

Cantidad a pedir	Costo Anual de Mantener	Costo Anual de Ordenar	Costo Total Anual	Diferencia del Costo Total Mínimo
12	S/22.89	S/699.11	S/722.00	S/468.98
18	S/34.34	S/466.07	S/500.41	S/247.39
24	S/45.79	S/349.55	S/395.34	S/142.32
30	S/57.24	S/279.64	S/336.88	S/83.85
36	S/68.68	S/233.04	S/301.72	S/48.69
42	S/80.13	S/199.74	S/279.87	S/26.85
48	S/91.58	S/174.78	S/266.35	S/13.33
54	S/103.02	S/155.36	S/258.38	S/5.36
60	S/114.47	S/139.82	S/254.29	S/1.27
66	S/126.51	S/126.51	S/253.03	S/0.00
72	S/137.36	S/116.52	S/253.88	S/0.86
78	S/148.81	S/107.55	S/256.37	S/3.34

Fuente: Elaboración propia

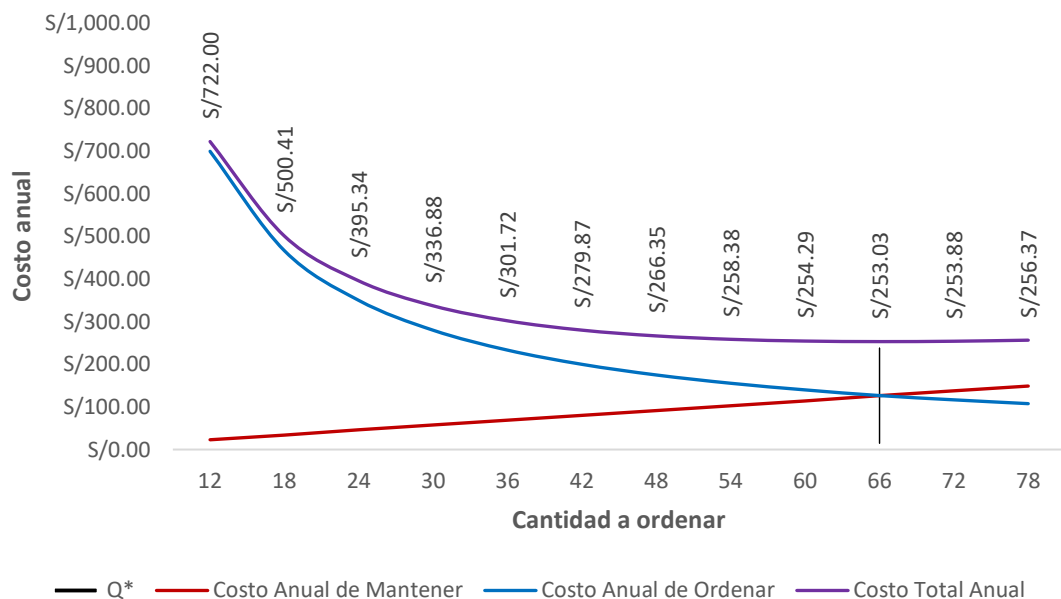


Figura N° 51. EOQ – Ref. 3415 (Plástico stretch film 18)

Fuente: Elaboración propia

EOQ para la referencia 13643 (PT elite jumbo básica x 200 mts. (PTRJ10027)):

Tabla N° 36

EOQ – Ref. 13643 (PT elite jumbo básica x 200 mts. (PTRJ10027))

Cantidad Económica a Ordenar (Q*)	
Referencia	13643
Demanda Anual (D)	1,810
Costo de mantener (H)	2.84
Costo de ordenar (S)	63.08
Cantidad económica a ordenar (Q*)	284
Costo Anual de Ordenar	S/402.66
Costo Anual de Mantener	S/402.66
Número esperado de órdenes (N)	6.38 órdenes/año
Tiempo esperado entre órdenes (T)	40 días

Fuente: Elaboración propia

Tabla N° 37

Comparativo de lotes - Ref. 13643 (PT elite jumbo básica x 200 mts. (PTRJ10027))

Cantidad a pedir	Costo Anual de Mantener	Costo Anual de Ordenar	Costo Total Anual	Diferencia del Costo Total Mínimo
71	S/100.83	S/1,608.03	S/1,708.86	S/903.53
142	S/201.66	S/804.01	S/1,005.67	S/200.35
213	S/302.49	S/536.01	S/838.50	S/33.17
284	S/402.66	S/402.66	S/805.32	S/0.00
355	S/504.15	S/321.61	S/825.75	S/20.43
426	S/604.98	S/268.00	S/872.98	S/67.66
497	S/705.80	S/229.72	S/935.52	S/130.20
568	S/806.63	S/201.00	S/1,007.64	S/202.31
639	S/907.46	S/178.67	S/1,086.13	S/280.81
710	S/1,008.29	S/160.80	S/1,169.10	S/363.77
781	S/1,109.12	S/146.18	S/1,255.31	S/449.98
852	S/1,209.95	S/134.00	S/1,343.95	S/538.63

Fuente: Elaboración propia

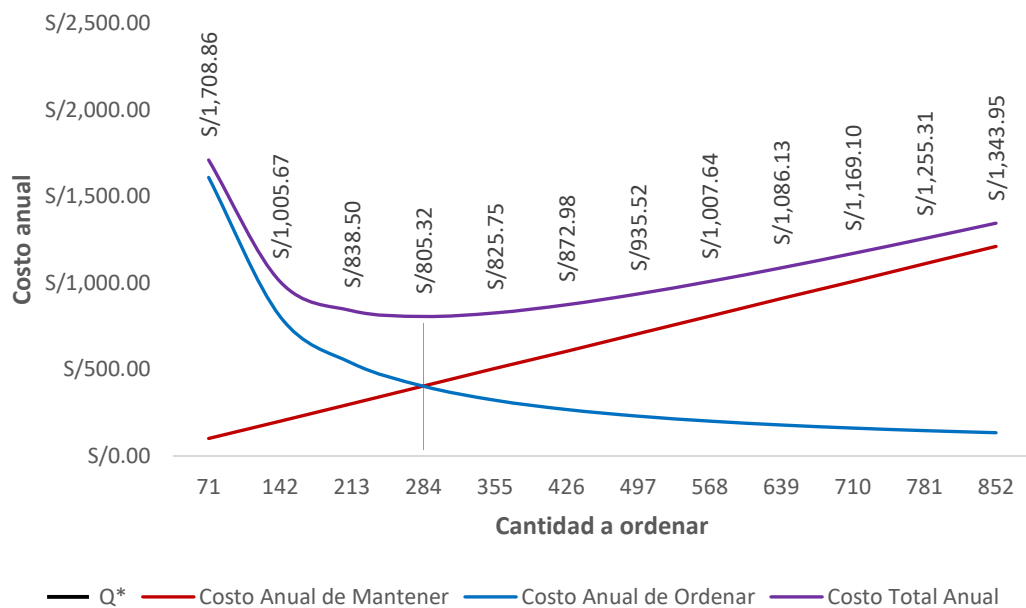


Figura N° 52. EOQ – Ref. 13643 (PT elite jumbo básica x 200 mts. (PTRJ10027))

Fuente: Elaboración propia

La siguiente tabla muestra el tamaño óptimo del lote ( $Q^*$ ) hallado para cada una de las referencias a evaluar:

Tabla N° 38

*Determinación de las cantidades económicas a ordenar*

Código	Descripción	U.M.	Demanda anual en unidades D	Costo de mantener H	Costo de ordenar S	Lote Óptimo (EOQ) $Q^*$	Costo anual de mantener S/.	Costo anual de ordenar S/.	Número esperado de órdenes N	Tiempo esperado entre órdenes T	Costo Total Anual S/.
294	Tubo de abasto hilo acero inox. 1/2 pulg. Metusa	PZA	54	3.06	63.08	47	72.20	72.20	1.14 órdenes/año	228 días	144.40
440	Codo 90 pvc clase10 c/rosca Pavco 1-1/2 pulg.	PZA	16	1.42	63.08	38	26.79	26.79	0.42 órdenes/año	614 días	53.58
470	UNION UNIVERSAL PVC 1 1/2C/ROSCA	PZA	14	2.61	63.08	26	33.95	33.95	0.54 órdenes/año	484 días	67.89
493	UNION SIMPLE PVC EC 1	PZA	1	0.60	63.08	15	4.35	4.35	0.07 órdenes/año	3,784 días	8.70
588	Válvula esférica 1-1/2 pulg CIM 14	PZA	4	22.13	63.08	5	52.83	52.83	0.84 órdenes/año	311 días	105.67
605	Grifo esférico p/jardin 1/2 pulg CIM 34	PZA	26	6.04	63.08	23	70.39	70.39	1.12 órdenes/año	233 días	140.78
940	Pintura esm. sint. en spray gris claro	FCO	11	1.52	63.08	30	22.96	22.96	0.36 órdenes/año	716 días	45.92
954	Pintura esm. sint. en spray negro	FCO	14	1.60	63.08	33	26.59	26.59	0.42 órdenes/año	619 días	53.19
1011	PETROLEO DIESEL D-2	GLN	9,350	2.23	63.08	727	811.33	811.33	12.86 órdenes/año	20 días	1,622.65
1062	Aflojatodo WD-40 en spray 11 oz.	FCO	50	5.13	63.08	35	89.91	89.91	1.43 órdenes/año	183 días	179.81
1113	CORDON UNIPOLAR TFF #14 AWG	RLL	58	14.38	63.08	23	162.20	162.20	2.57 órdenes/año	101 días	324.41
1114	CORDON UNIPOLAR TFF #16 AWG	RLL	90	9.61	63.08	34	165.20	165.20	2.62 órdenes/año	99 días	330.39
1165	CABLE DE SEGURIDAD C/ LLAVE 1.8M KENSINGTON	PZA	48	12.04	63.08	22	135.01	135.01	2.14 órdenes/año	121 días	270.02
1518	Pila alcalina 9VDC Duracell MN 1604 (Batería)	PZA	85	2.26	63.08	69	77.78	77.78	1.23 órdenes/año	211 días	155.57
1520	Pila Alcalina 1.5VDC AA Duracell MN 1500	PZA	407	0.45	63.08	337	76.07	76.07	1.21 órdenes/año	216 días	152.14
1521	Pila alcalina 1.5VDC AAA Duracell MN 2400	PZA	407	0.43	63.08	346	74.15	74.15	1.18 órdenes/año	222 días	148.29
1539	Cinta de amarre de pvc 15 cm.	PZA	954	0.01	63.08	3,168	18.99	18.99	0.30 órdenes/año	866 días	37.98
1541	Cinta de amarre de pvc 10 cm.	PZA	8,519	0.01	63.08	13,634	39.41	39.41	0.62 órdenes/año	417 días	78.83
2243	Switch D-Link DES-1008D 8 puertos	UND	1	10.00	63.08	4	17.76	17.76	0.28 órdenes/año	927 días	35.52
2373	Cinta adhesiva 1/2pulg x 36yrd Pegafan	RLL	19	0.15	63.08	129	9.32	9.32	0.15 órdenes/año	1,765 días	18.65
2376	Cinta aislante 3M Temflex 1700 3/4 pulg x 20 mts	RLL	186	1.10	63.08	146	80.45	80.45	1.28 órdenes/año	204 días	160.90
2380	Cinta Masking Tape 1pulg x 55yrd Pegafan 500	RLL	53	0.58	63.08	108	31.08	31.08	0.49 órdenes/año	529 días	62.15

2381	Cinta Masking Tape 1/2pulg x 55yrd Pegafan 500	RLL	43	0.33	63.08	127	21.28	21.28	0.34 órdenes/año	773 días	42.55
2382	Cinta Masking Tape 1-1/2pulg x 55yrd Pegafan 500	RLL	43	0.84	63.08	80	33.79	33.79	0.54 órdenes/año	487 días	67.59
2383	Cinta Masking Tape 2pulg x 55yrd Pegafan 500	RLL	31	1.11	63.08	59	33.01	33.01	0.52 órdenes/año	498 días	66.02
2385	Cinta Masking Tape 3/4pulg x 55yrd Pegafan 500	RLL	34	0.43	63.08	99	21.59	21.59	0.34 órdenes/año	762 días	43.18
2386	Cinta teflon de 1/2 pulg. x 12 mts.	RLL	108	0.20	63.08	263	25.90	25.90	0.41 órdenes/año	635 días	51.79
2431	Cinta de Embalaje Transp. 2 Pulg x 110 Yds.	RLL	149	0.57	63.08	182	51.63	51.63	0.82 órdenes/año	318 días	103.25
2769	PAPEL FILTRO 45 X 45 LENTO	PZA	83	0.68	63.08	124	42.28	42.28	0.67 órdenes/año	389 días	84.56
2770	PAPEL FILTRO 45 X 45 RAPIDO	PZA	181	0.76	63.08	174	65.67	65.67	1.04 órdenes/año	250 días	131.33
2843	Jeringa descartable de 5cm3	PZA	223	0.13	63.08	471	29.88	29.88	0.47 órdenes/año	551 días	59.76
2987	CASCO SEGURIDAD MSA JOCKEY MODELO VGUARD C/RACHET 4P. COLOR BLANCO	PZA	979	5.95	63.08	144	428.77	428.77	6.80 órdenes/año	38 días	857.54
3012	GUANTES DE NITRILO TIPO QUIRÚRGICO. CJA.x 50 unid.	CJA	133	6.78	63.08	50	168.62	168.62	2.67 órdenes/año	97 días	337.25
3018	Protector de oído (tipo tapón)	PAR	548	0.55	63.08	355	97.23	97.23	1.54 órdenes/año	169 días	194.47
3024	GUARDAPOLVO DE DRILL AZUL ACERO TALLA M	PZA	21	9.82	63.08	16	80.63	80.63	1.28 órdenes/año	204 días	161.26
3059	TRAPO	KG	687	0.64	63.08	367	118.18	118.18	1.87 órdenes/año	139 días	236.36
3068	Detergente Ace o Ariel de 850 grs.	BLS	64	1.66	63.08	70	57.87	57.87	0.92 órdenes/año	284 días	115.74
3100	AGUA DE MESA	BID	1,036	2.00	63.08	256	255.59	255.59	4.05 órdenes/año	64 días	511.18
3170	Caramelo Frutina Ambrosoli	BLS	171	0.98	63.08	148	72.85	72.85	1.15 órdenes/año	225 días	145.70
3186	VASO DESCARTABLE	PZA	3,772	0.01	63.08	9,391	25.34	25.34	0.40 órdenes/año	649 días	50.67
3271	Sobre manila A4 c/ventana horizontal Membretado 90 grs	PZA	1,697	0.10	63.08	1,452	73.70	73.70	1.17 órdenes/año	223 días	147.39
3273	Sobre manila extra oficio Grafipapel amarillo	PZA	319	0.04	63.08	979	20.56	20.56	0.33 órdenes/año	800 días	41.12
3275	Sobre manila A4 Grafipapel amarillo	PZA	1,791	0.03	63.08	2,836	39.83	39.83	0.63 órdenes/año	413 días	79.66
3285	Papel p/papelógrafo 61 x 86 cm 56 gr Paramonga	PZA	1,045	0.03	63.08	2,034	32.40	32.40	0.51 órdenes/año	508 días	64.80
3312	Corrector líquido t/lapicero Faber Castell	PZA	43	0.33	63.08	128	21.13	21.13	0.33 órdenes/año	779 días	42.26
3315	Pasta Limpiatipo	CHG	34	0.28	63.08	124	17.26	17.26	0.27 órdenes/año	953 días	34.52
3334	Bolígrafo 061 Faber Castell Azul	PZA	48	0.27	63.08	150	20.20	20.20	0.32 órdenes/año	815 días	40.39
3335	Bolígrafo Uni-Ball UM-170 azul	PZA	18	0.48	63.08	69	16.48	16.48	0.26 órdenes/año	999 días	32.95
3342	Bolígrafo Uni-Ball UM-170 rojo	PZA	17	0.43	63.08	71	15.16	15.16	0.24 órdenes/año	1,086 días	30.31
3348	Lápiz c/borrador Faber Castell 1210TB	PZA	166	0.09	63.08	491	21.34	21.34	0.34 órdenes/año	771 días	42.68
3353	Plumón delgado Fab indeleble 421-F negro	PZA	37	0.42	63.08	106	22.10	22.10	0.35 órdenes/año	745 días	44.19
3358	Plumón grueso Fab Jumbo 47 azul	PZA	28	0.41	63.08	93	18.99	18.99	0.30 órdenes/año	866 días	37.98

3359	Plumón grueso Fab Jumbo 47 negro	PZA	34	0.41	63.08	102	20.98	20.98	0.33 órdenes/año	784 días	41.96
3361	Plumón grueso Fab Jumbo 47 rojo	PZA	20	0.38	63.08	82	15.39	15.39	0.24 órdenes/año	1,069 días	30.79
3362	Plumón grueso Fab Jumbo 47 verde	PZA	27	0.39	63.08	93	18.32	18.32	0.29 órdenes/año	898 días	36.63
3368	Plumón grueso Fab Jumbo 123 estuche x 4 p/pizarra acrílica	JGO	745	2.32	63.08	201	233.45	233.45	3.70 órdenes/año	70 días	466.90
3374	Plumón resaltador Fab 48 amarillo	PZA	42	0.38	63.08	118	22.52	22.52	0.36 órdenes/año	731 días	45.04
3386	Block de notas Post-It 3 x 3 pulg. R-330 pop-up	PZA	89	0.75	63.08	122	45.95	45.95	0.73 órdenes/año	358 días	91.91
3409	Funda PVC A4 gruesa portapapeles	PZA	1,205	0.06	63.08	1,640	46.35	46.35	0.73 órdenes/año	355 días	92.70
3415	PLASTICO STRETCH FILM 18	RLL	133	3.82	63.08	66	126.51	126.51	2.01 órdenes/año	130 días	253.03
3424	Forro Vinifan t/oficio cristal	RLL	13	1.36	63.08	35	23.64	23.64	0.37 órdenes/año	696 días	47.27
3433	Clips #1 plateado caja x 100	CJA	77	0.13	63.08	276	17.57	17.57	0.28 órdenes/año	936 días	35.14
3440	Grapa 26/6 Rapid caja x 5000	CJA	42	0.47	63.08	106	24.90	24.90	0.39 órdenes/año	661 días	49.80
3448	Saca grapas s/marca	PZA	9	0.30	63.08	62	9.23	9.23	0.15 órdenes/año	1,784 días	18.46
3455	Tijera mango plástico grande 20 cm Faber Castell	PZA	28	0.97	63.08	60	29.20	29.20	0.46 órdenes/año	563 días	58.41
3456	Borrador grande blanco p/lápiz	PZA	1,506	0.09	63.08	1,441	65.91	65.91	1.04 órdenes/año	249 días	131.82
3457	Borrador grande mixto	PZA	9	0.12	63.08	97	5.84	5.84	0.09 órdenes/año	2,820 días	11.67
3458	Mota p/pizarra acrílica Omega Standard	PZA	315	1.24	63.08	179	110.81	110.81	1.76 órdenes/año	148 días	221.62
3460	Regla cristal 30 cm Artesco	PZA	17	0.12	63.08	134	8.02	8.02	0.13 órdenes/año	2,052 días	16.04
3481	Archivador palanca t/oficio Artesco	PZA	325	0.68	63.08	245	83.71	83.71	1.33 órdenes/año	196 días	167.42
3483	Fastener de metal anticorte Warrior 10339-8	PZA	287	0.02	63.08	1,212	14.93	14.93	0.24 órdenes/año	1,102 días	29.87
3486	Folder manila t/oficio Grafipapel	PZA	38	0.04	63.08	330	7.27	7.27	0.12 órdenes/año	2,265 días	14.54
3487	Folder manila A4 Grafipapel	PZA	996	0.03	63.08	1,929	32.57	32.57	0.52 órdenes/año	505 días	65.15
3521	Cinta adhesiva 1/2pulg x 36yrd Magic Tape 3M	RLL	21	1.97	63.08	37	36.11	36.11	0.57 órdenes/año	455 días	72.21
3523	Cinta adhesiva 3/4pulg x 36yrd Magic Tape 3M	RLL	37	2.53	63.08	43	54.36	54.36	0.86 órdenes/año	302 días	108.71
3533	Etiqueta adhesiva 3.4 x 10.2 cm Eticom (14 x hoja)	PZA	9,713	0.01	63.08	11,859	51.66	51.66	0.82 órdenes/año	318 días	103.33
3537	Goma en barra UHU Stick 40 gr	PZA	39	1.33	63.08	61	40.45	40.45	0.64 órdenes/año	406 días	80.90
3556	TARJETA PERSONAL	PZA	9,082	0.16	63.08	2,645	216.59	216.59	3.43 órdenes/año	76 días	433.18
3586	Papel bond A4 90 grs membretado (vertical)	MLL	17	19.56	63.08	10	102.41	102.41	1.62 órdenes/año	160 días	204.83
3588	PASE DE VISITANTES T/ A-6	MLL	10	17.00	63.08	9	73.22	73.22	1.16 órdenes/año	224 días	146.45
4240	GUANTES POLIESTER C/PALMA JEBE ANTIDESLIZANTE	PAR	151	1.09	63.08	132	71.96	71.96	1.14 órdenes/año	228 días	143.93
4346	Thinner acrílico	GLN	27	2.89	63.08	34	49.63	49.63	0.79 órdenes/año	331 días	99.25

4428	LENTES SEGURIDAD C/IMPACTO MSA-SIERRA (ESTUDIANTES)	PZA	1,192	1.37	63.08	331	226.98	226.98	3.60 órdenes/año	72 días	453.95
4593	Block de notas 1.5 x 2 pulg Stick 21131	UND	66	0.64	63.08	114	36.40	36.40	0.58 órdenes/año	452 días	72.81
4617	Cinta adhesiva doble contacto 3/4pulg x 33 mt 3M	RLL	14	31.56	63.08	7	118.04	118.04	1.87 órdenes/año	139 días	236.09
4711	Jeringa descartable de 1cm3 (tuberculina)	PZA	185	0.10	63.08	476	24.50	24.50	0.39 órdenes/año	671 días	49.00
5008	Lápiz c/borrador Stabilo HB Swano 4906	PZA	165	0.12	63.08	413	25.17	25.17	0.40 órdenes/año	653 días	50.35
5028	Recarga p/plumón Pilot (WBS-VBM) azul	PZA	216	0.43	63.08	253	53.92	53.92	0.85 órdenes/año	305 días	107.84
5029	Recarga p/plumón Pilot (WBS-VBM) negro	PZA	212	0.43	63.08	250	53.57	53.57	0.85 órdenes/año	307 días	107.14
5030	Recarga p/plumón Pilot (WBS-VBM) rojo	PZA	187	0.43	63.08	235	50.13	50.13	0.79 órdenes/año	328 días	100.26
5042	Zapato de seguridad dieléctrico c/punta fibra de vidrio	PAR	676	14.55	63.08	77	556.87	556.87	8.83 órdenes/año	29 días	1,113.74
5367	Bolígrafo 031 Fab P/F azul	PZA	12	0.10	63.08	123	6.15	6.15	0.10 órdenes/año	2,676 días	12.30
5372	Plumón grueso Fab indeleble Jumbo 23 negro	PZA	24	0.50	63.08	78	19.43	19.43	0.31 órdenes/año	847 días	38.86
5451	Sobre manila medio oficio Grafipapel amarillo	PZA	1,418	0.02	63.08	3,055	29.28	29.28	0.46 órdenes/año	562 días	58.55
5512	Plumón recargable Pilot V Board Master azul	PZA	104	0.74	63.08	133	49.18	49.18	0.78 órdenes/año	334 días	98.37
5513	Plumón recargable Pilot V Board Master verde	PZA	88	0.75	63.08	122	45.48	45.48	0.72 órdenes/año	361 días	90.97
5514	Plumón recargable Pilot V Board Master rojo	PZA	100	0.74	63.08	130	48.35	48.35	0.77 órdenes/año	340 días	96.70
5515	Plumón recargable Pilot V Board Master negro	PZA	103	0.74	63.08	133	48.95	48.95	0.78 órdenes/año	336 días	97.91
5575	INTERRUPTOR TERMOMAG.3X16A P/RIEL	PZA	1	15.30	63.08	3	21.96	21.96	0.35 órdenes/año	749 días	43.93
5998	Plumón resaltador Fab 48 celeste	PZA	17	0.38	63.08	75	14.26	14.26	0.23 órdenes/año	1,154 días	28.53
6025	Banderita Post It 1/2 pulg. 3M 683 x 4 colores	BLST	26	2.34	63.08	37	43.80	43.80	0.69 órdenes/año	375 días	87.60
6336	Plumón resaltador Fab 48 rosado	UND	18	0.38	63.08	77	14.67	14.67	0.23 órdenes/año	1,121 días	29.35
6337	Plumón resaltador Fab 48 verde	UND	18	0.38	63.08	77	14.67	14.67	0.23 órdenes/año	1,121 días	29.35
6427	Pad para mouse ergonomico	UND	15	3.67	63.08	23	41.68	41.68	0.66 órdenes/año	395 días	83.35
6577	Recarga p/plumón Pilot (WBS-VBM) verde	PZA	130	0.43	63.08	194	42.23	42.23	0.67 órdenes/año	389 días	84.46
7200	Sobre A4 membretado vertical de 90 grs.	MLL	4	115.81	63.08	2	120.87	120.87	1.92 órdenes/año	136 días	241.75
7463	REGLA METALICA DE 50 CM	PZA	17	1.76	63.08	35	30.69	30.69	0.49 órdenes/año	536 días	61.38
7870	TAPA TROQUELADA Y CONTRATAPA EN FOLDCOTE 16 PARA PCC	JGO	4,854	0.10	63.08	2,539	120.60	120.60	1.91 órdenes/año	136 días	241.21
7901	Toma doble univ. 2P+T, 15A, 250V Leviton 5825-I C/Placa	PZA	41	2.94	63.08	42	61.62	61.62	0.98 órdenes/año	267 días	123.24
8097	ALAMBRE TW # 14 AWG (2.1 MM2) X 100 MT. COLOR AZUL	RLL	12	13.41	63.08	11	71.24	71.24	1.13 órdenes/año	231 días	142.47
8100	ALAMBRE TW # 16 AWG (1.3 MM2) X 100 MT. COLOR ROJO	RLL	18	8.95	63.08	16	71.27	71.27	1.13 órdenes/año	231 días	142.53
8101	ALAMBRE TW # 16 AWG (1.3 MM2) X 100 MT. COLOR NEGRO	RLL	21	8.96	63.08	17	77.02	77.02	1.22 órdenes/año	213 días	154.04

8103	ALAMBRE TW # 16 AWG (1.3 MM2) X 100 MT. COLOR AZUL	RLL	22	9.11	63.08	17	79.50	79.50	1.26 órdenes/año	207 días	158.99
9045	Chaleco de brigadista (naranja).	PZA	2	6.00	63.08	6	19.45	19.45	0.31 órdenes/año	846 días	38.91
9151	Trapo Industrial	KG	529	0.56	63.08	345	96.66	96.66	1.53 órdenes/año	170 días	193.32
9349	BOTIN DE SEGURIDAD HERALDO MANRIQUE (ESCUELA DE OPERADORES)	PAR	389	12.24	63.08	63	387.59	387.59	6.14 órdenes/año	42 días	775.18
9450	Bolígrafo 061 Fab P/F azul	UND	5	0.30	63.08	46	6.88	6.88	0.11 órdenes/año	2,393 días	13.76
9451	BOLIGRAFO PILOT G-1 T/LIQUIDA NEGRO	UND	29	0.56	63.08	81	22.72	22.72	0.36 órdenes/año	724 días	45.44
9480	PAPEL P/LIMPIAR LENTES-UVEX X CAJA	CJA	33	2.84	63.08	38	54.37	54.37	0.86 órdenes/año	302 días	108.73
9526	PLANCHA DURAPLA MDF STD CRUDO 2.14 X 2.44 DE 3.0 MM	PZA	17	6.16	63.08	19	57.48	57.48	0.91 órdenes/año	286 días	114.97
9668	PLANCHA ACRILICO TRANSPARENTE CRISTAL LISO 90cm x 60cm DE 4mm.	PZA	15	12.44	63.08	12	76.71	76.71	1.22 órdenes/año	214 días	153.41
9730	BOLIGRAFO PILOT G-1 T/LIQUIDA ROJO	UND	25	0.57	63.08	75	21.13	21.13	0.34 órdenes/año	779 días	42.26
9731	BOLIGRAFO PILOT G-1 T/LIQUIDA AZUL	UND	31	0.56	63.08	83	23.48	23.48	0.37 órdenes/año	701 días	46.97
9990	Accesorio p/Fluxómetro VAINSA	PZA	10	14.46	63.08	9	67.54	67.54	1.07 órdenes/año	243 días	135.08
10085	Supresor de Picos Metalico de 8 tomas-Universal	PZA	32	26.91	63.08	12	164.79	164.79	2.61 órdenes/año	99 días	329.57
10279	PLANCHA DE CARTÓN CORRUGADO IMPORTADO DE 4MM x 1.7 MT x 0.80 MT	PZA	38	1.37	63.08	59	40.47	40.47	0.64 órdenes/año	406 días	80.94
10517	Mouse inalámbrico	PZA	17	7.02	63.08	17	61.33	61.33	0.97 órdenes/año	268 días	122.66
10645	Jabón Espuma x 1000 ml. (marca Tork)	UND	2,339	5.42	63.08	233	632.55	632.55	10.03 órdenes/año	26 días	1,265.11
10665	Post it rectangular 76 mm x 127 mm	UND	16	0.75	63.08	52	19.51	19.51	0.31 órdenes/año	843 días	39.03
10765	VOLANTE A5 LIMA	MLL	43	30.10	63.08	13	202.05	202.05	3.20 órdenes/año	81 días	404.10
11305	tarjetas arduino UNO R3	PZA	11	8.75	63.08	13	55.10	55.10	0.87 órdenes/año	298 días	110.19
11838	TAMPÓN O ALMOHADILLA DACTILAR TRODAT NEGRO	UND	4	1.37	63.08	19	13.14	13.14	0.21 órdenes/año	1,252 días	26.29
11839	TAJADOR CON DEPOSITO	UND	5	0.40	63.08	40	7.94	7.94	0.13 órdenes/año	2,072 días	15.88
12560	POST IT 654-5PK (3X3) X 500H NEON 3M	PAQ	98	2.77	63.08	67	92.46	92.46	1.47 órdenes/año	178 días	184.93
13228	Adaptador HDMI a VGA - Marca Delcon	PZA	16	11.44	63.08	13	75.99	75.99	1.20 órdenes/año	216 días	151.98
13465	cargador para celular Motorola Moto G4 Plus (Turbo Power).	UND	19	12.55	63.08	14	86.70	86.70	1.37 órdenes/año	189 días	173.41
13592	Accesorio de Arduino : Wifi ESP8266	PZA	15	3.60	63.08	23	41.27	41.27	0.65 órdenes/año	398 días	82.54
13643	PT ELITE JUMBO BASICA x 200 mts. (PTRJ10027)	RLL	1,810	2.84	63.08	284	402.66	402.66	6.38 órdenes/año	40 días	805.32
13722	PAPEL HIG. ELITE JUMBO CLASSIC X 500m	RLL	3,841	1.45	63.08	578	419.11	419.11	6.64 órdenes/año	39 días	838.22
15016	BATERIA DURACELL 9V.	PZA	53	2.15	63.08	56	59.97	59.97	0.95 órdenes/año	274 días	119.94
18342	JABON ESPUMA WEST MICROSAFE CLEAN X 1000 ML (SUAVE AROMA)	UND	191	4.53	63.08	73	165.21	165.21	2.62 órdenes/año	99 días	330.43

Fuente: Elaboración propia



### 3.6. Determinación de los puntos de reorden

Una vez que se determinó *cuánto* pedir, se analiza ahora el otro factor clave en el manejo de los inventarios, el *cuándo* pedir. Para este último es necesario establecer los puntos de reorden (ROP por sus siglas en inglés), o, dicho de otra manera, los niveles de inventario en el que se deben realizar los pedidos para reponer los consumibles.

Por otra parte, debido a que resulta muy difícil determinar el costo por faltante o costo de quedarse sin existencias, ya que, para nuestro caso, son clientes internos quienes solicitan materiales al área de logística, y no un cliente externo, lo cual haría más fácil la cuantificación de la no atención, como fuese el caso por ejemplo de una venta no atendida en una empresa comercial; se procederá entonces a no utilizar un modelo probabilístico de inventario que requiera del costo por faltante. En su lugar, se establecerá una política de tener un stock de seguridad para cumplir con un nivel prescrito de servicio al cliente interno.

Por último, no se cuenta con registros de la demanda durante los tiempos de entrega, los cuales comienzan cuando se lanzan o emiten los pedidos a los proveedores y terminan cuando se reciben los materiales en el almacén por parte de ellos. Teniendo en cuenta esto último, y considerando también la naturaleza variable (no constante) de la demanda de los consumibles como de los tiempos de entrega de los proveedores, se procederá entonces a utilizar cierto modelo probabilístico de inventario, el cual según Render & Heizer (2009), es idóneo para calcular el ROP ante una demanda desconocida durante los tiempos de entrega así como también ante una demanda y tiempos de entrega variables. La fórmula a utilizar en este caso será la número 21.

En la siguiente figura, se visualiza la operación del sistema de control de inventarios por punto de reorden (ROP), o conocido también como sistema de revisión continua (Q), en donde la demanda se conoce sólo al grado de una distribución de probabilidad normal, y en

el que los tiempos de entrega son inciertos. Tal se empleará para la administración y control de consumibles del centro de estudios analizado.

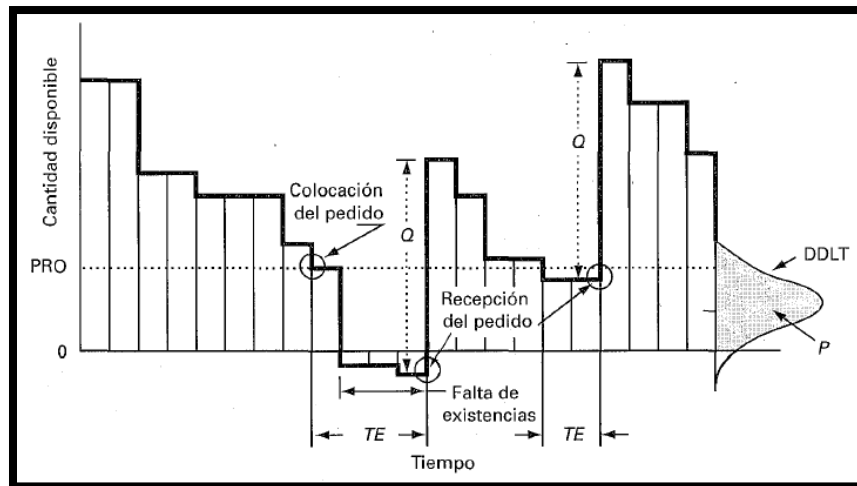


Figura N° 53. Sistema de punto de reorden (ROP)  
Fuente: Ballou (2004)

A continuación, se procede a establecer primero el ROP para cada una de las referencias tomadas como ejemplo en la sección anterior donde se determina el EOQ, considerando como ejemplo un nivel de servicio del 90%. Luego se establecerá el ROP para todas las demás principales referencias.

### ROP para la referencia 1114 (Cordón unipolar TFF #16 awg)

Demanda diaria promedio: 0.4444

Desviación estándar de la demanda diaria: 5.08

Tiempo de entrega promedio (días): 3

Desviación estándar del tiempo de entrega (días): 3

Nivel de servicio: 90%

Uso de la fórmula N° 21 para el cálculo del ROP:

$$ROP = (\text{Demanda diaria promedio} \times \text{Tiempo de entrega promedio}) + Z\sigma_{dLT}$$

donde  $\sigma_d$  = Desviación estándar de la demanda diaria

$\sigma_{LT}$  = Desviación estándar del tiempo de entrega en días

$$\text{y } \sigma_{dLT} = \sqrt{(\text{Tiempo de entrega promedio} \times \sigma_d^2) + (\text{Demanda diaria promedio})^2 \sigma_{LT}^2}$$

Primero, se hallará el valor de Z a través de la fórmula N° 18 (también se puede obtener a través de la tabla de distribución normal en el anexo N° 1).

$$Z = \frac{x - \mu}{\sigma_{dLT}}$$

Donde:

Z = Número de desviaciones estándar

$\mu$  = Demanda media

$\sigma_{dLT}$  = Desviación estándar de la demanda

Para calcular el valor de x, se usarán las propiedades de una curva normal estandarizada para un área situada bajo la curva normal de 0.90 (o  $1 - 0.10$ ).

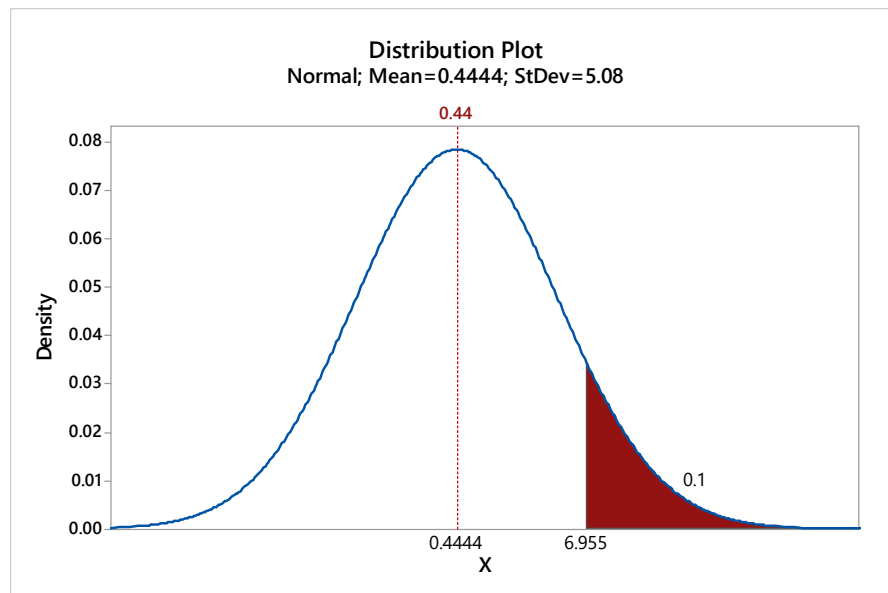


Figura N° 54. Cálculo del valor Z – Ref. 1114  
Fuente: Elaboración propia

Reemplazando la fórmula se tiene:

$$Z = \frac{6.955 - 0.4444}{5.08} = 1.28$$

Ahora se calculará el ROP para la referencia 1114 según la fórmula indicada:

$$\text{ROP} = (\text{Demanda diaria promedio} \times \text{tiempo de entrega promedio}) + Z \sigma_{dLT}$$

$$\text{ROP} = (0.4444 \times 3) + 1.28 \sigma_{dLT}$$

$$\text{Donde } \sigma_{dLT} = \sqrt{(3 \times 5.08^2) + (0.4444^2 \times 3^2)}$$

$$\sigma_{dLT} = 8.90$$

Dando así:

$$\text{ROP} = (0.4444 \times 3) + 1.28(8.90) = 1.3332 + 11.392 = 12.73 \cong 13 \text{ rollos}$$

Del resultado anterior se determina que, cuando el nivel efectivo del inventario para la referencia 1114 descienda a 13 rollos, hay que colocar un pedido de reaprovisionamiento de 34 rollos, siendo ésta la cantidad económica a ordenar calculada en la sección del EOQ.

Siguiendo los mismos pasos aplicados a la referencia 1114, se procede entonces a realizar también al cálculo del ROP para las referencias 3012, 3415 y 13643.

### **ROP para la referencia 3012 (Guantes de nitrilo tipo quirúrgico. caja x 50 unid.)**

Demanda diaria promedio: 0.4943

Desviación estándar de la demanda diaria: 6.94

Tiempo de entrega promedio (días): 6

Desviación estándar del tiempo de entrega (días): 8

Nivel de servicio: 90%

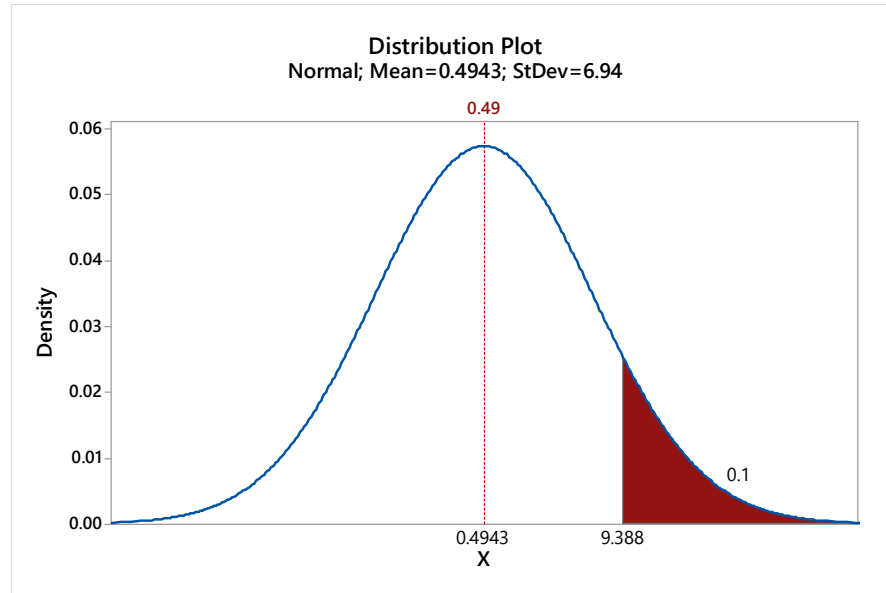


Figura N° 55. Cálculo del valor Z – Ref. 3012  
Fuente: Elaboración propia

$$Z = \frac{9.388 - 0.4943}{6.94} = 1.28$$

$$ROP = (0.4943 \times 6) + 1.28 \times \sqrt{(6 \times 6.94^2) + (0.4943^2 \times 8^2)}$$

$$ROP = 25.30 \cong 26 \text{ cajas}$$

### ROP para la referencia 3415 (Plástico stretch film 18)

Demanda diaria promedio: 0.5517

Desviación estándar de la demanda diaria: 5.47

Tiempo de entrega promedio (días): 5

Desviación estándar del tiempo de entrega (días): 3

Nivel de servicio: 90%

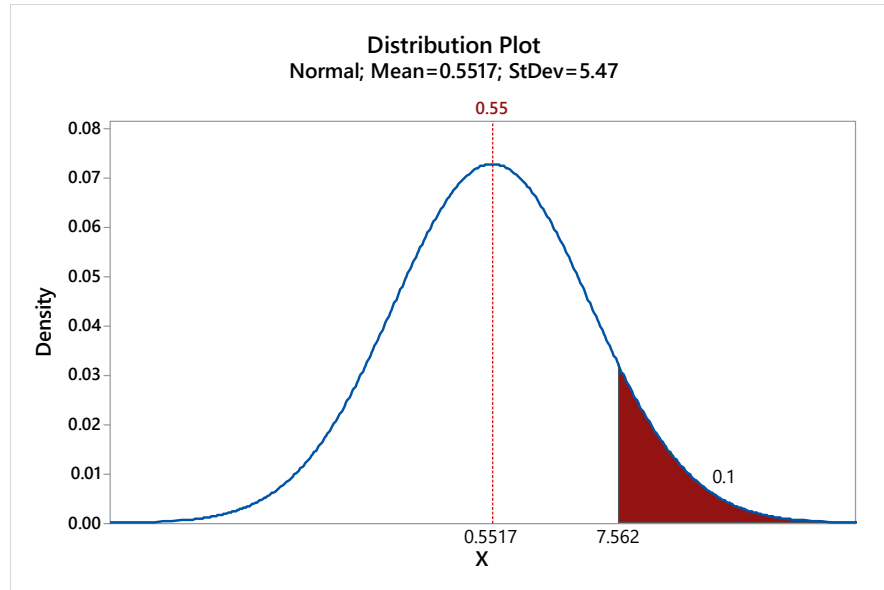


Figura N° 56. Cálculo del valor Z – Ref. 3415  
Fuente: Elaboración propia

$$Z = \frac{7.562 - 0.5517}{5.47} = 1.28$$

$$ROP = (0.5517 \times 5) + 1.28 \times \sqrt{(5 \times 5.47^2) + (0.5517^2 \times 3^2)}$$

$$ROP = 18.56 \cong 19 \text{ rollos}$$

### ROP para la referencia 13643 (PT elite jumbo básica x 200 mts. (PTRJ10027))

Demanda diaria promedio: 7.3180

Desviación estándar de la demanda diaria: 17.82

Tiempo de entrega promedio (días): 10

Desviación estándar del tiempo de entrega (días): 16

Nivel de servicio: 90%

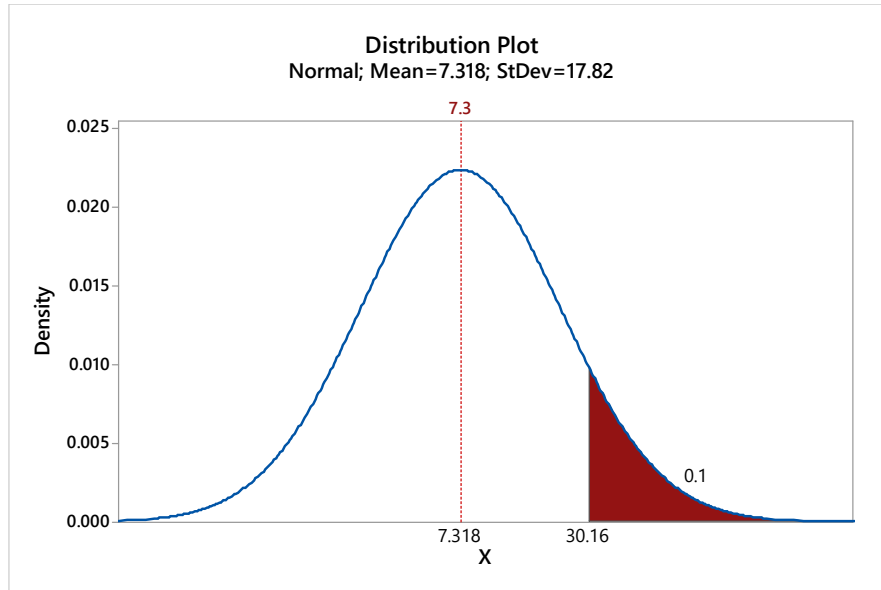


Figura N° 57. Cálculo del valor Z – Ref. 13643  
 Fuente: Elaboración propia

$$Z = \frac{30.16 - 7.318}{17.82} = 1.28$$

$$ROP = (7.3180 \times 10) + 1.28 \times \sqrt{(10 \times 17.82^2) + (7.3180^2 \times 16^2)}$$

$$ROP = 239.51 \cong 240 \text{ rollos}$$

Los resultados para todas las referencias evaluadas se muestran en la página siguiente:

Tabla N° 39

*Determinación de los puntos de reorden*

Código	Descripción	U.M.	Demanda diaria promedio	Desviación estándar de la demanda diaria	Tiempo de entrega promedio (días)	Desviación estándar del tiempo de entrega (días)	Nivel de servicio	Z	Demanda esperada durante el tiempo de entrega	Inventario de seguridad	ROP	EOQ	Costo anual de mantener inventario de ciclo \$/.	Costo anual de ordenar \$/.	Costo anual de mantener inventario de seguridad \$/.	Costo total \$/.
294	Tubo de abasto hilo acero inox. 1/2 pulg. Metusa	PZA	0.1992	3.39	5	4	0.90	1.28	1.00	9.77	11	47	72.20	72.20	29.91	174.31
440	Codo 90 pvc clase10 c/rosca Pavco 1-1/2 pulg.	PZA	0.0230	1.00	4	1	0.90	1.28	0.09	2.56	3	38	26.79	26.79	3.65	57.23
470	UNION UNIVERSAL PVC 1 1/2C/ROSCA	PZA	0.0153	1.00	4	1	0.90	1.28	0.06	2.56	3	26	33.95	33.95	6.69	74.58
493	UNION SIMPLE PVC EC 1	PZA	0.0077	2.00	3	1	0.90	1.28	0.02	4.44	5	15	4.35	4.35	2.66	11.36
588	Válvula esférica 1-1/2 pulg CIM 14	PZA	0.0077	1.00	4	1	0.90	1.28	0.03	2.56	3	5	52.83	52.83	56.71	162.38
605	Grifo esférico p/jardín 1/2 pulg CIM 34	PZA	0.1303	1.40	12	21	0.90	1.28	1.56	7.12	9	23	70.39	70.39	43.04	183.82
940	Pintura esm. sint. en spray gris claro	FCO	0.0153	0.47	4	3	0.90	1.28	0.06	1.21	2	30	22.96	22.96	1.84	47.76
954	Pintura esm. sint. en spray negro	FCO	0.0575	1.09	4	3	0.90	1.28	0.23	2.80	4	33	26.59	26.59	4.49	57.67
1011	PETROLEO DIESEL D-2	GLN	41.6886	275.33	4	7	0.90	1.28	166.75	798.68	966	727	811.33	811.33	1,782.82	3,405.47
1062	Aflojatodo WD-40 en spray 11 oz.	FCO	0.1648	3.03	5	3	0.90	1.28	0.82	8.70	10	35	89.91	89.91	44.61	224.42
1113	CORDON UNIPOLAR TFF #14 AWG	RLL	0.2720	2.33	3	2	0.90	1.28	0.82	5.22	7	23	162.20	162.20	75.13	399.54
1114	CORDON UNIPOLAR TFF #16 AWG	RLL	0.4444	5.08	3	3	0.90	1.28	1.33	11.40	13	34	165.20	165.20	109.58	439.97
1165	CABLE DE SEGURIDAD C/ LLAVE 1.8M KENSINGTON	PZA	0.1762	2.68	6	6	0.90	1.28	1.06	8.53	10	22	135.01	135.01	102.75	372.77
1518	Pila alcalina 9VDC Duracell MN 1604 (Bateria)	PZA	0.3027	6.03	4	3	0.90	1.28	1.21	15.51	17	69	77.78	77.78	35.00	190.56
1520	Pila Alcalina 1.5VDC AA Duracell MN 1500	PZA	2.1801	13.73	1	2	0.90	1.28	2.18	18.46	21	337	76.07	76.07	8.32	160.46
1521	Pila alcalina 1.5VDC AAA Duracell MN 2400	PZA	2.0958	9.48	4	5	0.90	1.28	8.38	27.76	37	346	74.15	74.15	11.89	160.19
1539	Cinta de amarre de pvc 15 cm.	PZA	3.0651	157.96	6	2	0.90	1.28	18.39	495.91	515	3,168	18.99	18.99	5.95	43.93
1541	Cinta de amarre de pvc 10 cm.	PZA	33.7165	400.00	5	2	0.90	1.28	168.58	1,149.51	1,319	13,634	39.41	39.41	6.65	85.47
2243	Switch D-Link DES-1008D 8 puertos	UND	0.0038	1.00	2	1	0.90	1.28	0.01	1.81	2	4	17.76	17.76	18.12	53.64
2373	Cinta adhesiva 1/2pulg x 36yrd Pegafan	RLL	0.1494	4.55	4	2	0.90	1.28	0.60	11.66	13	129	9.32	9.32	1.69	20.34



2376	Cinta aislante 3M Temflex 1700 3/4 pulg x 20 mts	RLL	0.7395	5.11	5	3	0.90	1.28	3.70	14.91	19	146	80.45	80.45	16.45	177.35
2380	Cinta Masking Tape 1pulg x 55yrd Pegafan 500	RLL	0.3487	1.91	4	3	0.90	1.28	1.39	5.08	7	108	31.08	31.08	2.93	65.08
2381	Cinta Masking Tape 1/2pulg x 55yrd Pegafan 500	RLL	0.2299	4.29	6	3	0.90	1.28	1.38	13.51	15	127	21.28	21.28	4.51	47.06
2382	Cinta Masking Tape 1-1/2pulg x 55yrd Pegafan 500	RLL	0.2375	2.20	11	10	0.90	1.28	2.61	9.85	13	80	33.79	33.79	8.30	75.89
2383	Cinta Masking Tape 2pulg x 55yrd Pegafan 500	RLL	0.1954	2.67	5	2	0.90	1.28	0.98	7.68	9	59	33.01	33.01	8.56	74.57
2385	Cinta Masking Tape 3/4pulg x 55yrd Pegafan 500	RLL	0.1686	2.07	12	3	0.90	1.28	2.02	9.19	12	99	21.59	21.59	4.00	47.18
2386	Cinta teflon de 1/2 pulg. x 12 mts.	RLL	0.6054	9.40	5	3	0.90	1.28	3.03	27.05	31	263	25.90	25.90	5.33	57.12
2431	Cinta de Embalaje Transp. 2 Pulg x 110 Yds.	RLL	0.6437	3.30	8	9	0.90	1.28	5.15	14.07	20	182	51.63	51.63	7.98	111.23
2769	PAPEL FILTRO 45 X 45 LENTO	PZA	0.3448	7.48	7	6	0.90	1.28	2.41	25.51	28	124	42.28	42.28	17.42	101.98
2770	PAPEL FILTRO 45 X 45 RAPIDO	PZA	0.3831	20.55	8	7	0.90	1.28	3.07	74.56	78	174	65.67	65.67	56.32	187.66
2843	Jeringa descartable de 5cm3	PZA	0.9579	21.65	1	2	0.90	1.28	0.96	27.85	29	471	29.88	29.88	3.54	63.29
2987	CASCO SEGURIDAD MSA JOCKEY MODELO VGUARD C/RACHET 4P. COLOR BLANCO	PZA	3.0345	63.17	7	5	0.90	1.28	21.24	215.08	237	144	428.77	428.77	1,280.61	2,138.16
3012	GUANTES DE NITRILO TIPO QUIRÚRGICO. CJA.x 50 unid.	CJA	0.4943	6.94	6	8	0.90	1.28	2.97	22.37	26	50	168.62	168.62	151.66	488.90
3018	Protector de oído (tipo tapón)	PAR	1.0690	22.16	2	2	0.90	1.28	2.14	40.25	43	355	97.23	97.23	22.02	216.49
3024	GUARDAPOLVO DE DRILL AZUL ACERO TALLA M	PZA	0.0690	2.87	1	1	0.90	1.28	0.07	3.68	4	16	80.63	80.63	36.12	197.39
3059	TRAPO	KG	1.8977	13.85	1	5	0.90	1.28	1.90	21.51	24	367	118.18	118.18	13.87	250.22
3068	Detergente Ace o Ariel de 850 grs.	BLS	0.1226	1.77	5	4	0.90	1.28	0.61	5.11	6	70	57.87	57.87	8.48	124.22
3100	AGUA DE MESA	BID	2.3448	3.82	4	3	0.90	1.28	9.38	13.31	23	256	255.59	255.59	26.62	537.79
3170	Caramelo Frutina Ambrosoli	BLS	0.0651	1.36	1	1	0.90	1.28	0.07	1.74	2	148	72.85	72.85	1.71	147.41
3186	VASO DESCARTABLE	PZA	45.1916	138.22	2	7	0.90	1.28	90.38	476.56	567	9,391	25.34	25.34	2.57	53.24
3271	Sobre manila A4 c/ventana horizontal Membretado 90 grs	PZA	3.8314	70.71	6	3	0.90	1.28	22.99	222.46	246	1,452	73.70	73.70	22.58	169.97
3273	Sobre manila extra oficio Grafipapel amarillo	PZA	2.5556	55.42	5	3	0.90	1.28	12.78	159.11	172	979	20.56	20.56	6.68	47.80
3275	Sobre manila A4 Grafipapel amarillo	PZA	9.4943	120.42	8	10	0.90	1.28	75.95	453.13	530	2,836	39.83	39.83	12.73	92.39
3285	Papel p/papelógrafo 61 x 86 cm 56 gr Paramonga	PZA	6.5939	79.38	6	9	0.90	1.28	39.56	260.53	301	2,034	32.40	32.40	8.30	73.10

3312	Corrector líquido t/lapicero Faber Castell	PZA	0.1954	2.95	5	4	0.90	1.28	0.98	8.51	10	128	21.13	21.13	2.80	45.06
3315	Pasta Limpiatipo	CHG	0.2069	2.20	4	3	0.90	1.28	0.83	5.69	7	124	17.26	17.26	1.58	36.10
3334	Bolígrafo 061 Faber Castell Azul	PZA	0.3448	9.56	4	2	0.90	1.28	1.38	24.52	26	150	20.20	20.20	6.61	47.00
3335	Bolígrafo Uni-Ball UM-170 azul	PZA	0.0805	1.22	1	1	0.90	1.28	0.08	1.56	2	69	16.48	16.48	0.75	33.70
3342	Bolígrafo Uni-Ball UM-170 rojo	PZA	0.1111	2.39	3	2	0.90	1.28	0.33	5.32	6	71	15.16	15.16	2.28	32.59
3348	Lápiz c/borrador Faber Castell 1210TB	PZA	1.3870	48.06	3	1	0.90	1.28	4.16	106.70	111	491	21.34	21.34	9.28	51.97
3353	Plumón delgado Fab indeleble 421-F negro	PZA	0.1801	1.31	7	4	0.90	1.28	1.26	4.53	6	106	22.10	22.10	1.89	46.09
3358	Plumón grueso Fab Jumbo 47 azul	PZA	0.1839	2.46	5	2	0.90	1.28	0.92	7.06	8	93	18.99	18.99	2.88	40.86
3359	Plumón grueso Fab Jumbo 47 negro	PZA	0.1609	2.52	5	2	0.90	1.28	0.80	7.24	9	102	20.98	20.98	2.97	44.93
3361	Plumón grueso Fab Jumbo 47 rojo	PZA	0.0843	1.20	6	4	0.90	1.28	0.51	3.79	5	82	15.39	15.39	1.42	32.21
3362	Plumón grueso Fab Jumbo 47 verde	PZA	0.1609	2.52	5	2	0.90	1.28	0.80	7.24	9	93	18.32	18.32	2.85	39.48
3368	Plumón grueso Fab Jumbo 123 estuche x 4 p/pizarra acrílica	JGO	3.7088	39.75	10	10	0.90	1.28	37.09	167.96	206	201	233.45	233.45	389.58	856.48
3374	Plumón resaltador Fab 48 amarillo	PZA	0.1954	2.43	7	2	0.90	1.28	1.37	8.24	10	118	22.52	22.52	3.15	48.20
3386	Block de notas Post-It 3 x 3 pulg. R-330 pop-up	PZA	0.4368	4.21	6	6	0.90	1.28	2.62	13.63	17	122	45.95	45.95	10.25	102.16
3409	Funda PVC A4 gruesa portapapeles	PZA	7.6628	207.23	13	10	0.90	1.28	99.62	962.57	1,063	1,640	46.35	46.35	54.41	147.11
3415	PLASTICO STRETCH FILM 18	RLL	0.5517	5.47	5	3	0.90	1.28	2.76	15.81	19	66	126.51	126.51	60.32	313.35
3424	Forro Vinifan t/oficio cristal	RLL	0.0383	0.63	15	6	0.90	1.28	0.57	3.15	4	35	23.64	23.64	4.30	51.57
3433	Clips #1 plateado caja x 100	CJA	0.5057	6.66	5	3	0.90	1.28	2.53	19.19	22	276	17.57	17.57	2.44	37.58
3440	Grapa 26/6 Rapid caja x 5000	CJA	0.2490	1.97	4	1	0.90	1.28	1.00	5.05	7	106	24.90	24.90	2.36	52.16
3448	Saca grapas s/marca	PZA	0.0268	0.83	8	6	0.90	1.28	0.21	3.01	4	62	9.23	9.23	0.90	19.36
3455	Tijera mango plástico grande 20 cm Faber Castell	PZA	0.1073	2.96	3	3	0.90	1.28	0.32	6.58	7	60	29.20	29.20	6.35	64.76
3456	Borrador grande blanco p/lápiz	PZA	0.2337	11.38	7	6	0.90	1.28	1.64	38.63	41	1,441	65.91	65.91	3.53	135.35
3457	Borrador grande mixto	PZA	0.0805	2.16	3	2	0.90	1.28	0.24	4.80	6	97	5.84	5.84	0.58	12.25
3458	Mota p/pizarra acrílica Omega Standard	PZA	1.5670	59.01	7	12	0.90	1.28	10.97	201.52	213	179	110.81	110.81	249.07	470.69
3460	Regla cristal 30 cm Artesco	PZA	0.1073	2.92	2	2	0.90	1.28	0.21	5.31	6	134	8.02	8.02	0.64	16.68
3481	Archivador palanca t/oficio Artesco	PZA	1.7510	17.06	3	3	0.90	1.28	5.25	38.47	44	245	83.71	83.71	26.30	193.71
3483	Fastener de metal anticorte Warrior 10339-8	PZA	1.5326	62.36	7	3	0.90	1.28	10.73	211.53	223	1,212	14.93	14.93	5.21	35.08

3486	Folder manila t/oficio Grafipapel	PZA	0.0996	10.84	3	2	0.90	1.28	0.30	24.07	25	330	7.27	7.27	1.06	15.60
3487	Folder manila A4 Grafipapel	PZA	3.5172	34.00	4	2	0.90	1.28	14.07	87.62	102	1,929	32.57	32.57	2.96	68.11
3521	Cinta adhesiva 1/2pulg x 36yrd Magic Tape 3M	RLL	0.0958	1.96	7	2	0.90	1.28	0.67	6.67	8	37	36.11	36.11	13.12	85.34
3523	Cinta adhesiva 3/4pulg x 36yrd Magic Tape 3M	RLL	0.0843	1.48	8	5	0.90	1.28	0.67	5.39	7	43	54.36	54.36	13.64	122.35
3533	Etiqueta adhesiva 3.4 x 10.2 cm Eticom (14 x hoja)	PZA	53.8774	589.19	1	1	0.90	1.28	53.88	758.23	813	11,859	51.66	51.66	6.61	109.93
3537	Goma en barra UHU Stick 40 gr	PZA	0.2337	9.74	7	5	0.90	1.28	1.64	33.05	35	61	40.45	40.45	43.97	124.87
3556	TARJETA PERSONAL	PZA	43.2950	508.28	9	4	0.90	1.28	389.66	1,966.72	2,357	2,645	216.59	216.59	322.10	755.28
3586	Papel bond A4 90 grs membretado (vertical)	MLL	0.0881	1.16	10	2	0.90	1.28	0.88	4.71	6	10	102.41	102.41	92.16	296.98
3588	PASE DE VISITANTES T/ A-6	MLL	0.0536	1.00	8	5	0.90	1.28	0.43	3.64	5	9	73.22	73.22	61.90	208.34
4240	GUANTES POLIESTER C/PALMA JEBE ANTIDESLIZANTE	PAR	0.4713	15.82	5	3	0.90	1.28	2.36	45.36	48	132	71.96	71.96	49.32	193.25
4346	Thinner acrílico	GLN	0.1379	2.42	4	4	0.90	1.28	0.55	6.23	7	34	49.63	49.63	18.03	117.29
4428	LENTES SEGURIDAD C/IMPACTO MSA-SIERRA (ESTUDIANTES)	PZA	4.0192	74.14	4	4	0.90	1.28	16.08	191.15	208	331	226.98	226.98	261.96	715.91
4593	Block de notas 1.5 x 2 pulg Stick 21131	UND	0.0230	3.00	7	2	0.90	1.28	0.16	10.17	11	114	36.40	36.40	6.48	79.29
4617	Cinta adhesiva doble contacto 3/4pulg x 33 mt 3M	RLL	0.0690	0.62	4	3	0.90	1.28	0.28	1.62	2	7	118.04	118.04	51.24	287.32
4711	Jeringa descartable de 1cm3 (tuberculina)	PZA	0.7663	1.00	1	2	0.90	1.28	0.77	2.35	4	476	24.50	24.50	0.24	49.24
5008	Lápiz c/borrador Stabilo HB Swano 4906	PZA	0.6935	32.81	3	5	0.90	1.28	2.08	72.97	76	413	25.17	25.17	8.89	59.24
5028	Recarga p/plumón Pilot (WBS-VBM) azul	PZA	1.0460	12.88	5	2	0.90	1.28	5.23	37.02	43	253	53.92	53.92	15.80	123.64
5029	Recarga p/plumón Pilot (WBS-VBM) negro	PZA	1.0345	13.41	4	2	0.90	1.28	4.14	34.46	39	250	53.57	53.57	14.79	121.93
5030	Recarga p/plumón Pilot (WBS-VBM) rojo	PZA	0.8046	10.28	5	2	0.90	1.28	4.02	29.54	34	235	50.13	50.13	12.59	112.84
5042	Zapato de seguridad dieléctrico c/punta fibra de vidrio	PAR	2.8123	78.34	9	9	0.90	1.28	25.31	302.94	329	77	556.87	556.87	4,406.33	5,520.07
5367	Bolígrafo 031 Fab P/F azul	PZA	0.0498	0.90	2	1	0.90	1.28	0.10	1.63	2	123	6.15	6.15	0.16	12.47
5372	Plumón grueso Fab indeleble Jumbo 23 negro	PZA	0.1379	2.14	9	1	0.90	1.28	1.24	8.21	10	78	19.43	19.43	4.10	42.95
5451	Sobre manila medio oficio Grafipapel amarillo	PZA	6.0153	149.03	10	11	0.90	1.28	60.15	609.90	671	3,055	29.28	29.28	11.69	70.24
5512	Plumón recargable Pilot V Board Master azul	PZA	0.5556	8.35	6	3	0.90	1.28	3.33	26.29	30	133	49.18	49.18	19.39	117.75

5513	Plumón recargable Pilot V Board Master verde	PZA	0.4559	6.13	4	3	0.90	1.28	1.82	15.81	18	122	45.48	45.48	11.78	102.75
5514	Plumón recargable Pilot V Board Master rojo	PZA	0.5249	8.80	6	3	0.90	1.28	3.15	27.70	31	130	48.35	48.35	20.53	117.24
5515	Plumón recargable Pilot V Board Master negro	PZA	0.5326	8.03	6	3	0.90	1.28	3.20	25.28	29	133	48.95	48.95	18.65	116.56
5575	INTERRUPTOR TERMOMAG.3X16A P/RIEL	PZA	0.0115	1.00	4	2	0.90	1.28	0.05	2.56	3	3	21.96	21.96	39.21	83.13
5998	Plumón resaltador Fab 48 celeste	PZA	0.0881	2.85	5	3	0.90	1.28	0.44	8.17	9	75	14.26	14.26	3.10	31.63
6025	Banderita Post It 1/2 pulg. 3M 683 x 4 colores	BLST	0.0728	1.34	8	4	0.90	1.28	0.58	4.88	6	37	43.80	43.80	11.43	99.03
6336	Plumón resaltador Fab 48 rosado	UND	0.0766	1.73	5	3	0.90	1.28	0.38	4.96	6	77	14.67	14.67	1.88	31.23
6337	Plumón resaltador Fab 48 verde	UND	0.0996	2.37	5	3	0.90	1.28	0.50	6.82	8	77	14.67	14.67	2.59	31.93
6427	Pad para mouse ergonomico	UND	0.1418	2.38	1	1	0.90	1.28	0.14	3.06	4	23	41.68	41.68	11.22	94.57
6577	Recarga p/plumón Pilot (WBS-VBM) verde	PZA	0.7011	7.69	5	2	0.90	1.28	3.51	22.10	26	194	42.23	42.23	9.61	94.07
7200	Sobre A4 membretado vertical de 90 grs.	MLL	0.0193	0.42	9	2	0.90	1.28	0.17	1.62	2	2	120.87	120.87	187.91	429.65
7463	REGLA METALICA DE 50 CM	PZA	0.0498	1.09	2	2	0.90	1.28	0.10	1.98	3	35	30.69	30.69	3.48	64.86
7870	TAPA TROQUELADA Y CONTRATAPA EN FOLDCOTE 16 PARA PCC	JGO	29.1188	1,144.38	6	1	0.90	1.28	174.71	3,592.56	3,768	2,539	120.60	120.60	341.34	582.55
7901	Toma doble univ. 2P+T, 15A, 250V Leviton 5825-I C/Placa	PZA	0.2375	5.13	13	9	0.90	1.28	3.09	23.86	27	42	61.62	61.62	70.05	193.30
8097	ALAMBRE TW # 14 AWG (2.1 MM2) X 100 MT. COLOR AZUL	RLL	0.0613	1.98	4	3	0.90	1.28	0.25	5.08	6	11	71.24	71.24	68.10	210.58
8100	ALAMBRE TW # 16 AWG (1.3 MM2) X 100 MT. COLOR ROJO	RLL	0.0613	1.16	4	3	0.90	1.28	0.25	2.98	4	16	71.27	71.27	26.70	169.23
8101	ALAMBRE TW # 16 AWG (1.3 MM2) X 100 MT. COLOR NEGRO	RLL	0.0843	0.98	3	2	0.90	1.28	0.25	2.19	3	17	77.02	77.02	19.57	173.61
8103	ALAMBRE TW # 16 AWG (1.3 MM2) X 100 MT. COLOR AZUL	RLL	0.0881	0.78	4	3	0.90	1.28	0.35	2.03	3	17	79.50	79.50	18.49	177.48
9045	Chaleco de brigadista (naranja).	PZA	0.0077	1.00	2	2	0.90	1.28	0.02	1.81	2	6	19.45	19.45	10.87	49.78
9151	Trapo Industrial	KG	1.4761	23.67	4	2	0.90	1.28	5.90	60.80	67	345	96.66	96.66	34.05	227.37
9349	BOTIN DE SEGURIDAD HERALDO MANRIQUE (ESCUELA DE OPERADORES)	PAR	1.1341	35.15	5	3	0.90	1.28	5.67	100.83	107	63	387.59	387.59	1,234.66	2,009.84
9450	Bolígrafo 061 Fab P/F azul	UND	0.0383	3.00	6	3	0.90	1.28	0.23	9.42	10	46	6.88	6.88	2.83	16.58
9451	BOLIGRAFO PILOT G-1 T/LIQUIDA NEGRO	UND	0.1456	2.03	12	11	0.90	1.28	1.75	9.23	11	81	22.72	22.72	5.21	50.64
9480	PAPEL P/LIMPIAR LENTES-UVEX X CAJA	CJA	0.1149	2.90	2	2	0.90	1.28	0.23	5.26	6	38	54.37	54.37	14.94	123.67

9526	PLANCHA DURAPLA MDF STD CRUDO 2.14 X 2.44 DE 3.0 MM	PZA	0.0575	1.50	2	2	0.90	1.28	0.11	2.72	3	19	57.48	57.48	16.78	131.75
9668	PLANCHA ACRILICO TRANSPARENTE CRISTAL LISO 90cm x 60cm DE 4mm.	PZA	0.0536	0.87	5	8	0.90	1.28	0.27	2.54	3	12	76.71	76.71	31.62	185.03
9730	BOLIGRAFO PILOT G-1 T/LIQUIDA ROJO	UND	0.1073	2.35	6	1	0.90	1.28	0.64	7.37	9	75	21.13	21.13	4.18	46.44
9731	BOLIGRAFO PILOT G-1 T/LIQUIDA AZUL	UND	0.1418	2.20	4	2	0.90	1.28	0.57	5.66	7	83	23.48	23.48	3.19	50.16
9990	Accesorio p/Fluxómetro VAINSA	PZA	0.0498	0.94	2	1	0.90	1.28	0.10	1.71	2	9	67.54	67.54	24.73	159.81
10085	Supresor de Picos Metalico de 8 tomas-Universal	PZA	0.2414	5.33	7	15	0.90	1.28	1.69	18.65	21	12	164.79	164.79	501.89	831.46
10279	PLANCHA DE CARTÓN CORRUGADO IMPORTADO DE 4MM x 1.7 MT x 0.80 MT	PZA	0.1724	4.08	2	2	0.90	1.28	0.34	7.41	8	59	40.47	40.47	10.13	91.07
10517	Mouse inalámbrico	PZA	0.1264	0.65	1	1	0.90	1.28	0.13	0.85	1	17	61.33	61.33	5.99	128.64
10645	Jabón Espuma x 1000 ml. (marca Tork)	UND	6.0690	22.06	7	6	0.90	1.28	42.48	88.18	131	233	632.55	632.55	478.26	1,743.37
10665	Post it rectangular 76 mm x 127 mm	UND	0.1418	2.41	8	5	0.90	1.28	1.13	8.78	10	52	19.51	19.51	6.63	45.66
10765	VOLANTE A5 LIMA	MLL	0.1839	1.58	8	6	0.90	1.28	1.47	5.91	8	13	202.05	202.05	178.04	582.14
11305	tarjetas arduino UNO R3	PZA	0.0383	3.30	6	4	0.90	1.28	0.23	10.36	11	13	55.10	55.10	90.65	200.85
11838	TAMPÓN O ALMOHADILLA DACTILAR TRODAT NEGRO	UND	0.0115	2.00	2	2	0.90	1.28	0.02	3.62	4	19	13.14	13.14	4.96	31.25
11839	TAJADOR CON DEPOSITO	UND	0.0268	1.25	2	2	0.90	1.28	0.05	2.26	3	40	7.94	7.94	0.90	16.79
12560	POST IT 654-5PK (3X3) X 500H NEON 3M	PAQ	0.7011	11.75	3	2	0.90	1.28	2.10	26.14	29	67	92.46	92.46	72.32	257.24
13228	Adaptador HDMI a VGA - Marca Delcon	PZA	0.1954	1.47	2	6	0.90	1.28	0.39	3.05	4	13	75.99	75.99	34.93	186.92
13465	cargador para celular Motorola Moto G4 Plus (Turbo Power).	UND	0.0307	0.47	2	1	0.90	1.28	0.06	0.86	1	14	86.70	86.70	10.73	184.14
13592	Accesorio de Arduino : Wifi ESP8266	PZA	0.0192	0.47	7	4	0.90	1.28	0.13	1.60	2	23	41.27	41.27	5.76	88.30
13643	PT ELITE JUMBO BASICA x 200 mts. (PTRJ10027)	RLL	7.3180	17.82	10	16	0.90	1.28	73.18	166.54	240	284	402.66	402.66	473.01	1,278.33
13722	PAPEL HIG. ELITE JUMBO CLASSIC X 500m	RLL	17.6245	26.32	4	4	0.90	1.28	70.50	112.76	184	578	419.11	419.11	163.50	1,001.71
15016	BATERIA DURACELL 9V.	PZA	0.5709	6.72	4	3	0.90	1.28	2.28	17.36	20	56	59.97	59.97	37.36	157.30
18342	JABON ESPUMA WEST MICROSAFE CLEAN X 1000 ML (SUAVE AROMA)	UND	0.9962	15.12	3	1	0.90	1.28	2.99	33.60	37	73	165.21	165.21	152.23	482.66
													<b>S/ 11,300.21</b>	<b>S/ 11,300.21</b>	<b>S/ 14,850.01</b>	<b>S/ 37,450.42</b>

Fuente: Elaboración propia

De la tabla anterior, se puede apreciar que en algunas referencias la cantidad del ROP es mayor que su respectivo EOQ. Con respecto a esto, Ballou (2004) indica lo siguiente:

Es común que la cantidad del punto de reorden exceda a la cantidad de pedido. Esto ocurre a menudo cuando los tiempos de entrega son largos o las tasas de la demanda son altas. Para que el sistema de control del punto de reorden funcione apropiadamente, hay que asegurarse de que la oportunidad de colocar un pedido de reaprovisionamiento a tiempo se base en el nivel efectivo del inventario. El nivel efectivo del inventario requiere que todo el stock del pedido se sume a la cantidad actual disponible en el momento de hacer una comparación con el punto de reorden. Cuando  $PRO > Q^*$ , el resultado de este procedimiento es que un segundo pedido se colocará antes que el primero llegue al stock. (p.351)

### 3.7. Cálculo del costo de la política de inventarios

El nivel de servicio al cliente interno va a depender de la política de inventarios que la gerencia del centro de estudios quiera establecer. Para eso, será necesario calcular primero los costos totales anuales de inventario por cada nivel de servicio fijado, para que una vez hecho esto, la gerencia pueda comparar y establecer el nivel de servicio a brindar.

A continuación, se muestran los costos totales de inventario generados por diferentes niveles de servicio. Tales fueron obtenidos por el modelo probabilístico de inventario desarrollado en el presente trabajo.

Tabla N° 40  
*Costo total anual de inventario por nivel de servicio*

Nivel de servicio	Costo anual de mantener inventario de ciclo S/.	Costo anual de mantener inventario de seguridad S/.	Costo anual de mantener inventario S/.	Costo anual de ordenar S/.	Costo total anual S/.	Var. %
90%	11,300.21	14,850.01	26,150.21	11,300.21	37,450.42	
92%	11,300.21	16,281.30	27,581.51	11,300.21	38,881.71	3.82%
95%	11,300.21	19,059.78	30,359.99	11,300.21	41,660.19	7.15%
97%	11,300.21	21,793.74	33,093.95	11,300.21	44,394.15	6.56%

99%	11,300.21	26,956.61	38,256.82	11,300.21	49,557.02	11.63%
-----	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	--------

Fuente: Elaboración propia

### Costo Total Anual de Inventario por Nivel de Servicio

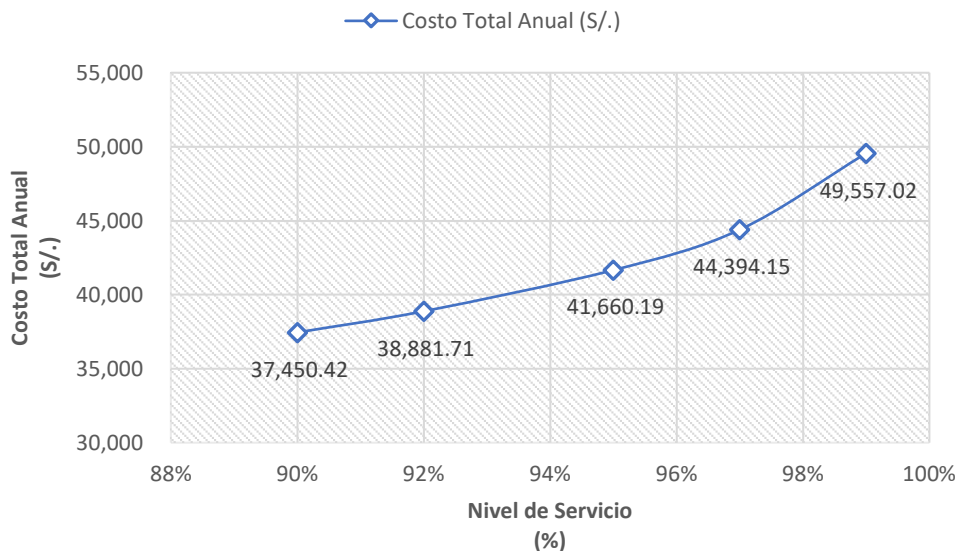


Figura N° 58. Costo total anual de inventario por nivel de servicio  
Fuente: Elaboración propia

Del gráfico y tabla líneas arriba se puede determinar que, a mayor nivel de servicio, mayor será el costo por mantener inventario de seguridad, lo cual, a su vez, incrementará también el costo total anual de inventario. Esto se debe al aumento del stock de seguridad que se asigna ante una demanda y tiempos de entrega inciertos. Por ejemplo, incrementar el nivel de servicio del 95% al 97%, representa para nuestro caso, un aumento del 6.56% del costo total anual, lo cual equivale a un monto de S/. 2, 733.96 soles. Esta aseveración permite responder al primer objetivo específico planteado en el presente trabajo de investigación.

Por otra parte, aunque ya se dijo anteriormente que el nivel de servicio va a depender de lo que defina la gerencia de la institución educativa, se propone sin embargo una política de inventario que tenga un nivel de servicio del 95%, para así mejorar la gestión de abastecimiento de consumibles en la organización. Tal porcentaje busca incrementar mucho

más el nivel de atenciones que se brinda a los clientes internos actualmente, así como también incurrir en un costo total anual de inventario menor al actual.

### 3.8. Gestión actual vs Propuesta

Con el fin de poder hacer una comparación entre el manejo actual de inventarios y la propuesta, se tomarán estimaciones anuales para la actual gestión *basadas sólo en las principales referencias*.

#### 3.8.1. Costo anual de la actual gestión

Tabla N° 41  
*Costos anuales de la actual gestión*

Promedio de órdenes por año	Promedio de referencias por orden	Número total de veces en que se ordenaron referencias	Costo de ordenar una referencia S/.	Costo anual de ordenar S/.
468	2	936	63.08	59,042.88
Costo anual de ordenar S/.		Costo anual de mantener inventario S/.	Costo total anual S/.	
59,042.88		9,182.55	68,225.43	

Fuente: Elaboración propia

#### 3.8.2. Costo anual de la propuesta

Tabla N° 42  
*Costos anuales de la propuesta*

Costo anual de ordenar S/.	Costo anual de mantener inventario S/.	Costo total anual S/.
11,300.21	30,359.99	41,660.19

Fuente: Elaboración propia

Comparando el costo anual de mantener inventario en ambas tablas, se determina que al mantenerse actualmente un excesivo bajo nivel de inventario, conlleva a que el área de logística del instituto compre con mucha mayor regularidad, lo cual incrementa altamente el costo anual de ordenar, y que a su vez incrementa también el costo total anual por manejo de materiales, respondiendo esto al segundo objetivo específico planteado en la presente



investigación. El costo anual de ordenar en la actual gestión representa el 86.54 % del costo total anual y es 422.49% más alto que su par en la propuesta. Es por eso que se puede afirmar que el bajo nivel de servicio en la actual gestión es causado principalmente por el bajo nivel de inventario mantenido en el almacén.

### 3.8.3. Comparativo de los costos totales anuales

Tabla N° 43

*Comparativo de costos totales anuales – manejo actual vs propuesta*

Costo total anual por manejo actual	Costo total anual de la propuesta	Ahorro	Dif. %
S/ 68,225.43	S/ 41,660.19	S/26,565.24	-39%

Fuente: Elaboración propia

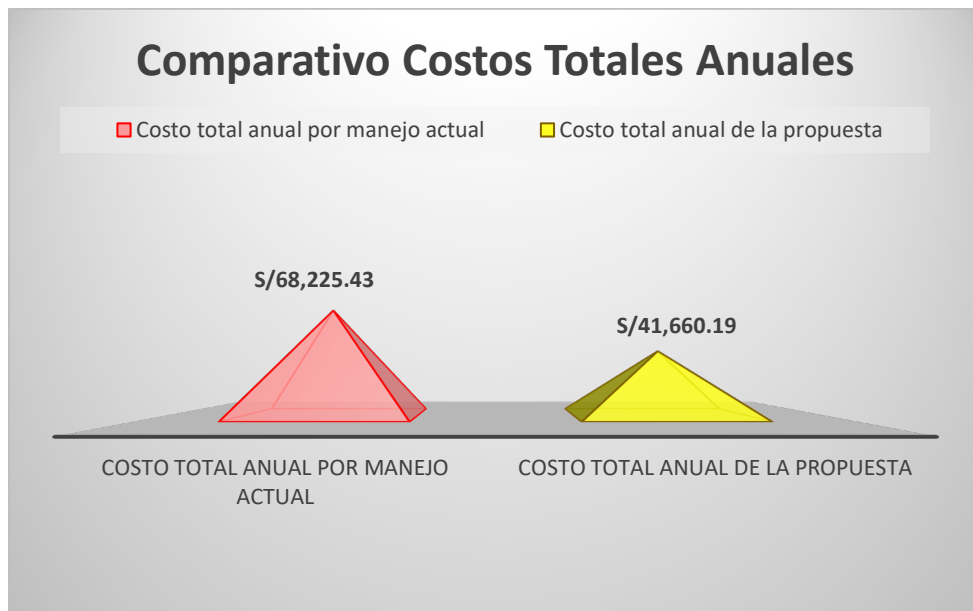


Figura N° 59. Comparativo de los costos totales anuales

Fuente: Elaboración propia

Se puede determinar que aplicando la propuesta de un modelo de inventario probabilístico con revisión continua (Q), y asignando un nivel de servicio del 95 %, se minimizará el costo total anual de inventario en un 39 %, lo cual equivale a un ahorro de S/. 26,565.24 soles para la institución.

### 3.8.4. Nivel de servicio de la actual gestión

Tabla N° 44

*Nivel de servicio promedio – periodo 2018*

Periodo	Ene-18	Feb-18	Mar-18	Abr-18	May-18	Jun-18	Jul-18	Ago-18	Set-18	Oct-18	Nov-18	Dic-18	Promedio
Fill Rate - Referencias	85.71%	87.80%	86.89%	85.99%	95.35%	93.06%	82.98%	90.76%	90.03%	85.54%	87.77%	88.33%	88.35%

Fuente: Elaboración propia

### 3.8.5. Nivel de servicio de la propuesta

Tabla N° 45

*Nivel de servicio propuesto*

Nivel de servicio	Costo anual de mantener inventario de ciclo S/.	Costo anual de mantener inventario de seguridad S/.	Costo anual de mantener inventario S/.	Costo anual de ordenar S/.	Costo total anual S/.
95%	11,300.21	19,059.78	30,359.99	11,300.21	41,660.19

Fuente: Elaboración propia

### 3.8.6. Comparativo de los niveles de servicio

Tabla N° 46

*Comparativo de niveles de servicio – manejo actual vs propuesta*

	Actual Gestión	Propuesta	Dif. %
Nivel de Servicio	88.35%	95.00%	6.65%

Fuente: Elaboración propia

### Comparativo Nivel de Servicio

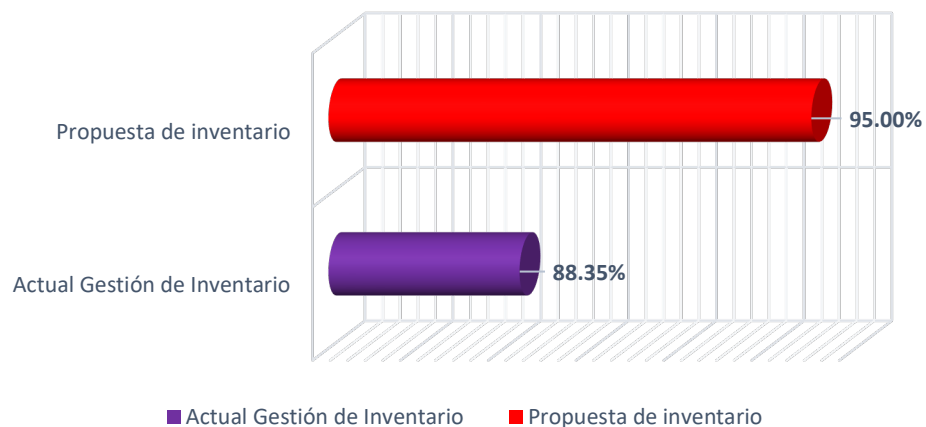


Figura N° 60. Comparativo de los niveles de servicio

Fuente: Elaboración propia

Del gráfico líneas arriba, se puede determinar que considerando un nivel de servicio propuesto de 95%, el nivel de servicio al cliente interno se incrementará en un 6.65 % con

respecto al actual nivel de servicio brindado, esto a través de la implementación de la propuesta de inventario desarrollada en el presente trabajo.

### 3.8.7. Comparativo de los gastos de caja chica

Tabla N° 47

*Comparativo de los gastos de caja chica - manejo actual vs propuesta*

Gasto total anual efectuado de caja chica en base al año 2018	Porcentaje de gasto para compras de referencias principales en base al año 2018	Gasto efectuado para compras de referencias principales	Nivel de servicio propuesto	Gasto total anual máximo esperado de caja chica con la propuesta de inventario	Dif. % Gasto total anual esperado / Gasto total anual efectuado	Ahorro mínimo esperado
S/.69,586.38	23.37%	S/.16,261.90	95.00%	S/.54,137.58	-22.20%	S/.15,448.80

Fuente: Elaboración propia

### Comparativo Gastos Totales Anuales de Caja Chica

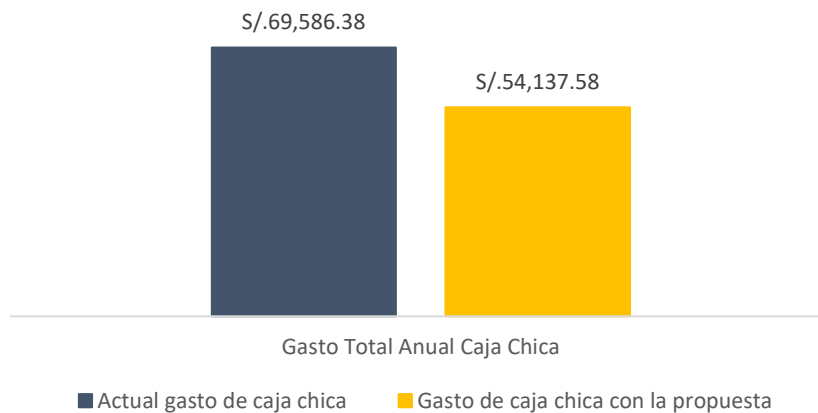


Figura N° 61. Comparativo de los gastos totales anuales de caja chica  
Fuente: Elaboración propia

De la tabla y gráfico líneas arriba se determina que, con el modelo de inventario propuesto en el presente trabajo, el gasto total anual de caja chica disminuirá como mínimo en S/.15,448.80 soles, lo cual significa una disminución del 22.20% con respecto al gasto total anual efectuado en el año 2018. Esto es así ya que el modelo de inventario propuesto mantendrá siempre un stock de seguridad de artículos principales para un nivel de servicio

predefinido del 95%, con lo cual se evitará realizar compras de consumibles principales a través de la modalidad de caja chica cuando la demanda no sobrepase tal nivel de servicio.

Dicho todo esto, se concluye finalmente que la implementación del modelo de inventario propuesto mejorará la gestión de abastecimiento de consumibles del centro de estudios superiores objeto de estudio en la presente investigación, disminuyendo el costo total anual por manejo de inventario de consumibles en un 39%, lo cual equivale a un ahorro de S/. 26,565.24 soles, incrementando asimismo el nivel de servicio en 6.65% y finalmente disminuyendo el gasto anual de caja chica como mínimo en un 22.20%, lo cual equivale a un ahorro mínimo esperado de S/.15,448.80 soles; respondiendo así todos estos resultados al objetivo general planteado en la presente tesis.

### 3.9. Evaluación económica de la propuesta

Con el fin de evaluar la viabilidad de la propuesta, se procederá a continuación a cuantificar los gastos, costos y ahorros proyectados para así aplicar los indicadores de evaluación de proyectos de inversión. Es importante indicar asimismo que para la presente propuesta no se realizará adquisición de equipos de cómputo, esto debido a que la institución educativa ya cuenta con modernas laptops para cada uno de sus trabajadores del área de logística.

#### 3.9.1. Gastos de capacitación

Tabla N° 48

*Gastos por curso*

Concepto	Número total de empleados a capacitar	Costo Unitario (S/.)	Desc. Corporativo	Total (S/.)
Curso Gestión Eficiente de Inventarios (14 Hrs)	4	380.00	10%	S/.1,368.00

Fuente: Elaboración propia

Se estima un gasto de S/.1,368.00 soles por la capacitación de 4 trabajadores pertenecientes al área de Logística de la institución objeto de estudio. La capacitación corresponde a un curso dado de manera in house que consta de 14 horas lectivas dadas en horas laborables.

Tabla N° 49

*Gasto por horas laborables destinadas a capacitación*

Trabajador	Costo M.O. / Hora (S/.)	Horas capacitación	Total (S/.)
Analista de Abastecimiento 1	20.83	14	291.67
Analista de Abastecimiento 2	18.75	14	262.50
Analista de Abastecimiento 3	18.75	14	262.50
Asistente de Abastecimiento	12.50	14	175.00
<b>Total</b>			<b>S/.991.67</b>

Fuente: Elaboración propia

Ya que se propone que el curso se imparta de manera in house (en el centro de trabajo y en horas laborables), se estima un gasto de S/.991.67 soles por el tiempo en que el personal del área de Logística se encuentre capacitándose.

Tabla N° 50

*Gasto por servicios consumidos durante la capacitación*

Servicio	Consumo anual (S/.)	Consumo mensual (S/.)	Consumo diario (S/.)	Consumo por hora (S/.)	Horas capacitación	Total (S/.)
Internet	284.27	23.69	0.79	0.10	14	1.38
Energía eléctrica	273.33	22.78	0.76	0.09	14	1.33
<b>Total</b>						<b>S/.2.71</b>

Fuente: Elaboración propia

Los gastos de servicios consumidos durante la capacitación que se estimaron fueron los de internet y energía eléctrica, ambos calculados en base a los gastos del área de logística (compras). El monto total asciende a S/.2.71 soles.

Tabla N° 51

*Gasto total de capacitación*

Gastos de capacitación	Total
Gastos por curso	1,368.00
Gastos por horas laborables destinadas a capacitación	991.67
Gastos por servicios consumidos durante la capacitación	2.71
<b>Total</b>	<b>S/.2,362.38</b>

Fuente: Elaboración propia

Los gastos de capacitación fueron estimados en un total de S/.2,362.38 soles.

### 3.9.2. Costos de ejecución

Una vez capacitado el personal del área de logística, se procederá con la ejecución de la propuesta expuesta en el presente trabajo, para lo cual se han establecido los tiempos de cada actividad o tarea a través de un Diagrama de Gantt, indicando asimismo el responsable de cada tarea asignada. Con los tiempos establecidos, se podrá luego costear la mano de obra requerida para la ejecución de las actividades, así como también los costos de los servicios consumidos durante la realización de las tareas, ambos proyectados a un periodo de 1 año. Por otra parte, debido a la constante fluctuación o cambios drásticos de la demanda, se ejecutarán de manera cuatrimestral los pasos de la metodología propuesta para así realizar ajustes o correctivos de rigor a los cálculos obtenidos anteriormente. Dicho lo anterior, el costo total de mano de obra se calculará en base al tiempo anual dedicado al proyecto por cada uno de los trabajadores involucrados.

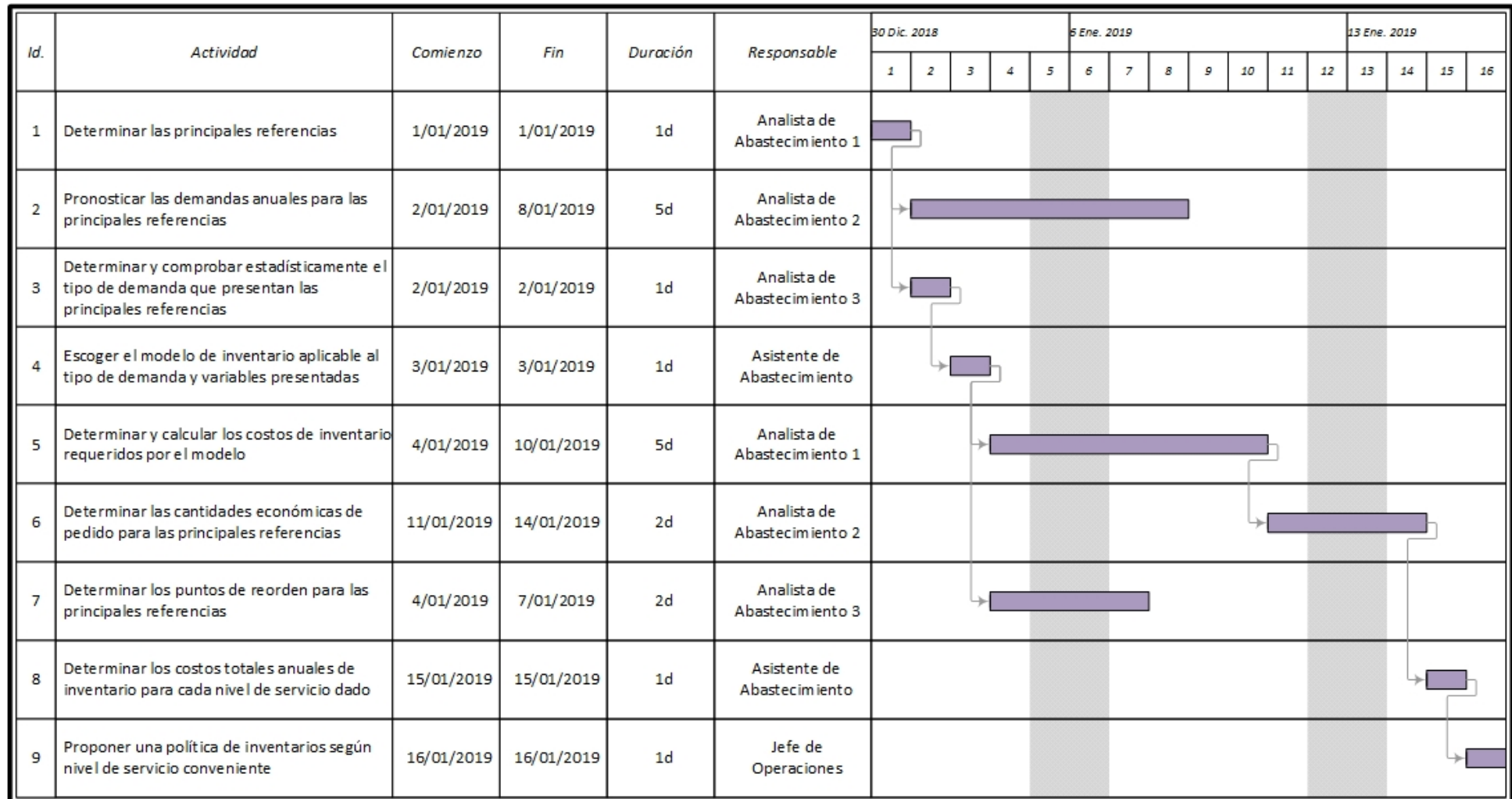


Figura N° 62. Diagrama de Gantt – Actividades de la propuesta  
Fuente: Elaboración propia

Tabla N° 52

*Costo de mano de obra*

Actividad	Duración (días)	Responsable	Costo M.O. / Día (S/.)	Total (S/.)
Determinar las principales referencias	1	Analista de Abastecimiento 1	166.67	166.67
Pronosticar las demandas anuales para las principales referencias	5	Analista de Abastecimiento 2	150.00	750.00
Determinar y comprobar estadísticamente el tipo de demanda que presentan las principales referencias	1	Analista de Abastecimiento 3	150.00	150.00
Escoger el modelo de inventario aplicable al tipo de demanda y variables presentadas	1	Asistente de Abastecimiento	100.00	100.00
Determinar y calcular los costos de inventario requeridos por el modelo	5	Analista de Abastecimiento 1	166.67	833.33
Determinar las cantidades económicas de pedido para las principales referencias	2	Analista de Abastecimiento 2	150.00	300.00
Determinar los puntos de reorden para las principales referencias	2	Analista de Abastecimiento 3	150.00	300.00
Determinar los costos totales anuales de inventario para cada nivel de servicio dado	1	Asistente de Abastecimiento	100.00	100.00
Proponer una política de inventarios según nivel de servicio conveniente	1	Jefe de Operaciones	266.67	266.67
<b>Total</b>			<b>S/2,966.67</b>	

Fuente: Elaboración propia

El tiempo total de todas las actividades secuenciales está estimado en 16 días (considerando días no laborables). Los costos de M.O. calculados están basados en los días de trabajo de cada responsable asignado a cada actividad, y tales ascienden a S/.2,966.67 soles.

Tabla N° 53

*Costo anual de mano de obra*

Costos de mano de obra	Revisión cuatrimestral	Total (S/.)
2,966.67	3	S/.8,900.00

Fuente: Elaboración propia

Debido a que se realizarán revisiones cuatrimestrales por parte del personal del área de logística, el costo de mano de obra se multiplicó por 3 para así hallar el costo anual, el cual asciende a un monto de S/.8,900.00 soles.



Tabla N° 54

*Costo por servicios consumidos*

Días de consumo	Consumo diario de internet (S/.)	Consumo diario de energía eléctrica (S/.)	Costo por consumo de internet (S/.)	Costo por consumo de energía eléctrica (S/.)	Total (S/.)
16	0.79	0.76	12.63	12.15	S/.24.78

Fuente: Elaboración propia

El costo por los servicios consumidos durante los 16 días que toma realizar todas las actividades secuenciales se ha estimado en S/.24.78 soles.

Tabla N° 55

*Costo anual por servicios consumidos*

Costo por servicios consumidos	Revisión cuatrimestral	Total (S/.)
24.78	3	S/.74.35

Fuente: Elaboración propia

El costo anual estimado por concepto de servicios consumidos para llevar a cabo la propuesta asciende a S/.74.35 soles.

Tabla N° 56

*Costo total anual de ejecución*

Concepto	Total (S/.)
Costo anual de mano de obra	8,900.00
Costo anual por servicios consumidos	74.35
<b>Total</b>	<b>S/.8,974.35</b>

Fuente: Elaboración propia

El costo total anual de ejecución fue estimado en S/.8,974.35 soles.

### 3.9.3. Ahorros proyectados

Tabla N° 57  
*Ahorros proyectados de la propuesta*

Concepto	Total (S/.)
Ahorro en el costo total anual por manejo de inventario	26,565.24
Ahorro en el gasto total anual de caja chica	15,448.80
<b>Total</b>	<b>S/.42,014.04</b>

Fuente: Elaboración propia

Los ahorros proyectados de la propuesta se estiman en un total de S/.42,014.04 soles. Tal estimación corresponde a un periodo anual.

### 3.9.4. Retorno de la inversión

Una vez determinados los costos, gastos y beneficios (ahorros) de la propuesta, se calcularán ahora los flujos económicos correspondientes. Los ingresos corresponderán al monto total anual de S/.42,014.04 soles, obtenido en la tabla N° 56; la inversión inicial corresponderá a la suma del valor del gasto total de capacitación más el costo total anual de ejecución, suma que asciende a S/.11,336.72 soles; y finalmente los egresos para los años 1, 2 y 3 corresponderán sólo al valor del costo total anual de ejecución, el cual es de S/.8,974.35 soles.

Asimismo, como tasa de descuento se ha utilizado la Tasa de Interés Pasiva Promedio de Mercado (efectiva al 01/01/2019), el cual es la tasa que nos pagan las entidades financieras por los depósitos que ponemos en éstas, la cual fue obtenida de la página web de la Superintendencia de Banca, Seguros y AFP (SBS); siendo tal tasa de 2.47% anual.

Tabla N° 58

*Flujo económico e indicadores de la propuesta*

Periodo	Año 0	Año 1	Año 2	Año 3
Ingresos		S/. 42,014.04	S/. 42,014.04	S/. 42,014.04
Egresos	-S/. 11,336.72	-S/. 8,974.35	-S/. 8,974.35	-S/. 8,974.35
<b>Flujo económico</b>	<b>-S/. 11,336.72</b>	<b>S/. 33,039.69</b>	<b>S/. 33,039.69</b>	<b>S/. 33,039.69</b>
<b>COK</b>	: 2.47%			
<b>VAN</b>	: S/. 83,080.23			
<b>TIR</b>	: 286%			
<b>ÍNDICE DE RENTABILIDAD O RELACIÓN BENEFICIO/COSTO</b>	: 8.33			
<b>PERÍODO DE RECUPERACIÓN (PR)</b>	: 0.35 años o 4 meses con 6 días aproximadamente			

Fuente: Elaboración propia

Los resultados de la evaluación económica de la propuesta son los siguientes:

- El Valor Actual Neto (VAN) del flujo económico salió positivo, con un monto de S/. 83,080.23 soles.
- La Tasa Interna de Retorno (TIR) fue de 286%, la cual es mayor al costo de oportunidad del capital (COK de 2.47%).
- El Índice de Rentabilidad (IR) fue de 8.33, lo cual es mayor a 1. Esto indica que por cada sol que se invierte en el proyecto, se va recuperar ese sol y nos va a quedar una ganancia de aproximadamente 7.33 soles por cada sol que se invirtió.
- El Período de Recuperación (PR) fue de 0.35 años o 4 meses con 6 días aproximadamente, lo cual implica que ese es el tiempo necesario para cubrir la inversión inicial de la propuesta y su costo de financiación.

Dicho todo lo anterior, se concluye finalmente que la propuesta de implementar un modelo de inventario para mejorar la gestión de abastecimiento de consumibles de la institución objeto de estudio se considera viable, debido a los beneficios económicos que trae su implementación.

## CAPÍTULO IV. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

### 4.1. Discusión

#### 4.1.1. Limitaciones o puntos inciertos

Para la elaboración del presente trabajo de investigación, se presentaron ciertas limitaciones o puntos inciertos, siendo éstas las siguientes:

- Para el cálculo de los pronósticos, se tuvo la limitación de que el software utilizado en el presente trabajo (Minitab versión 18.1), no podía extrapolar las series de tiempo de varias referencias a la misma vez, sino que era necesario hacerlo uno por uno, lo cual obviamente implicaba demasiado tiempo, pues el total de referencias a analizar era de 141, y para cada una de ellas, se debían aplicar 5 modelos diferentes (705 ejecuciones). Es por eso que se decidió elaborar los pronósticos de forma agregada por familia de productos, para así disminuir notablemente la cantidad de cálculos a realizar.
- Como no se tenían registros de la demanda durante los tiempos de entrega, ni tampoco se conocían los costos por faltantes, se decidió utilizar un modelo probabilístico de inventario adecuado a las circunstancias del centro de estudios objeto de estudio.
- Los resultados obtenidos en el presente trabajo son sólo aplicables a la sede Lima del instituto objeto de estudio. Si se desea mejorar la gestión de abastecimiento de las demás sedes (Trujillo y Arequipa), será necesario realizar un diagnóstico situacional de cada una de ellas. Por ejemplo, los principales consumibles de la sede de Lima no necesariamente son también los principales consumibles de las sedes de Trujillo y Arequipa, ya que la demanda puede tener distinto comportamiento en cada sede por distintas razones.

#### 4.1.2. **Interpretación comparativa**

El resultado obtenido con respecto al nivel del servicio en el presente trabajo es muy similar al presentado en la investigación de Arana (2015). Gestión de inventarios en una empresa de repuestos automotrices (tesis de pregrado). En tal, se logra incrementar el nivel de servicio en un 5.5% promedio, cantidad muy cercana a los 6.65% de incremento que hubo en la presente investigación. Sin embargo, con respecto al porcentaje de ahorro en costos, el obtenido aquí es mucho mayor que el alcanzado por Arana (2015), ya que en tal se disminuye sólo un 7.9% aproximadamente, mientras que en el presente trabajo se logra un ahorro del 39%. Asimismo, otras similitudes que hubo con tal trabajo es que allí también se hizo uso de un modelo EOQ con extensión probabilística, se estratificó el inventario en base a criterios técnicos, y se realizaron pronósticos de forma agregada; cosas que también se realizaron en la presente investigación.

#### 4.1.3. **Implicancias**

El presente trabajo tuvo implicancias prácticas que ayudaron a resolver la problemática dada en la organización objeto de estudio. La metodología desarrollada permitió identificar una inadecuada gestión de inventarios dada en el instituto, así como también, por otra parte, permitió aplicar técnicas y herramientas de solución necesarias para resolver los problemas identificados, estando basada la metodología desarrollada en el método científico. La propuesta mejoró notablemente la gestión de abastecimiento del instituto, atacando los problemas de un bajo nivel de servicio al cliente interno, altos costos anuales incurridos por manejo de inventarios y finalmente un uso abusivo de la caja chica para compras al contado de principales referencias.

#### 4.2. Conclusiones

- La aplicación del modelo de inventario probabilístico propuesto, con punto de reorden para demanda variable y tiempo de entrega variable, mejoró la gestión de abastecimiento de consumibles del centro de estudios superiores objeto de estudio, disminuyendo el costo total anual por manejo de inventarios de consumibles en un 39%, lo cual equivale a un ahorro de S/. 26,565.24 soles; incrementando el nivel de servicio en 6.65% y finalmente disminuyendo el gasto anual de caja chica como mínimo en un 22.20%, lo cual equivale a un ahorro mínimo esperado de S/.15,448.80 soles.
- La aplicación del modelo de inventario propuesto optimizará el uso del capital de trabajo de la institución, evitando el abuso de compras al contado de referencias consideradas principales, pues tales podrán ser adquiridas con una mejor gestión de abastecimiento.
- Establecer un alto nivel de servicio implica incrementar el inventario de seguridad de los consumibles. Por ejemplo, cambiar de una política de mantener un inventario de seguridad suficiente para atender un nivel de servicio del 95%, a otra para atender un nivel del 97%, representa un aumento de S/. 2,733.96 soles en el costo de mantener inventario de seguridad, lo cual, a su vez, incrementa también en la misma cantidad el costo total anual por manejo de inventario
- Mantener un bajo nivel de inventario de consumibles, implica que el área de logística de la institución compre con mayor regularidad, lo cual incrementa altamente el costo anual de ordenar, y que, a su vez, incrementa también el costo total anual por manejo de materiales. En la actual gestión, el costo anual de ordenar representa el 86.54 % del costo total anual (S/. 59,042.88 de S/.

68,225.43), y es 422.49% más alto que su par en la propuesta (S/. 59,042.88 de S/. 11,300.21); todo esto a consecuencia de una inadecuada gestión de abastecimiento.

- La aplicación del modelo de inventario propuesto genera una relación Beneficio/Costo de 8.33, lo cual indica que por cada sol que se invierte en el proyecto, se va recuperar ese sol y nos va a quedar una ganancia de aproximadamente 7.33 soles por cada sol que se invirtió. Asimismo, el periodo de recuperación (PR) de la inversión de 0.35 años o 4 meses con 6 días aproximadamente.
- A diferencia de otros rubros, en empresas del rubro de educación son muy importantes los consumibles, pues se puede dar el caso de que la operación se detenga si es que no se cuenta con el consumible requerido para el servicio de enseñanza. Es por eso la importancia de tener una adecuada gestión de inventarios (consumibles) para el funcionamiento ininterrumpido de las operaciones. Asimismo, la familia de producto más relevante en base al criterio de movilidad es la de economato.

## REFERENCIAS

- Anderson, D., Sweeney, D., & Williams, T. (2012). *Estadística para negocios y economía*. (CENGAGE Learning, Ed.) (11a. ed.).
- Arana Lemus, F. A. (2015). *GESTIÓN DE INVENTARIOS EN UNA EMPRESA DE REPUESTOS AUTOMOTRICES*. Universidad de Chile. Retrieved from <http://repositorio.uchile.cl/handle/2250/132985>
- Ballou, R. H. (2004). *Logística. Administración de la cadena de suministro*. Quinta edición. (PEARSON EDUCACIÓN, Ed.) (Quinta edi). <https://doi.org/10.1017/CBO9781107415324.004>
- Bureau Veritas Formación. (2011). *Logística Integral 2a Edición*. (Fundación Confemetal, Ed.) (2a Edición).
- Concha Rodríguez, J. R. (2017). *PROPUESTA DE UN SISTEMA DE GESTIÓN DE INVENTARIOS PARA EL ÁREA DE FARMACIA DE UNA CLÍNICA EN LA CIUDAD DE AREQUIPA*. UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN AGUSTÍN DE AREQUIPA. Retrieved from <http://repositorio.unsa.edu.pe/handle/UNSA/4775>
- Coyle, J. J., Langley, J., Novack, R. A., & Gibson, B. J. (2018). *Administración de la cadena de suministro. Una perspectiva logística, 10a. ed.* (I. Cengage Learning, Ed.) (10 .).
- Faune Pinto, C. del P. (2016). *Rediseño de la gestión del stock de medicamentos de la farmacia de un hospital público*. Universidad de Chile. Retrieved from <http://repositorio.uchile.cl/handle/2250/140397>
- Fernández Holguín, M. O. (2016). *Fernandez\_Maria\_Sistema\_Gestion\_Inventarios\_Servicios\_Logisticos* (6). Pontificia Universidad Católica del Perú. Retrieved from



<http://repositorio.pucp.edu.pe/index/handle/123456789/130135>

García, G. E. (2013). Definición y clasificación de los materiales. Retrieved from

<https://contabilidadparanocontables.blogspot.com/2013/12/definicion-y-clasificacion-de-los.html>

Global Standards 1 Chile [GS1 Chile]. (2004). Medición Indicadores de Gestión Logísticos.

Hanke, J. E. (2010). *Pronósticos en los negocios. Novena Edición.* (Pearson Educación, Ed.) (9a. Edición).

Hernández, R., Fernández, C., & Baptista, M. del P. (2014). *Metodología de la Investigación. Sexta Edición.* (McGRAW-HILL, Ed.) (Sexta Edición). México D.F.

Instituto Nacional de Estadística e Informática. (n.d.). INEI. Retrieved from <https://www.inei.gob.pe/>

Krajewski, L., Ritzman, L., & Malhotra, M. (2008). *Administración de operaciones. Octava edición* (Octava Edición). Pearson Educación.

Martínez, S., Martínez, D., & Ruiz, C. (2007). *Un Modelo de inventario para la empresa de elaboración de sandalias tosca.* Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua-León.

Mora, L. A. (2016). *Inventario cero. Cuánto y cuándo pedir.* ALFAOMEGA.

Muller, M. (2004). *Fundamentos de Administración de Inventarios.* (Grupo Editorial Norma, Ed.). Bogotá.

Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura. (n.d.). UNESCO. Retrieved from <http://data.uis.unesco.org/#>

Rangel Vega, L. P. (2016). *Definir el modelo de gestión de inventarios para múltiples productos, dentro del procedimiento de compras en Civalco Ltda.* Universidad de Los Andes. Retrieved from

<http://biblioteca.uniandes.edu.co/acepto201699.php?id=9337.pdf>

Render, B., & Heizer, J. (2009). *Principios de administración de operaciones. Séptima edición*. Pearson Educación.

Render, B., & Heizer, J. (2014). *Principios de Administración de Operaciones. Novena Edición* (Novena edi). Pearson Educación.

Taha, H. A. (2002). *Investigación de operaciones. Novena edición*. (PEARSON EDUCACIÓN, Ed.) (Novena edi).

Vásquez Núñez, C. A. (2015). *Análisis , Diagnóstico y Propuesta de Mejora en la Gestión de Inventarios y de almacenes en una empresa del sector gráfico*.

Pontificia Universidad Católica del Perú. Retrieved from <http://tesis.pucp.edu.pe/repositorio/handle/20.500.12404/6427>

## **ANEXOS**

Anexo N° 1. Tabla de distribución normal

z	.00	.01	.02	.03	.04	.05	.06	.07	.08	.09
.0	.50000	.50399	.50798	.51197	.51595	.51994	.52392	.52790	.53188	.53586
.1	.53983	.54380	.54776	.55172	.55567	.55962	.56356	.56749	.57142	.57535
.2	.57926	.58317	.58706	.59095	.59483	.59871	.60257	.60642	.61026	.61409
.3	.61791	.62172	.62552	.62930	.63307	.63683	.64058	.64431	.64803	.65173
.4	.65542	.65910	.66276	.66640	.67003	.67364	.67724	.68082	.68439	.68793
.5	.69146	.69497	.69847	.70194	.70540	.70884	.71226	.71566	.71904	.72240
.6	.72575	.72907	.73237	.73565	.73891	.74215	.74537	.74857	.75175	.75490
.7	.75804	.76115	.76424	.76730	.77035	.77337	.77637	.77935	.78230	.78524
.8	.78814	.79103	.79389	.79673	.79955	.80234	.80511	.80785	.81057	.81327
.9	.81594	.81859	.82121	.82381	.82639	.82894	.83147	.83398	.83646	.83891
1.0	.84134	.84375	.84614	.84849	.85083	.85314	.85543	.85769	.85993	.86214
1.1	.86433	.86650	.86864	.87076	.87286	.87493	.87698	.87900	.88100	.88298
1.2	.88493	.88686	.88877	.89065	.89251	.89435	.89617	.89796	.89973	.90147
1.3	.90320	.90490	.90658	.90824	.90988	.91149	.91309	.91466	.91621	.91774
1.4	.91924	.92073	.92220	.92364	.92507	.92647	.92785	.92922	.93056	.93189
1.5	.93319	.93448	.93574	.93699	.93822	.93943	.94062	.94179	.94295	.94408
1.6	.94520	.94630	.94738	.94845	.94950	.95053	.95154	.95254	.95352	.95449
1.7	.95543	.95637	.95728	.95818	.95907	.95994	.96080	.96164	.96246	.96327
1.8	.96407	.96485	.96562	.96638	.96712	.96784	.96856	.96926	.96995	.97062
1.9	.97128	.97193	.97257	.97320	.97381	.97441	.97500	.97558	.97615	.97670
2.0	.97725	.97784	.97831	.97882	.97932	.97982	.98030	.98077	.98124	.98169
2.1	.98214	.98257	.98300	.98341	.98382	.98422	.98461	.98500	.98537	.98574
2.2	.98610	.98645	.98679	.98713	.98745	.98778	.98809	.98840	.98870	.98899
2.3	.98928	.98956	.98983	.99010	.99036	.99061	.99086	.99111	.99134	.99158
2.4	.99180	.99202	.99224	.99245	.99266	.99286	.99305	.99324	.99343	.99361
2.5	.99379	.99396	.99413	.99430	.99446	.99461	.99477	.99492	.99506	.99520
2.6	.99534	.99547	.99560	.99573	.99585	.99598	.99609	.99621	.99632	.99643
2.7	.99653	.99664	.99674	.99683	.99693	.99702	.99711	.99720	.99728	.99736
2.8	.99744	.99752	.99760	.99767	.99774	.99781	.99788	.99795	.99801	.99807
2.9	.99813	.99819	.99825	.99831	.99836	.99841	.99846	.99851	.99856	.99861
3.0	.99865	.99869	.99874	.99878	.99882	.99886	.99890	.99893	.99896	.99900
3.1	.99903	.99906	.99910	.99913	.99916	.99918	.99921	.99924	.99926	.99929
3.2	.99931	.99934	.99936	.99938	.99940	.99942	.99944	.99946	.99948	.99950
3.3	.99952	.99953	.99955	.99957	.99958	.99960	.99961	.99962	.99964	.99965
3.4	.99966	.99968	.99969	.99970	.99971	.99972	.99973	.99974	.99975	.99976
3.5	.99977	.99978	.99978	.99979	.99980	.99981	.99981	.99982	.99983	.99983
3.6	.99984	.99985	.99985	.99986	.99986	.99987	.99987	.99988	.99988	.99989
3.7	.99989	.99990	.99990	.99990	.99991	.99991	.99992	.99992	.99992	.99992
3.8	.99993	.99993	.99993	.99994	.99994	.99994	.99994	.99995	.99995	.99995
3.9	.99995	.99995	.99996	.99996	.99996	.99996	.99996	.99996	.99997	.99997