

UNIVERSIDAD HISPANOAMERICANA

INGENIERÍA INDUSTRIAL

OPTIMIZACIÓN DEL SISTEMA DE CONTROL Y MANEJO DE INVENTARIOS EN EL DEPARTAMENTO DE ACUEDUCTO DE LA MUNICIPALIDAD DE SANTA BÁRBARA PARA EL PRIMER CUATRIMESTRE DEL AÑO 2018.

PROYECTO DE GRADUACIÓN PARA OPTAR POR EL GRADO DE LICENCIATURA EN INGENIERÍA INDUSTRIAL

ESTUDIANTE: NÉSTOR ALONSO GONZÁLEZ MUÑOZ

TUTORA: ING. JACQUELINE BRENES GRANADOS

HEREDIA, ENERO, 2018

## ii- Declaración jurada

### DECLARACIÓN JURADA

Yo Néstor Alonso González Muñoz, mayor de edad, portador de la cédula de identidad número 2-0730-0791 egresado de la carrera de Ingeniería Industrial de la Universidad Hispanoamericana, hago constar por medio de éste acto y debidamente apercibido y entendido de las penas y consecuencias con las que se castiga en el Código Penal el delito de perjurio, ante quienes se constituyen en el Tribunal Examinador de mi trabajo de tesis para optar por el título de Licenciatura, juro solemnemente que mi trabajo de investigación titulado: **Optimización del sistema de control y manejo del inventario en el departamento de acueducto de la municipalidad de Santa Bárbara para el primer cuatrimestre del año 2018**, es una obra original que ha respetado todo lo preceptuado por las Leyes Penales, así como la Ley de Derecho de Autor y Derecho Conexos número 6683 del 14 de octubre de 1982 y sus reformas, publicada en la Gaceta número 226 del 25 de noviembre de 1982; incluyendo el numeral 70 de dicha ley que advierte; artículo 70. Es permitido citar a un autor, transcribiendo los pasajes pertinentes siempre que éstos no sean tantos y seguidos, que puedan considerarse como una producción simulada y sustancial, que redunde en perjuicio del autor de la obra original. Asimismo, quedo advertido que la Universidad se reserva el derecho de protocolizar este documento ante Notario Público. En fe de lo anterior, firmo en la ciudad de Heredia, a los tres días del mes de Octubre del año dos mil dieciocho.

Néstor Alonso G.M.

Firma del estudiante

Cédula 2-0730-0791

### iii- Carta del tutor

#### CARTA DEL TUTOR

San José, 02 de Octubre del 2018

*Departamento de Registro  
Carrera: Ingeniería Industrial  
Universidad Hispanoamericana*

La estudiante Néstor Alonso González Muñoz, cédula de identidad 2-0730-0791, me ha presentado, para efectos de revisión y aprobación, el trabajo de investigación denominado "OPTIMIZACIÓN DEL SISTEMA DE CONTROL Y MANEJO DE INVENTARIOS EN EL DEPARTAMENTO DE ACUEDUCTO DE LA MUNICIPALIDAD DE SANTA BÁRBARA PARA EL PRIMER CUATRIMESTRE DEL AÑO 2018", el cual ha elaborado para optar por el grado académico de Licenciatura.

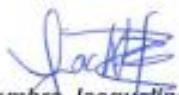
En mi calidad de tutor, he verificado que se han hecho las correcciones indicadas durante el proceso de tutoría y he evaluado los aspectos relativos a la elaboración del problema, objetivos, justificación; antecedentes, marco teórico, marco metodológico, tabulación, análisis de datos; conclusiones y recomendaciones.

De los resultados obtenidos por el postulante, se obtiene la siguiente calificación:

a)	ORIGINAL DEL TEMA	10%	10
b)	CUMPLIMIENTO DE ENTREGA DE AVANCES	20%	15
C)	COHERENCIA ENTRE LOS OBJETIVOS, LOS INSTRUMENTOS APLICADOS Y LOS RESULTADOS DE LA INVESTIGACION	30%	25
d)	RELEVANCIA DE LAS CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	20%	15
e)	CALIDAD, DETALLE DEL MARCO TEORICO	20%	20
	TOTAL		85

En virtud de la calificación obtenida, se avala el traslado al proceso de lectura.

Atentamente,



*Nombre Jacqueline Brenes Granados  
Cédula Identidad 701380274  
Carné Colegio Profesional IPI-27267*

#### iv- Carta del lector

Heredia, 27 de Noviembre de 2018.

**Señores**

**Registro**

**Universidad Hispanoamericana**

Estimados señores:

El estudiante Nestor Alonso Gonzales Muñoz, cédula de identidad 2-0730-0791, me ha presentado, para efectos de revisión y aprobación, el trabajo de investigación denominado: OPTIMIZACIÓN DEL SISTEMA DE CONTROL Y MANEJO DE INVENTARIOS EN EL DEPARTAMENTO DE ACUEDUCTO DE LA MUNICIPALIDAD DE SANTA BÁRBARA PARA EL PRIMER CUATRIMESTRE DEL AÑO 2018., el cual ha elaborado para optar por el grado de Licenciatura.

He revisado y he hecho las observaciones relativas al contenido analizado, particularmente, lo relativo a la coherencia entre el marco teórico y el análisis de datos; la consistencia de los datos recopilados y la coherencia entre estos y las conclusiones; asimismo, la aplicabilidad y originalidad de las recomendaciones, en términos de aporte de la investigación. He verificado que se han hecho las modificaciones correspondientes a las observaciones indicadas.

Por consiguiente, este trabajo cuenta con mi aval para ser presentado en la defensa pública posterior a la revisión del Filólogo establecida.

Atentamente,

  
**Ing. Marco Cartín, MII.**  
**Ced: 110610393**  
**Carné Colegio Profesional: II-15546**

Cartago, 08 de diciembre de 2018

Señores:

Universidad Hispanoamericana

Estimados señores:

Yo, María Fernanda Sanabria Coto, cédula de identidad 1-1429-0780, bachiller en Filología española, perteneciente a la Asociación Costarricense de Filólogos carné 225 y al Colegio de Licenciados y Profesores en Letras, Filosofía, Ciencias y Artes de Costa Rica código 75402, hago constar que he revisado el proyecto titulado:

**Optimización del sistema de control y manejo de inventarios en el Departamento de Acueducto de la Municipalidad de Santa Bárbara para el primer cuatrimestre del año 2018.**

Dicho documento fue elaborado por Néstor Alonso González Muñoz, cédula de identidad 2-0730-0791. El proyecto fue realizado con el fin de optar al grado de Licenciatura en Ingeniería Industrial. He revisado y corregido aspectos tales como construcción de párrafos, vicios del lenguaje trasladados a lo escrito, ortografía, puntuación y otros relacionados con el campo filológico. Por lo tanto, con los cambios aplicados, considero que está listo para ser presentado.

Atentamente,

Fernanda S. Coto.



María Fernanda Sanabria Coto  
Asociación Costarricense de Filólogos. Carné nro. 225  
Colypro. Código 75402  
fernanda.sanabria@filologos.cr



## **v-Dedicatoria**

A mi madre y a mi padre, en reconocimiento a todo el esfuerzo y empeño que durante estos últimos años ambos han realizado para garantizarme un desarrollo profesional y personal.

## **vi- Agradecimientos**

Agradezco a las personas o entidades mencionadas a continuación, por la contribución y el apoyo brindado para el desarrollo de esta investigación, así como para mi crecimiento personal y profesional:

- Geovanny González Alfaro
- Zaida Muñoz Murillo
- Departamento de Acueducto de la Municipalidad de Santa Bárbara

# ÍNDICE

i-	Acta de aprobación.....	ii
ii-	Declaración jurada.....	iii
iii-	Carta del tutor.....	iv
iv-	Carta del lector.....	v
v-	Dedicatoria.....	vi
vi-	Agradecimientos.....	vii
	ÍNDICE.....	8
vii-	Resumen ejecutivo y artículo publicable.....	19
	CAPÍTULO I:.....	20
	INTRODUCCIÓN.....	20
	1.1 DESCRIPCIÓN GENERAL DEL PROYECTO.....	21
	1.2 IDENTIFICACIÓN DE LA EMPRESA O INSTITUCIÓN.....	22
	1.2.1 Reseña histórica.....	22
	1.2.2 Generalidades.....	23
	1.3 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	27
	1.3.1 Idea del problema.....	27
	1.3.2 Definición del problema.....	30
	1.3.3 Justificación.....	31
	1.4 OBJETIVOS DEL PROYECTO.....	33
	1.4.1 Objetivo general.....	33
	1.4.2 Objetivos específicos.....	33
	1.5 ALCANCES Y LIMITACIONES.....	34
	1.5.1 Alcances.....	34
	1.5.2 Limitaciones.....	34
	CAPÍTULO II:.....	35
	MARCO TEÓRICO.....	35
	2.1 MARCO CONCEPTUAL GENERAL RELATIVO A LA CARRERA.....	36
	2.1.1 Ingeniería.....	36
	2.1.2 Empresa.....	36
	2.1.3 Suministros o servicios.....	37

2.1.4 Materia prima.....	37
2.1.5 Equipo productivo.....	38
2.1.6 Producto o servicio.....	38
2.1.7 Proceso .....	38
2.1.8 Cadena de suministros.....	39
2.1.8.2 Compras .....	42
2.1.8.3 Logística.....	42
2.1.8.3.1 Administración y gestión de inventarios .....	43
2.1.8.3.1.1 Clasificación de los inventarios .....	44
2.1.8.3.1.2 Planeación de los inventarios.....	45
2.1.8.3.1.2.1 Cantidad Económica de Pedido (EOQ).....	46
2.1.8.3.1.2.2 Punto de reorden .....	48
2.1.8.3.2 Almacenamiento y manejo de los materiales .....	49
2.1.8.4.3 Transporte .....	49
2.1.16 Justo a Tiempo (JIT).....	51
2.1.17 Metodología 5 S.....	51
<b>2.2 MARCO CONCEPTUAL ATINENTE A LA GESTIÓN DEL PROYECTO .....</b>	<b>52</b>
2.2.1 Six Sigma.....	52
2.2.2 Metodología DMAIC.....	52
<b>2.3 MARCO CONCEPTUAL REFERENTE AL IMPACTO DEL PROYECTO .....</b>	<b>56</b>
2.3.1 Mejor calidad en los servicios operativos .....	56
2.3.2 Aumento de la productividad.....	56
2.3.3 Mejora continua de los procesos de inventario.....	57
2.3.4 Ahorro económico en los procesos.....	57
<b>2.4 ANTECEDENTES DE PROYECTOS O EXPERIENCIAS SEMEJANTES .....</b>	<b>58</b>
<b>CAPÍTULO III:.....</b>	<b>59</b>
<b>MARCO METODOLÓGICO .....</b>	<b>59</b>
3.1 METODOLOGÍA PARA LA DEFINICIÓN DEL PROBLEMA.....	60
3.2 METODOLOGÍA PARA LA MEDICIÓN Y RESPALDO CUALITATIVO DEL PROYECTO .....	61
3.3 METODOLOGÍA PARA LA PROPUESTA DE MEJORA, CONSTRUCCIÓN O PUESTA EN PRÁCTICA DE UN NUEVO PROCESO, PRODUCTO O SERVICIO .....	61
3.4 METODOLOGÍA PARA LA IMPLEMENTACIÓN DEL PROYECTO .....	63

<b>3.5 METODOLOGÍA PARA LA VERIFICACIÓN, ASEGURAMIENTO, CONTROL Y SEGUIMIENTO DE LOS RESULTADOS</b> .....	63
<b>CAPÍTULO IV:</b> .....	65
<b>LÍNEA BASE Y ANÁLISIS DE CAUSAS</b> .....	65
<b>4.1 Análisis de los procesos</b> .....	66
<b>4.1.1 Proceso de compra de materiales</b> .....	68
<b>4.1.1.1 Análisis de datos (evaluación de niveles de inventario)</b> .....	68
<b>4.1.1.2 Determinación de cantidad de pedido</b> .....	69
<b>4.1.2 Proceso de almacenamiento de materiales</b> .....	72
<b>4.1.2.1 Recepción de los materiales</b> .....	72
<b>4.1.2.2 Almacenamiento provisional</b> .....	72
<b>4.1.2.3 Ubicación y almacenamiento de los materiales</b> .....	73
<b>4.1.2.4 Reporte actualizado de inventario</b> .....	73
<b>4.1.3 Solicitud de materiales</b> .....	75
<b>4.2 Diagrama SIPOC</b> .....	77
<b>4.3 Elaboración de encuestas para identificar causas de problemática en el proceso</b> .....	79
<b>4.4 Diagnóstico de la situación actual</b> .....	96
<b>4.4.1 Poca planificación en el proceso de compras</b> .....	96
<b>4.4.2 Falta de un análisis previo de demanda</b> .....	97
<b>4.4.3 Problemas derivados del proceso de compras (sobreinventario, falta de materiales en distintos periodos)</b> .....	97
<b>4.4.4 Inadecuada organización de la bodega</b> .....	98
<b>4.4.5 Desorden presente en la bodega</b> .....	108
<b>4.4.5.1 Aplicación de metodología de 5s</b> .....	109
<b>4.4.5.1.1 Hoja de inspección 5s</b> .....	109
<b>4.4.6 Escaso control de entradas y salidas de material</b> .....	111
<b>4.4.7 Diferencias al realizar cierre de inventario</b> .....	112
<b>4.5 Diagrama de Ishikawa</b> .....	118
<b>4.6 Análisis del modo y efecto de la falla</b> .....	122
<b>CAPÍTULO V:</b> .....	125
<b>DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE LA SOLUCIÓN</b> .....	125
<b>5.1 Desarrollo de propuestas</b> .....	126
<b>5.2 Propuesta de establecimiento de un sistema de control de inventarios</b> .....	127

<b>5.3 Análisis de demanda</b> .....	128
<b>5.3.1 Pronóstico de la demanda</b> .....	141
<b>5.3.1.1 Adaptadores hembra</b> .....	143
<b>5.3.1.2 Adaptadores macho</b> .....	147
<b>5.3.1.3 Angulares</b> .....	150
<b>5.3.1.4 Clavos</b> .....	154
<b>5.3.1.5 Codos PVC</b> .....	158
<b>5.3.1.6 Llaves de balón</b> .....	161
<b>5.3.1.7 Reducciones</b> .....	164
<b>5.3.1.8 Silletas</b> .....	168
<b>5.3.1.9 Tapones</b> .....	171
<b>5.3.1.10 TEE PVC</b> .....	174
<b>5.3.1.11 Tubos PVC</b> .....	178
<b>5.3.1.12 Uniones de reparación</b> .....	181
<b>5.3.1.13 Unión de tope</b> .....	184
<b>5.3.1.14 Uniones lisas</b> .....	188
<b>5.3.1.15 Unión de transición</b> .....	191
<b>5.3.1.16 YEE PVC</b> .....	194
<b>Implementación de la metodología 5s</b> .....	198
<b>5.4.1 Explicación previa al personal</b> .....	198
<b>5.4.2 Desarrollo de la metodología 5s</b> .....	199
<b>5.4.2.1 Primera etapa CLASIFICAR (Limpieza inicial)</b> .....	199
<b>5.4.2.2 Segunda etapa ORDEN (optimización)</b> .....	201
<b>5.4.2.3 Tercera etapa LIMPIEZA (Formalización)</b> .....	207
<b>5.4.2.4 Cuarta etapa ESTANDARIZACIÓN</b> .....	210
<b>5.4.2.5 Quinta etapa DISCIPLINA (Perpetuidad)</b> .....	210
<b>5.4.2.5.1 Actividades grupales de limpieza</b> .....	211
<b>5.4.2.5.2 Evaluación de orden y limpieza del puesto de trabajo</b> .....	211
<b>5.4.2.5.3 Aspectos visuales</b> .....	212
<b>5.5 Propuesta para garantizar el nivel óptimo en la bodega de los materiales</b> .....	214
<b>5.5.1 Establecimiento de máximos y mínimos, cantidad de pedido y punto de reorden</b> .....	214
<b>5.5.1.1 Láminas</b> .....	216

5.5.1.2	Tubería .....	217
5.5.1.3	Materiales dispersos en bodega: materiales de construcción .....	218
5.5.1.4	Restante de materiales .....	220
5.6	Propuesta de almacenamiento para optimizar tiempos de búsqueda.....	225
5.6.1	Análisis de características de bodega y productos.....	225
5.6.2	Diseño del lay out del almacén.....	229
5.6.3	Distribución del flujo de unidades.....	231
5.6.4	Identificación de ubicaciones .....	233
5.6.4.1	Láminas .....	233
5.6.4.2	Tubos.....	234
5.6.4.3	Materiales de construcción .....	236
5.6.4.4	Almacenamiento de materiales de acuerdo con la Clasificación ABC.....	238
5.7	Análisis de tiempos de despacho estimados al implementar propuesta .....	266
5.8	Propuesta para eliminar el extravío de piezas .....	268
5.9	Análisis económico .....	270
5.10	Propuesta para controlar el sistema .....	274
5.10.1	Definición de indicadores .....	274
5.11	Diagrama de Gantt .....	276
<b>CAPÍTULO VI: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....</b>		<b>277</b>
6.1	Conclusiones .....	278
6.2	Recomendaciones.....	280
<b>BIBLIOGRAFÍA.....</b>		<b>281</b>

### Índice de figuras

Figura 1.	Organigrama del departamento .....	26
Figura 2.	Clasificación de las empresas .....	37
Figura 3.	Representación general de un proceso .....	39
Figura 4.	Tres grandes logísticas de la empresa.....	43
Figura 5.	Metodología DMAIC .....	55
Figura 6.	Funcionamiento del departamento.....	67
Figura 7.	Diagrama de proceso .....	71
Figura 8.	Diagrama de proceso .....	74
Figura 9.	Diagrama de proceso .....	77
Figura 10.	Diagrama SIPOC .....	78
Figura 11.	Organización de la bodega planta inferior .....	99

Figura 12. Organización de bodega planta superior.....	100
Figura 13. Simbología.....	101
Figura 14. Representación gráfica del sistema de administración y control de inventarios.....	128
Figura 15. Pronóstico mediante variación estacional simple.....	143
Figura 16. Pronóstico de variación estacional con tendencia.....	146
Figura 17. Pronóstico de demanda mediante variación simple.....	147
Figura 18. Pronóstico demanda variación estación con tendencia.....	149
Figura 19. Pronóstico de demanda variación estacional simple.....	151
Figura 20. Pronóstico de demanda variación estacional con tendencia.....	153
Figura 21. Pronóstico de demanda variación estacional simple.....	155
Figura 22. Pronóstico de demanda variación estacional con tendencia.....	157
Figura 23. Pronóstico de demanda Codos PVC variación estacional simple.....	158
Figura 24. Pronóstico de demanda variación estacional con tendencia.....	160
Figura 25. Pronóstico de demanda variación estacional simple.....	161
Figura 26. Pronóstico de la demanda variación estacional con tendencia.....	163
Figura 27. Pronóstico de demanda variación estacional simple.....	165
Figura 28. Pronóstico de demanda variación estacional con tendencia.....	167
Figura 29. Pronóstico de demanda variación estacional simple.....	168
Figura 30. Pronóstico de demanda variación estacional con tendencia.....	170
Figura 31. Pronóstico demanda variación estacional simple.....	171
Figura 32. Pronóstico de demanda variación estacional con tendencia.....	173
Figura 33. Pronóstico demanda variación estacional simple.....	175
Figura 34. Pronóstico de demanda variación estacional con tendencia.....	177
Figura 35. Pronóstico de demanda variación estacional simple.....	178
Figura 36. Pronóstico de demanda variación estacional con tendencia.....	180
Figura 37. Pronóstico de demanda variación estacional simple.....	181
Figura 38. Pronóstico de demanda variación estacional con tendencia.....	183
Figura 39. Pronóstico de demanda variación estacional simple.....	185
Figura 40. Pronóstico de demanda variación estacional con tendencia.....	187
Figura 41. Pronóstico de demanda variación estacional simple.....	188
Figura 42. Pronóstico de demanda variación estacional con tendencia.....	190
Figura 43. Pronóstico de demanda variación estacional simple.....	191
Figura 44. Pronóstico de demanda variación estacional con tendencia.....	193
Figura 45. Pronóstico de demanda variación estacional simple.....	195
Figura 46. Pronóstico de demanda variación estacional con tendencia.....	197
Figura 47. Croquis de ubicación inicial.....	204
Figura 48. Códigos establecidos para cada área.....	205
Figura 49. Propuesta de rotulación individual presentada.....	206
Figura 50. Propuesta de rotulación con colores.....	207
Figura 51. Matriz de implementación.....	213
Figura 52. Flujo de materiales.....	232
Figura 53. Estantes de tubería sección inferior.....	234
Figura 54. Estante de tubería sección superior e intermedia.....	235
Figura 55. Propuesta final de almacenamiento en estantes de tubería.....	236

<b>Figura 56. Sección principal bodega .....</b>	<b>237</b>
<b>Figura 57. Ubicación de portón secundario.....</b>	<b>238</b>
<b>Figura 58. Estantes Industriales.....</b>	<b>241</b>
<b>Figura 59. Organización de la bodega (ubicación de estantes).....</b>	<b>246</b>
<b>Figura 60. Acomodo propuesto material Estante 1.....</b>	<b>247</b>
<b>Figura 61. Simbología .....</b>	<b>247</b>
<b>Figura 62. Acomodo propuesto material Estante 2.....</b>	<b>249</b>
<b>Figura 63. Acomodo propuesto material Estante 3.....</b>	<b>249</b>
<b>Figura 64. Acomodo propuesto material Estante 4.....</b>	<b>250</b>
<b>Figura 65. Acomodo propuesto material Estante 5 y 6.....</b>	<b>250</b>
<b>Figura 66. Propuesta de almacenamiento de uniones lisas .....</b>	<b>251</b>
<b>Figura 67. Almacenamiento propuesto para adaptadores macho .....</b>	<b>253</b>
<b>Figura 68. Propuesta de almacenamiento para adaptador hembra.....</b>	<b>254</b>
<b>Figura 69. Propuesta de almacenamiento de YEE de PVC .....</b>	<b>256</b>
<b>Figura 70. Propuesta de almacenamiento de angulares .....</b>	<b>257</b>
<b>Figura 71. Propuesta de almacenamiento de pintura.....</b>	<b>258</b>
<b>Figura 72. Propuesta de almacenamiento de cubetas restantes estante 2 .....</b>	<b>259</b>
<b>Figura 73. Propuesta de almacenamiento de válvulas y llaves de compuerta.....</b>	<b>259</b>
<b>Figura 74. Distribución de materiales clasificación B.....</b>	<b>261</b>
<b>Figura 75. Propuesta de distribución en estantes industrial (Metodología ABC).....</b>	<b>263</b>
<b>Figura 76. Propuesta de organización de la bodega (Parte inferior).....</b>	<b>264</b>
<b>Figura 77. Propuesta de distribución, Segunda planta.....</b>	<b>265</b>
<b>Figura 78. Análisis económico .....</b>	<b>272</b>
<b>Figura 79. Diagrama de Gantt .....</b>	<b>276</b>

## Índice de tablas

<b>Tabla 1. Faltante de inventario identificado</b> .....	28
<b>Tabla 2. Discrepancias en registros de inventario</b> .....	30
<b>Tabla 3. Términos de la Metodología 5S</b> .....	51
<b>Tabla 4. Metodología para definir la problemática</b> .....	60
<b>Tabla 5. Metodología para la medición y respaldo</b> .....	61
<b>Tabla 6. Metodología para la propuesta de mejora, construcción o puesta en práctica de un nuevo proceso, producto o servicio. El análisis de datos</b> .....	62
<b>Tabla 7. Metodología para la implementación</b> .....	63
<b>Tabla 8. Metodología para el control y seguimiento</b> .....	63
<b>Tabla 9. Materiales con faltante identificado no se cuenta con existencia en inventario Período Diciembre 2017</b> .....	70
<b>Tabla 10. Resultados</b> .....	80
<b>Tabla 11. Resultados</b> .....	81
<b>Tabla 12. Opinión causas proceso de compras</b> .....	83
<b>Tabla 13. Pareto causas proceso de compras</b> .....	84
<b>Tabla 14. Resultados</b> .....	86
<b>Tabla 15. Opinión de causas proceso de almacenamiento</b> .....	88
<b>Tabla 16. Pareto causas proceso de almacenamiento</b> .....	89
<b>Tabla 17. Resultados</b> .....	90
<b>Tabla 18. Opinión causas proceso de manejo y control del inventario</b> .....	92
<b>Tabla 19. Pareto Proceso de manejo y control del inventario</b> .....	93
<b>Tabla 20. Resultados</b> .....	94
<b>Tabla 21. Análisis de orden girada versus orden requerida</b> .....	98
<b>Tabla 22. Agrupaciones por similitud</b> .....	101
<b>Tabla 23. Órdenes solicitadas y demanda de materiales</b> .....	105
<b>Tabla 24. Tamaño de la muestra</b> .....	106
<b>Tabla 25. Tiempo de búsqueda de materiales (minutos)</b> .....	107
<b>Tabla 26. Tiempo de búsqueda</b> .....	107
<b>Tabla 27. Inspección 5S</b> .....	109
<b>Tabla 28. Ponderación utilizada</b> .....	110
<b>Tabla 29. Resultados obtenidos</b> .....	111
<b>Tabla 30. Reporte de Inventario Período 2017</b> .....	112
<b>Tabla 31. Materiales extraviados Periodo 2017</b> .....	114
<b>Tabla 32. Materiales disipados</b> .....	115
<b>Tabla 33. Excedentes de inventario identificados en el periodo 2017</b> .....	115
<b>Tabla 34. Detalle de materias primas con mayor excedente de inventario</b> .....	116
<b>Tabla 35. Costo de materias primas que corresponden a excedentes de inventario</b> ..	117
<b>Tabla 36. Análisis del modo y efecto de la falla</b> .....	122
<b>Tabla 37. Análisis del modo y efecto de falla</b> .....	123
<b>Tabla 38. Situación actual versus propuesta</b> .....	126
<b>Tabla 39. Demanda periodo Julio 2017- Junio 2018</b> .....	130
<b>Tabla 40. Demanda total de materiales Periodo 2017-2018</b> .....	136
<b>Tabla 41. Pronóstico mediante variación estacional simple</b> .....	143

Tabla 42. Cálculo de Índice de estacionalidad .....	144
Tabla 43. Pronóstico mediante variación estacional con tendencia .....	144
Tabla 44. Cálculo de Valores .....	145
Tabla 45. Cálculo del pronóstico estimado .....	145
Tabla 46. Cálculo de la desviación absoluta media (MAD) .....	146
Tabla 47. Pronóstico de demanda mediante variación estacional simple .....	147
Tabla 48. Pronóstico de variación estacional con tendencia .....	148
Tabla 49. Cálculo de valores .....	148
Tabla 50. Cálculo del pronóstico estimado .....	149
Tabla 51. Cálculo de desviación media absoluta (MAD) .....	150
Tabla 52. Pronóstico de demanda mediante variación estacional simple .....	150
Tabla 53. Pronóstico de demanda variación estacional con tendencia .....	151
Tabla 54. Cálculo de valores .....	152
Tabla 55. Cálculo del pronóstico estimado .....	152
Tabla 56. Cálculo de Desviación media absoluta (MAD) .....	153
Tabla 57. Pronóstico de demanda variación estacional simple .....	154
Tabla 58. Pronóstico demanda de clavos .....	154
Tabla 59. Pronóstico de demanda variación estacional con tendencia .....	155
Tabla 60. Cálculo de valores .....	156
Tabla 61. Cálculo de pronóstico estimado .....	156
Tabla 62. Cálculo de Desviación media Absoluta .....	157
Tabla 63. Pronóstico de demanda variación estacional simple .....	158
Tabla 64. Pronóstico de demanda variación estacional con tendencia .....	159
Tabla 65. Cálculo de valores .....	159
Tabla 66. Cálculo de pronóstico estimado .....	160
Tabla 67. Cálculo de Desviación media Absoluta .....	160
Tabla 68. Pronóstico demanda variación estacional simple .....	161
Tabla 69. Pronóstico de demanda variación estacional con tendencia .....	162
Tabla 70. Cálculo de valores .....	162
Tabla 71. Cálculo de pronóstico estimado .....	163
Tabla 72. Cálculo de Desviación media absoluta .....	164
Tabla 73. Pronóstico demanda variación estacional simple .....	164
Tabla 74. Pronóstico de demanda variación estacional con tendencia .....	165
Tabla 75. Cálculo de Valores .....	166
Tabla 76. Cálculo de demanda estimada .....	166
Tabla 77. Cálculo de Desviación media Absoluta (MAD) .....	167
Tabla 78. Pronóstico demanda variación estacional simple .....	168
Tabla 79. Pronóstico de demanda variación estacional con tendencia .....	169
Tabla 80. Cálculo de valores .....	169
Tabla 81. Cálculo de pronóstico estimado .....	170
Tabla 82. Cálculo de Desviación media Absoluta (MAD) .....	170
Tabla 83. Pronóstico demanda variación estacional simple .....	171
Tabla 84. Pronóstico de demanda variación estacional con tendencia .....	172
Tabla 85. Cálculo de valores .....	172

Tabla 86. Cálculo de pronóstico estimado .....	173
Tabla 87. Cálculo de Desviación media Absoluta (MAD).....	174
Tabla 88. Pronóstico demanda variación estacional simple .....	174
Tabla 89. Pronóstico de demanda variación estacional con tendencia .....	175
Tabla 90. Cálculo de valores .....	176
Tabla 91. Pronóstico de demanda estimado.....	176
Tabla 92. Cálculo de Desviación media Absoluta (MAD).....	177
Tabla 93. Pronóstico demanda variación estacional simple .....	178
Tabla 94. Pronóstico de demanda variación estacional con tendencia .....	179
Tabla 95. Cálculo de valores .....	179
Tabla 96. Cálculo de pronóstico estimado .....	180
Tabla 97. Cálculo de Desviación media absoluta (MAD) .....	180
Tabla 98. Pronóstico demanda variación estacional simple .....	181
Tabla 99. Pronóstico de demanda variación estacional con tendencia .....	182
Tabla 100. Cálculo de valores .....	182
Tabla 101. Cálculo de pronóstico estimado.....	183
Tabla 102. Cálculo de Desviación media absoluta.....	184
Tabla 103. Pronóstico de demanda variación estacional simple .....	184
Tabla 104. Pronóstico de demanda variación estacional con tendencia .....	185
Tabla 105. Cálculo de valores .....	186
Tabla 106. Cálculo de demanda estimada .....	186
Tabla 107. Cálculo de Desviación media Absoluta (MAD) .....	187
Tabla 108. Pronóstico demanda variación estacional simple .....	188
Tabla 109. Pronóstico de demanda variación estacional con tendencia .....	189
Tabla 110. Cálculo de Valores.....	189
Tabla 111. Cálculo de pronóstico estimado.....	190
Tabla 112. Cálculo de Desviación media Absoluta (MAD) .....	190
Tabla 113. Pronóstico demanda variación estacional simple .....	191
Tabla 114. Pronóstico de demanda variación estacional con tendencia .....	192
Tabla 115. Cálculo de valores .....	192
Tabla 116. Cálculo de pronóstico estimado.....	193
Tabla 117. Cálculo de Desviación media Absoluta .....	194
Tabla 118. Pronóstico de demanda variación estacional simple .....	194
Tabla 119. Pronóstico de demanda variación estacional con tendencia .....	195
Tabla 120. Cálculo de valores .....	196
Tabla 121. Cálculo de pronósticos estimados .....	196
Tabla 122. Cálculo de Desviación media Absoluta (MAD) .....	197
Tabla 123. Materiales innecesarios identificados.....	200
Tabla 124. Demanda total de periodo versus órdenes emitidas.....	202
Tabla 125. Códigos establecidos por área .....	204
Tabla 126. Ejemplo de identificación de zonas por colores .....	207
Tabla 127. Cronograma de limpieza .....	209
Tabla 128. Simbología.....	209
Tabla 129. Hoja de evaluación de limpieza del área de trabajo .....	212

<b>Tabla 130. Tabla de máximos y mínimos para láminas</b> .....	216
<b>Tabla 131. Máximos y mínimos Tubos PVC</b> .....	217
<b>Tabla 132. Mínimos y máximos Materiales de construcción</b> .....	219
<b>Tabla 133. Establecimiento de mínimos y máximos (Categorías)</b> .....	220
<b>Tabla 134. Clasificación ABC</b> .....	239
<b>Tabla 135. Clasificación ABC (Modificaciones aplicadas)</b> .....	240
<b>Tabla 136. Costo de estantes industriales</b> .....	242
<b>Tabla 137. Distribución del espacio en los estantes industriales</b> .....	243
<b>Tabla 138. Costo de canastas organizadoras</b> .....	245
<b>Tabla 139. Inventario de uniones lisas</b> .....	252
<b>Tabla 140. Niveles de inventario adaptador macho</b> .....	253
<b>Tabla 141. Nivel de inventario actual de adaptador hembra</b> .....	255
<b>Tabla 142. Niveles de inventario YEE de PVC</b> .....	256
<b>Tabla 143. Niveles de inventario de angulares</b> .....	257
<b>Tabla 144. Materiales Clasificación B</b> .....	260
<b>Tabla 145. Ubicación de materiales clase C</b> .....	262
<b>Tabla 146. Promedio de muestras de tiempos minutos</b> .....	267
<b>Tabla 147. Tiempos de búsqueda de materiales (Propuesta aplicada)</b> .....	267
<b>Tabla 148. Resultados de análisis de tiempos</b> .....	268
<b>Tabla 149. Cálculo de indicadores</b> .....	273

## **vii- Resumen ejecutivo y artículo publicable**

El proyecto busca mejorar los procesos atinentes a la administración y control del inventario empleando herramientas ingenieriles basadas en la metodología DMAIC en el Departamento de Acueducto de la Municipalidad de Santa Bárbara. Al analizar los registros históricos presentados por el departamento en el periodo 2017-2018, se evidenciaron las causas por medio de la utilización de herramientas de toma de tiempos, diagramas de flujo e Ishikawa. A través de la herramienta FMEA, se priorizaron cuatro causas por abordar en el proyecto, las cuales son:

- Falta de un adecuado sistema de administración y control de inventario.
- Escasas metodologías que den soporte al proceso de compras para evitar la subjetividad en el proceso de toma de decisiones.
- Materiales expuestos fuera del área de bodega producto del sobreinventario al comprar ciertos materiales (especialmente de construcción).
- Forma de almacenamiento inadecuada de los materiales, lo que dificulta la búsqueda propiciando un aumento en los tiempos de despacho de órdenes.

De acuerdo con esto, se desarrollaron propuestas enfocadas en establecer un proceso de compras basado en el análisis de demanda, puntos de reorden, máximos y mínimos, así como la cantidad de pedido óptima para favorecer la toma de decisiones. Además, se establecieron propuestas enfocadas en mejorar y optimizar el espacio en bodega, como la metodología 5S y la reorganización del área. Con esto, se espera tener un ahorro de tiempo de un 59,88 % en los tiempos de despacho por mes y un costo-beneficio de 12,70 de ahorro al departamento. Al eliminar estos factores

perjudiciales, se estima un ahorro de 63.931.145,64, lo cual representa el beneficio principal por el que se desarrolla el proyecto.

## **CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN**

## **1.1 DESCRIPCIÓN GENERAL DEL PROYECTO**

El proyecto está enfocado en el campo de la logística industrial, la cual comprende aspectos específicos relacionados con el almacenamiento, manejo y distribución del inventario, entre otros aspectos que forman parte importante de la cadena de suministro de una organización.

Ante esto, se considera en la actualidad la logística uno de los aspectos más importantes por considerar por parte de la empresa para garantizar su éxito. Por esta situación, se desarrolla un proyecto enfocado en mejorar temas de abastecimiento, control, manejo y almacenamiento del inventario en el Departamento de Acueducto de la Municipalidad de Santa Bárbara de Heredia.

Además, se espera que, con las propuestas presentadas sobre la marcha, la eficiencia al dar manejo al inventario aumente generando así una mejor interconexión entre los procesos internos del departamento, con el fin de brindar un mejor servicio a la comunidad.

Se plantea realizar una serie de mejoras en cuanto a la distribución actual de la bodega, para dar un mejor aprovechamiento al espacio físico y a la vez contar con un espacio más organizado. Entre otras de las propuestas por desarrollar, se busca establecer controles específicos para fiscalizar de maneras más efectivas el inventario disponible y evitar faltantes en materiales que frenan el accionar de las cuadrillas por no tener disponibles estos recursos.

## **1.2 IDENTIFICACIÓN DE LA EMPRESA O INSTITUCIÓN**

### **1.2.1 Reseña histórica**

El cantón de Santa Bárbara fue constituido en el gobierno de don Próspero Fernández Oreamuno, según Ley N.º 22 del 29 de setiembre de 1882, donde se le otorgó el título de Villa a la población de Santa Bárbara, cabecera del nuevo cantón creado en esa oportunidad. En el presente siglo, en la Ley N.º 4574 del 4 de mayo de 1970, se promulgó el Código Municipal que en su artículo 3º le confirió a la Villa la categoría de Ciudad por ser cabecera de cantón.

Años más tarde, la Municipalidad de Heredia, para cumplir con lo dispuesto en el artículo 12 de la Ley N.º 36 del 7 de diciembre de 1848, se reunió extraordinariamente tres días después, a fin de establecer los distritos parroquiales del cantón, disponiendo que Santa Bárbara, Jesús, San Pedro y San Juan conformaran el cuarto cantón de Heredia.

Respecto a temas de interés para el proyecto, se resalta que, para el año de 1914, se instaló una planta que, aprovechando las aguas del río Porrosatí, generó energía hidroeléctrica para la villa cabecera del cantón y el poblado de San Juan, iniciando de esta forma los trabajos para dar aprovechamiento a las aguas de la zona. Posteriormente, en un lapso breve, se construyó la primera cañería de agua potable, durante la administración de don Ricardo Jiménez Oreamuno (1910-1914), esta era tomada del Río Potrerillos y para la segunda administración (1924-1928), se construyeron las cañerías para los poblados de San Pedro y San Juan.

## **1.2.2 Generalidades**

### **a) Ubicación geográfica**

Santa Bárbara es el cantón cuarto de la provincia de Heredia, constituido por Decreto Ejecutivo número XXI del 29 de septiembre de 1882. Se localiza a 7 kilómetros hacia el noroeste de la ciudad de Heredia, a 5 kilómetros de la ciudad de Alajuela y a 15 kilómetros de la capital, San José.

### **b) Extensión**

El cantón de Santa Bárbara sobre el cual rige el municipio tiene forma alargada, de norte a sur, casi rectangular, pues se extiende desde las inmediaciones de Vara Blanca por el norte, hasta su límite sur con el cantón de San Joaquín de Flores; a una altura de 1.140 metros donde se encuentra su cabecera, pero varía según se asciende o desciende hacia las distintas poblaciones del cantón. Su extensión es de 50,32 kilómetros cuadrados. Cabe destacar que el Departamento de Acueducto debe velar por llevar servicios de agua a las zonas donde sea posible habilitarlos a lo largo y ancho del cantón.

### **c) Misión**

“La Municipalidad de Santa Bárbara es una institución autónoma, que promueve la capacidad y el desarrollo integral de manera innovadora, oportuna, con eficiencia institucional y que administra servicios públicos con el propósito de contribuir al bienestar de sus habitantes” (Municipalidad de Santa Bárbara, 2018, Misión).

### **d) Visión**

“La Municipalidad de Santa Bárbara es protagonista del desarrollo humano local, eleva la capacidad de gestión institucional, integral y efectiva, por su organización

y fortalecimiento administrativo-financiero y la prestación de servicios de calidad” (Municipalidad de Santa Bárbara, 2018, Visión).

### **e) Servicio de agua potable**

El servicio de agua potable es municipal en su mayoría, con ASADAS en las comunidades de San Bosco, los Cartagos y Amapola, la mayoría de las urbanizaciones cuentan con agua propia a través de pozos. Existen 8813 servicios de agua cobrados, según la base datos del sistema de cobros municipales, los cuales abastecen la mayor parte de la comunidad de Santa Bárbara.

El agua del acueducto está tomada directamente de las nacientes que van a los tanques de almacenamiento, todas las redes de conducción y distribución son por gravedad. En la actualidad, existe un sistema de cloración diario con el objetivo de brindar un servicio de excelencia a la comunidad manteniendo en las mejores condiciones el agua distribuida a través de las redes. Adicionalmente, se realizan cuatro análisis de calidad de agua anuales, a través de un convenio con la Universidad Nacional y los otros dos con Acueductos y Alcantarillados como ente rector.

El Departamento de Acueducto vela por brindar y garantizar un servicio de agua potable cumpliendo los estándares de calidad para satisfacer los requerimientos de la comunidad de Santa Bárbara. Ante esto, debido a la necesidad de facilitar este servicio al poblado, el departamento brinda servicios de trámite o bien operativos como:

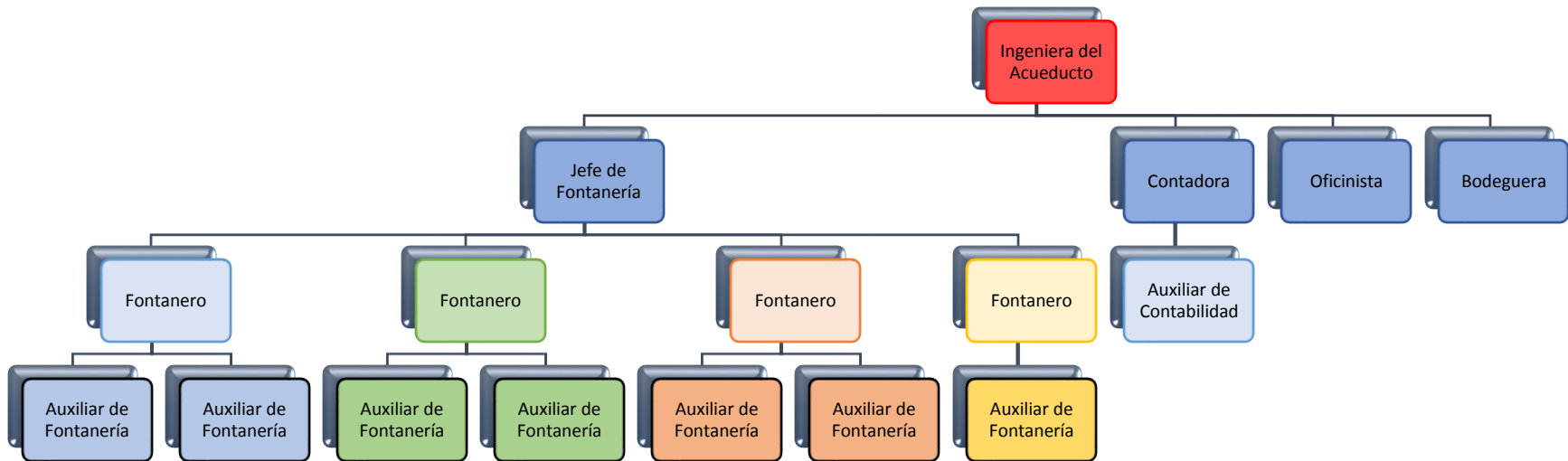
- Solicitud de disponibilidad de agua para visado
- Reportes de averías diarias

- Solicitud de paja de agua
- Instalación de paja de agua
- Mantenimiento de tanques de agua y redes de distribución

Estos servicios se ofrecen a la población en general según sea el caso que el cliente, en este caso, el ciudadano requiera, excepto temas de mantenimientos que aplican únicamente como estrategias operativas.

#### **f) Organigrama**

Como se muestra en la figura 1, actualmente el Departamento de Acueducto cuenta con 17 personas para desarrollar las funciones administrativas y operativas que le competen, entre los cuales se puede mencionar un ingeniero responsable del departamento, cuatro cuadrillas de fontanería con sus respectivos auxiliares y una funcionaria administrativa encargada de la contabilidad, así como su respectiva auxiliar encargada a la vez de otras labores a nivel administrativo relacionadas con el funcionamiento del acueducto.



**Figura 1. Organigrama del departamento**

Fuente: elaboración propia.

## 1.3 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

### 1.3.1 Idea del problema

El departamento actualmente cuenta con una problemática derivada de la forma como se gestiona y se administra el inventario. Se evidencian problemas concretos en puntos como el proceso de compras, la metodología de almacenamiento y la forma en que se maneja el inventario. Analizando detalladamente estos procesos logísticos, se evidenciaron las siguientes situaciones:

Proceso de compras: el proceso actual de compras presenta deficiencias, debido a que no existe actualmente una planificación estructurada para dar soporte a este proceso. No se evalúa la demanda presente en los periodos anteriores, a pesar de que existen registros que permiten analizar los movimientos presentes en el departamento. Estas situaciones producen que el proceso de compras presente subjetividad por parte de la encargada del departamento, ya que al no contar con un respaldo técnico donde se evidencie la demanda estimada, proyecciones de consumo, cantidad máxima y mínima, entre otras, provoca que la encargada realice las compras según el “criterio de experto”, lo cual provoca problemas de sobreinventario o faltante de materiales.

Según la situación mencionada con anterioridad, se han identificado excesos de materiales que representan un costo de \$3.282.241,83, donde se observa que el uso de estos materiales se ve lejano, debido a la escasa rotación que presentan, lo cual repercute en el sobreinventario mencionado. Respecto al faltante de materiales, se evidencian casos en el periodo de diciembre del 2017 donde se agotaron existencias

de materiales generando problemas para atender labores operativas de forma pronta. Por ende, para evidenciar el problema descrito se generó la tabla 1:

**Tabla 1. Faltante de inventario identificado**

<b>Materiales</b>	<b>Faltante identificado</b>
Unión lisa de 2 y 1/2"	-82
TEE de 2 y 1/2"	-47
Llave de balín de 1" metálica	-14
Tapón con rosca interna de 2 y 1/2	-4
Angulares de 2 x 2 en 1/8	-2
Adaptador rápido 1" macho	-2
Tapón con rosca externa de 3"	-1
Semicodo de hierro de 3" (rosca)	-1
Unión de transición de 1/4"	-1

Fuente: elaboración propia.

La tabla 1 muestra los faltantes identificados en el mes de diciembre del año 2017 para los materiales mencionados. Es importante indicar que esto afecta la atención de situaciones como reportes de averías de forma pronta, debido a que se debe realizar la compra de los materiales en primera instancia, lo cual retrasa la atención al esperar por estos.

Metodología actual de almacenamiento: el *lay out* del almacén juega un papel importante para evitar generar aumento en los tiempos de búsqueda y despacho de órdenes, a la vez, optimizar el espacio en la bodega. El almacenamiento actual presenta carencia, donde se observa en primera instancia desorden del área de bodega. Analizando este factor, se evidencian materiales como cajas, envases vacíos, residuos plásticos que generan desorden en la bodega. Además, la bodega no cuenta con la rotulación adecuada que permita ubicar cada zona de almacenamiento, así como la ubicación de los materiales con rapidez.

Tomando en cuenta los beneficios esperados al realizar el *lay out* de la bodega, se evidencian problemas, ya que se extienden los tiempos de búsqueda más de un 50 % de lo debido. Mejorar la metodología actual de almacenamiento, realizando la rotulación correspondiente de cada zona de almacenamiento, la rotulación de cada material para la pronta ubicación y realizar mejoras utilizando metodologías de almacenamiento ABC basado en la demanda de materiales es requerido para establecer un *lay out* acorde a los requerimientos del proceso.

Producto de la metodología de almacenamiento, se han evidenciado al menos cinco casos donde los materiales sufren una afectación de sus propiedades físicas que produce un costo adicional de obsolescencia o disipación de \$3.256.380,64.

Analizando el caso de forma detallada, se evidenció cómo al exponer los materiales (compuestos) a diversas condiciones climáticas, producto del mal manejo y un inapropiado almacenamiento, se generó la disipación de materiales representando un costo adicional al departamento.

Manejo y control del inventario: el departamento evidencia problemas para controlar y manejar el inventario de materiales de diversas formas. Se presentan situaciones donde se generan salidas de materiales y no se entrega lo correspondiente, por lo cual no se genera el reporte de la salida en los registros de Excel del departamento, generando una diferencia entre las existencias reales en bodega y los registros manejados en este. De acuerdo con la situación mencionada con anterioridad, se observan los reportes de inventario generado tanto en el departamento como en la bodega para evidenciar las diferencias al registrar este.

**Tabla 2. Discrepancias en registros de inventario**

Registro de unidades disponibles en inventario	
Departamento de Acueducto	Bodega
71603,51	39745,28

Fuente: elaboración propia.

La tabla 2 muestra las diferencias que se generan al final del periodo entre los registros del Departamento de Acueducto y los registros del área de bodega. Este factor provoca que no se tenga exactitud en los inventarios, lo que repercute al realizar procesos de toma de decisiones al comprar materiales. Además, influenciado por estas situaciones, los reportes finales evidencian faltante de materiales que se deben traducir en costos al realizar el proceso de rendición de cuentas en alcaldía. Este factor se traduce en costo económico que ronda los \$37.902.106,00, debido a que se desconoce a ciencia cierta qué sucedió con los materiales y no existe un respaldo para evidenciar el uso de las piezas reportadas como extraviadas.

### **1.3.2 Definición del problema**

Producto de las situaciones mencionadas con anterioridad, se establece que el problema principal que sufre el departamento se deriva de las deficiencias con las que cuenta el actual sistema de gestión y administración del inventario. Se debe fortalecer este al buscar la interrelación de los procesos de compras, el *lay out* de la bodega y la forma como se controla el inventario. Con esto se busca disminuir la problemática enfrentada por el departamento y garantizar la optimización de cada proceso mencionado.

### 1.3.3 Justificación

En los últimos tiempos, uno de los temas que más auge ha tenido en cuanto a la importancia que representa para la empresa es el de cadena de suministro. La logística es parte fundamental y esencial para un buen desempeño y funcionamiento de la cadena de suministros en las empresas, tanto así que se considera que representa entre el 60 y 80 % del costo de ventas en una compañía. Ante esta situación, se puede afirmar que una adecuada gestión logística garantiza a la empresa una ventaja competitiva y a la vez impulsa su crecimiento.

Ante esto, es importante comprender y entender el término de cadena de suministros, ya que de esta se derivaban los aspectos de logística (rama ingenieril en la que se enfoca el estudio), USAID| Proyecto Deliver (2011) define según el Consejo de Profesionales de la Gerencia de la Cadena de Suministros que:

La gerencia de la cadena de suministro abarca la planificación y la administración de todas las actividades involucradas en el financiamiento y en las adquisiciones... y todas las actividades de administración logística. En gran medida, incluye también la coordinación y la colaboración con los socios del sistema; éstos pueden ser proveedores, intermediarios, proveedores terceristas y clientes. En esencia, la gerencia de la cadena de suministro integra la gerencia de la oferta y la demanda adentro y a través de las compañías. (Consejo de Profesionales de la Gerencia de la Cadena de Suministros [CPGCS], citado por USAID| Proyecto Deliver, 2011, p.13).

Se puede recalcar que un adecuado sistema de gestión, unificando cada uno de los aspectos que la componen, garantizaría ventajas competitivas y un sistema operativo

más eficiente a la empresa. Conocer cada una de las etapas de la cadena de suministros brinda a las organizaciones mayor conocimiento interno de sus procesos y una rápida identificación de posibles puntos por mejorar. También se pueden mencionar las ventajas que esto ofrece en cuanto a costos de producción, lo cual se refleja directamente en el precio de venta oficial, brindando a los clientes productos con altos estándares de calidad a un menor costo, debido a la adecuada gestión de esta.

Por este motivo, se decide realizar un proyecto dentro del Departamento de Acueducto para mejorar la forma en que actualmente desarrollan temas logísticos, como lo son el almacenamiento, compras de material y el control de disponibilidad de materiales para operar.

## **1.4 OBJETIVOS DEL PROYECTO**

### **1.4.1 Objetivo general**

Rediseñar el sistema de administración y control de inventarios en el Departamento de Acueducto de la Municipalidad de Santa Bárbara que impacte en los costos del proceso de control y manejo de inventarios, así como los faltantes de materiales de trabajo.

### **1.4.2 Objetivos específicos**

- Diagnosticar el proceso actual mediante herramientas utilizadas en la metodología DMAIC para evidenciar las oportunidades de mejora.
- Analizar el impacto que genera para la organización la gestión actual del proceso de control y manejo de inventario.
- Diseñar un sistema de control de inventario que determine la demanda, el inventario de seguridad, puntos de reorden y control de costos.
- Determinar factibilidad de las propuestas planteadas mediante una valoración de costo/beneficio para su implementación.
- Realizar un plan piloto en el Departamento de Acueducto, del sistema de inventario desarrollado y un diagrama Gantt que indique los tiempos previstos para el cumplimiento de las actividades establecidas.

## **1.5 ALCANCES Y LIMITACIONES**

### **1.5.1 Alcances**

El actual proyecto se desarrolla en el Departamento de Acueducto de la Municipalidad de Santa Bárbara, enfocado específicamente al manejo y control de inventario, abarcando desde el momento en el que se realizan las compras hasta dar el respectivo resguardo a los materiales. La finalidad del proyecto radica en establecer una serie de estrategias donde se plantee un adecuado manejo y control del inventario, desde el momento de la compra hasta el almacenamiento adecuado de los materiales, garantizando a la institución aumentos en la productividad. Ante esto, se plantea elaborar metodologías de trabajo, así como recomendaciones y mejoras por implementar, con el objetivo de brindar las herramientas necesarias para contrarrestar la problemática derivada del mal manejo al inventario.

### **1.5.2 Limitaciones**

La principal limitación a la que se enfrenta el proyecto es el actual espacio físico de la bodega, ya que limita en temas de compra de materiales al departamento. Además, otro aspecto por considerar es el factor económico, ya que, al realizar el proceso de compras, el departamento cuenta con un presupuesto sobre el cual debe regir, lo que muchas veces genera una discrepancia entre la cantidad real necesaria contra lo que en realidad se puede comprar de acuerdo con el presupuesto. Por otra parte, el factor confidencialidad influye, debido a que por políticas establecidas desde alcaldía se dificultó la toma de fotos para evidenciar situaciones.

**CAPÍTULO II:  
MARCO TEÓRICO**

## **2.1 MARCO CONCEPTUAL GENERAL RELATIVO A LA CARRERA**

El actual proyecto está enfocado en analizar temas relacionados con la cadena de suministros, debido a que un funcionamiento óptimo de esta resulta indispensable para toda organización, con el fin de minimizar costos y potencializar la productividad empresarial. Ante esto, se desarrolla una serie de conceptos para facilitar la comprensión del tema.

### **2.1.1 Ingeniería**

De acuerdo con la definición del Consejo de Acreditación para la Ingeniería y la Tecnología de Estados Unidos de América:

La ingeniería es la profesión en la que los conocimientos de matemáticas y ciencias naturales, obtenidos a través del estudio, la experiencia y la práctica, se aplican con juicio para desarrollar diversas formas de utilizar, de manera económica, las fuerzas y materiales de la naturaleza en beneficio de la humanidad. (Baca et al., 2014, p.1)

### **2.1.2 Empresa**

Existe una gama de definiciones amplias para definir concretamente el término de empresa, no obstante, para efectos de la investigación, se utiliza la afirmación expuesta por Baca et al. (2014) donde expresan: “Una empresa es un grupo organizado de personas que, a través de la administración del capital y del trabajo, produce bienes o servicios, que tienen como finalidad la satisfacción de las necesidades de una comunidad” (Baca et al., 2014, p. 29).



**Figura 2. Clasificación de las empresas**

Fuente: Introducción a la Ingeniería Industrial (Baca et al., 2014).

### 2.1.3 Suministros o servicios

Quizás uno de los aspectos más importantes para operar en una empresa es el tema de los suministros. Concretamente se puede afirmar que son uno de los ejes que dictan en muchos casos temas de costos (fijos / variables) que se van a generar para la empresa, con el fin de operar satisfactoriamente para obtener el resultado deseado. En su investigación, Baca et al. (2014) expresan brevemente que los suministros: “son todos los recursos necesarios para realizar el proceso de transformación” (p.32). Con esto, se puede hacer referencia a que todos los recursos que la empresa necesite para poner en marcha las operaciones (agua, combustible, electricidad, telecomunicación, etc.) son considerados servicios o suministros.

### 2.1.4 Materia prima

La materia prima es un punto vital, ya que dicta la forma como debe operar una empresa para transformar todos los insumos en el producto final deseado. Ante esto, Baca et al. (2014) afirman que: “son los insumos físicos de cualquier tipo que pueden ser transformados en un producto final mediante la aplicación de ciertas actividades

que agregan valor” (p.32). Cabe destacar que la materia prima puede catalogarse en cuatro tipos, principalmente, de acuerdo con sus características, las cuales son:

- Materia inorgánica
- Materia orgánica
- Materia vegetal
- Materia animal.

### **2.1.5 Equipo productivo**

Al establecer qué tipo de producto o servicio quiere brindar la empresa y organizar temas de materia prima, se procede a definir todo el equipo necesario para realizar la transformación del insumo en el producto deseado. Por ende, Baca et al. (2014) definen equipo productivo como: “el conjunto de maquinaria e instalaciones necesarias para realizar el proceso de transformación (...)” (p.32). Con esto se recalca que no se puede establecer el equipo productivo sin conocer de antemano cuál es el producto final deseado y el proceso requerido para obtenerlo.

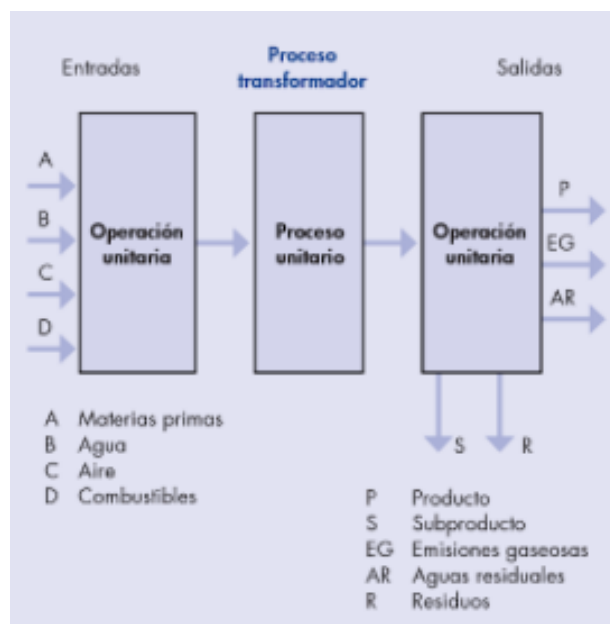
### **2.1.6 Producto o servicio**

El producto o bien servicio, de acuerdo con Baca et al. (2014), es: “el resultado final de los procesos y las actividades de transformación de la materia prima” (p.32). Ante esto, se puede recalcar que el producto o servicio surge de la necesidad de todo cliente y, por ende, se busca que este proceso de transformación sea eficiente y cumpliendo con los requerimientos demandados por el mercado meta.

### **2.1.7 Proceso**

Existen diversas definiciones que intentan expresar el concepto como tal de proceso. Baca et al. (2014) exclaman que: “un proceso se define como la aplicación de una serie

de etapas lógicas y ordenadas que persigue un objetivo en común” (p.32). Se puede decir, en palabras más simples, que un proceso es el flujo secuencial que sigue un determinado insumo, el cual busca la transformación de este en un producto de interés. Un determinado proceso puede estar compuesto por una gama de subprocesos que buscan dar un resultado específico, con el fin de continuar con el proceso productivo.



**Figura 3. Representación general de un proceso**

Fuente: Introducción a la Ingeniería Industrial (Baca et al., 2014).

### 2.1.8 Cadena de suministros

La cadena de suministros es uno de los pilares más grandes sobre el cual actúa una empresa. Una adecuada gestión de cadena de suministros garantiza el éxito en muchos ámbitos a la compañía, además, brinda un nivel de competitividad y productividad sobresaliente derivado de una adecuada gestión de la cadena de suministros. Por ende, de acuerdo con Chopra y Meindl (2013), se puede definir como: “... todas aquellas partes que se encuentran involucradas de manera directa o indirecta

en la satisfacción de una solicitud del cliente. Esta incluye no solo al fabricante y al proveedor, sino que, a los almacenes, vendedores al detalle, transportistas y a los clientes” (Chopra y Meindl, 2013, p.1).

La cadena de suministros está compuesta principalmente por cinco aspectos o gremios, los cuales trabajando conjuntamente garantizan una ventaja competitiva y productiva a toda compañía; estos son: el proveedor, el distribuidor, el proceso productivo, o bien, la empresa como tal, el canal de distribución y, por último, el cliente.

### **2.1.8.1 Pronósticos**

Un pronóstico se puede definir como toda aquella estimación que se realiza de la demanda de un producto y que surge al realizar un análisis previo del entorno que lo enmarca. Al realizar un adecuado uso del modelo de pronósticos, genera un eficiente manejo de los niveles de inventario generando a la empresa reducción de los costos de almacenamiento y, a la vez, garantizando una estructura acorde a lo necesario para la producción. Los pronósticos ayudan a establecer puntos de reorden más concretos y así evitar el sobreinventario o el faltante del mismo, al brindar indicadores relacionados con la demanda. Es importante destacar que los pronósticos se dividen en:

- **Cualitativos:** de acuerdo con Montemayor (2012), los métodos cualitativos se definen como: “aquellos métodos utilizados cuando no se cuenta con datos históricos a la mano y para realizar pronósticos generalmente a largo plazo” (p.8). Según el autor, algunos ejemplos de métodos cualitativos son los siguientes:
  - a) **Analogía histórica:** el autor expresa que este: “consiste en aprovechar la experiencia que se tiene en un mercado para incursionar en uno nuevo” (p.8).

Por ende, de acuerdo con Montemayor (2012), se puede ejemplificar una analogía histórica de la siguiente manera:

“Si una empresa introdujo en una ciudad una marca de panecillos de fresa y quiere lanzarlos a un nuevo público con características similares, es posible realizar una analogía con la historia que se tiene del primer mercado, para predecir las ventas en el nuevo” (p.8).

- b) Consenso de un panel: Montemayor (2012) afirma que: “este método consiste en aprovechar la experiencia e información de un grupo de expertos para realizar pronósticos” (p.8).
- c) Método Delphi: una de las metodologías cualitativas más utilizadas sin duda es el método Delphi, ya que permite minimizar la variabilidad en los pronósticos y facilitar el consenso de las partes involucradas. El autor argumenta que esta metodología consiste en: “buscar a un grupo de expertos para realizar pronósticos de forma anónima en una serie de etapas iterativas” (p.9).
- Cuantitativos: Montemayor (2012) afirma que los métodos cuantitativos: “son los que se utilizan cuando se tiene datos históricos que faciliten el desarrollo de los pronósticos” (p.10). En otras palabras, se puede argumentar que son técnicas estadísticas establecidas para analizar el comportamiento de un determinado proceso con relación en el tiempo.
- a) Métodos de suavización: según Montemayor (2012), se puede afirmar que: “estos utilizan el patrón histórico de la serie para proyectarlo al futuro y realizar pronósticos de la variable de interés” (p.11). Es importante conocer el

procedimiento a seguir para realizar el método de suavización, ante esto, se expresa a continuación la fórmula utilizada para realizar el cálculo de esta.

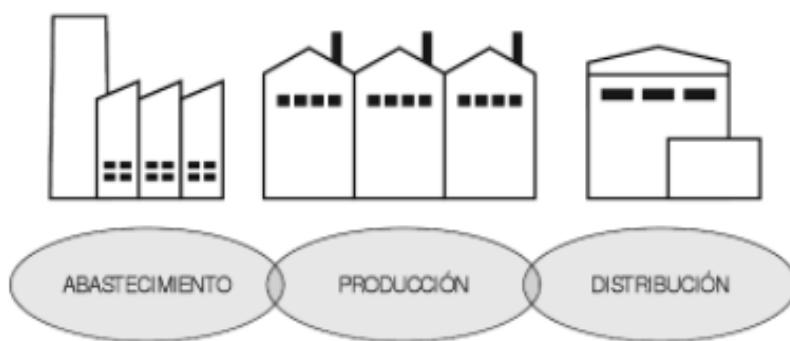
### **2.1.8.2 Compras**

El término compras, de acuerdo con Escrivá, Savall y Martínez (2014), se puede definir como: “el procedimiento de buscar las fuentes de suministro y adquirir las mercancías suficientes para el desarrollo de la actividad empresarial con el fin de satisfacer la demanda” (p.11). Es importante destacar que una adecuada gestión de compras garantiza a la empresa la cantidad de material necesaria en el tiempo requerido, optimizando el manejo del inventario y disminuyendo los niveles.

### **2.1.8.3 Logística**

El término logística actualmente cuenta con un sin número de definiciones brindadas por grandes especialistas en el campo. Para efectos de este proyecto, se va a definir como: “... la parte de la cadena de suministros que planifica implementa y controla el flujo eficiente y efectivo; el almacenamiento de artículos y servicios y la información relacionada desde un punto de origen hasta un punto de destino con el objetivo de satisfacer clientes...” (Castellano, 2015), p. 3).

Al brindar esta definición tan concreta, se puede enfatizar en el punto de que la logística es actualmente uno de los temas más importantes no solo de la cadena de suministros, sino de la entidad empresarial como tal. Además, es importante resaltar, de acuerdo con Castellano (2015), que dentro de una empresa la logística se divide en tres: el abastecimiento, la producción y la distribución.



**Figura 4. Tres grandes logísticas de la empresa**

Fuente: Logística comercial Internacional (Castellano, 2015)

#### **2.1.8.3.1 Administración y gestión de inventarios**

Establecer niveles óptimos de inventario en una empresa es fundamental para evitar el incremento de costos. Ante esto es necesario definir concretamente el término; Baca et al. (2014) argumentan que: “son las reservas (stock) de materias primas, de productos en proceso o productos terminados y de materiales con los que cuenta una empresa para soportar los procesos de producción, las actividades y las demandas de los clientes” (p.62).

Con esto, se puede afirmar que las empresas buscan mantener al mínimo sus niveles de inventario. No obstante, deben mantener un sistema estructurado para controlar eficientemente los temas relacionados al inventario y así evitar diversos problemas que pueden surgir al gestionar de forma ineficiente el mismo. Actualmente, existen diversas mitologías enfocadas en disminuir al mínimo los niveles de inventario, con el fin de reducir todos los costos derivados de él.

### **2.1.8.3.1.1 Clasificación de los inventarios**

Clasificar y ordenar los materiales de forma adecuada permite a la empresa disminuir costos, así como los tiempos de búsqueda. No obstante, se puede definir clasificación de inventarios como una medida que permite controlarlos de mejor forma, ya que permite disminuir el capital invertido en *stock*. De acuerdo con Hernández y Rodríguez (2010): “los inventarios se pueden clasificar por su grado de transformación y por su categoría funcional” (p.31). Al analizar esta afirmación, de acuerdo con el grado de transformación, se pueden encontrar los siguientes:

- Materias primas: se consideran todos los materiales utilizados para hacer los componentes del producto final.
- Componentes: se les denomina de esta forma a todas las partes que se incorporan al producto final.
- Producto en curso de fabricación: se trata de todos los materiales que están experimentando transformaciones.
- Productos terminados: son todos los productos destinados a la venta.
- Productos semiterminados: son los productos que ya han sufrido parte de las operaciones productivas, pero que su venta no se puede realizar hasta no completar el proceso productivo en su totalidad.
- Subproductos: se consideran como subproductos todos los materiales secundarios destinados a una fabricación en especial.
- Materiales para consumo y reposición: se puede incluir en esta categoría materiales como los combustibles, los insumos de oficina, repuestos, entre otros.

- Envases y embalajes: los materiales necesarios para el transporte adecuado de las piezas o materiales.

De acuerdo con su categoría funcional, se pueden citar:

- Inventarios de ciclo: se denomina de esta forma al inventario que se utiliza periódicamente, dando lugar a una pauta de comportamiento cíclica.
- *Stocks* de seguridad: son los inventarios que se establecen ante la incertidumbre de la demanda.
- Inventarios estacionales: su objetivo principal consiste en hacer frente de las ventas, sobre las cuales ya se tiene un análisis previo y que es de forma temporal.
- Inventarios de tránsito: denominado así a los materiales que están circulando entre las distintas fases de producción y de distribución.

#### **2.1.8.3.1.2 Planeación de los inventarios**

Se puede considerar que la planeación de inventarios es, quizá, uno de los aspectos más importantes de la gestión de cadena de suministro. Consiste en determinar la cantidad y el tiempo óptimo del inventario, con el objetivo de alinearla con la capacidad productiva y el nivel de demanda. De acuerdo con Monzón (2012), la planeación de los inventarios requiere, de forma previa, la preparación de los siguientes subpresupuestos:

- Presupuesto de materiales (especifica el costo generado de acuerdo con la cantidad de materiales requeridos para la producción).

- Presupuesto de compra de insumos (establece las compras necesarias por realizarse para mantener las cantidades planificadas de insumos requeridos para la producción).
- Presupuesto de inventario de insumos (establece los niveles planificados de insumos en términos de cantidades y costo).

Una vez determinados los presupuestos establecidos, así como la cantidad de material requerida, se realiza el proceso de planeación en busca de entrelazar la cantidad productiva con la cantidad demandada, tomando en cuenta tiempos óptimos de reabastecimiento para mantener un mínimo costo de inventarios. El proceso de planeación de inventarios se basa principalmente en cuatro etapas, las cuales son:

- El análisis previo de la situación actual
- Establecimiento de los objetivos
- La formulación de la estrategia
- El diseño de programas o planes de acción

Con esto, se busca identificar las problemáticas presentadas y establecer las medidas necesarias para atacarlas mediante la solución más factible. Entre las metodologías más utilizadas en esta etapa, se pueden mencionar la Clasificación ABC, el Punto de reorden, Justo a tiempo y el Kanban.

#### **2.1.8.3.1.2.1 Cantidad Económica de Pedido (EOQ)**

Según Piña (2012) cantidad económica de pedido es:

El modelo fundamental para la gestión de inventario. Es un método que, tomando en cuenta la demanda determinística de un producto, el costo de mantener el inventario, y el costo de ordenar un pedido, produce como salida la cantidad óptima de unidades a pedir para minimizar el costo total anual, (o el cualquier otro periodo que establezca la empresa), de mantenimiento de inventarios y el costo anual de pedido. (p. 63)

Para calcular dicha metodología, existe una fórmula específica, la cual se expresa a continuación:

$$EOQ = \sqrt{\frac{2 * D * S}{H}}$$

$$H = i * C$$

$$\text{Costo anual de pedir o alistar} = \frac{D}{Q} * S$$

$$\text{Costo anual de mantenimiento} = \frac{Q}{2} * H$$

$$TRC = \left(\frac{D}{Q} * s\right) + \left(\frac{Q}{2} * H\right)$$

Las variables que considera el modelo EOQ son:

D = Demanda anual, dada en unidades por año.

S = Costo de ordenar o alistar, dado en unidades monetarias por unidad.

C = Costo del ítem, dado en unidades monetarias por unidad.

i = Tasa anual de mantenimiento, dada en unidades porcentuales.

H = Costo anual de mantenimiento, dado en unidades monetarias por año.

Q = Tamaño del lote, en unidades.

R = Punto de nueva orden o corrida, dada en unidades.

N = Número de órdenes o corridas al año.

T = Tiempo entre cada orden.

TRC = Costo total anual o Costo total relevante.

#### **2.1.8.3.1.2.2 Punto de reorden**

Conocer el tiempo óptimo para establecer pedidos por parte de la empresa es fundamental para evitar generar costos adicionales producto del sobreinventario o bien a la inversa, al no mantener niveles mínimos para desarrollar producción. Por esta razón, realizar un adecuado estudio para determinar el momento oportuno para desplegar solicitud de pedidos toma importancia.

Ante esto, Rodríguez (2018) expresa el siguiente ejemplo:

Suponga que la transmisión del pedido toma un día, el procesamiento y la preparación toman dos días y la entrega toma cinco días. Esto da como resultado un reabastecimiento o plazo de entrega de ocho días. Dado que la demanda es de 10 unidades por día (3 600 unidades/360 días), el punto de nuevo pedido será de 80 unidades (8 días × 10 unidades por día). (Rodríguez, 2018, p.324)

Ante eso, se puede afirmar que el punto de reorden es la relación entre el tiempo de entrega del proveedor contra los pronósticos de la demanda. Actualmente, se incluyen datos como el nivel de servicio con el objetivo de establecer datos más concretos. Es importante resaltar la fórmula utilizada para calcular el punto de reorden, la cual se muestra a continuación:

$$R = D \cdot T_e + B$$

En donde:

R= Punto de reorden

D= Demanda promedio en día

B= Inventario de seguridad

Te= Tiempo de entrega promediado en días

#### **2.1.8.3.2 Almacenamiento y manejo de los materiales**

El almacenamiento y manejo de materiales son uno de los puntos de mayor relevancia, debido a que en esta parte se toman una serie de decisiones importantes relacionadas con la cadena de suministros. Se puede decir que el almacenamiento consiste en resguardar de manera segura los productos que serán vendidos, utilizados o distribuidos más tarde.

En su investigación, Bowersox, Closs y Cooper (2007) expresan que: “los productos deben recibirse, moverse, guardarse, clasificarse y ensamblarse para cumplir los requerimientos del pedido del cliente” (p.45).

Esta situación refleja la importancia que tienen los temas de almacenamiento en la cadena de suministros. Es importante mencionar que manejar y almacenar eficientemente los materiales debe considerarse fundamental por parte de toda compañía, con el fin de evitar el daño de los materiales que recaen en el aumento de costos.

#### **2.1.8.4.3 Transporte**

El transporte es uno de los puntos más importantes por tomar en cuenta al establecer una cadena de suministros, ya que este genera una serie de costos que pueden

reflejarse en el precio final del producto o servicio. De acuerdo con Chopra y Meindl (2013): “el transporte se define como el movimiento del producto de un lugar a otro en su recorrido desde el principio de una cadena de suministro hasta el cliente” (p.397).

Garantizar un óptimo transporte del material asegura a la empresa una disminución de los costos operativos. Ante esto las empresas buscan estructurar las redes para evitar prolongar los transportes y así no elevar los costos al incurrir ineficientemente en estos. Además, es importante mencionar los diferentes tipos de transporte por los cuales se puede optar al establecer una red de transporte.

Según Chopra y Meindl (2013), las cadenas de suministro utilizan combinación de los siguientes medios:

- Aéreo
- Transportistas de paquetería
- Camiones de carga
- Ferrocarril
- Acuático
- Ductos
- Intermoda

Ante la diversidad de tipos de transportes, la empresa debe evaluar cuál o cuáles de las alternativas es la mejor para establecer su red de transporte y así evitar generar costos innecesarios.

### 2.1.16 Justo a Tiempo (JIT)

Justo a Tiempo es una de las metodologías más consideradas por parte de la empresa a la hora de realizar estudios en el campo de la logística, con el fin de dar una gestión adecuada a los inventarios.

De acuerdo con Gutiérrez (2014), se define como: “una estrategia para planear en forma óptima los requerimientos de materiales de producción; se basa en que haya poco o nulo material en inventario entre las diferentes etapas de un proceso” (p.98).

Debido a este principio de mantener los niveles de inventario al mínimo, las empresas buscan seguir la ideología de esta y lograr así minimizar costos.

### 2.1.17 Metodología 5 S

Es una metodología que busca optimizar el espacio de trabajo, así como mantener organizadas todas las áreas de trabajo. Según Gutiérrez (2014), consiste en: “una metodología para organizar los lugares de trabajo con el propósito de mantenerlos funcionales, limpios, ordenados, agradables y seguros” (p.110).

Esta metodología, como su nombre lo dice, está conformada por cinco etapas, las cuales se muestran en la tabla 3:

**Tabla 3. Términos de la Metodología 5S**

Seiri (seleccionar).	Seleccionar lo necesario y eliminar del espacio de trabajo lo que no sea útil.
Seiton (ordenar).	Cada cosa en su sitio y un sitio para cada cosa. Organizar el espacio de trabajo.
Seiso (limpiar).	Esmerarse en la limpieza del lugar y de las cosas.
Seiketsu (estandarizar).	Cómo mantener y controlar las tres primeras S. Prevenir la aparición de desorden.
Shitsuke (autodisciplinarse).	Convertir las 4 S en una forma natural de actuar.

Fuente: Gutiérrez (2014). Calidad y Productividad.

## **2.2 MARCO CONCEPTUAL ATINENTE A LA GESTIÓN DEL PROYECTO**

### **2.2.1 Six Sigma**

De acuerdo con Alaya (2016): “El modelo Six Sigma es un planteamiento analítico basado en hechos estadísticamente comprobados con el objetivo de mejorar el buen funcionamiento de la empresa y de asegurar la calidad de los productos o servicios destinados a los clientes” (p.3).

Ante tal afirmación, se puede expresar que Six Sigma es la metodología por excelencia, aplicada por las empresas que buscan reducir los errores dentro de un determinado proceso, con el objetivo de volver a las empresas más productivas, manejando eficiente y eficazmente todos los recursos y, a la vez, generando altos niveles de competitividad que derivan con el crecimiento institucional.

### **2.2.2 Metodología DMAIC**

Es una de las metodologías más utilizadas actualmente por empresas para desarrollar proyectos con el fin de impulsar mejoras dentro de sus procesos. En su investigación, Membrano (2014) afirma: “es una metodología utilizada para abordar problemas más complejos cuya solución no se vislumbra, y orientada a conseguir unos elevados beneficios económicos en un corto periodo de tiempo” (p.9).

Ante estos beneficios, las empresas aplican sus proyectos basados en dicha metodología, con el objetivo de mejorar internamente en las áreas operativas y productivas, y así competir dentro de un mercado cada día más exigente. La productividad que muchas veces es derivada de la aplicación de proyectos orientados

en esta metodología conlleva a que su uso en las organizaciones aumente, con el fin de buscar un mejor posicionamiento en el mercado.

Esta metodología consta de cinco etapas orientadas a minimizar toda problemática que en la misma se identifique. Las cinco etapas de la metodología son las siguientes:

- Definir
- Medir
- Analizar
- Implementar
- Controlar

Cabe destacar que, dentro de cada etapa, se pueden utilizar gran variedad de herramientas, según se considere necesario aplicarlas, para desarrollar cada una. De acuerdo con Alaya (2016):

la etapa **Definir** consiste en definir a los clientes, las expectativas de la fase de desarrollo del proyecto, el proceso general y los resultados financieros.

Para efectos del proyecto efectuado, durante el desarrollo de esta etapa, se utilizaron herramientas ingenieriles como la elaboración de diagramas de flujo, diagrama SIPOC del proceso para evaluar participantes y variables, además de visitas de inspección al departamento y bodega para familiarizarse con los distintos procesos.

La siguiente etapa de la metodología es **Medir**, ante esto Alaya (2016) expresa que: “Consiste en realizar mediciones y recopilación de datos, enfocados en determinar los defectos del proceso en cuestión” (p.5).

Es una de las etapas claves del proyecto con la que se puede obtener datos que permitan identificar las causas de la problemática estudiada. En cuanto a esta etapa, en el proyecto se utilizaron técnicas de medición como el desarrollo de encuestas y entrevistas con el personal, toma de tiempos, estudio de métodos de abastecimiento y la determinación de los niveles de inventario. Después, se procede a analizar profundamente los datos y resultados obtenidos.

La siguiente etapa de la metodología es la de **Analizar**. De acuerdo con Alaya (2016), se define como: “la etapa donde se analizan los datos recopilados y el proceso para identificar los problemas relacionados con la situación actual” (p.5).

En esta se realizan todas las hipótesis de la posible o posibles causas de los defectos encontrados. No obstante, todas estas deben verificarse por medio de datos concretos que den soporte a la hipótesis, o bien, permitan descartar la misma. El proyecto establece en la etapa de análisis la utilización de herramientas como el Diagrama Causa- Efecto, el análisis del modo y efecto de la falla (FMEA), Diagrama de Pareto y análisis de comportamiento de los datos históricos. Se debe contar con datos certeros de los puntos por trabajar y se procede a implementar la mejora en el proceso.

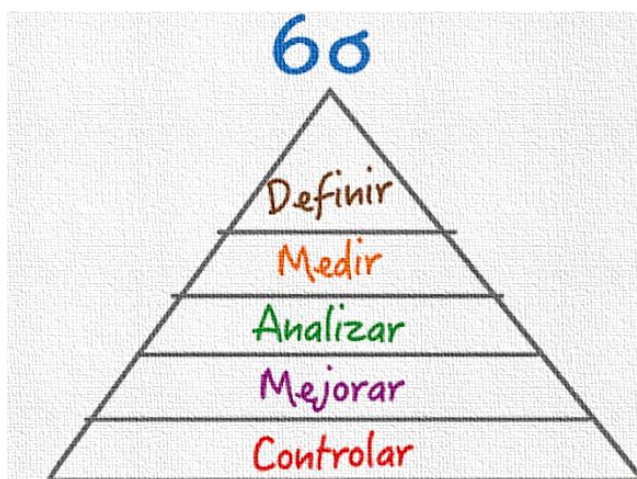
Ante esto, Alaya (2016) afirma que **Implementar**: “consiste en innovar para determinar soluciones potenciales, luego de aplicarlas a pequeña escala para ver si efectivamente mejoran el rendimiento del proceso” (p.5).

Durante esta etapa de la metodología, se busca atacar la problemática identificada en la etapa de analizar, para introducir en el proceso mejoras concretas con el objetivo de minimizar, o bien, erradicar la situación que afecta a la empresa. Para la etapa de implementación, en el proyecto se establecieron acciones concretas con el fin de

fortalecer y mantener la metodología S5, para así optimizar el espacio. Además, se instauró un proceso de compras que permita favorecer la toma de decisiones y evitar subjetividad.

Por último, una vez realizada la mejora en el proceso, se procede a establecer controles internos para evaluar los resultados generados al implementar las propuestas de mejora planteadas. A esta se le puede llamar **Control**, según Alaya (2016): “busca controlar, detallar y aplicar un plan para comprobar que la mejora tenga lugar a una escala mayor” (p.5).

Esta etapa busca seguir midiendo el rendimiento del proceso al aplicar los ajustes dentro del mismo. Dichos datos son los que permiten identificar si la implementación aplicada funciona acorde a lo esperado, o bien, requiere realizar ajustes para lograr los resultados esperados. Para efectos del proyecto, los principales controles establecidos se enfocan en el desarrollo de indicadores y análisis de la percepción del cliente respecto al servicio brindado.



**Figura 5. Metodología DMAIC**

Fuente: El método Seis Sigma: Mejore los resultados de su negocio (Alaya, 2016).

La figura 5 representa cada una de las etapas referentes al ciclo, o bien, metodología DMAIC mencionada con anterioridad. La aplicación de las herramientas ingenieriles óptimas en cada una de estas garantiza el éxito en cada etapa y, a su vez, el alcance esperado al realizar el proyecto como tal.

## **2.3 MARCO CONCEPTUAL REFERENTE AL IMPACTO DEL PROYECTO**

### **2.3.1 Mejor calidad en los servicios operativos**

De acuerdo con Membrano (2014), se puede definir el término calidad como: “una forma de gestión empresarial que trata de hacer a las organizaciones más eficaces y eficientes mejorando la satisfacción de todas las partes interesadas y optimizando la gestión de sus recursos y procesos internos” (p.1). Actualmente, las organizaciones se preocupan por brindar servicios y productos con altos estándares de calidad. Ante esto, una finalidad del proyecto planteado es maximizar la calidad brindada en el departamento a la hora de realizar trámites administrativos y operativos.

### **2.3.2 Aumento de la productividad**

Uno de los factores más utilizados para medir el desempeño empresarial es la productividad. En su investigación, Gutiérrez (2014) expresa que:

La productividad tiene que ver con los resultados que se obtienen en un proceso o un sistema, por lo que incrementar la productividad es lograr mejores resultados considerando los recursos empleados para generarlos. En general, la productividad se mide por el cociente formado por los resultados logrados y los recursos empleados. (p.20)

Esta relación permite a toda compañía manejar un parámetro cuantitativo que argumente su funcionar y le permita tomar decisiones con base en este. Las empresas

buscan manejar de forma eficaz y eficiente todos sus recursos para aumentar su productividad y así impulsar un crecimiento.

### **2.3.3 Mejora continua de los procesos de inventario**

Se puede definir el término mejora continua, de acuerdo con Gutiérrez (2014), como: “actividad recurrente para aumentar el desempeño de la organización en relación con la calidad, productividad y competitividad” (p.64).

Al finalizar todo proyecto, es importante aplicar un control para evitar que el mismo pierda su impacto y realizar ajustes para garantizar la mejora continuamente del proyecto ejecutado.

### **2.3.4 Ahorro económico en los procesos**

Actualmente, el departamento cuenta con costos elevados producto de la problemática sufrida, lo que perjudica la distribución del presupuesto. Ante esto se puede definir ahorro, de acuerdo con Trust (2006), como: “el porcentaje del ingreso que no se destina al gasto y que se reserva para necesidades futuras a través de diversos mecanismos financieros” (p.14). El ahorro económico estimado impacta positivamente al departamento, en busca de generar un aumento considerable en la productividad para ofrecer servicios con mayor calidad.

## **2.4 ANTECEDENTES DE PROYECTOS O EXPERIENCIAS SEMEJANTES**

Al observar proyectos realizados con anterioridad, se puede determinar que desarrollar metodologías en temas de gestión de abastecimiento y almacenamiento permite la disminución de los costos logísticos.

Los estudiantes Cano, Goluboay y Redondo (2016) establecieron una propuesta en este tema, donde se obtuvieron resultados concretos logrando la disminución de los costos en un 17 %, además, mejoraron la utilización de los recursos de Auto Mercado al establecer metodologías que permiten controlar el nivel de inventario para los productos de alta, media y baja prioridad, garantizando resultados concretos enfocados en beneficiar la productividad de la empresa.

Por ende, basados en los resultados obtenidos en este proyecto, se establece un antecedente de situaciones similares, donde la aplicación y uso de metodologías genera beneficios cuantificables a una determinada empresa, lo cual es la razón de ser del proyecto por desarrollar para erradicar la problemática en el Departamento de Acueductos de la municipalidad.

**CAPÍTULO III:**  
**MARCO METODOLÓGICO**

### 3.1 METODOLOGÍA PARA LA DEFINICIÓN DEL PROBLEMA

La etapa de definición del problema es de vital importancia para el desarrollo de la metodología, ya que dicta puntos esenciales sobre los cuales se trabaja en las demás etapas. En esta etapa, es importante utilizar herramientas adecuadas, donde su aplicación brinde los resultados necesarios para garantizar el éxito en el desarrollo del proyecto, las cuales se muestran en la tabla 4.

**Tabla 4. Metodología para definir la problemática**

Etapa	Actividades	Herramienta	Resultados esperados
Definir	Elaboración de diagramas de flujo de los procesos operativos y administrativos.	Mapeo del flujo de los procesos.	Identificación de reprocesos y cuellos de botella con el objetivo de minimizar los mismos dentro de los procesos.
	Inspección y reconocimiento del área de bodega	Estudio de aprovechamiento de espacio. Ubicación actual de los productos en bodega.	Determinar las características físicas de la bodega, así como la distribución actual de los productos dentro de esta.
	Definición de participantes en el proceso y los principales clientes.	Diagrama SIPOC	Determinar las características del proceso y todos los participantes que influyen en este.

Fuente: elaboración propia.

### 3.2 METODOLOGÍA PARA LA MEDICIÓN Y RESPALDO CUALITATIVO DEL PROYECTO

Desarrollar las herramientas seleccionadas acordes al proyecto, con el objetivo de obtener datos tanto cuantitativos como cualitativos de la etapa de medición que permitan establecer la situación actual, con el fin de identificar oportunidades de mejora para determinar su solución.

**Tabla 5. Metodología para la medición y respaldo**

Etapa	Actividades	Herramienta	Resultados esperados
<b>Medir</b>	Determinación de los recursos del almacén.	Determinación de los niveles de inventario. Entrevistas a encargados.	Inventario de los recursos del Departamento.
	Comparación de los niveles actuales de inventario en bodega versus los registros del Departamento.	Inspección de registros del Departamento de Acueducto. Evaluación de datos históricos del departamento.	Alcanzar exactitud en el registro de los inventarios.
	Medición de tiempos de tramitación de documentos y reparación de averías.	Medición de tiempos.	Conocer ampliamente el proceso como tal y el funcionamiento de este.
	Establecimiento de perfil de los productos.	Identificación y evaluación de la naturaleza de los productos.	Clasificación de los productos de acuerdo con su rotación y demanda.

Fuente: elaboración propia.

### 3.3 METODOLOGÍA PARA LA PROPUESTA DE MEJORA, CONSTRUCCIÓN O PUESTA EN PRÁCTICA DE UN NUEVO PROCESO, PRODUCTO O SERVICIO

Interpretar los datos obtenidos al realizar las mediciones es de vital importancia. Ante esto, se mencionan a continuación una serie de herramientas, con el objetivo de ayudar al análisis de datos en la siguiente etapa del proyecto que contribuye a determinar soluciones concretas a la problemática.

**Tabla 6. Metodología para la propuesta de mejora, construcción o puesta en práctica de un nuevo proceso, producto o servicio. El análisis de datos**

Etapa	Actividades	Herramienta	Resultados esperados
<b>Analizar</b>	Análisis de los indicadores logísticos (faltante en materiales, cantidad de pedidos a proveedores, comportamiento de demanda).	Análisis de comportamiento de datos históricos Gráfico de Pareto	Identificación de puntos de mejora. Detección y ponderación de principales causas de la problemática (identificar puntos por atacar con prioridad).
	Análisis de los principales efectos de las causas identificadas.	FMEA	Identificación de principales efectos derivados de la problemática actual y evidenciar las oportunidades de mejora.
	Definición de las causas y efectos de la problemática actual.	Gráfico Causa- Efecto	Identificación de las causas raíz y oportunidades de mejora.
<b>Diseño</b>	Diseño de una estructura de acomodo en la bodega.	Aplicación de metodología ABC para el acomodo de los productos.	Optimizar el espacio dentro del área de la bodega.
	Planteamiento del proceso de compra.	Metodología 5'S Establecimiento de mínimos y máximos de inventario. Punto de reabastecimiento óptimos.	Disminuir los niveles de inventario al mínimo, para evitar generar incremento de los costos.

Fuente: elaboración propia.

### 3.4 METODOLOGÍA PARA LA IMPLEMENTACIÓN DEL PROYECTO

En esta etapa, se procede a realizar la implementación de las mejoras planteadas de acuerdo con el diseño presentado para el desarrollo del sistema de control y manejo del inventario.

**Tabla 7. Metodología para la implementación**

Etapa	Actividades	Herramienta	Resultados esperados
<b>Implementar</b>	Implementación de un proceso de compras basado en comportamiento de demanda.	Análisis de demanda. Establecimiento de máximos y mínimos. Punto óptimo de pedido y cantidad óptima de pedido.	Establecimiento de un sistema que mejore el proceso de compras para erradicar la problemática.
	Implementación de metodologías de optimización de espacio.	Desarrollo de metodología de 5S	Optimización del espacio del área de bodega, mejorando el manejo de los materiales y el almacenamiento.

Fuente: elaboración propia.

### 3.5 METODOLOGÍA PARA LA VERIFICACIÓN, ASEGURAMIENTO, CONTROL Y SEGUIMIENTO DE LOS RESULTADOS

Para finalizar el estudio, es importante establecer una buena metodología de control, con el fin de propiciar la mejora continua en el proceso y, a la vez, verificar el funcionamiento de este acorde a lo establecido. Por ende, se consideran las siguientes herramientas dentro de la investigación para darle control y seguimiento.

**Tabla 8. Metodología para el control y seguimiento**

<b>Etapa</b>	<b>Actividades</b>	<b>Herramienta</b>	<b>Resultados esperados</b>
<b>Control</b>	Evaluación de satisfacción de la comunidad.	Cuestionarios de satisfacción Niveles de satisfacción del cliente	Brindar un servicio con altos estándares de calidad a los habitantes de la región.
	Evaluación de los resultados de acuerdo con las métricas generadas.	Indicadores de nivel de inventario	Aumento de la productividad en el departamento y disminución de los niveles de inventario.

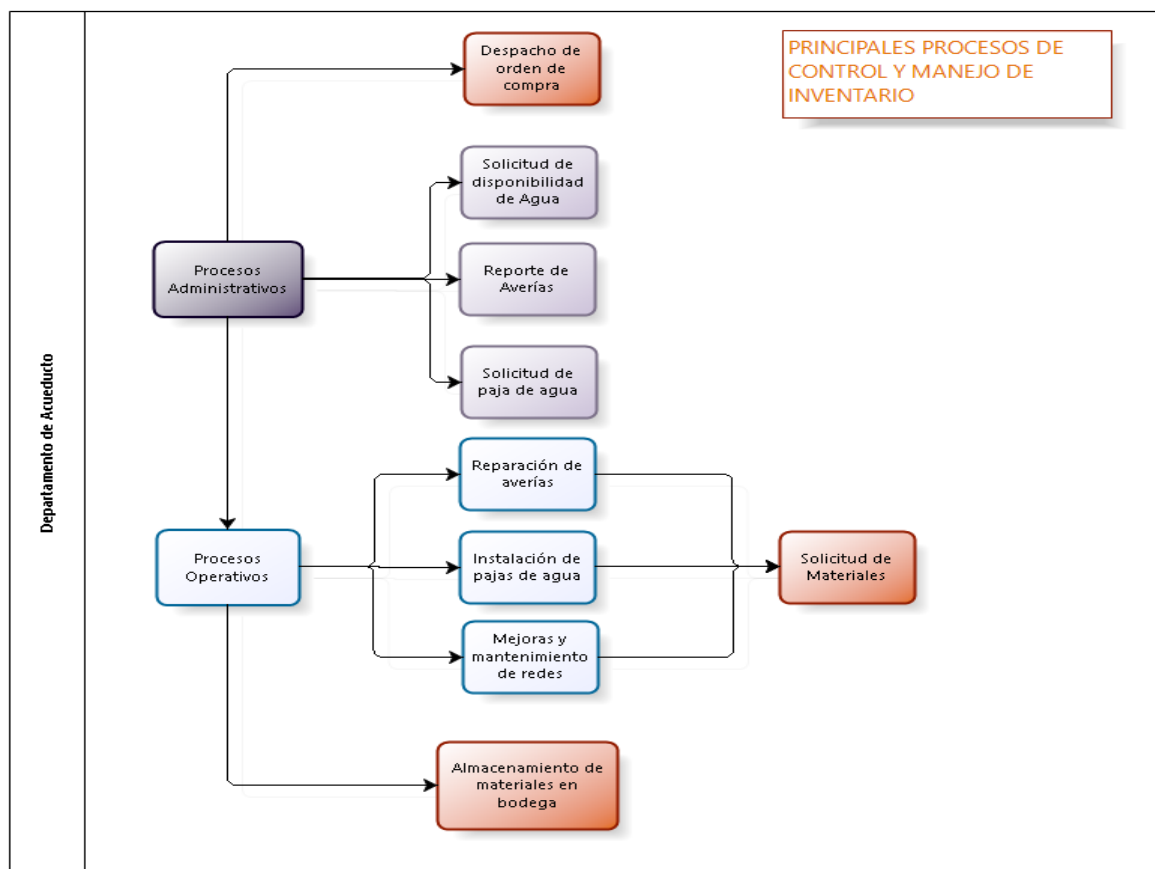
Fuente: elaboración propia.

**CAPÍTULO IV:**  
**LÍNEA BASE Y ANÁLISIS DE CAUSAS**

Con el fin de conocer la situación actual del Departamento de Acueducto y determinar el impacto de la problemática enfrentada en temas de inventario, surge la necesidad de medición y análisis de los procesos actuales de almacenaje de los productos en la bodega de materiales, del proceso de compras y el control del inventario para determinar oportunidades de mejora.

#### **4.1 Análisis de los procesos**

Es importante conocer los procesos y todas las actividades que realiza internamente el Departamento de Acueducto y el área de bodega, para lo cual se realizaron visitas con el fin de determinar, por medio de observación directa, así como de entrevistas con el personal, las oportunidades de mejora. Es importante destacar a nivel macro la forma como funciona actualmente el departamento en cuanto a labores tanto administrativas como operativas, por ende, se procede a detallar sus principales funciones en la figura 6.



**Figura 6. Funcionamiento del departamento**

Fuente: elaboración propia.

Como se observa en el diagrama de la figura 6, se muestran los procesos administrativos, donde se realizan los trámites necesarios para generar órdenes que derivan los procesos operativos, los cuales tienen mayor relación con los procesos de inventario de interés para el proyecto.

Ante esto, se procede a describir individualmente el proceso de compras, almacenamiento y despacho de materiales, para comprender mejor el funcionamiento actual del departamento y así identificar posibles oportunidades de mejora que repercutan en el desempeño de este.

#### **4.1.1 Proceso de compra de materiales**

Parte fundamental del funcionamiento del departamento radica en tener siempre a disposición materiales para atender todas las labores operativas, especialmente cuando estas representan emergencias de alto impacto (averías de gran dimensión que afecten la distribución de agua en una comunidad o distrito). Por ende, identificar y evaluar el proceso actual es de vital importancia para determinar posibles mejoras por aplicar, o bien, diseñar un proceso que permita potencializar el rendimiento del departamento.

El proceso se compone básicamente de cinco etapas, las cuales se expresan a continuación.

##### **4.1.1.1 Análisis de datos (evaluación de niveles de inventario)**

Al finalizar cada período anual de labores, se procede a revisar los niveles de inventario para determinar, según criterio profesional de la encargada, la cantidad de materiales que considera necesaria para las labores del periodo siguiente. El estudio realizado por la encargada se basa en analizar el periodo actualizado (se solicita el reporte del último mes a la encargada de bodega del nivel de inventario de los materiales), para tener los datos más exactos y concretos de la actualidad del área.

Es importante destacar que la encargada analiza estos datos para tomar decisiones, sin embargo, no desarrolla proyección donde se establezcan análisis de demanda ni ningún estudio que dé soporte técnico al proceso de toma de decisiones. La materia prima del departamento no presenta una demanda constante, debido a variables que influyen en el proceso y no pueden ser medidas ni controladas como,

por ejemplo, la intensidad de lluvias y extensión del periodo de invierno, que pueden ocasionar un aumento espontáneo en la demanda producto del aumento de averías reportadas. Por ende, establecer metodologías que brinden a la encargada un soporte técnico es prioritario para evitar subjetividad en el proceso de toma de decisiones y así contrarrestar la problemática sufrida.

#### **4.1.1.2 Determinación de cantidad de pedido**

Sujeta a la información derivada del análisis realizado con anterioridad, la determinación de cantidad por comprar de cada material juega quizá el papel más importante en el proceso de compra. La encargada determina individualmente la cantidad requerida de los materiales. Es importante determinar que este análisis se realiza de acuerdo con el informe del inventario más actualizado, para observar el nivel de inventario actual de cada pieza y se realiza el proceso de toma de decisiones. No obstante, a pesar de la existencia de datos históricos (registro de boletas de salida de material), no existe o no se aplican metodologías para conocer la demanda dando un seguimiento exhaustivo a cada material respecto a su rotación y demanda por periodos mensuales.

Esto dificulta el proceso de toma de decisiones, al no tener datos concretos que brinden un soporte técnico para respaldarlo. Esta situación repercute en faltantes de materiales (especialmente la materia prima), debido a que no se conoce el dato exacto de cantidad por comprar y produce discrepancias entre lo existente y lo que realmente se necesita.

**Tabla 9. Materiales con faltante identificado no se cuenta con existencia en inventario Período Diciembre 2017**

<b>Materiales</b>	<b>Faltante identificado</b>
Unión lisa de 2 y 1/2"	-82
TEE de 2 y 1/2"	-47
Llave de balín de 1" metálica	-14
Tapón con rosca interna de 2 y 1/2	-4
Angulares de 2 x 2 en 1/8	-2
Adaptador rápido 1" macho	-2
Tapón con rosca externa de 3"	-1
Semicodo de hierro de 3" (rosca)	-1
Unión de transición de 1/4"	-1

Fuente: elaboración propia.

La tabla 9 demuestra la situación mencionada con anterioridad, donde se identifica en el periodo de diciembre de 2017 un faltante en estos materiales. Como se observa en la tabla, se generan negativos, ya que se solicita al Departamento de Obras un "préstamo" de los materiales para atender las necesidades generadas en el departamento y al realizar las compras en el periodo correspondiente, se reintegran las piezas al Departamento de Obras. No obstante, es importante mencionar que no con todos los materiales se puede realizar esta medida, ya que existen piezas que el Departamento de Obras no maneja, por lo cual se produce el retraso en el trabajo.

#### **4.1.1.3 Elaboración de orden de compra**

Con la información brindada al estimar la cantidad requerida, así como el presupuesto disponible, procede a generar la orden por solicitar de acuerdo con estas variables. Analiza previamente cuáles materiales son indispensables en el departamento, para asignar mayor porcentaje de compra y ajustar posteriormente

el presupuesto disponible entre los demás. Al finalizar, la encargada envía la orden de compra al Departamento de Proveduría para que este proceda a realizar la solicitud de los respectivos proveedores.

#### 4.1.1.4 Entrega de orden de compra a proveduría

Como se menciona con anterioridad, la encargada envía la orden de acuerdo con el presupuesto disponible. Con esto finaliza el proceso de compras, ya que el Departamento de Proveduría es el encargado de contactar a los proveedores y solicitar la cantidad de material especificada en la orden de compra.

Al describir el proceso de compra de materiales, se procedió a realizar el diagrama de flujo mostrado en la figura 7, con el objetivo de observar de forma gráfica la descripción del proceso brindada con anterioridad.

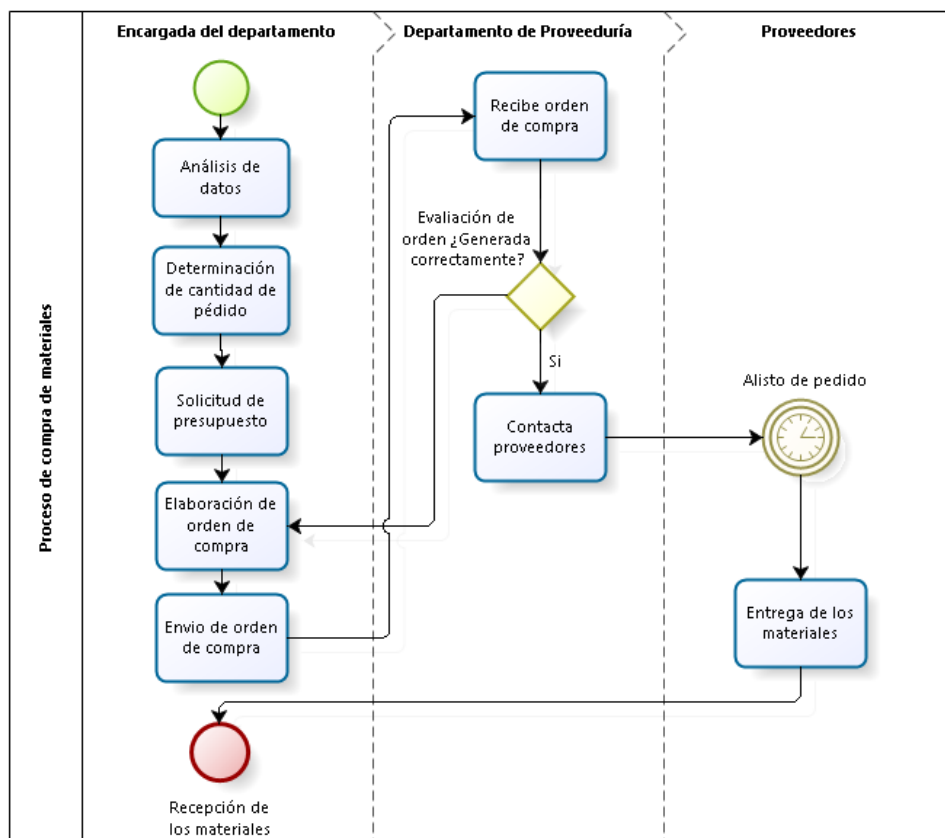


Figura 7. Diagrama de proceso

Fuente: elaboración propia.

La figura 7 muestra el proceso de compras descrito anteriormente. Se observan los participantes directos en este, así como las diferentes tareas que se realizan en el proceso.

#### **4.1.2 Proceso de almacenamiento de materiales**

Una vez que finaliza el proceso de compra de materiales y el departamento realiza la respectiva solicitud al proveedor seleccionado, estos proceden a realizar el alistó y entrega de materiales. En el momento de la entrega, el departamento junto con el área de bodega procede a realizar el proceso de almacenamiento del material o los materiales correspondientes. Por lo tanto, se procede a realizar una descripción de cómo se realiza el proceso de almacenamiento actualmente.

##### **4.1.2.1 Recepción de los materiales**

Una vez que el proveedor hace arribo a la bodega para la entrega de los materiales, la encargada de bodega procede a coordinar con la encargada del departamento la inspección del material, con el objetivo de identificar si el pedido cumple con lo solicitado en la orden de compra. La inspección se realiza de forma conjunta, donde ambas corroboran contra lo solicitado en la orden de compra, así como la factura brindada por el proveedor, para evitar contratiempos que afecten posteriormente al departamento. Si el material inspeccionado cumple con lo solicitado, procede a resguardarse en la bodega.

##### **4.1.2.2 Almacenamiento provisional**

En esta etapa, la bodeguera con el apoyo de fontaneros procede a almacenar los materiales de forma provisional en un sector determinado de la bodega, para posteriormente proceder a ubicarlos en el espacio designado para cada artículo.

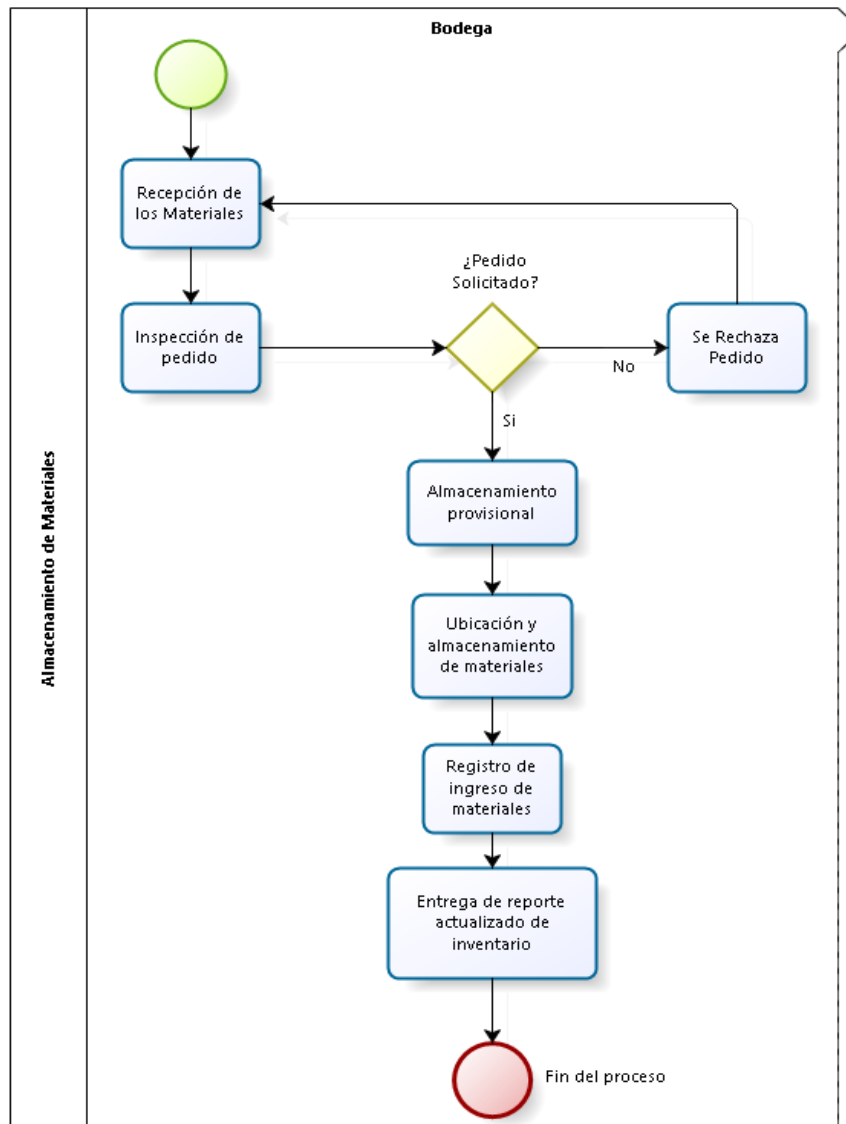
#### **4.1.2.3 Ubicación y almacenamiento de los materiales**

Cuando se reciben los materiales, se ubican en el área establecida, para que la bodeguera proceda a ubicarlos en su correspondiente espacio en esta etapa. Cada material que proceda a resguardar en su respectiva área debe ser ingresado en los registros manejados por medio de Excel, ya que actualmente no se cuenta con un sistema informático en el departamento, con el objetivo de controlar los movimientos de entrada y salida del material.

#### **4.1.2.4 Reporte actualizado de inventario**

Una vez finalizada la ubicación y almacenamiento de los materiales, la encargada de bodega envía un informe actualizado del inventario al Departamento de Acueducto, con el objetivo de determinar la cantidad de material disponible para realizar labores operativas y, además, llevar un control de los movimientos. Con esto, el proceso de almacenamiento de materiales se da por concluido.

Al finalizar el reporte de inventario, el proceso finaliza, por ende, con el fin de observar gráficamente la secuencia que tiene este, se desarrolló un diagrama de flujo detallado en la figura 8:



**Figura 8. Diagrama de proceso**

Fuente: elaboración propia.

La figura 8 representa gráficamente el proceso descrito con anterioridad, donde se observa la secuencia de tareas que se realizan y las decisiones que se toman para finalizarlo correctamente.

### 4.1.3 Solicitud de materiales

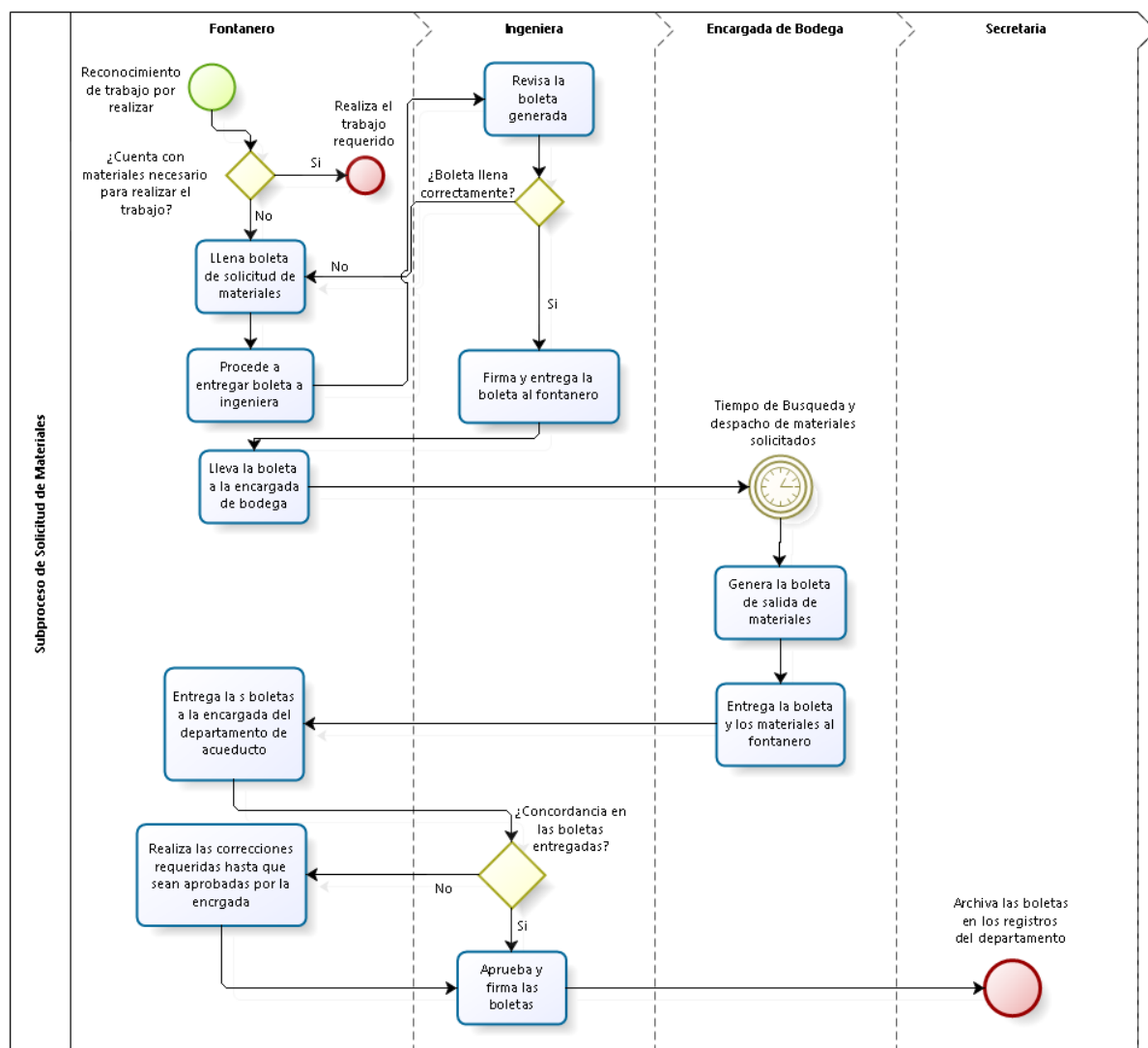
Es importante conocer que el proceso de solicitud de materiales se deriva en gran parte de los procesos operativos. Una vez que se moviliza el equipo de fontanería al área donde se reporta alguna avería, proceden a inspeccionarla con el objetivo de determinar labores por realizar, así como equipo y materiales necesarios. En caso de que el equipo y materiales requeridos para realizar las labores no estén a mano, procede a realizar el proceso descrito a continuación:

- **Identificación de materiales requeridos para realizar la reparación:** el fontanero, al cual se le asigna la respectiva labor, inspecciona previamente con el fin de identificar el material y el equipo requerido para realizar las labores. En caso de que este no cuente con el equipo necesario para iniciar los trabajos, debe realizar la respectiva solicitud de los materiales requeridos.
- **Formulación de boleta de solicitud de materiales:** al identificar los materiales requeridos para realizar los trabajos, procede a desarrollar la boleta de solicitud de materiales (en caso de que se requiera) indicando el o los materiales requeridos y la respectiva cantidad requerida. Una vez finalizada la boleta, procede a entregarla a la encargada del Departamento de Acueducto para la revisión y la respectiva firma de aprobación.
- **Búsqueda de materiales:** el fontanero se dirige al área de bodega para solicitar los materiales requeridos. Una vez se encuentra en el área, entrega la boleta a la encargada de bodega, la cual busca los materiales solicitados y llena la boleta de salida de materiales. En caso de no contar con los materiales requeridos, procede a indicarle al fontanero que no cuenta con

material disponible. Ante esto, el fontanero informa a la encargada del acueducto para proceder a realizar la compra.

- **Entrega de materiales:** una vez finalizada la búsqueda y despacho de los materiales solicitados, la encargada genera la boleta de salida de materiales de la bodega, la cual se archiva junto con la de solicitud en los registros del departamento. Al tener ambas boletas en orden, entrega los materiales al fontanero, así como las respectivas boletas para que este se dirija al Departamento de Acueducto, se dé la revisión y se archiven.

Al archivar las boletas, finaliza el proceso de solicitud de materiales. Por esta razón, para observar de forma gráfica la secuencia expresada con anterioridad, se genera un diagrama de flujo mostrado en la figura 9:



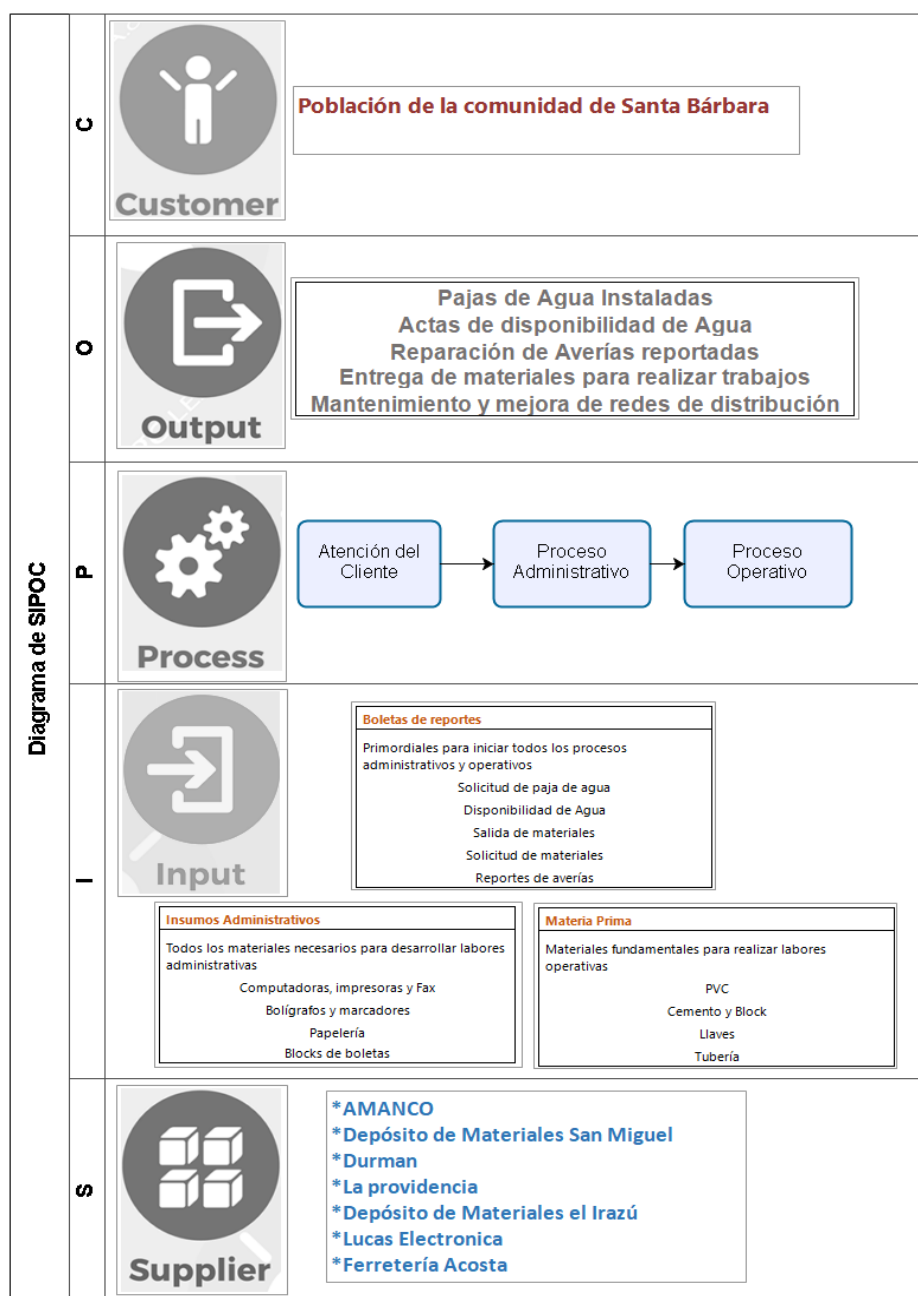
**Figura 9. Diagrama de proceso**

Fuente: elaboración propia.

## 4.2 Diagrama SIPOC

Con el objetivo de identificar todo el entorno que envuelve al Departamento de Acueducto, se procedió a realizar un Diagrama SIPOC para segmentar e identificar puntualmente aspectos contenidos dentro de la herramienta y así comprender mejor el funcionamiento actual de la cadena de suministros que maneja el departamento. Ante esto, es importante identificar como objeto de la investigación los principales

proveedores y así determinar oportunidades de mejora en el abastecimiento de materiales.



**Figura 10. Diagrama SIPOC**

Fuente: elaboración propia.

La figura 10 muestra los principales participantes en el proceso, donde se observan los principales proveedores de materia prima del departamento (atinente al proyecto).

La forma como se desarrollan las labores se desenvuelve, principalmente, por la generación de boletas que produce el inicio de cualquier proceso en el departamento. Con esto, se desarrolla el proceso según corresponda y se procede a atender la necesidad específica identificada para garantizar a la comunidad de Santa Bárbara el servicio de agua potable.

#### **4.3 Elaboración de encuestas para identificar causas de problemática en el proceso**

Con el objetivo de conocer más respecto a la situación que afronta el Departamento de Acueducto de la Municipalidad de Santa Bárbara, se realizó una encuesta a todos los empleados del departamento (excepto a la secretaria debido a incapacidad laboral), enfocada en tres procesos principales: proceso de compras, manejo y control del inventario, así como proceso de almacenamiento, para conocer las oportunidades de mejora basadas en la experiencia del proceso que tiene el personal. Se aplicó un total de ocho preguntas a la población en general del departamento (15 personas de distintos puestos).

Las preguntas se realizaron enfocadas en puntos concretos de interés para la investigación, como lo son el proceso de compras, el proceso de almacenamiento y el control, además, manejo del inventario. Con esto, se busca determinar las principales causas que generan la problemática que aqueja al departamento. Estas preguntas se diseñaron en conjunto con la encargada del departamento para conocer el criterio del personal respecto a los procesos y su percepción respecto a las causas identificadas. La encuesta se desarrolló con el objetivo de que estos expresaran su parecer y diversas opiniones sobre la situación actual del departamento.

Se procedió a realizar la encuesta de forma individual a cada miembro del personal conforme se fueran desocupando y se obtuvo una serie de resultados de interés para el desarrollo del proyecto.

#### Ítem #1

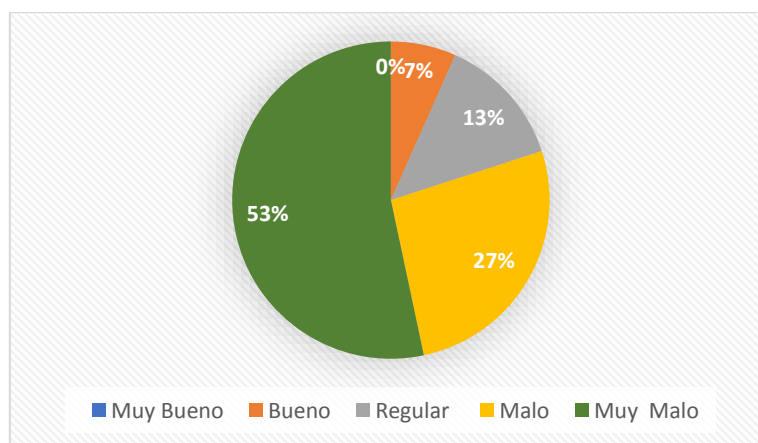
Se le consultó al personal la perspectiva que tienen del manejo logístico en el departamento, ante lo cual se generaron los siguientes resultados:

1. ¿Qué tan eficiente es el manejo logístico en el Departamento de Acueducto según su criterio?

**Tabla 10. Resultados**

Escala	Calificación de los encuestados
Muy Bueno	0
Bueno	1
Regular	2
Malo	4
Muy Malo	8

Fuente: elaboración propia.



**Gráfico 1. Percepción del personal: Manejo logístico**

Fuente: elaboración propia.

De acuerdo con los resultados obtenidos al consultar al personal, se observa que 8 de las 15 personas que trabajan en el área consideran que la gestión logística en el departamento es muy mala, lo cual representa un 53,33% del total.

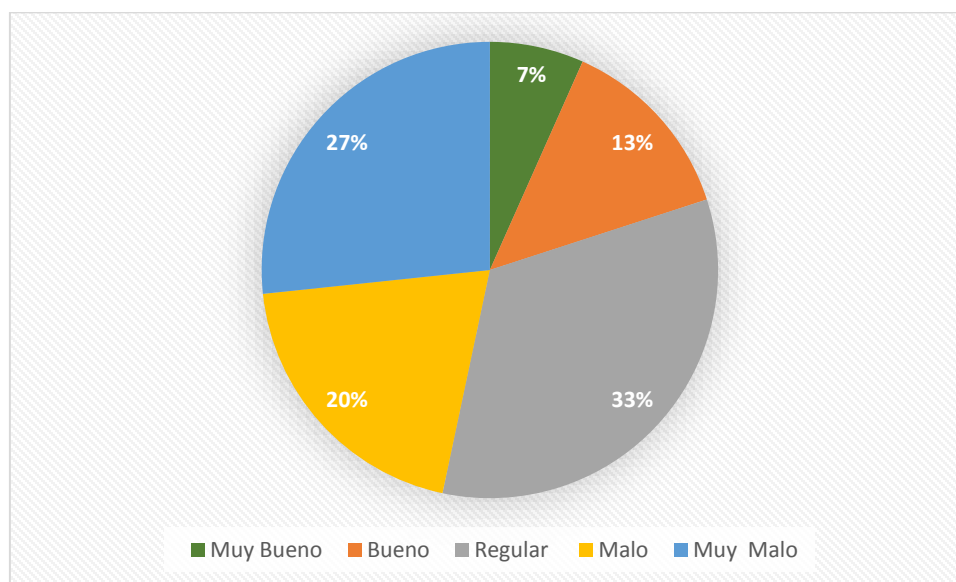
Ítem #2

2. ¿Cuál es su percepción personal respecto al proceso de compras de materiales del departamento?

**Tabla 11. Resultados**

Escaleta	Calificación de los encuestados
Muy Bueno	1
Bueno	2
Regular	5
Malo	3
Muy Malo	4

Fuente: elaboración propia.



**Gráfico 2. Percepción del personal: Proceso de compras**

Fuente: elaboración propia.

Al analizar los resultados obtenidos, se evidencia que la mayor parte del personal (5 de 15) considera que los temas relacionados con el procedimiento de compras se manejan de forma regular, representando esto un 33,3 % del total.

### Ítem #3

Con el objetivo de conocer más respecto a la percepción brindada en el enunciado anterior, se realizó la siguiente interrogante a los encuestados para identificar posibles causas que afectan el desempeño del proceso de compras:

3. De acuerdo con el proceso de compras, enumere posibles causas que repercuten en el proceso actual, según criterio propio, donde 10 representa el punto de mayor impacto y 1 el de menor.

**Tabla 12. Opinión causas proceso de compras**

<b>Causas</b>	<b>E1</b>	<b>E2</b>	<b>E3</b>	<b>E4</b>	<b>E5</b>	<b>E6</b>	<b>E7</b>	<b>E8</b>	<b>E9</b>	<b>E10</b>	<b>E11</b>	<b>E12</b>	<b>E13</b>	<b>E14</b>	<b>E15</b>	<b>Total</b>
Poca planificación en el proceso de compras	10	10	9	8	9	10	9	9	10	8	9	10	7	8	10	136
Presupuesto reducido	5	6	7	6	8	8	8	6	5	4	8	8	6	7	8	100
No se realiza un análisis previo de demanda	9	9	8	10	10	7	7	8	7	10	10	9	10	9	9	132
Se compra más o menos de lo requerido	7	8	10	7	6	9	10	10	9	9	6	7	9	10	6	123
Compras aceleradas	2	3	1	4	1	1	2	2	1	1	1	2	1	1	1	24
Bienes o productos dañados	1	1	2	1	2	2	1	1	2	2	3	1	2	2	2	25
Tiempos de abastecimiento prolongados	4	5	3	5	4	3	5	3	3	5	4	5	5	5	3	62
Extensos tiempos para tramitar orden por parte de proveeduría	8	7	6	9	7	5	6	7	8	7	7	6	8	6	7	104
Inconvenientes con entrega de pedidos	3	2	4	2	3	4	3	4	6	3	2	3	4	3	4	50
Se administran todos los productos por igual	6	4	5	3	5	6	4	5	4	6	5	4	3	4	5	69
<b>Puntaje Total</b>																<b>825</b>

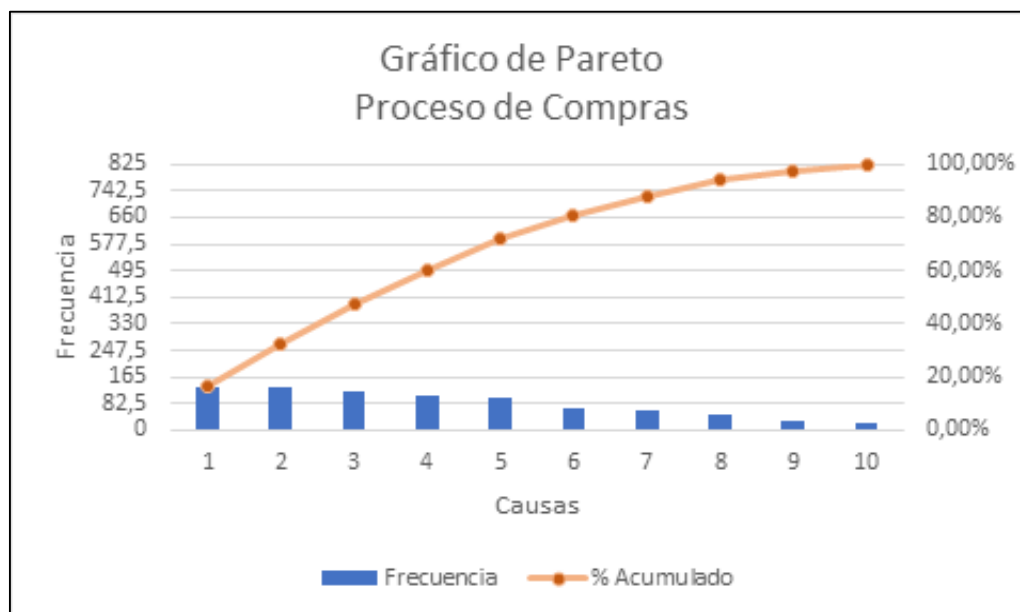
Fuente: elaboración propia.

En la tabla 12, se muestra el puntaje obtenido para cada una de las causas que, de acuerdo con la opinión de los funcionarios del Departamento de Acueducto, repercuten o impactan directamente el proceso de compras. Posteriormente, se procede a ordenar los datos y obtener el porcentaje acumulado para evidenciar, de acuerdo con los resultados, cuál o cuáles causas son consideradas según el personal de mayor impacto en el proceso.

**Tabla 13. Pareto causas proceso de compras**

	<b>Causas</b>	<b>Total</b>	<b>%</b>	<b>% Acumulado</b>
1	Poca planificación en el proceso de compras.	136	16,48%	16,48%
2	No se realiza un análisis previo de demanda	132	16,00%	32,48%
3	Se compra más o menos de lo requerido.	123	14,91%	47,39%
4	Extensos tiempos (se extiende el tiempo más de lo estipulado) para tramitar orden por parte de proveeduría	104	12,61%	60,00%
5	Presupuesto adjudicado por alcaldía no alcanza para cubrir la orden de compra requerida por lo cual se debe ajustar esta al presupuesto.	100	12,12%	72,12%
6	Se manejan todos los productos de igual forma	69	8,36%	80,48%
7	Tiempos de abastecimiento prolongados	62	7,52%	88,00%
8	Inconvenientes con entrega de pedidos	50	6,06%	94,06%
9	Productos disipados (hipoclorito de calcio)	25	3,03%	97,09%
10	Compras aceleradas	24	2,91%	100,00%
		825		

Fuente: elaboración propia.

**Gráfico 3. Pareto Proceso de Compras**

Fuente: elaboración propia.

Al observar los resultados obtenidos, se identifica que el personal del departamento refiere que el proceso de compras es afectado, principalmente, por las siguientes causas:

- Poca planificación en el proceso de compras.
- No se realiza un análisis previo de demanda.
- Problemas derivados de la mala gestión en el procesamiento de compras (se compra más o menos de lo requerido, provocando sobreinventario o la escasez de este).
- Extensos tiempos para tramitar una orden por parte de proveeduría (un mes más de lo establecido por alcaldía para dar respuesta a las órdenes de compra giradas).

Por ende, analizar detalladamente cada uno de estos puntos es importante para evidenciar la necesidad de contrarrestar las situaciones presentadas y mejorar el proceso de compras en el departamento.

#### Ítem #4

Debido a la necesidad de conocer la percepción del personal sobre el funcionamiento de cada etapa que envuelve el proceso logístico de la empresa, se consultó respecto al proceso de almacenamiento de materiales.

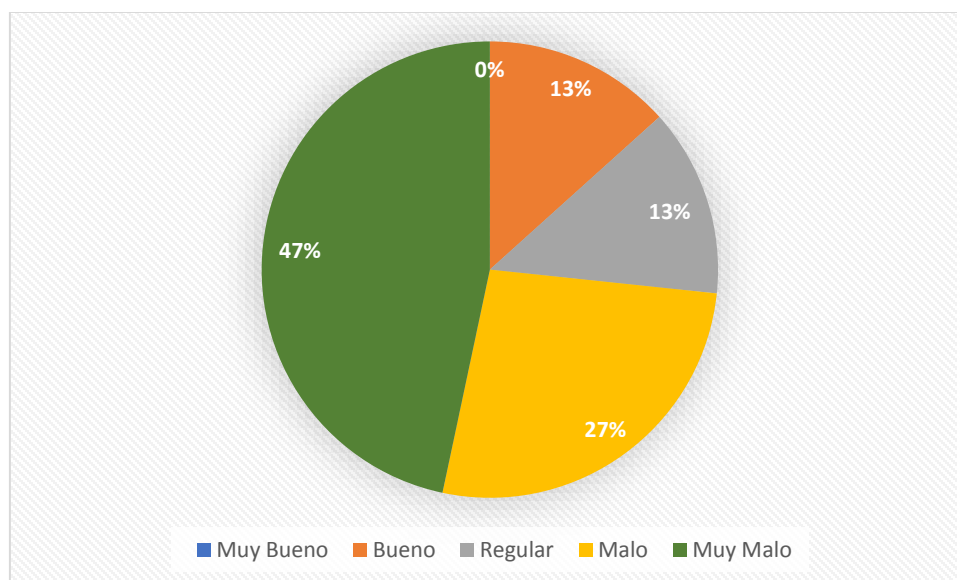
4. ¿Cuál es su percepción personal respecto al procedimiento de almacenamiento de materiales en la bodega?

Al analizar los resultados obtenidos según la interrogante planteada anteriormente, se observan los siguientes datos:

**Tabla 14. Resultados**

Escala	Calificación de los encuestados
Muy Bueno	0
Bueno	2
Regular	2
Malo	4
Muy Malo	7

Fuente: elaboración propia.

**Gráfico 4. Percepción del personal: Proceso de almacenamiento**

Fuente: elaboración propia.

De acuerdo con los resultados obtenidos, 7 de los 15 encuestados consideran que la metodología utilizada para almacenar los materiales en el área de bodega es muy mala, lo que representa un 46,66 %. Ante esto, se realizó en la pregunta 5 un análisis para determinar las principales causas que afecten este proceso.

### Ítem #5

Con el objetivo de analizar más profundamente el proceso de almacenamiento, se consultó al personal para determinar puntos de mejora que impacten en el desempeño de este. Se presentó el siguiente enunciado:

5. De acuerdo con el procedimiento de almacenamiento, enumere posibles causas que repercuten en el proceso actual, según criterio propio, donde 10 representa el punto de mayor impacto y 1 el de menor.

**Tabla 15. Opinión de causas proceso de almacenamiento**

<b>Causas</b>	<b>E1</b>	<b>E2</b>	<b>E3</b>	<b>E4</b>	<b>E5</b>	<b>E6</b>	<b>E7</b>	<b>E8</b>	<b>E9</b>	<b>E10</b>	<b>E11</b>	<b>E12</b>	<b>E13</b>	<b>E14</b>	<b>E15</b>	<b>Total</b>
Poco espacio físico	6	10	7	9	9	5	10	4	6	4	9	6	6	10	3	104
Escasa rotulación en el área de bodega	8	8	9	8	8	9	6	9	8	8	10	7	9	8	9	124
La organización de la bodega ( <i>lay out</i> ) no es adecuada a las necesidades operativas	10	9	10	10	10	10	9	10	10	10	8	10	10	9	10	145
No se conoce de manera exacta la ubicación de los materiales	9	7	8	7	6	8	8	7	9	7	6	9	7	5	7	110
Falta de información en tiempo real	4	5	3	4	4	4	4	3	2	5	3	4	2	4	5	56
Caducidad u obsolescencia de materiales	2	3	2	2	2	1	2	1	1	1	2	2	1	1	1	24
Rutas poco optimizadas	3	1	4	3	3	2	3	5	5	2	4	3	4	2	6	50
Desconoce rotación del inventario	5	4	5	6	5	6	5	6	4	6	5	5	5	6	4	77
Inadecuado tipo de almacenaje para algunos productos	7	6	6	5	7	7	7	8	7	9	7	8	8	7	8	107
Errores al introducir datos en el sistema (Excel)	1	2	1	1	1	3	1	2	3	3	1	1	3	3	2	28
	825															

Fuente: elaboración propia.

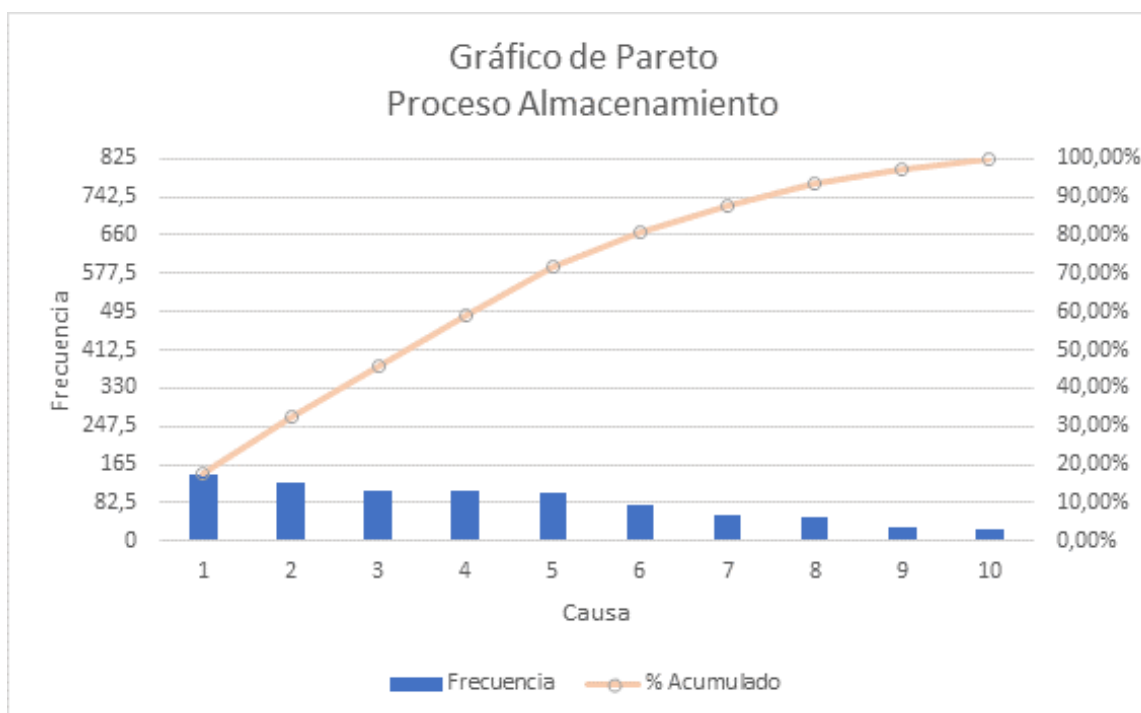
En la tabla 15, se muestra el puntaje obtenido para cada una de las causas que, de acuerdo con la opinión de los funcionarios del Departamento de Acueducto, repercuten o impactan directamente el proceso de almacenamiento. Posteriormente, se procede a ordenar los datos y obtener el porcentaje acumulado para evidenciar, de acuerdo con los resultados, cuál o cuáles causas son consideradas según el personal de mayor impacto en el proceso.

**Tabla 16. Pareto causas proceso de almacenamiento**

	Causas	Frecuencia	%	% Acumulado
1	La organización de la bodega ( <i>lay out</i> ) no es adecuada a las necesidades operativas	145	17,58%	17,58%
2	Escasa rotulación en el área de bodega	124	15,03%	32,61%
3	No se conoce de manera exacta la ubicación de los materiales	110	13,33%	45,94%
4	Inadecuado tipo de almacenaje para algunos productos	107	12,97%	58,91%
5	Poco espacio físico	104	12,61%	71,52%
6	Se desconoce la rotación del inventario	77	9,33%	80,85%
7	Falta de información en tiempo real	56	6,79%	87,64%
8	Rutas poco optimizadas	50	6,06%	93,70%
9	Errores al introducir datos en el sistema (Excel)	28	3,39%	97,09%
10	Caducidad u obsolescencia de materiales	24	2,91%	100,00%

825

Fuente: elaboración propia.

**Gráfico 5. Pareto Proceso de almacenamiento**

Fuente: elaboración propia.

Al observar los resultados obtenidos, se identifica que el personal del departamento refiere que el proceso de almacenamiento es afectado, principalmente, por las siguientes causas:

- La organización de la bodega no es adecuada a las necesidades operativas.
- Escasa rotulación en el área de bodega.
- No se conoce de manera exacta la ubicación de los materiales.
- Inadecuado tipo de almacenaje para algunos productos.

Es importante analizar los puntos identificados para evidenciar la necesidad de contrarrestar las situaciones presentadas y mejorar el proceso de almacenamiento, en busca de optimizar los procesos de logística en el departamento.

#### Ítem #6

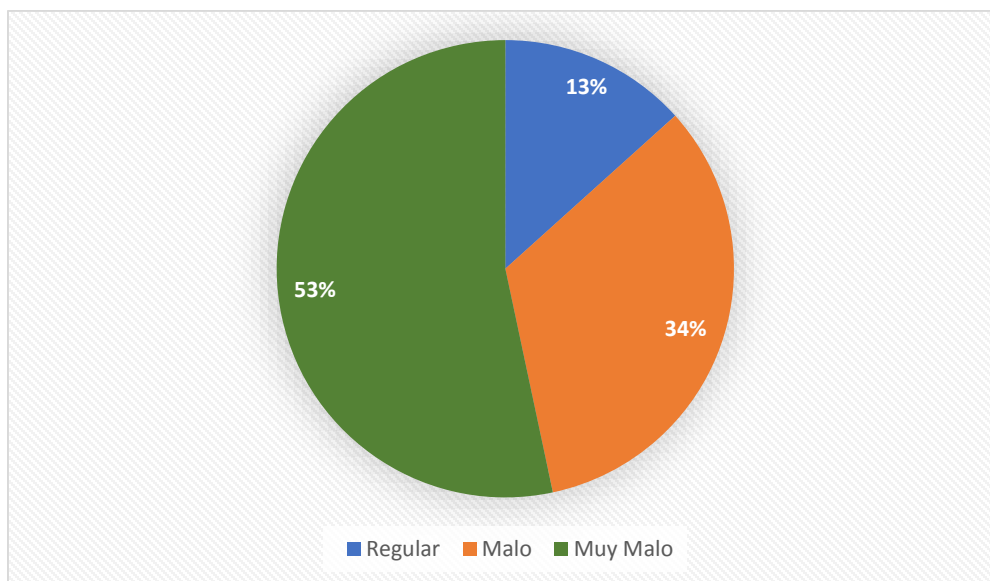
Ante la necesidad de conocer la percepción personal sobre el funcionamiento de cada etapa que envuelve el proceso logístico de la empresa, se consultó respecto al proceso de manejo y control del inventario de la siguiente forma:

6. ¿Cuál es su percepción personal respecto al manejo y control del inventario por parte del departamento?

**Tabla 17. Resultados**

Escala	Calificación de los encuestados
Muy Bueno	0
Bueno	0
Regular	2
Malo	5
Muy Malo	8

Fuente: elaboración propia.



**Gráfico 6. Percepción del personal: Manejo y control del inventario**

Fuente: elaboración propia.

De acuerdo con los resultados, se argumenta que un total de 8 de los encuestados, lo cual representa un 53,33 %, considera que la metodología utilizada para manejar y controlar el inventario es muy mala.

#### Ítem #7

A partir del resultado anterior, se consultó al personal respecto a posibles causas.

Se indicó la siguiente interrogante:

7. De acuerdo con el manejo y control de inventarios, enumere posibles causas que repercuten en el proceso actual, según criterio propio, donde 10 representa el punto de mayor impacto y 1 el de menor.

**Tabla 18. Opinión causas proceso de manejo y control del inventario**

<b>Causas</b>	E1	E2	E3	E4	E5	E6	E7	E8	E9	E10	E11	E12	E13	E14	E15	Total
Falta de registros de movimiento de inventario	3	4	2	3	2	4	6	4	2	2	3	2	6	6	5	54
Exceso o carencia de inventario	6	8	7	8	7	5	8	7	7	7	6	9	8	9	7	109
Despacho de productos que no se aplica la salida de bodega	8	6	10	7	8	9	9	8	9	10	8	8	9	7	8	124
Problemas en el proceso de abastecimiento	2	2	3	4	4	3	2	5	4	3	4	3	2	4	2	47
Falta de Sistemas integrados para manejar y controlar el inventario	10	10	8	9	10	10	7	10	8	6	9	10	7	10	10	134
Hurto de Materiales	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	15
Escasas metodologías para optimizar el área de bodega	5	5	4	2	3	7	5	2	6	5	2	5	3	2	3	59
Diferencias de inventario al realizar cierres	7	7	6	5	6	6	4	3	3	8	7	6	5	3	6	82
Mala comunicación entre departamentos	4	3	5	6	5	2	3	6	5	4	5	4	4	5	4	65
Escaso control salidas y entradas de material	9	9	9	10	9	8	10	9	10	9	10	7	10	8	9	136
																825

Fuente: elaboración propia.

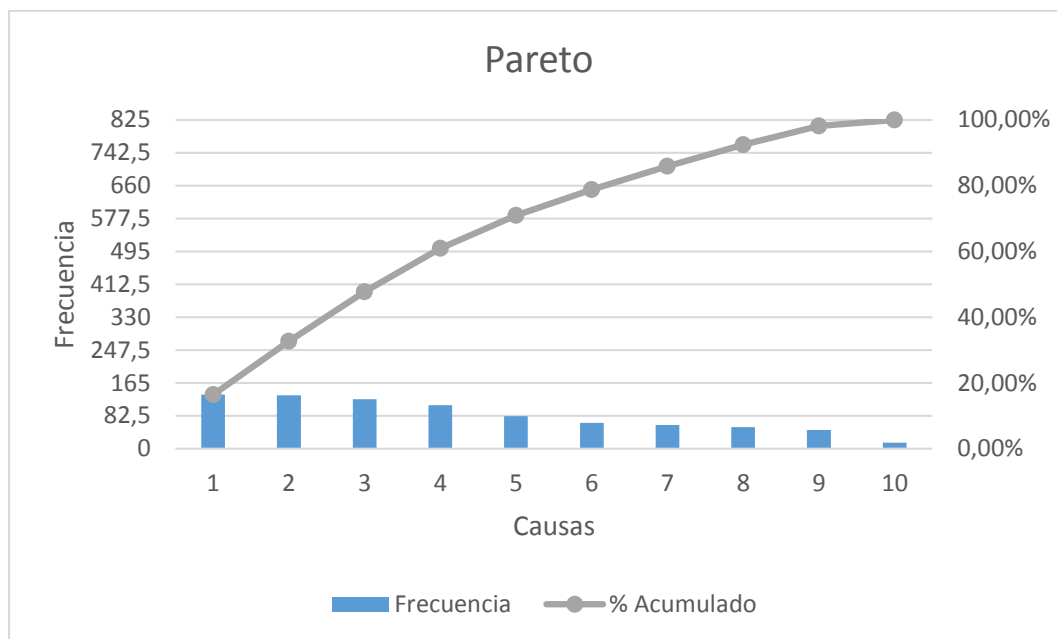
Al obtener los datos se procedió a realizar un gráfico de Pareto, para visualizar los resultados generados de acuerdo con las causas expuestas. Ante esto, se observa lo mostrado en la tabla 19.

**Tabla 19. Pareto Proceso de manejo y control del inventario**

Causas	Frecuencia	%	% Acumulado
Escaso control de salidas y entradas de material	136	16,48%	16,48%
Falta de sistemas integrados para manejar y controlar el inventario	134	16,24%	32,73%
Despacho de productos que no se aplica la salida de bodega	124	15,03%	47,76%
Exceso o carencia de inventario	109	13,21%	60,97%
Diferencias de inventario al realizar cierres	82	9,94%	70,91%
Mala comunicación entre departamentos	65	7,88%	78,79%
Escasas metodologías para optimizar área de bodega	59	7,15%	85,94%
Falta de registros	54	6,55%	92,48%
Problemas en el proceso de abastecimiento	47	5,70%	98,18%
Hurto de Materiales	15	1,82%	100,00%

825

Fuente: elaboración propia.

**Gráfico 7. Pareto Proceso de manejo y control del inventario**

Fuente: elaboración propia.

Al observar los resultados obtenidos, se identifica que el personal del departamento refiere que el proceso de manejo y control del inventario es afectado, principalmente, en un 70.91 % por las siguientes causas:

- Escaso control de salidas y entradas de materiales.
- Falta de sistemas integrados para manejar y controlar el inventario.
- Productos que salen de la bodega sin producirse la correspondiente salida.
- Exceso o carencia de inventario.
- Diferencia de inventario al realizar cierre.

#### Ítem #8

Con el objetivo de visualizar cuál área consideran de urgencia mejorar en el departamento, se le consultó al personal lo siguiente:

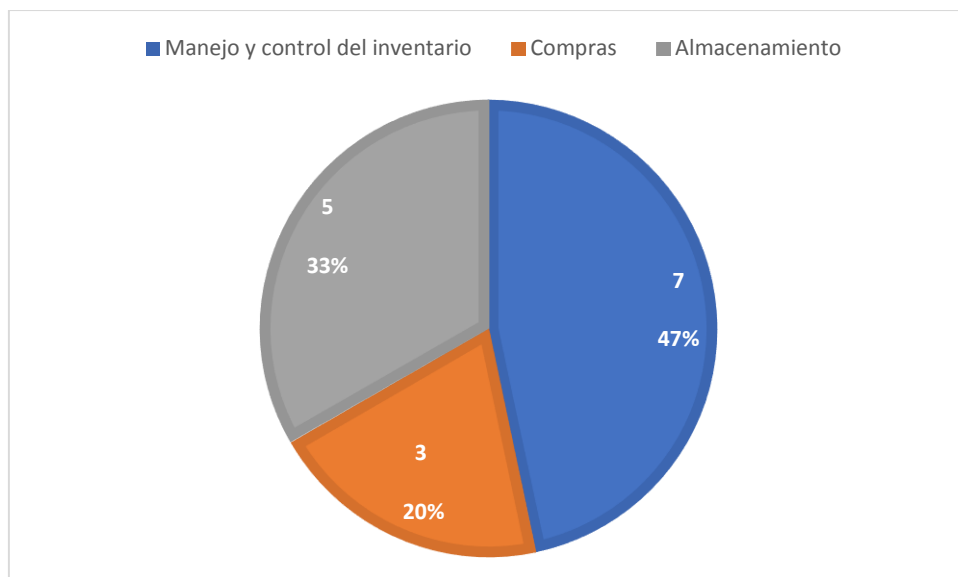
8- De los puntos presentados anteriormente (Proceso de compras, Almacenamiento, Manejo y control del inventario), ¿cuál considera usted que es necesario priorizar para realizar mejoras en temas logísticos?

Ante esta interrogante, se generaron los resultados mostrados en la tabla 20:

**Tabla 20. Resultados**

<b>Proceso</b>	<b>Total</b>	<b>%</b>
Manejo y control del inventario	7	46,67%
Compras	3	20,00%
Almacenamiento	5	33,33%
	15	

Fuente: elaboración propia.



**Gráfico 8. Resultados de analizar la prioridad para efectuar mejoras**

Fuente: elaboración propia.

Observando los resultados obtenidos, se visualiza que el 46,67 % de los encuestados afirma que es necesario que el departamento realice mejoras prontas en la metodología actual utilizada para manejar y controlar el inventario.

#### **4.4 Diagnóstico de la situación actual**

Al analizar puntos concretos abordados en la encuesta por parte del personal, se pueden identificar una serie de situaciones que derivan en la problemática enfrentada actualmente por el departamento. Ante esto, se procedió a evidenciar las situaciones de interés para el proyecto.

##### **4.4.1 Poca planificación en el proceso de compras**

Se analiza la situación expresada por los empleados del departamento, por medio de la encuesta realizada y entrevistas previas, y se evidencia como actualmente el proceso de compras del departamento cuenta con una serie de carencias que repercuten directamente en la logística departamental.

En primera instancia, se identificó que no se cuenta con metodologías, como máximos y mínimos, cantidad de pedido y punto de reorden, que faciliten el proceso y eviten la subjetividad en este. Esta situación se evidencia debido a que la encargada realiza el pedido de materiales sin llevar a cabo estudios técnicos que den soporte al proceso. Producto de los factores identificados anteriormente, los datos no presentan exactitud para generar proyecciones basadas en el comportamiento del proceso en un periodo determinado de estudio. Es importante mencionar que se realiza una única compra anual, debido a que la municipalidad así lo tiene estipulado, lo cual en ocasiones repercute en el faltante o exceso de materiales en bodega. Se evidencia la necesidad de utilizar herramientas que sustenten el ¿por qué comprar? ¿Cuándo hacerlo? ¿Cuánto comprar?

#### **4.4.2 Falta de un análisis previo de demanda**

Como se mencionaba con anterioridad, el departamento cuenta con históricos que permiten analizar la demanda de materiales, no obstante, no aplican la metodología, por lo cual un estudio de demanda es de vital importancia para todo proceso de abastecimiento. El departamento actualmente desconoce la demanda real de cada material que conforma su inventario, lo cual se transmite en incertidumbre al realizar el proceso de compras. Se desconoce lo que realmente se requiere para operar, el departamento refleja aspectos como el faltante de materiales o el exceso de algunos afectando la logística empresarial. Establecer metodologías que generen datos concretos para evitar la incertidumbre en el proceso se convierte en una necesidad por atender de manera pronta por el departamento

#### **4.4.3 Problemas derivados del proceso de compras (sobreinventario, falta de materiales en distintos periodos)**

De acuerdo con la situación especificada en el enunciado anterior, se analizaron los datos históricos manejados en Excel, así como los archivos de boletas de solicitud de materiales y las boletas de salida de materiales, con lo cual se evidenció que la poca planificación en temas de inventario ocasiona problemas de faltante de materiales, o bien, el sobreinventario. Ante esto, se analizó la última orden de compra generada para el periodo del año 2017-2018, contrastada con la cantidad real requerida al desarrollar metodologías que den soporte al proceso de compras y se identificó lo mostrado en la tabla 21:

**Tabla 21. Análisis de orden girada versus orden requerida**

Orden solicitada (periodo 2017-2018)	Cantidad requerida
₡ 74 432 510,00	₡ 51 659 851,00

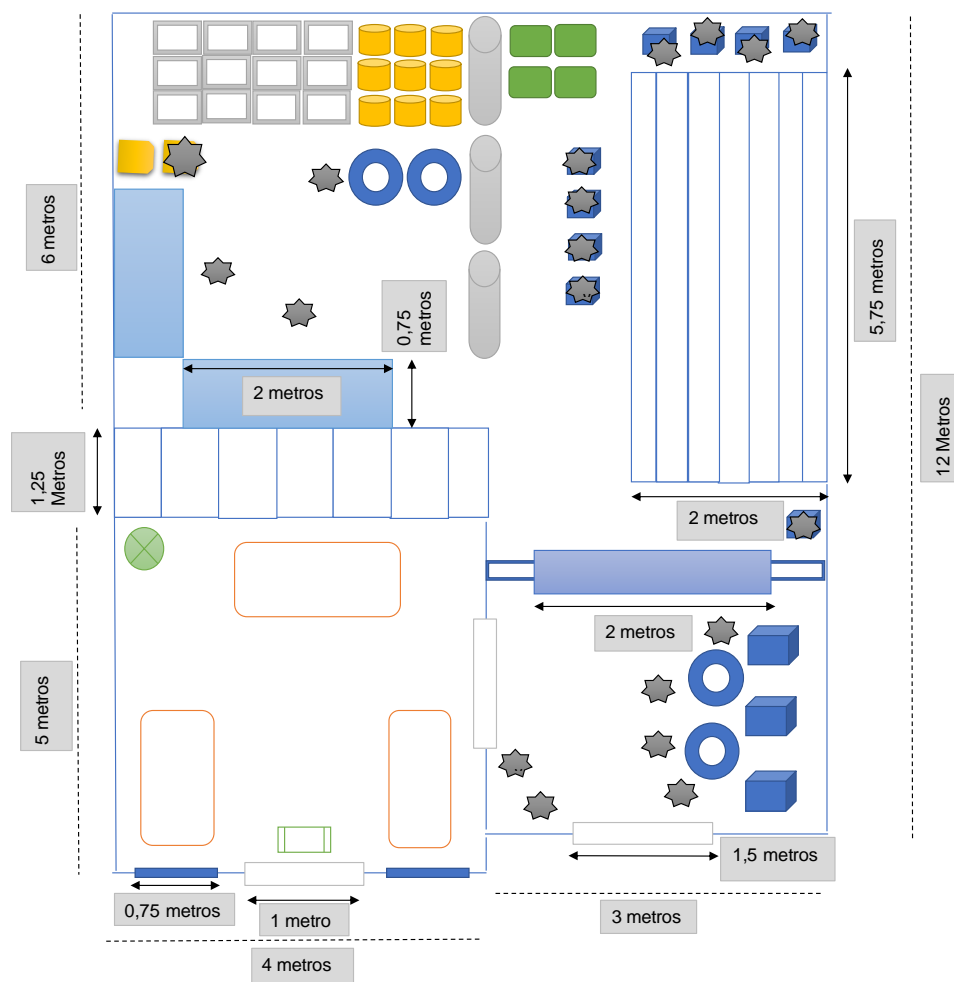
Fuente: elaboración propia.

La tabla 21 representa el monto comprado para operar en el periodo de estudio más reciente. Analizando se observa cómo se establece un mayor volumen de compra del requerido y en ocasiones se compran materiales con una rotación nula, lo que provoca la saturación de la bodega. Por otra parte, sobre materiales que requieren mayor solicitud, al desconocer la demanda real de estos, se solicita menos de lo esperado, ocasionando los faltantes descritos en los periodos.

Se ha evidenciado, principalmente a finales e inicio de año (diciembre, enero), como algunas labores operativas se ven truncadas debido al faltante de materiales necesarios para realizar los trabajos requeridos. Esto afecta el proceso y se transmite en retrasos en las labores operativas referentes a instalación de pajas de agua y en atención de diversas averías.

#### **4.4.4 Inadecuada organización de la bodega**

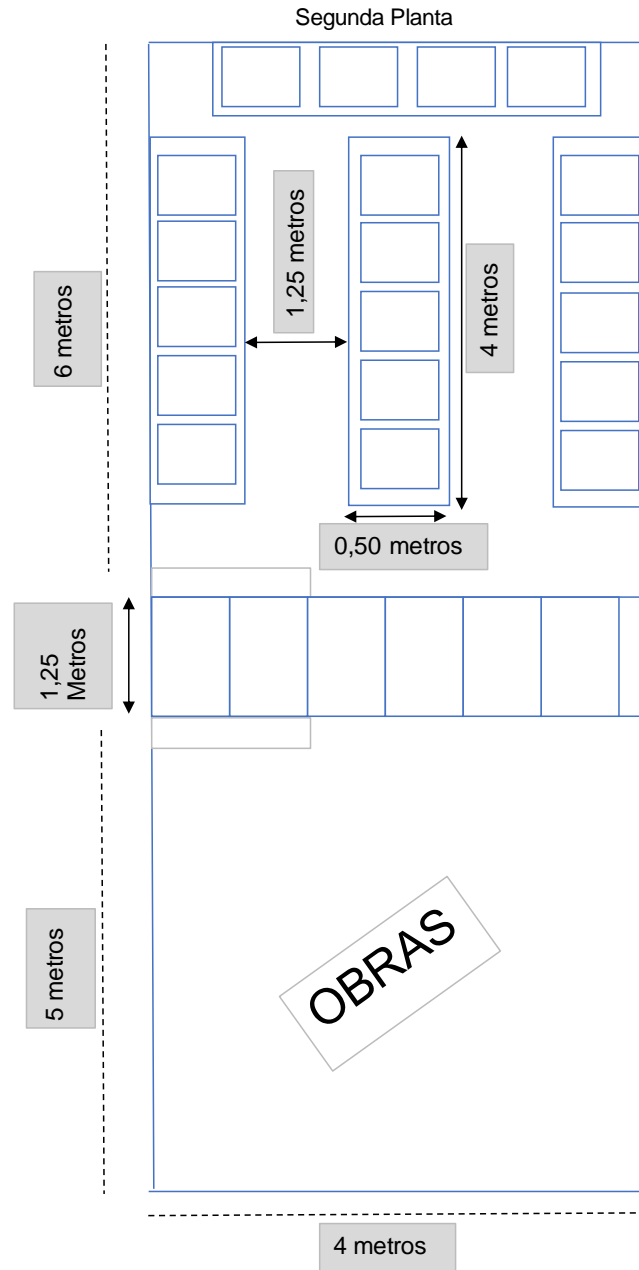
El área de bodega actualmente no cuenta con una organización que facilite el proceso de despacho de materiales. En la actualidad, no cuenta con una clasificación de materiales derivada de un estudio que permita identificar los que tienen mayor movimiento, para mejorar el proceso. No contar con una organización adecuada afecta los tiempos de despacho prolongándolos y afectando el funcionamiento del departamento.



**Figura 11. Organización de la bodega planta inferior**

Fuente: elaboración propia.

La figura 11 muestra la distribución actual con la que cuenta la bodega, donde se observan materiales que provocan desorden en el área, como lo son cajas vacías, residuos plásticos, galones plásticos vacíos, entre otros. Es importante eliminar todos los residuos identificados en el área, para contar con un área de trabajo más limpia y ordenada, y así facilitar futuras metodologías de organización de la bodega.



**Figura 12. Organización de bodega planta superior**

Fuente: elaboración propia.

La figura 12 muestra la planta superior de la bodega de almacenamiento, donde se observa la división de los sectores tanto para el Departamento de Obras como el de Acueducto. Es importante recalcar que en esta zona se evidencia la problemática presente en la planta baja, pero a menor escala.

Simbología

Blocks	
Materiales almacenados en sacos	
Pinturas y cubetas	
Galones y estañones	
Tubería, reglas y láminas	
Rollos	
Desechos de carton	
Materiales Innecesarios	

**Figura 13. Simbología**

Fuente: elaboración propia.

Para evidenciar la situación que afronta el departamento en cuanto a la pérdida de tiempo, se estudiaron los diferentes materiales según la agrupación por similitud con la que se almacenan actualmente. Se recopilaron datos de la demanda al analizar los registros archivados de acuerdo con las boletas de solicitud de materiales emitidas a la bodega durante el mes de junio del año 2018, lo cual mostró los resultados expuestos en la tabla 22:

**Tabla 22. Agrupaciones por similitud**

Categoría de Material	Descripción	Demanda Jun 2018	Tipos de materiales agrupados por categoría
Adaptador hembra	Comprende únicamente adaptadores hembra de distintas dimensiones, así como aquellos utilizados en trabajos específicos.	19	9

<b>Categoría de Material</b>	<b>Descripción</b>	<b>Demanda Jun 2018</b>	<b>Tipos de materiales agrupados por categoría</b>
Adaptador macho	Comprende únicamente adaptadores macho de distintas dimensiones, así como aquellos utilizados en trabajos específicos.	144	12
Angulares	Comprende únicamente angulares de distintas dimensiones, así como aquellos utilizados en trabajos específicos.	0	6
Candados	Comprende únicamente candados de distintas dimensiones y utilidad.	0	6
Clavos	Comprende las principales familias de clavos en distintas dimensiones.	0,5	7
Codos	Comprende únicamente codos de distintas dimensiones, así como aquellos utilizados en trabajos específicos.	46	10
Láminas	Láminas de construcción de diferentes dimensiones y materiales utilizadas por el departamento en los trabajos.	0	7
Llaves de balín	Comprende únicamente llaves de balín de distintas dimensiones, así como aquellos utilizados en trabajos específicos.	46	6
Llaves	Comprende llaves para cañerías, tubos, entre otros, de diferentes dimensiones, utilidad y material de fabricación.	0	11
Llaves de compuerta	Comprende llaves de compuerta de distintas dimensiones, así como aquellas utilizadas en trabajos específicos.	1	5
Niples	Comprende niples de distintas dimensiones, así como aquellas utilizadas en trabajos específicos.	10	5
Pinturas	Comprende todas las pinturas que se utilizan en el departamento por una necesidad específica.	0	11
Reducciones	Comprende reducciones de distintas dimensiones, así como aquellas utilizadas en trabajos específicos.	26	20
Semicodo	Comprende semicodos de distintas dimensiones, así como aquellas utilizadas en trabajos específicos.	16	11
Silletas	Comprende silletas de diferentes dimensiones.	15	12

<b>Categoría de Material</b>	<b>Descripción</b>	<b>Demanda Jun 2018</b>	<b>Tipos de materiales agrupados por categoría</b>
Tapones	Comprende tapones de distintas dimensiones y uso manejados por el departamento.	38	18
TEE	Comprende las TEE de distintas dimensiones, así como aquellas utilizadas en trabajos específicos.	49	16
Tornillos	Comprende tornillos de distintas dimensiones y aquellos utilizados en trabajos específicos.	0	17
Tubos	Comprende tubos de distintas dimensiones, material de fabricación y aquellos utilizados en trabajos específicos.	56,17	23
Unión de reparación	Comprende todas las uniones de reparación de distintas dimensiones y aquellos utilizados en trabajos específicos.	1	6
Unión de tope	Comprende todas las uniones de tope de distintas dimensiones y aquellos utilizados en trabajos específicos.	4	4
Unión lisa	Comprende todas las uniones lisas de distintas dimensiones y aquellos utilizados en trabajos específicos.	267	12
Unión de transición	Comprende todas las uniones de transición de distintas dimensiones y aquellos utilizados en trabajos específicos.	78	10
Válvulas	Comprende todas las válvulas de distintas dimensiones y aquellos utilizados en trabajos específicos.	0	9
Varillas	Comprende todas varillas de distintas dimensiones y aquellos utilizados en trabajos específicos.	11	6
YEE	Comprende todas las YEE de distintas dimensiones y aquellos utilizados en trabajos específicos.	2	4
Compuestos	Denominado así al grupo que corresponde a materiales que, por su composición, requieren lugares de resguardo específico para evitar derrames u obsolescencia.	430	20
Materiales de construcción	Lo conforman todos los materiales utilizados para realizar obras en el departamento.	120	40

Categoría de Material	Descripción	Demanda Jun 2018	Tipos de materiales agrupados por categoría
Materiales especializados	Materiales utilizados en obras específicas.	0	25

Fuente: elaboración propia.

En la tabla 22, se muestra la forma como se agrupan los materiales en el área de bodega, según la categoría o familia a la que pertenecen. Estas agrupaciones se realizaron con anterioridad en el departamento para facilitar acomodo y localización, donde los materiales son agrupados por familia comprendiendo todos los de un determinado grupo que cuentan con diversas dimensiones, por ejemplo, los adaptadores hembra (siendo este la categoría o familia) abarcan todo tipo de adaptadores hembra de diversas dimensiones que van desde la 1/2" hasta 6". Es importante mencionar que, para efectos del proyecto, se respeta esta clasificación.

Cabe destacar que la metodología de almacenamiento actual no favorece el proceso de búsqueda prolongando los tiempos al realizar el alisto de una orden de solicitud de materiales, en más de un 50 %. Esto se presenta debido a que, actualmente, la bodega no cuenta con un *lay out* acorde a las necesidades del departamento, ya que se acomodaron los materiales sin realizar estudios previos para evidenciar la mejor ubicación para cada material. Además, al no contar con rotulación que facilite la ubicación tanto de la zona como del material deseado, provoca la extensión de los tiempos de búsqueda y despacho.

Con esto, una vez observados los movimientos realizados durante el mes de junio respecto a los grupos, se realizó una priorización de los materiales más solicitados en las órdenes. El análisis se realizó durante un periodo de tres meses (abril, mayo y

junio del año 2018), donde se recopilaron datos más exactos referentes a los movimientos de materiales, derivados de las órdenes giradas durante este periodo designado para realizar el estudio. Ante esto, se obtuvieron los resultados que se muestran en la tabla 23:

**Tabla 23. Órdenes solicitadas y demanda de materiales**

Material	Demanda			Órdenes solicitadas			
	Abril	Mayo	Junio	Abril	Mayo	Junio	Total
Cubetas de hipoclorito de calcio de 25 kg	190,00	85,00	414,00	3	1	2	6
Adaptador macho de 1/2"	84,00	29,00	129,00	13	21	18	52
Unión lisa de ½	131,00	78,00	97,00	17	11	9	37
Block de 12 x 20 x 40	50,00	200,00	70,00	3	1	1	5
Unión de transición de 1/2"	48,00	22,00	51,00	6	3	6	15
Llave de balín metálica de ½	37,00	24,00	45,00	16	10	22	48
Codo de 1/2 por 45 BL12 mm	72,00	26,00	40,00	28	10	10	48
Tubos de 1/2"	77,00	25,00	30,00	14	3	5	22
Tapón liso de 1/2"	40,00	18,00	26,00	26	12	18	56
Tee de 1 a ½	57,00	3,00	22,00	36	3	15	54

Fuente: elaboración propia.

Es importante destacar que, al analizar las órdenes giradas, se observa que los materiales presentes en la tabla son los que se solicitan con mayor frecuencia y, además, se consideran indispensables para operar en el departamento, debido a que se evidencia que en un 95 % de las solicitudes se incluye al menos uno de estos materiales o varios.

Con estos datos, se procedió a realizar el cálculo del tamaño de la muestra, utilizando la siguiente fórmula:

$$n = \frac{N \times Z_a^2 \times p \times q}{d^2 \times (N - 1) + Z_a^2 \times p \times q}$$

Donde:

N: Tamaño de la población, para este caso es de 343, que es el total de órdenes giradas en un trimestre para los materiales estudiados.

Z: Nivel de confianza (95%)

P: Probabilidad de éxito (50%)

Q: Probabilidad de fracaso (50%)

D: Error máximo admisible (5%)

Z $\alpha$ : Según el nivel de confianza asignado, Z $\alpha$  tiene un valor de 1,96.

Una vez determinados los valores requeridos, se procedió a realizar el cálculo del tamaño de la muestra, lo cual generó los siguientes datos:

**Tabla 24. Tamaño de la muestra**

N	343
Z	95%
P	50%
Q	50%
D	5%
Z $\alpha$	1,96
n=	125

Fuente: elaboración propia.

Con esto, observando los resultados respecto al tamaño de la muestra, se procedió a realizar un muestreo no probabilístico, debido a que no se cuenta con el tiempo para

realizar las muestras requeridas. Por ende, se procedió a realizar tres distintas tomas de tiempos donde se presentaron los resultados de la tabla 25:

**Tabla 25. Tiempo de búsqueda de materiales (minutos)**

Material	T1	T2	T3	Promedio
Cubetas de hipoclorito de calcio de 25 kg	2,07	2,12	2,11	2,10
Adaptador macho de 1/2"	4,43	4,53	4,51	4,49
Unión lisa de ½	4,22	4,23	4,26	4,24
Block de 12 x 20 x 40	5,7	5,81	5,84	5,78
Unión de transición de 1/2"	4,29	4,39	4,32	4,33
Llave de balín metálica de ½	3,59	3,7	3,74	3,68
Codo de 1/2 por 45 BL12 mm	4,42	4,45	4,42	4,43
Tubos de 1/2"	5,86	5,83	5,91	5,87
Tapón liso de 1/2"	4,52	4,45	4,47	4,48
Tee de 1 a ½	4,49	4,56	4,53	4,53

Fuente: elaboración propia.

Una vez determinado el tiempo promedio, se procedió a realizar el cálculo del tiempo total de búsqueda, de acuerdo con la relación establecida entre las órdenes emitidas en un rango de 90 días y el tiempo promedio establecido con anterioridad. Ante esto, se generaron los resultados de la tabla 26:

**Tabla 26. Tiempo de búsqueda**

Material	Órdenes Emitidas (90 días)	Tiempo promedio de Búsqueda (Minutos)	Tiempo Total de búsqueda (Minutos)
Cubetas de hipoclorito de calcio de 25 kg	6	2,1	12,6
Adaptador macho de 1/2"	52	4,49	233,48
Unión lisa de ½	37	4,24	156,88
Block de 12 x 20 x 40	5	5,78	28,9
Unión de transición de 1/2"	15	4,33	64,95

Material	Órdenes Emitidas (90 días)	Tiempo promedio de Búsqueda (Minutos)	Tiempo Total de búsqueda (Minutos)
Llave de balín metálica de ½	48	3,68	176,64
Codo de 1/2 por 45 BL12 mm	48	4,43	212,64
Tubos de 1/2"	22	5,87	129,14
Tapón liso de 1/2"	56	4,48	250,88
Tee de 1 a ½	54	4,53	244,62

Fuente: elaboración propia.

Los resultados obtenidos reflejan los tiempos actuales que tarda la encargada en buscar, alistar y despachar los productos analizados, de acuerdo con la distribución actual con la que cuenta la bodega. Al observar los resultados obtenidos, se expresa con certeza que, aplicando metodologías que faciliten la ubicación e identificación del material, se puede minimizar los tiempos considerablemente. Con esto, se busca realizar mejoras para minimizar el tiempo de búsqueda y, a la vez, beneficiar los procesos del departamento. Es importante determinar que se recomienda realizar un estudio con un muestreo más amplio, para determinar tiempos precisos, ya que, debido al factor tiempo, se utilizaron observaciones aleatorias por no poder aplicar un muestro en este proyecto.

#### **4.4.5 Desorden presente en la bodega**

Un factor importante por considerar, al analizar el proceso de almacenamiento, es la organización actual del área de bodega. Al realizar visitas a la zona, se identifica que la bodega no cuenta con rotulación para facilitar la ubicación de las zonas y los productos, además, que el espacio se encuentra desordenado y presenta materiales como cartón, envases plásticos, entre otros, los cuales hacen lucir el área de almacenamiento desordenada.

Ante esto, se desarrolló previamente un análisis de 5S para evidenciar la situación descrita con anterioridad. Es importante mencionar que no se aplican las 5S que permitan optimizar el espacio por medio del desecho de materiales en desuso (cajas, galones vacíos, recipientes plásticos, etc.). Esta situación repercute, debido a que se genera aglomeración de materiales y dificulta la búsqueda de materiales muy específicos (materiales de uso poco común).

#### 4.4.5.1 Aplicación de metodología de 5s

Con el objetivo de optimizar el espacio en el área de bodega, se procedió a desarrollar la herramienta 5s. De manera inicial, se realizó una inspección en el área de bodega para determinar el nivel de 5s y así detectar el estado actual de la bodega respecto a esta metodología, con el objetivo de evidenciar puntos de mejora.

##### 4.4.5.1.1 Hoja de inspección 5s

Para esto, se realizó un cuestionario enfocado en determinar puntualmente aspectos de interés, con el fin de evaluar la situación actual y cuantificar el nivel en el que se encuentra el departamento.

**Tabla 27. Inspección 5S**

Hoja de Inspección para 5'S		Puntaje	Realizado por: Néstor González Muñoz jul-18	
5'S	#	Chequeado	Descripción	Puntaje
Clasificación	1	Materiales	¿Materiales en exceso de inventario?	0
	2	Maquinaria	¿Existencia innecesaria alrededor?	1
	3	Equipo	¿Existencia innecesaria alrededor?	1
	4	Control	¿Existencia o no de controles?	1
	5	Estándar	¿Estándares establecidos para 5'S?	0
Orden	6	Artículos	¿Poseen un lugar claramente identificado?	0
	7	Indicadores	¿Máximos y Mínimos establecidos?	0

	8	Vías de acceso	¿Identificadas líneas de acceso y áreas de almacenaje?	1
	9	Herramientas	¿Poseen un lugar claramente identificado?	1
Limpieza	10	Pisos	¿Libres de basura, agua o aceites?	1
	11	Equipo	¿Libres de objetos y aceites?	1
	12	Limpieza	¿Realiza limpieza de equipos junto con mantenimiento?	2
	13	Responsables	¿Existe personal responsable de limpieza?	2
	14	Hábito	¿La limpieza se realiza regularmente?	2
Estandarización	15	Notas de mejoramiento	¿Genera notas de mejoramiento regularmente?	1
	16	Ideas de mejoramiento	¿Implementación de ideas de mejora?	0
	17	Procedimientos	¿Procedimientos escritos, claros y actuales?	0
	18	Plan de mejora	¿Plan futuro de mejora para el área?	0
	19	Primeras 3'S	¿Primeras 3'S mantenidas?	1
Disciplina	20	Entrenamiento	¿Son conocidos los procedimientos estándar?	1
	21	Herramientas y materiales	¿Almacenados correctamente?	1
	22	Control	¿Controles específicos establecidos?	1
	23	Procedimientos	¿Revisados regularmente?	0
	24	Descripción de cargos	¿Revisados regularmente?	1

Fuente: Implementación de la metodología 5S.

**Tabla 28. Ponderación utilizada**

Calificación	Valor
Muy Malo	0
Malo	1
Medio	2
Bueno	3
Muy Bueno	4

Fuente: elaboración propia.

Una vez evaluada la bodega por medio del cuestionario ejecutado de forma conjunta entre la encargada de bodega, la jefa del Departamento de Acueducto y el

investigador, se analizaron los resultados obtenidos para decretar el nivel de 5s, lo cual reflejó los resultados de la tabla 29:

**Tabla 29. Resultados obtenidos**

	<b>Calificación obtenida</b>	<b>Máximo</b>	<b>%</b>
Clasificación	2	20	10%
Orden	2	16	13%
Limpieza	8	20	40%
Estandarización	2	20	10%
Disciplina	4	20	20%
Total	18	96	

Fuente: elaboración propia.

Al observar la tabla, se puede argumentar que las primeras dos S, clasificación y orden respectivamente, tienen deficiencias importantes, por lo cual es necesario trabajar en estas para mejorar continuamente.

#### **4.4.6 Escaso control de entradas y salidas de material**

Se evalúan situaciones concretas donde, debido a la necesidad de realizar reparaciones o trabajos específicos de mejora, los fontaneros o el encargado realizan retiro de materiales de la bodega los sábados, días donde por horario laboral, la encargada de bodega no se encuentra. Esta situación afecta el control del inventario, debido a que no puede determinar con certeza la cantidad extraída, o bien, como en muchas ocasiones sucede, que los fontaneros no entregan boleta de salida debido a que lo olvidan o se les extravía.

El único control actual que se maneja son las boletas específicas para cada caso (entrada de materiales/ salida de materiales), este no se tiene de forma completa para

realizar el proceso de toma de decisiones para las compras y corroborar el nivel de inventario. Es importante destacar que esta situación perjudica los registros manejados de órdenes despachadas de materiales en la bodega de la parte administrativa del acueducto, lo cual genera una discrepancia entre los registros del departamento y los reportes de inventario existente en la bodega. Con esto, se genera una problemática, al presentar en el departamento datos inexactos que favorezcan el desarrollo de metodologías para evitar los problemas que afronta.

#### 4.4.7 Diferencias al realizar cierre de inventario

Una situación identificada en los últimos dos periodos (2016-2017) fue la discrepancia presente entre los registros manejados en el departamento y los del área de bodega. Se determinó que situaciones como el escaso control y, a la vez, la ausencia de los registros del inventario en el departamento durante un período de seis a ocho meses, propiciaron un descontrol, lo cual repercute en la toma de decisiones en el proceso de almacenamiento. Al analizar los registros departamentales, se evidenció lo mostrado en la tabla 30:

**Tabla 30. Reporte de Inventario Período 2017**

Total Inventario real	Costo de Inventario	Total de inventario extraviado	Costo de inventario extraviado
71603,51	₪ 87 633 768,00	31858,23	-₪37 902 106,00

Fuente: Departamento de Acueducto.

Al analizar la tabla 30, se puede determinar que un 44.49 % de los materiales con los que se inició el periodo del 2017 se extraviaron, o bien, se perdieron los registros por diversas situaciones. Al indagar con el objetivo de comprender lo identificado, se

evidencia que los casos de extravío, generalmente, se presentan por tres situaciones concretas:

- Se da frecuentemente retiro de materiales los sábados y no se genera la correspondiente boleta de salida.
- La encargada de bodega con frecuencia almacena piezas en el área de Obras que pertenecen al Acueducto.
- Ocasionalmente los fontaneros no entregan boletas de salida en el departamento para reportar salidas.

Es importante mencionar que brindar una exactitud respecto a qué tan frecuentemente suceden estas situaciones es complejo, debido a que no existen parámetros que permitan evidenciar concretamente la recurrencia de las situaciones identificadas, a pesar de esto, se tiene certeza de la existencia de dichas situaciones. Por otra parte, la situación de error de almacenamiento es un factor por considerar, ya que, al ingresar o bien realizar una devolución de materiales por parte del fontanero, debe reportar al área de contabilidad del acueducto el ingreso de la pieza, aumentando el nivel de inventario en el registro departamental sin que la pieza llegue al mismo.

Por último, el factor que se evidencia con más frecuencia es la pérdida de boletas de salida de materiales por parte de fontaneros, quienes, una vez finalizado el retiro del material en el área de bodega, deben entregar la correspondiente boleta a la secretaria, con el fin de que esta las archive y entregue a la contadora para el debido registro. No obstante, se evidencia que en ocasiones estos planean entregarlas después de realizar las labores operativas para ganar tiempo y en muchas ocasiones

pierden las boletas, lo cual provoca inexactitud en el inventario y genera las discrepancias que posteriormente afectan a la hora de presentar reportes a alcaldía.

**Tabla 31. Materiales extraviados Periodo 2017**

Material	Cantidad extraviada	Total
1 Tubos de 3" pared gruesa SDR 17	154,00	-C\$ 2 028 541,90
2 Tubos de PVC DE 60 mm (2 1/2") SDR 17	95,00	-C\$ 1 142 850,00
3 Piedra de cuarta (metros)	79,00	-C\$ 1 067 933,85
4 Unión de transición de 6"	33,00	-C\$ 1 032 115,26
5 Tubos de PVC de 75 mm (3") SDR 17	52,00	-C\$ 790 244,00
6 Tubos de 1/2"	346,00	-C\$ 669 887,14
7 Llave de balín metálica de 1/2	351,00	-C\$ 654 572,88
8 Tubo metálico cedula 40 de 6"	5,00	-C\$ 647 055,00
9 Silletas 2 y 1/2 a 1/2	194,00	-C\$ 633 487,60
10 Rollo manguera poliducto 2"	7,00	-C\$ 591 201,45
11 Aceite 10 w en galones (lubricante SAE)	129,25	-C\$ 526 399,06
12 Aceite 40 motor en galones Diesel	101,00	-C\$ 520 019,71
13 Angulares 3 x 3 en 1/4 (6 metros)	23,00	-C\$ 470 181,41
14 Válvula de compuerta de 4"	7,00	-C\$ 450 632,00
15 Candados medianos 50 mm	85,00	-C\$ 398 440,85
16 Arena corriente	32,95	-C\$ 377 634,35
17 Maquina orillera	1,00	-C\$ 362 400,00
18 Pegamento PVC tarro 1/8"	127,00	-C\$ 333 902,05
19 Unión de tope 1/2" lisa	605,00	-C\$ 322 795,75
20 Estañón de aceite 40 motor gasolina	54,75	-C\$ 310 815,75

Fuente: Departamento Acueducto.

La tabla 31 refleja un resumen de los 20 materiales que representan un costo total de C\$13.331.110,01 en cuanto a materiales extraviados, durante el periodo del 2017. Los factores citados anteriormente son los que repercuten de forma directa y generan estas diferencias que, al final del periodo, perjudican a la hora de realizar rendición de cuentas, debido a que no se puede argumentar a ciencia cierta qué sucedió con los materiales extraviados.

Por otra parte, se observan situaciones donde, producto del mal manejo del inventario, las propiedades químicas de los productos se ven afectadas y, por ende, el producto queda inutilizable, representando un costo al departamento por la disipación del material almacenado. Los casos más concretos identificados son los que se muestran en la tabla 32:

**Tabla 32. Materiales disipados**

<b>Material</b>	<b>Cantidad disipada</b>	<b>Total</b>
Hipoclorito de calcio en pastillas o capsulas	1647,00	₪ 2 038 590,32
Cubetas de hipoclorito de calcio de 25 kg	5508,00	₪ 935 038,08
Cloro pastillas hipoclorito calcio	248,00	₪ 282 752,24

Fuente: Departamento de Acueducto.

Es importante destacar, según lo expresado en la tabla de materiales disipados, que el faltante de materiales se puede generar por cualquiera de los dos escenarios: el extravío de materiales sin explicación alguna o porque no se cuenta con el reporte existente de su utilización, o bien, la disipación del material producto de la exposición a condiciones que perjudiquen su composición química.

Además, por otra parte, una situación inversa, donde se encuentran materiales de trabajo extra a lo manejado en el registro. Se analizaron los históricos y se evidenció lo mostrado en la tabla 33:

**Tabla 33. Excedentes de inventario identificados en el periodo 2017**

Inventario extra (Total extra en periodo)	Costo de inventario extra
1950	₪ 3 282 241,83

Fuente: Departamento de Acueducto.

Analizando la situación que se presenta, se determinan situaciones puntuales identificadas, las cuales se mencionan a continuación:

- Aparición de materiales en cubículos del Departamento de Obras períodos después.
- Devolución de materiales sin generarse registro en el acueducto.

Ambas situaciones provocan que el departamento cuente con piezas extra de las cuales no se tenía registro. Además, se identificó cuáles de los materiales reportan mayor cantidad de piezas extra, ante lo cual se obtuvieron los resultados de la tabla 34:

**Tabla 34. Detalle de materias primas con mayor excedente de inventario**

Material	Unidades
Arandelas de plomo	391
Tornillos hexagonales 1"	120
Reducción de 2 1/2" a 2"	118
Aceite 8090 galones	113
TEE DE 1 y 1/2 A 1/2"	108
Varilla de 1/2" construcción deformada	84
Codos sanitarios 1 1/2"	83
Tee lisa de 1"	83
Reducción de 2 a 1/2"	74
Tee de 2 a 1"	65
Reducción de 2 a 1"	64
Tubo 2" pared gruesa PVC	48
Reducción de 2 a 1 y 1/2	47
Reducción de 3 a 2"	47
Tee de 1 y 1/2	42
Regla de 1 x 2 en 4 varas	36
<b>Total</b>	<b>1522</b>

Fuente: Departamento de Acueducto.

Al observar la tabla 34, se puede evidenciar que los materiales expresados representan un 78,05 % del total de excedente del inventario identificado en el área de

bodega. Posteriormente, se procedió a expresar mediante una tabla, los materiales sobre los cuales se identifica mayor impacto económico sobre el inventario, al encontrar piezas adicionales sobre las cuales no se tiene un registro específico.

**Tabla 35. Costo de materias primas que corresponden a excedentes de inventario**

<b>Material</b>	<b>Valor</b>
<b>Tubo 2" pared gruesa PVC</b>	₪ 484 743,20
<b>Lámina galvanizada punta diamante de 1,22 x 2.44 en 1/8</b>	₪ 280 943,90
<b>Varilla de 1/2" construcción deformada</b>	₪ 266 918,40
<b>TUBOS PVC S 32,5 300 MM - 12" X 6 m VE C/EMP</b>	₪ 208 035,00
<b>Tubos de 4" pared gruesa SDR 26""</b>	₪ 187 088,00
<b>Tee de 6"</b>	₪ 172 435,62
<b>Disco cortar asfalto</b>	₪ 172 298,12
<b>Semicodo de 6"</b>	₪ 151 925,64
<b>Aceite 8090 galones</b>	₪ 134 911,13
<b>Válvulas eliminadoras de aire PVC de 2"</b>	₪ 113 079,76
<b>Total</b>	<b>₪ 2 172 378,77</b>

Fuente: Departamento de Acueducto.

La tabla 35 refleja los resultados en cuanto al total del excedente de material identificado en la bodega, lo cual genera una problemática que en muchas ocasiones deriva en problemas de sobreinventario para el departamento.

#### 4.5 Diagrama de Ishikawa

Con el objetivo de visualizar de mejor manera las múltiples causas que afectan al proceso de administración y control del inventario, se desarrolla el diagrama de Ishikawa con base en las causas evidenciadas en el diagnóstico de la situación actual presentado con anterioridad. A manera de resumen se presentan las siguientes causas:

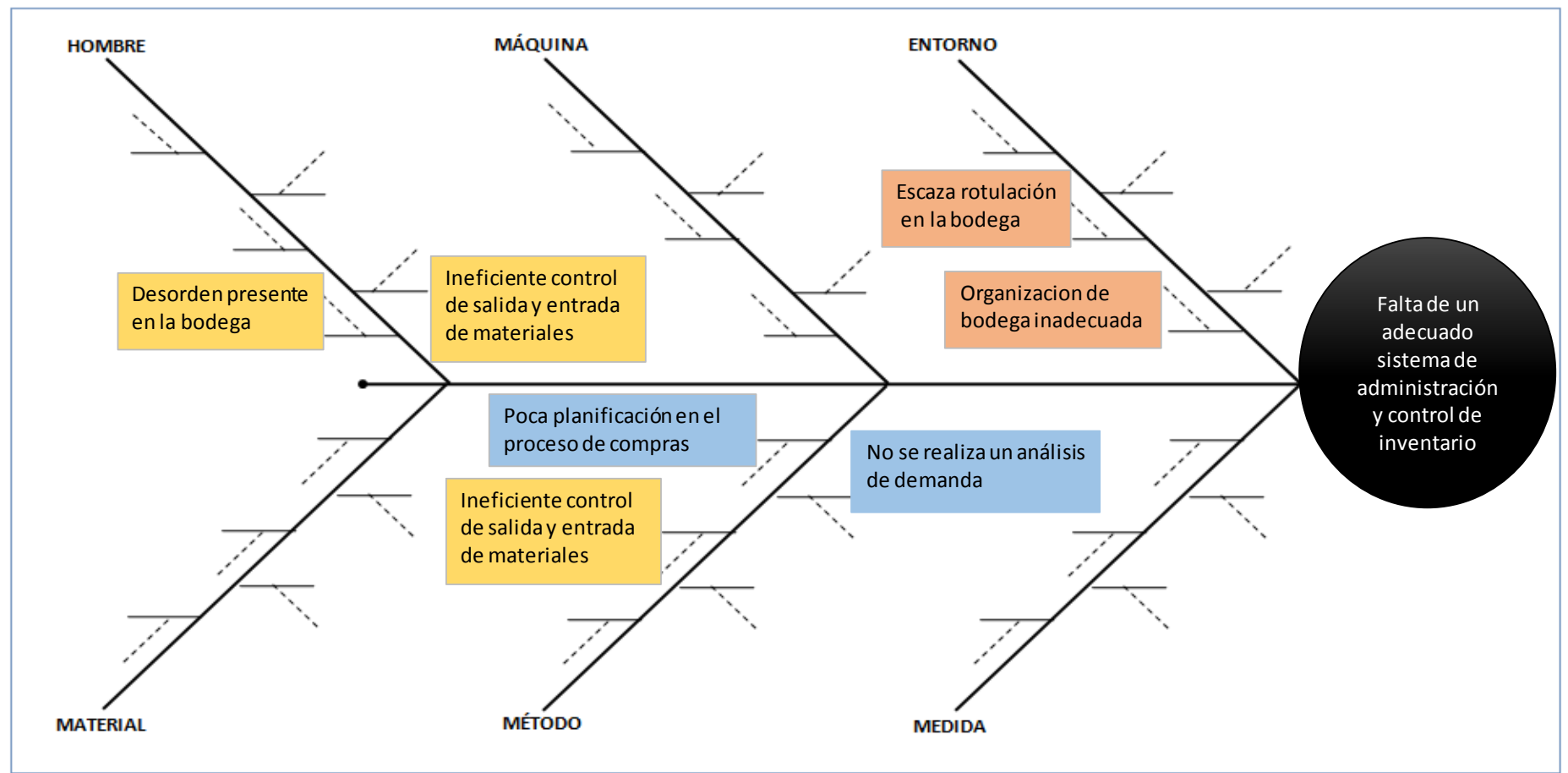
- Poca planificación en el proceso de compras: como se menciona con anterioridad, las escasas metodologías aplicadas para tomar decisiones respecto al proceso de compras perjudican al departamento. Es importante destacar que existen datos históricos que permiten el desarrollo de estas metodologías. No obstante, no se da utilidad a estos, por lo cual se generan problemas de sobreinventario y faltante de materiales en periodos del año, debido a que la encargada del Departamento de Acueducto realiza el proceso de compras de forma muy subjetiva, comprando según lo que considera conveniente. El proceso de compras se realiza de forma anual, por lo que tener un soporte técnico que garantice en todo momento la cantidad óptima de materiales y la presencia de estos se vuelve fundamental.
- No se realiza un análisis previo de demanda: conocer el comportamiento de la demanda en el departamento es fundamental, debido a que existen factores externos que pueden influenciar en esta y ocasionar problemas por faltante de materiales en el departamento. Se cuenta con documentación con la cual se puede estimar la demanda en los periodos, no obstante, no se realiza dicho análisis, por lo cual en periodos posteriores se presentan diversas repercusiones.

Se observa que existen materiales con rotación de inventario nula o mínima ocupando espacio en la bodega y que, además, como consecuencia del desconocimiento de la demanda estimada para este producto, se adquirieron piezas innecesarias. Así mismo, se evidencian situaciones donde, en periodos como diciembre y enero, el departamento presenta escasez de ciertos materiales, frenando las labores operativas en casos donde resulta complicado adquirir el material inmediatamente. Estas situaciones mencionadas derivan principalmente del desconocimiento de la demanda real, la cual permite realizar estudios técnicos como proyecciones para calcular el nivel de inventario requerido para periodos venideros.

- La organización de la bodega no es adecuada a las necesidades operativas: se evidencia como la actual organización de la bodega extiende los tiempos de búsqueda y despacho de los materiales. Se evidencia que no existe una clasificación acorde a la demanda, donde los materiales más recurrentes se encuentren en ubicaciones estratégicas que ayuden a aligerar el proceso de búsqueda y despacho. De acuerdo con la situación descrita, se realizaron tomas de tiempo para evidenciar la extensión de este al realizar los procesos. Con esto se determinó que la organización actual extiende los tiempos de búsqueda hasta en un 58 % más de lo debido.
- Escasa rotulación en el área de bodega: uno de los problemas identificados en el área de bodega es la rotulación, debido a que no se identificó en ningún sector. Actualmente, la bodega no presenta rotulación para facilitar la ubicación de las zonas de almacenamiento y de los materiales como tal. Por ende, se expresa

que este factor contribuye, al igual que el *lay out* actual, con la extensión de los tiempos de búsqueda, debido a que puede volver más lento el proceso.

- Desorden en la bodega: se evidencia que la bodega presenta mucho desorden, debido a la existencia de materiales innecesarios y a la falta de metodologías que permitan controlar este aspecto. Se observan materiales como cajas, envases plásticos vacíos, envolturas plásticas y derrames de ciertos compuestos. Al realizar un estudio de forma previa de 5s, se detectó que las etapas de clasificación y orden son las que cuentan con una calificación relativamente baja, lo que conlleva a tomar decisiones respecto a la situación identificada.
- Ineficiente control de salida de materiales: como se menciona con anterioridad, el departamento presenta problemas derivados del control ineficiente de los materiales que salen de la bodega. Se evidencia como se ha perdido registro de los movimientos de algunos materiales, los cuales por este factor se consideran como extraviados y representan una problemática al departamento. Se observa que en diversas ocasiones los fontaneros no entregan la correspondiente boleta de salida de materiales, lo cual produce que no se archive en los registros y no se genere la salida en el sistema de Excel, ocasionando que los registros no cuenten con la exactitud deseada respecto a los niveles de inventario. Se presentan casos donde los días sábado se realizan retiros de material y no generan las respectivas órdenes, aumentando el problema descrito con anterioridad.



**Gráfico 8. Diagrama Ishikawa**

Fuente: elaboración propia.

Al observar los resultados, se puede argumentar que las principales causas se atribuyen, principalmente, a errores del personal (Mano de obra/ Hombre), el entorno en el cual se desarrollan operaciones y, por último, el método como se realizan.

#### 4.6 Análisis del modo y efecto de la falla

Una vez desarrollado el diagrama causa- efecto, se utiliza la herramienta FMEA, con el fin de identificar todos los fallos y errores que se dan dentro del proceso y de cuantificar con indicadores que permitan evidenciar la situación actual, para determinar el grado de incidencia de cada aspecto en el proceso logístico del departamento, tomando en cuenta los criterios identificados.

**Tabla 36. Análisis del modo y efecto de la falla**

<b>Efecto</b>	<b>Criterios de Severidad</b>	<b>Intervalo</b>
Muy Alto	Efecto Principal	10 a 9
Alto	Inconveniente mayor	8 a 6
Moderado	Inconveniente menor	5 a 3
Bajo	Mínimo efecto	2 a 1

<b>Criterios de Ocurrencia</b>	<b>Intervalo</b>
Muy Alta probabilidad de ocurrencia	10 a 9
Alta probabilidad de ocurrencia	8 a 6
Moderada probabilidad de ocurrencia	5 a 3
Baja probabilidad de ocurrencia	2 a 1

<b>Criterios de detección</b>	<b>Intervalo</b>
Prácticamente imposible de detectar	10 a 9
Baja capacidad de detección	8 a 6
Alta capacidad de detección	5 a 3
Muy alta capacidad de detección	2 a 1

Fuente: elaboración propia.

Tabla 37. Análisis del modo y efecto de falla

Análisis del modo y efecto de la falla (FMEA)										
Función/Paso del proceso	Fallo Potencial	Efecto Potencial de Fallo	Severidad	Causas potenciales de fallo	Ocurrencia	Controles actuales	Detección	RPN	Acciones recomendadas	Responsables
Manejo del inventario	Falta de un adecuado sistema de administración y control de inventario	Discrepancia en los registros	10	No existen metodologías establecidas para dar control al inventario	7	Boletas de Ingreso y Salida de materiales de bodega	9	630	Establecer métodos de ERI en el departamento para eliminar la discrepancia en los registros	Encargados del Departamento
Procesamiento de compras	No existe metodologías estructuradas que permitan realizar un eficiente proceso de compras	Faltante de materiales en periodos finales del año o sobreinventario en la bodega	8	Desconocimiento real de demanda de materiales requerida	6	Nivel de inventario reportado en bodega	5	240	Establecer métodos de análisis de demanda con el objetivo de tener datos más certeros y confiables para realizar las compras de materiales. Además establecer máximos y mínimos para evitar el faltante o el exceso de los materiales en la bodega	Encargados del Departamento
Almacenamiento de Materiales	Materiales fuera del área de resguardo (Bodega)	Materiales expuestos a hurtos, daños, etc	4	Espacio físico limitado para almacenar materiales	7	No existen controles establecidos	2	56	Establecer los máximos y mínimos para disminuir niveles de inventario y evitar la exposición de estos materiales	Encargados del Departamento
Almacenamiento de Materiales	Escasas metodologías de almacenamiento de materiales	Se extienden los tiempos de búsqueda de materiales	7	No existen metodologías de almacenamiento idóneas que permitan rápida ubicación de materiales	8	No existen controles establecidos	2	112	Implementar metodología de 5's y almacenamiento ABC para disminuir tiempos de búsqueda de materiales. Rotulación en el área que permita pronta ubicación de los materiales	Encargados del Departamento

Fuente: elaboración propia.

Al observar los resultados obtenidos, se evidencia, de acuerdo con el indicador (RPN), que la falta de un adecuado sistema de administración y control de inventario impacta fuertemente y deriva en una problemática sobre el departamento. Analizando los resultados generados en el FMEA, se concluye que es necesario tomar medidas de contingencia para atacar los principales fallos identificados, como lo son:

- Falta de un adecuado sistema de administración y control de inventario.
- Escasas metodologías que den soporte (análisis de demanda, máximos y mínimos, punto de reorden, cantidad de pedido óptima) al proceso de compras para evitar la subjetividad en el proceso de toma de decisiones.
- Materiales expuestos fuera del área de bodega producto del sobreinventario al comprar ciertos materiales (especialmente de construcción).
- Escasas metodologías de almacenamiento de materiales, lo que dificulta la búsqueda de estos propiciando un aumento en los tiempos de despacho de órdenes.

Por ende, se priorizan estos cuatro factores para desarrollar la investigación, debido al impacto que generan sobre el departamento.

**CAPÍTULO V:  
DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE LA SOLUCIÓN**

## 5.1 Desarrollo de propuestas

De acuerdo con el análisis previo realizado en el capítulo anterior referente al diagnóstico, se concluye que las principales causas de la problemática enfrentada en la actualidad por el Departamento de Acueducto corresponden a:

- Falta de un adecuado sistema de administración y control de inventario.
- Escasas metodologías que den soporte (análisis de demanda, máximos y mínimos, punto de reorden, cantidad de pedido óptima) al proceso de compras para evitar la subjetividad en el proceso de toma de decisiones.
- Materiales expuestos fuera del área de bodega producto del sobreinventario al comprar ciertos materiales (especialmente de construcción).
- Escasas metodologías de almacenamiento de materiales, lo que dificulta la búsqueda de estos propiciando un aumento en los tiempos de despacho de órdenes.

Por ende, el desarrollo de la propuesta se enfoca en atacar estas causas mediante la utilización de herramientas, con el fin de minimizar o erradicar el impacto que ocasionan al departamento. Ante esto, se presenta, por medio de una tabla resumen, las causas versus las principales propuestas por desarrollar en el proyecto.

**Tabla 38. Situación actual versus propuesta**

<b>Situación actual (principales causas)</b>	<b>Propuestas planteadas</b>
Falta de un adecuado sistema de administración y control de inventario.	**Establecer metodologías que permitan de eliminar la discrepancia en los registros y a la vez garantizar el nivel óptimo en la bodega de los materiales.

Situación actual (principales causas)	Propuestas planteadas
Escasas metodologías de almacenamiento de materiales, lo que dificulta la búsqueda de estos propiciando un aumento en los tiempos de despacho de órdenes.	<p>**Implementar metodología de 5s y almacenamiento ABC para disminuir tiempos de búsqueda de materiales.</p> <p>**Rotulación en el área que permita pronta ubicación de los materiales.</p>
Escasas metodologías que den soporte (análisis de demanda, máximos y mínimos, punto de reorden, cantidad de pedido óptima) al proceso de compras para evitar la subjetividad al tomar decisiones.	<p>**Establecer métodos de análisis de demanda con el objetivo de tener datos más certeros y confiables para realizar las compras de materiales.</p> <p>**Establecer máximos y mínimos para evitar el faltante o el exceso de los materiales en la bodega.</p>
Materiales expuestos fuera del área de bodega producto del sobreinventario al comprar ciertos materiales (especialmente de construcción).	**Establecer los máximos y mínimos para disminuir niveles de inventario y evitar la exposición de estos materiales.

Fuente: elaboración propia.

Una vez que se indicaron las principales propuestas por establecer en el capítulo, se procedió a desarrollarlas para evidenciar los beneficios derivados de establecer las metodologías planteadas en la tabla 38.

## 5.2 Propuesta de establecimiento de un sistema de control de inventarios

Parte esencial del proyecto radica en el establecimiento del sistema de control de inventarios, debido a que actualmente el departamento carece de este. Uno de los principales motivos, por el cual se requiere, radica en generar datos concretos basados en estudios fundamentados (proyecciones, análisis de demanda) que permitan tomar decisiones más acertadas en temas de inventario. Ante la necesidad

de tener información en tiempo real que facilite el proceso de toma de decisiones, se procedió a proponer un sistema adecuado a las necesidades del departamento.



**Figura 14. Representación gráfica del sistema de administración y control de inventarios**

Fuente: elaboración propia.

La figura 14 muestra de forma gráfica cómo estaría compuesto el sistema de administración y control del inventario propuesto al departamento.

### 5.3 Análisis de demanda

De forma previa, para sustentar análisis posteriores, se analizó un periodo de demanda que comprende desde julio de 2017 hasta el mes de junio del 2018, con el objetivo de

observar movimientos y el comportamiento del inventario presente en este lapso. Al realizar el análisis de los datos, se evidenció lo mostrado en la tabla 39:

**Tabla 39. Demanda periodo Julio 2017- Junio 2018**

<b>Material</b>	jul-17	ago-17	sep-17	oct-17	nov-17	dic-17	ene-18	feb-18	mar-18	abr-18	may-18	jun-18
ADAPTADOR HEMBRA 1/2"	8,00	6,00	29,00	26,00	12,00	10,00	20,00	24,00	0,00	11,00	7,00	15,00
ADAPTADOR HEMBRA DE 1"	2,00	1,00	3,00	2,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
ADAPTADOR HEMBRA DE 2"	1,00	2,00	4,00	2,00	0,00	1,00	0,00	1,00	0,00	1,00	3,00	4,00
ADAPTADOR HEMBRA DE 2 Y ½"	0,00	3,00	2,00	2,00	1,00	0,00	0,00	0,00	2,00	0,00	0,00	0,00
ADAPTADOR HEMBRA DE 3"	0,00	0,00	1,00	0,00	0,00	0,00	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
ADAPTADOR HEMBRA DE 3/4"	0,00	1,00	1,00	3,00	0,00	1,00	0,00	4,00	0,00	0,00	0,00	0,00
ADAPTADOR MACHO RAPIDO 1"	0,00	0,00	1,00	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	2,00	0,00
ADAPTADOR MACHO DE 1/2"	105,00	96,00	142,00	133,00	67,00	53,00	84,00	78,00	50,00	84,00	29,00	129,00
ADAPTADOR MACHO DE 1"	2,00	0,00	11,00	7,00	2,00	5,00	10,00	10,00	2,00	4,00	0,00	4,00
ADAPTADOR MACHO DE 1 1/2"	0,00	1,00	6,00	5,00	2,00	1,00	7,00	2,00	0,00	2,00	2,00	4,00
ADAPTADOR MACHO 2"	2,00	4,00	4,00	10,00	5,00	6,00	10,00	2,00	10,00	7,00	5,00	4,00
ADAPTADOR MACHO DE 2 1/2"	0,00	0,00	3,00	5,00	2,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
ADAPTADOR MACHO DE 3"	0,00	0,00	1,00	1,00	3,00	0,00	0,00	9,00	4,00	7,00	2,00	3,00
ADAPTADOR MACHO DE 4"	2,00	0,00	5,00	2,00	0,00	0,00	0,00	6,00	2,00	4,00	3,00	0,00
ADAPTADOR MACHO DE 6"	0,00	0,00	0,00	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
ANGULAR DE 1 Y 1/2 X 1 Y 1/2 EN 1/8"	0,00	1,00	1,00	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,00	0,00	0,00
ANGULARES DE 2 X 2 EN 1/8"	0,00	1,00	2,00	1,00	0,00	0,00	1,00	2,00	0,00	0,00	1,00	0,00
ANGULARES 2 X 2 EN ¼"	0,00	1,00	2,00	0,00	0,00	0,00	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
CANDADOS GRANDES 60 MM	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	15,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
CANDADOS GRANDES IGUAL O SIMILAR A YALE 60 MM	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	5,00	0,00	0,00	0,00	0,00
CANDADOS MEDIANOS 50 MM	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	6,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
CLAVOS CORRIENTES 1" KILOS	0,00	0,25	0,00	0,00	0,25	0,00	0,25	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
CLAVOS CORRIENTES 1 1/2 KILOS	0,00	0,00	0,00	0,00	0,50	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
CLAVOS CORRIENTES 2" KILOS	0,25	0,00	0,00	0,00	0,00	0,50	0,00	0,00	0,00	0,25	0,00	0,50
CLAVOS CORRIENTES 2 1/2 KILOS	0,00	0,00	0,00	0,75	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,25	0,00	0,00
CLAVOS DE ACERO DE 2"	0,00	0,00	0,50	0,00	0,50	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
CLAVOS DE ACERO DE 3"	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	12,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
CODO DE 1/2"	37,00	46,00	70,00	81,00	51,00	25,00	66,00	52,00	20,00	72,00	26,00	40,00

CODO DE 1"	4,00	1,00	17,00	12,00	7,00	8,00	10,00	5,00	3,00	6,00	10,00	2,00
CODOS DE 1 1/2"	3,00	0,00	19,00	14,00	0,00	0,00	2,00	14,00	0,00	5,00	0,00	4,00
CODOS 2"	0,00	8,00	16,00	11,00	0,00	5,00	7,00	14,00	10,00	6,00	0,00	0,00
CODO DE 2 ½	0,00	2,00	3,00	6,00	0,00	0,00	4,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
CODOS DE 3"	0,00	0,00	15,00	7,00	2,00	0,00	0,00	0,00	9,00	17,00	0,00	0,00
CODO DE 4"	0,00	0,00	6,00	4,00	1,00	0,00	0,00	0,00	5,00	5,00	0,00	0,00
LÁMINA GALVANIZADA (91 X 1.83)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
LÁMINAS PUNTA DIAMANTE DE 1,22 X 244 X 1/8"	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,00	0,00
LLAVE DE BALÍN DE 4"	1,00	0,00	1,00	2,00	1,00	1,00	0,00	2,00	1,00	2,00	1,00	0,00
LLAVE DE BALÍN METÁLICA DE 1 1/2"	1,00	3,00	0,00	1,00	2,00	2,00	3,00	1,00	0,00	1,00	1,00	1,00
LLAVE DE BALÍN DE 1" METÁLICA	1,00	0,00	0,00	0,00	2,00	4,00	2,00	5,00	1,00	1,00	0,00	0,00
LLAVE DE BALÍN METÁLICA DE 1/2	19,00	23,00	41,00	27,00	32,00	15,00	18,00	24,00	17,00	37,00	24,00	45,00
LLAVE DE BALÍN METÁLICA DE 2"	0,00	1,00	4,00	3,00	2,00	0,00	1,00	3,00	5,00	1,00	0,00	0,00
LLAVE DE COMPUERTA METÁLICA DE 1 Y ½	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,00
NIPLES 1/2 X 3" HG	0,00	10,00	0,00	10,00	0,00	10,00	0,00	10,00	0,00	10,00	0,00	10,00
GALÓN DE PINTURA EN ACEITE ANTICORROSIVA COLOR AZUL OSCURO	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
CUBETAS DE PINTURA CELESTE LIBRE DE CLORO EN AGUA	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
REDUCCIÓN DE 2 1/2 A 2"	0,00	0,00	5,00	2,00	3,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	2,00
REDUCCIÓN DE 3/4 A ½	1,00	9,00	7,00	11,00	0,00	2,00	0,00	8,00	0,00	0,00	10,00	0,00
REDUCCIÓN DE 1 A ½	5,00	16,00	22,00	14,00	0,00	8,00	20,00	4,00	1,00	11,00	6,00	15,00
REDUCCIÓN DE 1 1/2 A 1"	0,00	1,00	2,00	4,00	0,00	0,00	0,00	1,00	0,00	0,00	0,00	1,00
REDUCCIÓN DE 1 1/2 A 1/2"	0,00	2,00	5,00	8,00	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	2,00	0,00	0,00
REDUCCIÓN DE 2 A 1 Y ½	3,00	0,00	3,00	1,00	0,00	2,00	3,00	2,00	0,00	3,00	1,00	0,00
REDUCCIÓN DE 2 A 1"	0,00	2,00	4,00	0,00	1,00	1,00	4,00	0,00	1,00	2,00	1,00	0,00
REDUCCIÓN DE 2 A 1/2"	0,00	0,00	0,00	5,00	0,00	0,00	0,00	4,00	0,00	0,00	0,00	1,00
REDUCCIÓN DE 2 Y 1/2 A 1 Y 1/2"	0,00	0,00	0,00	0,00	1,00	0,00	0,00	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00

REDUCCIÓN DE 2 Y 1/2 A 1"	0,00	0,00	3,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,00	0,00	0,00	0,00
REDUCCIÓN DE 3 A 1	0,00	0,00	0,00	1,00	0,00	0,00	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
REDUCCIÓN DE 3 A 2"	0,00	0,00	8,00	11,00	0,00	2,00	2,00	2,00	0,00	9,00	0,00	1,00
REDUCCIÓN DE 3 A 2 Y 1/2"	1,00	1,00	1,00	5,00	0,00	0,00	1,00	1,00	0,00	0,00	3,00	1,00
REDUCCIÓN DE 4 A 3"	0,00	6,00	15,00	9,00	4,00	1,00	0,00	0,00	4,00	12,00	1,00	5,00
REDUCCIÓN DE 6 A 4"	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,00	0,00	0,00	0,00
SEMICODO DE 3/4	0,00	0,00	3,00	2,00	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	2,00	0,00	0,00
SEMICODO 1 Y 1/2	0,00	7,00	2,00	4,00	0,00	2,00	0,00	1,00	0,00	0,00	0,00	4,00
SEMICODO DE 1"	0,00	2,00	6,00	4,00	0,00	2,00	2,00	5,00	0,00	0,00	4,00	0,00
SEMICODO DE 1/2	0,00	15,00	50,00	10,00	7,00	0,00	30,00	10,00	0,00	14,00	0,00	10,00
SEMICODO DE 2"	2,00	0,00	7,00	3,00	0,00	5,00	8,00	0,00	0,00	11,00	0,00	2,00
SEMICODO DE 3"	0,00	5,00	0,00	7,00	2,00	0,00	0,00	2,00	0,00	3,00	7,00	0,00
SEMICODO PVC 4"	2,00	7,00	12,00	8,00	4,00	0,00	0,00	6,00	2,00	4,00	0,00	0,00
SILLETAS DE 1 A 1/2	3,00	5,00	17,00	19,00	6,00	1,00	2,00	3,00	14,00	3,00	6,00	2,00
SILLETAS 1 Y 1/2 A 1/2	0,00	0,00	3,00	4,00	1,00	0,00	2,00	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00
SILLETAS 2 A 1/2	1,00	2,00	15,00	9,00	2,00	4,00	4,00	5,00	2,00	3,00	2,00	10,00
SILLETAS DE 3 A 1/2"	2,00	0,00	4,00	3,00	0,00	0,00	0,00	3,00	3,00	1,00	0,00	0,00
SILLETAS DE 4 A 1/2"	2,00	1,00	10,00	11,00	1,00	3,00	6,00	8,00	3,00	1,00	2,00	2,00
SILLETAS DE 4 A 1	0,00	1,00	2,00	1,00	1,00	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,00
TAPÓN LISO DE 1 Y 1/2"	0,00	1,00	5,00	4,00	2,00	1,00	4,00	2,00	1,00	2,00	0,00	0,00
TAPÓN LISO DE 1"	1,00	4,00	12,00	19,00	3,00	2,00	14,00	1,00	6,00	4,00	6,00	5,00
TAPÓN LISO DE 3/4"	0,00	0,00	0,00	0,00	4,00	0,00	0,00	0,00	3,00	0,00	0,00	0,00
TAPÓN LISO DE 1/2"	12,00	4,00	47,00	32,00	8,00	4,00	35,00	6,00	5,00	40,00	18,00	26,00
TAPÓN LISO DE 2 Y 1/2"	0,00	0,00	2,00	2,00	0,00	0,00	2,00	2,00	0,00	0,00	0,00	0,00
TAPÓN LISO DE 2"	2,00	1,00	4,00	3,00	1,00	0,00	2,00	2,00	2,00	0,00	0,00	0,00
TAPON LISO DE 3"	1,00	0,00	3,00	0,00	3,00	0,00	3,00	0,00	3,00	0,00	1,00	0,00
TAPÓN LISO DE 4"	0,00	4,00	6,00	7,00	0,00	1,00	0,00	3,00	3,00	1,00	1,00	1,00
TAPÓN CON ROSCA INTERNA DE 1/2	0,00	0,00	0,00	0,00	4,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	5,00
TAPÓN CON ROSCA INTERNA DE 3"	0,00	1,00	1,00	0,00	0,00	0,00	1,00	0,00	0,00	1,00	0,00	1,00
TAPÓN CON ROSCA INTERNA PVC 4"	0,00	1,00	2,00	3,00	0,00	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,00	0,00
TEE DE 1 A 1/2	12,00	27,00	61,00	53,00	42,00	19,00	44,00	14,00	3,00	57,00	3,00	22,00

TEE DE 3/4"	0,00	0,00	2,00	7,00	0,00	0,00	0,00	0,00	3,00	0,00	0,00	0,00
TEE DE 1 Y 1/2 A 1/2"	0,00	3,00	8,00	17,00	1,00	0,00	10,00	6,00	0,00	16,00	4,00	5,00
TEE DE 1 Y 1/2 A 1"	0,00	1,00	4,00	3,00	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	2,00
TEE DE 1 Y 1/2	1,00	1,00	2,00	3,00	2,00	0,00	1,00	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00
TEE DE 1/2"	0,00	8,00	4,00	14,00	0,00	4,00	0,00	10,00	0,00	16,00	10,00	4,00
TEE LISA DE 1"	3,00	0,00	3,00	1,00	2,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	12,00
TEE DE 2 A 1"	0,00	1,00	0,00	0,00	1,00	0,00	0,00	0,00	1,00	0,00	1,00	2,00
TEE DE 2 A 1/2"	1,00	3,00	8,00	3,00	0,00	2,00	0,00	6,00	2,00	4,00	0,00	0,00
TEE DE 2"	0,00	1,00	3,00	5,00	0,00	1,00	1,00	0,00	0,00	3,00	1,00	0,00
TEE DE 3"	1,00	0,00	0,00	1,00	1,00	1,00	2,00	0,00	0,00	3,00	0,00	1,00
TEE DE 4"	0,00	0,00	0,00	1,00	1,00	1,00	0,00	0,00	1,00	1,00	1,00	1,00
TEE DE 6"	0,00	0,00	1,00	2,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,00	0,00	0,00	0,00
TORNILLOS 1/4 CON PUNTA	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	50,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
TORNILLOS PUNTA BROCA	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	82,00	0,00	0,00	0,00	0,00
TUBO 2" PVC	4,00	0,00	4,00	2,00	3,00	0,00	4,00	3,00	0,00	4,00	0,00	14,00
TUBOS PVC 1 1/2"	7,00	11,00	52,00	43,00	23,00	10,00	3,00	6,00	18,00	15,00	31,00	4,00
TUBOS DE 1" PVC	26,00	71,00	104,00	94,00	52,00	17,00	35,00	35,00	97,00	48,00	22,00	2,00
TUBOS DE 1/2"	33,00	47,00	83,00	95,00	37,00	28,00	52,00	24,00	54,00	77,00	25,00	30,00
TUBOS 2 Y 1/2" PVC	0,00	3,50	5,50	4,00	3,00	0,00	0,00	3,00	1,00	0,00	0,00	3,50
TUBOS DE 3" PVC	0,00	4,00	15,00	19,00	2,00	1,00	0,00	12,00	3,00	0,00	0,00	2,67
TUBOS DE 3/4"	0,00	0,00	18,00	6,00	1,00	0,00	1,00	15,00	0,00	0,00	0,00	0,00
TUBOS DE 4" PVC	0,00	14,00	21,00	17,00	9,00	4,00	0,00	1,00	18,00	1,00	0,00	0,00
TUBO DE 6" PVC	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,00	0,00
UNIÓN DE REPARACIÓN DE 3"	0,00	0,00	2,00	1,00	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
UNIÓN DE REPARACIÓN DE 2 1/2"	0,00	1,00	0,00	0,00	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
UNIÓN DE REPARACIÓN DE 2"	0,00	0,00	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,00
UNIÓN DE REPARACIÓN DE 4"	0,00	1,00	1,00	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
UNIÓN DE TOPE 1/2"	0,00	4,00	10,00	12,00	7,00	1,00	0,00	8,00	0,00	5,00	5,00	0,00
UNIÓN DE TOPE PLASTICAS	0,00	4,00	9,00	5,00	2,00	0,00	0,00	7,00	0,00	5,00	0,00	4,00
UNIÓN LISA DE 3/4"	0,00	0,00	14,00	6,00	2,00	1,00	0,00	8,00	0,00	0,00	4,00	0,00
UNIÓN LISA DE 1 Y 1/2"	10,00	62,00	51,00	43,00	19,00	21,00	44,00	18,00	8,00	30,00	13,00	13,00

UNIÓN LISA DE 1"	37,00	88,00	97,00	76,00	49,00	31,00	45,00	72,00	81,00	51,00	30,00	49,00
UNIÓN LISA DE ½	93,00	175,00	249,00	198,00	173,00	82,00	91,00	147,00	237,00	131,00	78,00	97,00
UNIÓN LISA DE 2 Y 1/2"	6,00	19,00	25,00	17,00	3,00	1,00	0,00	18,00	4,00	10,00	0,00	8,00
UNIÓN LISA DE 2"	7,00	0,00	17,00	23,00	0,00	8,00	28,00	6,00	0,00	2,00	0,00	0,00
UNIÓN LISA DE 3"	8,00	12,00	48,00	53,00	27,00	15,00	8,00	31,00	14,00	17,00	62,00	13,00
UNIÓN LISA DE 4"	11,00	21,00	39,00	57,00	18,00	7,00	6,00	13,00	46,00	24,00	4,00	9,00
UNIÓN LISA DE 6"	0,00	0,00	2,00	2,00	1,00	0,00	0,00	4,00	0,00	0,00	2,00	0,00
UNIÓN LISA DE 1/2" CON REDUCCIÓN	8,00	22,00	64,00	37,00	19,00	5,00	0,00	31,00	3,00	32,00	20,00	78,00
UNIÓN DE TRANSICIÓN DE 1"	9,00	24,00	34,00	42,00	17,00	11,00	9,00	21,00	13,00	20,00	13,00	5,00
UNIÓN DE TRANSICIÓN DE 1 Y 1/2"	6,00	3,00	17,00	13,00	7,00	2,00	9,00	3,00	7,00	4,00	9,00	2,00
UNIÓN DE TRANSICIÓN DE 1/2"	21,00	27,00	51,00	66,00	23,00	17,00	25,00	25,00	36,00	48,00	22,00	51,00
UNIÓN DE TRANSICIÓN DE 2"	4,00	10,00	18,00	13,00	9,00	6,00	11,00	6,00	5,00	8,00	4,00	7,00
UNIÓN DE TRANSICIÓN DE 2 Y 1/2	2,00	1,00	2,00	3,00	1,00	0,00	0,00	2,00	0,00	1,00	1,00	0,00
UNIÓN DE TRANSICIÓN DE 3"	1,00	5,00	12,00	9,00	3,00	0,00	9,00	5,00	0,00	6,00	2,00	6,00
UNIÓN DE TRANSICIÓN 3/4"	3,00	5,00	16,00	7,00	4,00	4,00	0,00	1,00	3,00	0,00	0,00	2,00
UNIÓN DE TRANSICIÓN DE 4"	5,00	5,00	9,00	11,00	7,00	10,00	4,00	2,00	6,00	7,00	2,00	5,00
UNIÓN DE TRANSICIÓN DE 6"	0,00	2,00	1,00	1,00	2,00	1,00	0,00	1,00	1,00	0,00	2,00	0,00
VÁLVULAS ELIMINADORAS DE AIRE PVC DE 2"	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00
VARILLA DE 1/2" CONSTRUCCIÓN DEFORMADA	0,00	0,00	0,00	0,00	2,00	4,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	2,00
VARILLAS DEFORMADAS DE CONSTRUCCIÓN DE 3/8"	8,00	0,00	2,00	4,00	0,00	0,00	0,00	4,00	0,00	0,00	2,00	6,00
VARILLAS LISAS DE ¼	0,00	2,00	3,00	0,00	3,00	3,00	3,00	0,00	0,00	0,00	0,00	3,00
YEE PVC 2"	0,00	1,00	3,00	5,00	2,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	2,00
YEE DE 4"	0,00	0,00	2,00	0,00	0,00	0,00	0,00	2,00	0,00	0,00	0,00	0,00
ACEITE 8090 GALONES	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
ACEITE 10 W EN GALONES	0,00	0,00	0,00	0,00	4,00	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	5,00	0,00
ACEITE 40 MOTOR EN GALONES	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	4,00	0,00	1,00
CUBETAS DE HIPOCLORITO DE CALCIO DE 25 KG	0,00	75,00	200,00	405,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	190,00	85,00	414,00

COLORO PASTILLAS HIPOCLORITO CALCIO	80,00	220,00	105,00	0,00	0,00	0,00	76,00	234,00	75,00	0,00	0,00	0,00
PEGAMENTO PVC TARRO 1/8"	9,00	27,00	33,00	47,00	12,00	6,00	11,00	15,00	21,00	9,00	11,00	15,00
SOLDADURA HILCO 3/32 POR KILO	0,50	0,25	1,75	0,25	0,00	0,25	1,00	0,25	0,00	1,50	1,00	0,00
THINNER GALONES	0,00	0,00	0,00	0,00	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,00	0,00
ALAMBRE DE CONSTRUCCIÓN NEGRO EN KILOS	0,25	0,00	0,00	0,50	0,00	0,25	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,75
ARENA CORRIENTE	0,25	0,25	0,50	0,50	0,00	2,50	0,25	2,00	0,00	0,50	0,50	1,75
BLOCK DE 12 X 20 X 40	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	50,00	200,00	70,00
CARRUCHAS DE TEFLON	5,00	7,00	12,00	17,00	9,00	3,00	3,00	17,00	3,00	15,00	9,00	3,00
CEMENTO GRIS SACOS DE 50 KILOS	1,00	0,00	4,00	2,00	0,00	0,00	4,00	8,00	0,00	2,00	0,00	6,00
FORMALETA VARAS 1 X 1/2 EN 4 VARAS	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,00	2,00
FORMALETA 1 X 3 EN 4 VARAS	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,00	0,00	0,00
FORMALETA 1 X 3 EN 3 VARAS	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,00
HOJAS PARA SEGUETA	18,00	31,00	45,00	32,00	27,00	11,00	12,00	15,00	21,00	25,00	26,00	25,00
PIEDRA DE CUARTA (METROS)	0,00	0,50	0,00	0,25	0,00	0,75	0,25	0,25	0,00	0,00	0,00	0,50
REGLAS DE 1 X 3 EN 4 VARAS	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	7,00
ROLLO DE CUERDA ORILLADORA 2.4MM	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
METROS CUBICOS DE LASTRE FINO	0,00	2,00	0,00	0,00	8,00	2,00	0,00	0,00	0,00	0,00	10,00	3,00
MASCARILLAS DESECHABLES	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	30,00	0,00

Fuente: elaboración propia.

La tabla 39 muestra los movimientos mensuales que se dieron en cuanto a demanda de materiales durante el periodo analizado. Con esto, se procedió a calcular la demanda total que se generó en el periodo de estudio, con lo cual se obtuvieron los resultados de la tabla 40:

**Tabla 40. Demanda total de materiales Periodo 2017-2018**

<b>Material</b>	<b>Grupo</b>	<b>Demanda</b>
Unión lisa de ½	Unión Lisa	1751
Cubetas de hipoclorito de calcio	Compuestos	1369
Adaptador macho de 1/2"	Adaptador Macho	1050
Cloro pastillas hipoclorito calcio	Compuestos	790
Unión lisa de 1"	Unión Lisa	706
Tubos de 1" pared gruesa SDR 17	Tubos PVC	603
Codo de 1/2 por 45 BL 12 mm	Codos	586
Tubos de 1/2"	Tubos PVC	585
Unión de transición de 1/2"	Unión de Transición	412
Tee de 1 a ½	TEE PVC	357
Unión lisa de 1 y 1/2"	Unión Lisa	332
Llave de balín metálica de 1/2	Llave de Balín	322
Block de 12 x 20 x 40	Materiales de Construcción	320
Unión lisa de 1/2" con reducción	Unión Lisa con reducción	319
Unión lisa de 3"	Unión Lisa	308
Hojas para segueta	Materiales de Construcción	288
Unión lisa de 4"	Unión Lisa	255
Tapón liso de 1/2"	Tapón Liso	237
Tubos PVC 1 1/2"	Tubos PVC	223
Unión de transición de 1"	Unión de Transición	218
Pegamento PVC tarro 1/8"	Compuestos	216
Adaptador hembra 1/2"	Adaptador Hembra	168
Semicodo de ½	Semicodo	146
Reducción de 1 a ½	Reducciones	122
Unión lisa de 2 y 1/2"	Unión Lisa	111
Carruchas de teflón (rollos)	Materiales de Construcción	103
Unión de transición de 2"	Unión de Transición	101
Unión lisa de 2"	Unión Lisa	91
Codo de 1"	Codos	85
Tubos de 4" pared gruesa SDR 26"	Tubos PVC	85
Tornillos punta broca	Tornillos	82
Unión de transición de 1 y 1/2"	Unión de Transición	82
Silletas de 1 a ½	Silletas	81
Codos 2"	Codos	77

<b>Material</b>	<b>Grupo</b>	<b>Demanda</b>
Tapón liso de 1"	Tapón Liso	77
Unión de transición de 4"	Unión de Transición	73
Tee de 1 y 1/2 a 1/2"	TEE PVC	70
Tee de 1/2"	TEE PVC	70
Adaptador macho 2"	Adaptador Macho	69
Codos de 1 1/2"	Codos	61
Niples 1/2 x 3" hg	Niples	60
Silletas 2 a 1/2	Silletas	59
Tubos de 3" pared gruesa SDR 17	Tubos PVC	58,67
Unión de transición de 3"	Unión de Transición	58
Adaptador macho de 1"	Adaptador Macho	57
Reducción de 4 a 3"	Reducciones	57
Unión de tope 1/2"	Unión de Tope	52
Codos de 3"	Codos	50
Silletas de 4 a 1/2"	Silletas	50
Tornillos 1/4 con punta	Tornillos	50
Reducción de 3/4 a 1/2	Reducciones	48
Semicodo PVC 4"	Semicodo	45
Unión de transición 3/4"	Unión de Transición	45
Tubos de 3/4"	Tubos PVC	41
Semicodo de 2"	Semicodo	38
Tubo 2" pared gruesa PVC	Tubos PVC	38
Unión de tope plásticas (lisas)	Unión de Tope	36
Reducción de 3 a 2"	Reducciones	35
Unión lisa de 3/4"	Unión Lisa	35
Adaptador macho de 1 1/2	Adaptador Macho	32
Adaptador macho de 3"	Adaptador Macho	30
Mascarillas desechables	Otros Materiales	30
Tee de 2 a 1/2"	TEE PVC	29
Tapón liso de 4"	Tapón Liso	27
Cemento gris sacos de 50 kilos	Materiales de Construcción	27
Semicodo de 3"	Semicodo	26
Varillas deformadas de construcción de 3/8"	Varillas	26
Semicodo de 1"	Semicodo	25
Metros cúbicos de lastre fino	Materiales de Construcción	25
Adaptador macho de 4"	Adaptador Macho	24

<b>Material</b>	<b>Grupo</b>	<b>Demanda</b>
Tubos 2 y 1/2" pared SDR 26 62 mm	Tubos PVC	23,5
Tapón liso de 1 y 1/2"	Tapón Liso	22
Codo de 4" x 90	Codos	21
Tee lisa de 1"	TEE PVC	21
Llave de balón metálica de 2"	Llave de Balín	20
Semicodo 1 y 1/2	Semicodo	20
Adaptador hembra de 2"	Adaptador Hembra	19
Reducción de 1 1/2 a 1/2"	Reducciones	18
Reducción de 2 a 1 y 1/2	Reducciones	18
Tapón liso de 2"	Tapón Liso	17
Varillas lisas de 1/4	Varillas	17
Llave de balón metálica de 1 1/2"	Llave de Balín	16
Llave de balón de 1" metálica	Llave de Balín	16
Reducción de 2 a 1"	Reducciones	16
Silletas de 3 a 1/2"	Silletas	16
Candados grandes 60 mm	Candados	15
Codo de 2 1/2	Codos	15
Tee de 2"	TEE PVC	15
Reducción de 3 a 2 y 1/2"	Reducciones	14
Tapón liso de 3"	Tapón Liso	14
Unión de transición de 2 y 1/2	Unión de Transición	13
Yee PVC 2"	YEE PVC	13
Clavos de acero de 3"	Clavos	12
Llave de balón de 4"	Llave de Balín	12
Reducción de 2 1/2 a 2"	Reducciones	12
Tee de 3/4"	TEE PVC	12
Silletas 1 y 1/2 a 1/2	Silletas	11
Tee de 1 y 1/2 a 1"	TEE PVC	11
Tee de 1 y 1/2	TEE PVC	11
Unión lisa de 6"	Unión Lisa	11
Unión de transición de 6"	Unión de Transición	11
Adaptador hembra de 2 y 1/2	Adaptador Hembra	10
Adaptador hembra de 3/4"	Adaptador Hembra	10
Adaptador macho de 2 1/2"	Adaptador Macho	10
Reducción de 2 a 1/2"	Reducciones	10
Tee de 3"	TEE PVC	10
Aceite 10 w en galones	Compuestos	10
Reducción de 1 1/2 a 1"	Reducciones	9

<b>Material</b>	<b>Grupo</b>	<b>Demanda</b>
Tapón con rosca interna de 1/2	Tapón con rosca Interna	9
Arena corriente	Materiales de Construcción	9
Adaptador hembra de 1"	Adaptador Hembra	8
Angulares de 2 x 2 en 1/8	Angulares	8
Semicodo de 3/4	Semicodo	8
Tapón liso de 2 y 1/2"	Tapón Liso	8
Tapón con rosca interna PVC 4"	Tapón con rosca Interna	8
Varilla de 1/2" construcción deformada	Varillas	8
Silletas de 4 a 1	Silletas	7
Tapón liso de 3/4"	Tapón Liso	7
Tee de 4"	TEE PVC	7
Reglas de 1 x 3 en 4 varas	Materiales de Construcción	7
Soldadura HILCO 3/32 por kilo	Compuestos	7
Candados medianos 50 mm	Candados	6
Tee de 2 a 1"	TEE PVC	6
Candados grandes 60 mm	Candados	5
Tapón con rosca interna de 3"	Tapón con rosca Interna	5
Aceite 40 motor Diesel en galones	Compuestos	5
Adaptador rápido 1" macho	Adaptador Macho	4
Angular de 1 y 1/2 x 1 y 1/2 en 1/8	Angulares	4
Angulares 2 x 2 en 1/4	Angulares	4
Reducción de 2 y 1/2 a 1"	Reducciones	4
Tee de 6"	TEE PVC	4
Unión de reparación de 3"	Unión de Reparación	4
Yee de 4"	YEE PVC	4
Unión de reparación de 4"	Unión de Reparación	3
Formaleta varas 1 x 1/2 en 4 varas	Materiales de Construcción	3
Piedra de cuarta (metros)	Materiales de Construcción	2,5
Adaptador hembra de 3"	Adaptador Hembra	2
Clavos corrientes 2 1/2 kilos	Clavos	2
Reducción de 2 y 1/2 a 1 y 1/2"	Reducciones	2
Reducción de 3 a 1	Reducciones	2

<b>Material</b>	<b>Grupo</b>	<b>Demanda</b>
Unión de reparación de 2 1/2"	Unión de Reparación	2
Unión de reparación de 2"	Unión de Reparación	2
Thinner galones	Compuestos	2
Alambre de construcción negro en kilos	Materiales de Construcción	1,75
Clavos corrientes 2" kilos	Clavos	1,5
Adaptador macho de 6"	Adaptador Macho	1
Clavos de acero de 2"	Clavos	1
Lámina galvanizada (91 x 1.83) numero 30 lisa	Láminas	1
Laminas punta diamante de 1,22 x 244 x 1/8"	Láminas	1
Llave de compuerta METALICA de 1 Y ½	Llave de compuerta	1
Galón de pintura en aceite anticorrosiva color azul oscuro	Pintura	1
Cubetas de pintura celeste libre de cloro en agua	Pintura	1
Reducción de 6 a 4"	Reducciones	1
Tubo de 6" pared gruesa SDR 17	Tubos PVC	1
Válvulas eliminadoras de aire PVC de 2"	Válvulas	1
Aceite 8090 galones	Compuestos	1
Formaleta 1x3 en 4 varas	Materiales de Construcción	1
Formaleta 1x3 en 3 varas	Materiales de Construcción	1
Rollo de cuerda orilladora 2.4mm	Materiales de Construcción	1
Hidrante T poste 3 bocas nacional	Materiales Especializados	1
Clavos corrientes 1" kilos	Clavos	0,75
Clavos corrientes 1 1/2 kilos	Clavos	0,5

Fuente: elaboración propia.

La tabla 40 representa los totales de los movimientos de inventario que se dieron en el periodo que comprende de junio de 2017 a julio de 2018, así como la cantidad demandada de los materiales indicados. Es importante destacar que, en la lista

observada, únicamente se especifican los materiales que tuvieron rotación durante este período.

### **5.3.1 Pronóstico de la demanda**

Establecer un sistema de pronóstico es fundamental para el sistema de manejo y control de inventarios, con el objetivo de manejar parámetros que indiquen posibles movimientos en relación con el tiempo y así evitar imprevistos, debido a la estacionalidad identificada en los meses de invierno (principalmente setiembre y octubre). Es importante destacar que, para realizar el análisis de pronóstico, se utilizaron los materiales que cuentan con rotación constante (en su mayoría se identifican materiales de PVC), debido a que los demás materiales que conforman el inventario, por ejemplo, materiales de construcción, válvulas, láminas, entre otros, presentan movimientos derivados de acciones previamente planificadas, como el desarrollo de obras, la inspección de redes de distribución, o bien, el mantenimiento de estas.

Los pronósticos calculados se basan en la tabla de demanda presentada con anterioridad (período 2017-2018), no obstante, se destaca que la demanda establecida no es lineal, producto de la variabilidad que se presenta principalmente en los meses de invierno, lo cual hace que la demanda no sea constante. Ante esta situación, se procedió a utilizar el método de variación estacional o cíclica y el método de variación estacional con tendencia. Para el método de variación estacional simple, se utilizó la siguiente fórmula:

$$\hat{X}_t = I * \bar{X}_g$$

Donde,

X<sub>t</sub>= Pronóstico del periodo

I= Índice de estacionalidad

X<sub>g</sub>= Media o promedio de las ventas

Respecto al método de variación estacional con tendencia, se utilizaron las siguientes fórmulas de cálculo:

$$\hat{X}_t = (a + bt) \times I$$

En la fórmula **a** y **b** son valores constantes, **t** corresponde al período que se desea calcular y, por último, **I** corresponde al índice de estacionalidad del periodo.

$$a = \bar{X} - b\bar{t}$$

$$b = \frac{n \sum_{i=1}^n X_i t_i - \sum_{i=1}^n X_i \sum_{i=1}^n t_i}{n \sum_{i=1}^n t_i^2 - \left[ \sum_{i=1}^n t_i \right]^2}$$

Es importante destacar que ambos métodos tienen características similares a la hora de realizar el procedimiento. Una vez expuestas las fórmulas matemáticas utilizadas en los cálculos, se procedió a realizar el correspondiente pronóstico de acuerdo con los modelos planteados.

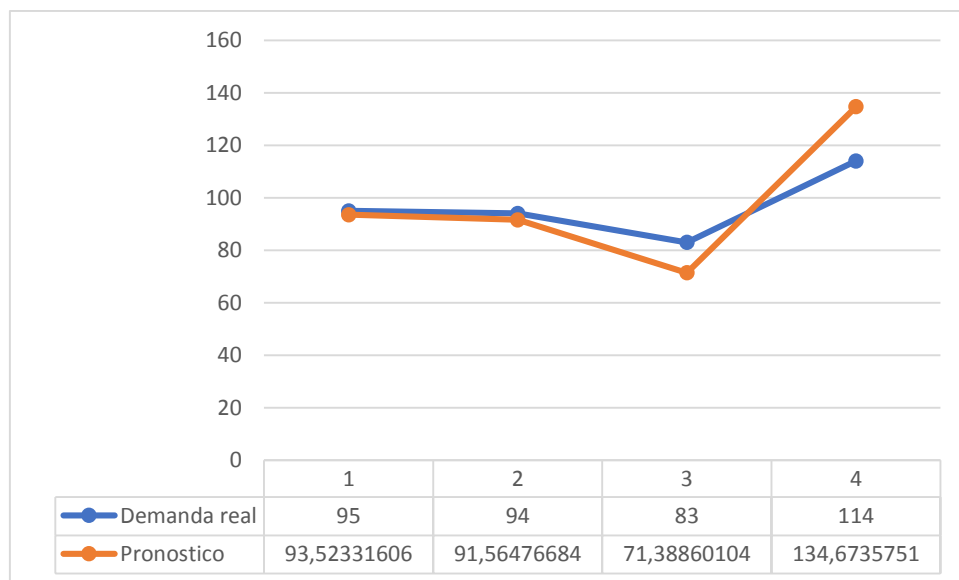
### 5.3.1.1 Adaptadores hembra

En primera instancia, se procedió a realizar los cálculos utilizando el método de variación estacional simple, lo cual generó los resultados que se muestran en la tabla 41:

**Tabla 41. Pronóstico mediante variación estacional simple**

Trimestre	Demanda	Índice de estacionalidad	Demanda estacional
1	64	1,179723502	75,50230415
2	60	1,105990783	66,359447
3	52	0,958525346	49,84331797
4	41	0,755760369	30,98617512

Fuente: elaboración propia.



**Figura 15. Pronóstico mediante variación estacional simple**

Fuente: elaboración propia.

La figura 15 muestra el comportamiento estimado de la demanda, de acuerdo con el método de variación estacional especificado con anterioridad. Una vez expresados

los resultados obtenidos al utilizar este modelo, se realizó el cálculo aplicando la variación estacional con tendencia. Para este modelo, en primera instancia, se agruparon los datos en trimestres, para realizar el cálculo del índice de estacionalidad, lo cual generó los resultados de la tabla 42:

**Tabla 42. Cálculo de Índice de estacionalidad**

	Trimestre	Índice de estacionalidad
1	64	1,179723502
2	60	1,105990783
3	52	0,958525346
4	41	0,755760369

Fuente: elaboración propia.

Con estos datos, se procedió a desestacionalizar la demanda para realizar el cálculo del pronóstico. Ante esto se obtuvieron los siguientes datos:

**Tabla 43. Pronóstico mediante variación estacional con tendencia**

T	Periodo	Demanda	Índice	D. Desest	D. Desest. * T	T * T
1	jul-17	11	1,1797235	12,976959	12,97695853	1
2	ago-17	13	1,1797235	15,336406	30,67281106	4
3	sep-17	40	1,1797235	47,18894	141,5668203	9
4	oct-17	35	1,1059908	38,709677	154,8387097	16
5	nov-17	13	1,1059908	14,37788	71,88940092	25
6	dic-17	12	1,1059908	13,271889	79,63133641	36
7	ene-18	21	0,9585253	20,129032	140,9032258	49
8	feb-18	29	0,9585253	27,797235	222,3778802	64
9	mar-18	2	0,9585253	1,9170507	17,25345622	81
10	abr-18	12	0,7557604	9,0691244	90,69124424	100
11	may-18	10	0,7557604	7,5576037	83,13364055	121
12	jun-18	19	0,7557604	14,359447	172,3133641	144
78				222,69124	1218,248848	650

Fuente: elaboración propia.

La tabla 43 presenta los datos obtenidos al desestacionalizar la demanda del producto analizado. Una vez realizado esto, se calcularon los valores requeridos para

realizar el pronóstico estimado para el tercer trimestre del año 2018, con lo que se generaron los datos de la tabla 44:

**Tabla 44. Cálculo de Valores**

Valor B	-1,60311
Numerador	-2750,93
Denominador	1716
Promedio T	6,50
Promedio D. Desest.	101,5207
Valor A	111,9409
Regresión Lineal	107,4735

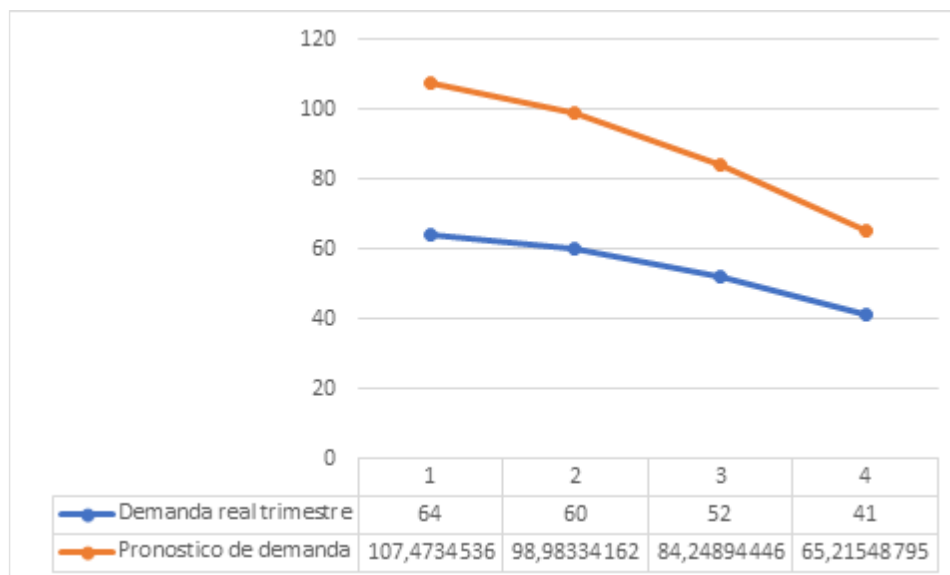
Fuente: elaboración propia.

Una vez determinados los valores requeridos para sustituir en la fórmula, se generó el pronóstico estimado para el siguiente periodo de trabajo, ante lo cual se obtuvo el resultado de la tabla 45:

**Tabla 45. Cálculo del pronóstico estimado**

Trimestre	Pronóstico Estimado
1	107,4734536
2	98,98334162
3	84,24894446
4	65,21548795

Fuente: elaboración propia.



**Figura 16. Pronóstico de variación estacional con tendencia**

Fuente: elaboración propia.

La figura 16 muestra el pronóstico estimado para el siguiente periodo laboral que corresponde al año 2018-2019. Con esto, se procedió a comparar ambos modelos para validarlos y evidenciar cuál presenta mejor MAD.

**Tabla 46. Cálculo de la desviación absoluta media (MAD)**

Variación estacional Simple					Variación estacional con tendencia				
At	Ft	At- Ft	Error Acum.	MAD	At	Ft	At- Ft	Error Acum.	MAD
64	75,5	11,5	11,5	11,5	64	107,47	43,47	43,47	43,47
60	66,35	6,35	17,85	8,925	60	98,98	38,98	82,45	41,225
52	49,84	2,16	20,01	6,67	52	84,24	32,24	114,69	38,23
41	30,98	10,02	30,03	7,5075	41	65,21	24,21	138,9	34,725

Fuente: elaboración propia.

Al analizar los resultados presentes en la tabla 46, se observa que el método de variación estacional simple presenta un menor MAD, lo cual indica que los datos presentan un mejor ajuste. Ante esto, se valida la utilización de dicho método de pronóstico para estimar la demanda de futuros periodos.

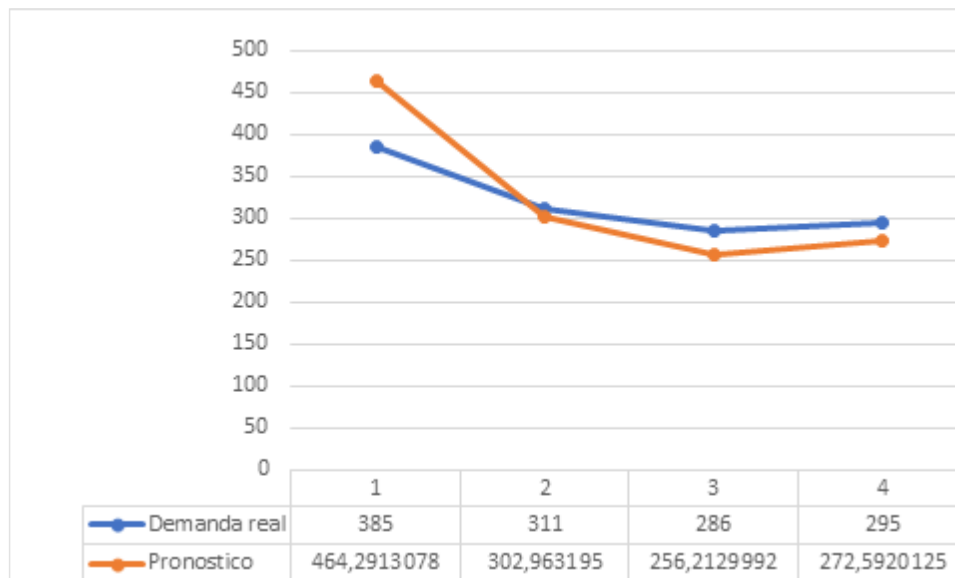
### 5.3.1.2 Adaptadores macho

En primera instancia, se procedió a realizar los cálculos utilizando el método de variación estacional simple, lo cual generó los resultados de la tabla 47:

**Tabla 47. Pronóstico de demanda mediante variación estacional simple**

Trimestre	Demanda	Índice de estacionalidad	Demanda estacional
1	385	1,205951449	464,2913078
2	311	0,974158183	302,963195
3	286	0,895849648	256,2129992
4	295	0,92404072	272,5920125

Fuente: elaboración propia.



**Figura 17. Pronóstico de demanda mediante variación simple**

Fuente: elaboración propia.

La figura 17 el comportamiento estimado de la demanda de acuerdo con el método de variación estacional especificado con anterioridad. Una vez expresados los resultados obtenidos al utilizar este modelo, se realizó el cálculo aplicando la variación estacional con tendencia, lo cual generó los resultados de la tabla 48:

**Tabla 48. Pronóstico de variación estacional con tendencia**

T	Periodo	Demanda	Índice	D. Desest	D. Desest. * T	T * T
1	jul-17	111	1,2059514	133,86061	133,8606108	1
2	ago-17	101	1,2059514	121,8011	243,6021926	4
3	sep-17	173	1,2059514	208,6296	625,8888019	9
4	oct-17	165	0,9741582	160,7361	642,9444009	16
5	nov-17	81	0,9741582	78,906813	394,5340642	25
6	dic-17	65	0,9741582	63,320282	379,9216915	36
7	ene-18	111	0,8958496	99,439311	696,0751762	49
8	feb-18	107	0,8958496	95,855912	766,8472984	64
9	mar-18	68	0,8958496	60,917776	548,2599843	81
10	abr-18	108	0,9240407	99,796398	997,9639781	100
11	may-18	43	0,9240407	39,733751	437,0712608	121
12	jun-18	144	0,9240407	133,06186	1596,742365	144
78				1296,0595	7463,711825	650

Fuente: elaboración propia.

La tabla 48 presenta los datos obtenidos al desestacionalizar la demanda del producto analizado. Una vez realizado esto, se calcularon los valores requeridos para realizar el pronóstico estimado para el tercer trimestre del año 2018, con lo que se generaron los datos de la tabla 49:

**Tabla 49. Cálculo de valores**

Valor B	-6,71800713
Numerador	-11528,1002
Denominador	1716
Promedio T	6,50
Promedio D. Desest.	621,975985
Valor A	665,643032

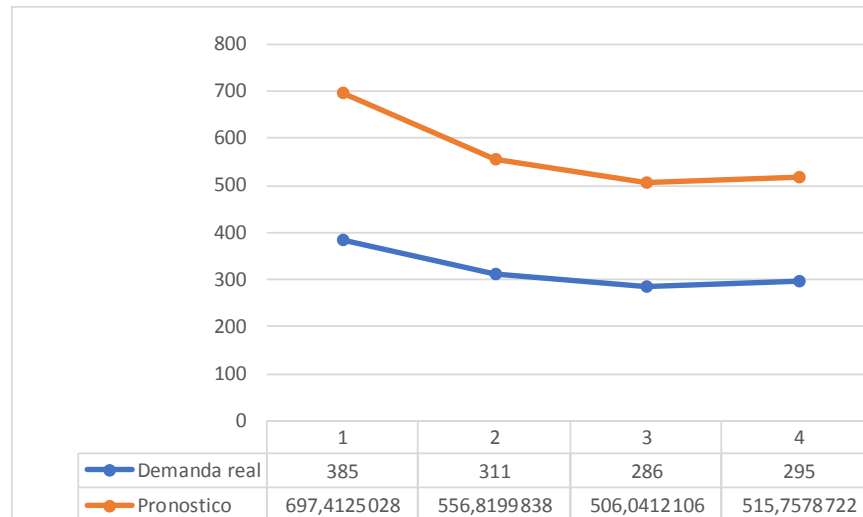
Fuente: elaboración propia.

Una vez determinados los valores requeridos para sustituir en la fórmula, se generó el pronóstico estimado para el siguiente periodo de trabajo, ante lo cual se obtuvo el siguiente resultado de la tabla 50:

**Tabla 50. Cálculo del pronóstico estimado**

Trimestre	Pronóstico
1	697,4125028
2	556,8199838
3	506,0412106
4	515,7578722

Fuente: elaboración propia.

**Figura 18. Pronóstico demanda variación estación con tendencia**

Fuente: elaboración propia.

La figura 18 muestra el pronóstico estimado para el siguiente periodo laboral que corresponde al año 2018-2019 respecto a los adaptadores macho. Una vez finalizado el pronóstico, se procedió a comparar ambos modelos para validarlos y evidenciar cuál presenta mejor MAD.

Tabla 51. Cálculo de desviación media absoluta (MAD)

Variación estacional Simple					Variación estacional con tendencia				
At	Ft	At- Ft	Error Acum.	MAD	At	Ft	At- Ft	Error Acum.	MAD
385	464,29	79,29	79,29	79,29	385	697,41	312,4	312,41	312,41
311	302,96	8,04	87,33	43,665	311	556,81	245,8	558,22	279,11
286	256,21	29,79	117,12	39,04	286	506,04	220	778,26	259,42
295	272,59	22,41	139,53	34,883	295	515,75	220,8	999,01	249,75

Fuente: elaboración propia.

Al analizar los resultados presentes en la tabla 51, se observa que el método de variación estacional simple presenta un menor MAD, lo cual indica que los datos presentan un mejor ajuste. Ante esto, se valida la utilización de dicho método de pronóstico para estimar la demanda de futuros periodos.

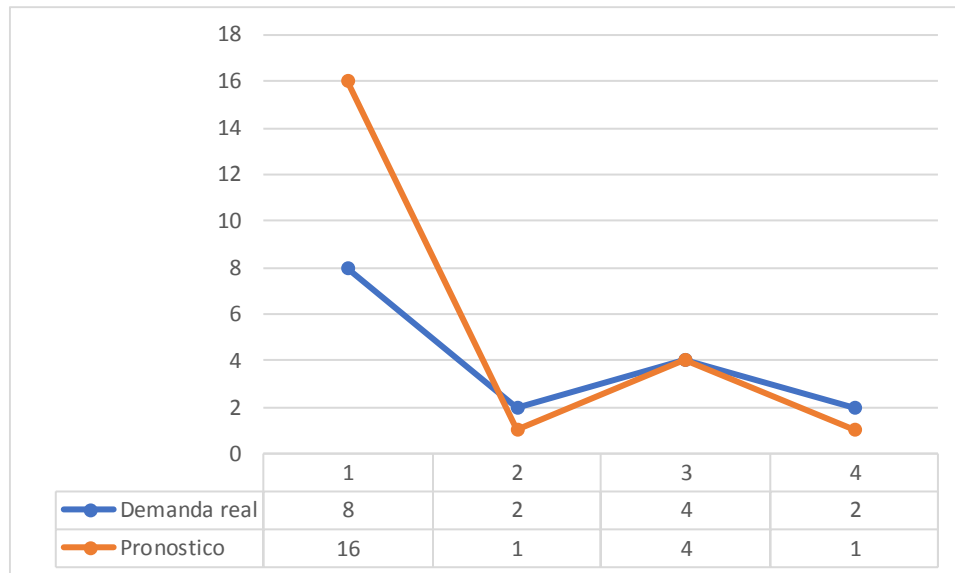
### 5.3.1.3 Angulares

En primera instancia, se procedió a realizar los cálculos utilizando el método de variación estacional simple, lo cual generó los resultados de la tabla 52:

Tabla 52. Pronóstico de demanda mediante variación estacional simple

Trimestre	Demanda	Índice de estacionalidad	Demanda estacional
1	8	2	16
2	2	0,5	1
3	4	1	4
4	2	0,5	1

Fuente: elaboración propia.



**Figura 19. Pronóstico de demanda variación estacional simple.**

Fuente: elaboración propia.

La figura 19 muestra el comportamiento estimado de la demanda de acuerdo con el método de variación estacional especificado con anterioridad. Una vez expresados los resultados obtenidos al utilizar este modelo, se realizó el cálculo aplicando la variación estacional con tendencia.

**Tabla 53. Pronóstico de demanda variación estacional con tendencia**

T	Periodo	Demanda	Índice	D. Desest	D. Desest. * T	T * T
1	jul-17	0	2	0	0	1
2	ago-17	3	2	6	12	4
3	sep-17	5	2	10	30	9
4	oct-17	2	0,5	1	4	16
5	nov-17	0	0,5	0	0	25
6	dic-17	0	0,5	0	0	36
7	ene-18	2	1	2	14	49
8	feb-18	2	1	2	16	64
9	mar-18	0	1	0	0	81
10	abr-18	1	0,5	0,5	5	100
11	may-18	1	0,5	0,5	5,5	121
12	jun-18	0	0,5	0	0	144
78				22	86,5	650

Fuente: elaboración propia.

La tabla 53 presenta los datos obtenidos al desestacionalizar la demanda del producto analizado. Una vez realizado esto, se calcularon los valores requeridos para realizar el pronóstico estimado, con lo que se generaron los datos de la tabla 54:

**Tabla 54. Cálculo de valores**

Valor B	-0,3951
Numerador	-678
Denominador	1716
Promedio T	6,50
Promedio D. Desest.	7,20833
Valor A	9,77652

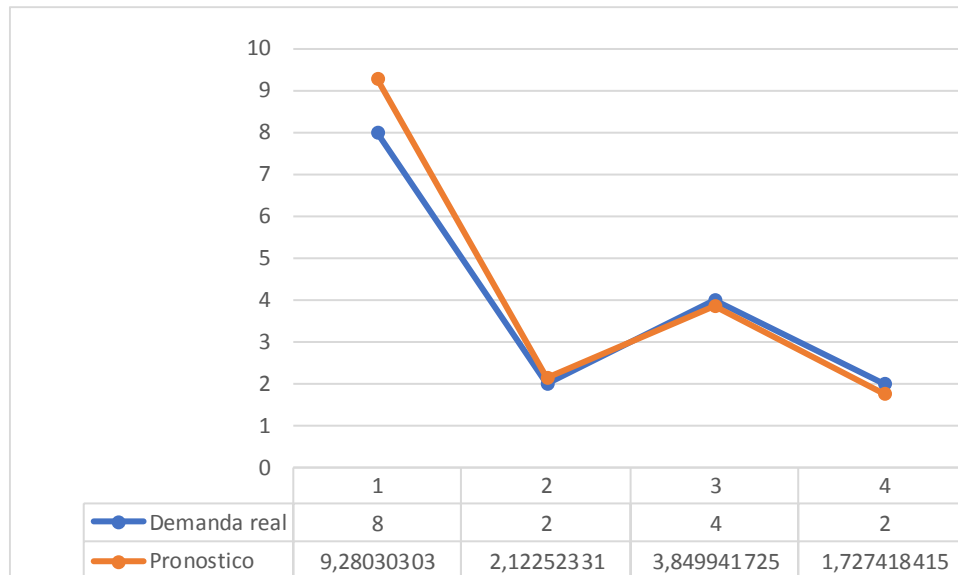
Fuente: elaboración propia.

Una vez determinados los valores requeridos para sustituir en la fórmula, se generó el pronóstico estimado para el siguiente periodo de trabajo, ante lo cual se obtuvo el resultado de la tabla 55:

**Tabla 55. Cálculo del pronóstico estimado**

Trimestre	Pronóstico
1	9,28030303
2	2,12252331
3	3,849941725
4	1,727418415

Fuente: elaboración propia.



**Figura 20. Pronóstico de demanda variación estacional con tendencia**

Fuente: elaboración propia.

La figura 20 muestra el pronóstico estimado para el siguiente periodo laboral que corresponde al año 2018-2019. Una vez finalizado el pronóstico, se procedió a comparar ambos modelos para validarlos y evidenciar cuál presenta mejor MAD.

**Tabla 56. Cálculo de Desviación media absoluta (MAD)**

Variación estacional Simple					Variación estacional con tendencia				
At	Ft	At- Ft	Error Acum.	MAD	At	Ft	At- Ft	Error Acum.	MAD
8	16	8	8	8	8	9,28	1,28	1,28	1,28
2	1	1	9	4,5	2	2,12	0,12	1,4	0,7
4	4	0	9	3	4	3,84	-0,16	1,24	0,4133
2	1	1	10	2,5	2	1,72	-0,28	0,96	0,24

Fuente: elaboración propia.

Al analizar los resultados presentes en la tabla 56, se observa que el método de variación estacional con tendencia presenta un menor MAD, lo cual indica que los datos presentan un mejor ajuste, por lo cual se recomienda utilizar este modelo para el caso de los angulares.

### 5.3.1.4 Clavos

En primera instancia, se procedió a realizar los cálculos utilizando el método de variación estacional simple, lo cual generó los resultados de la tabla 57:

**Tabla 57. Pronóstico de demanda variación estacional simple**

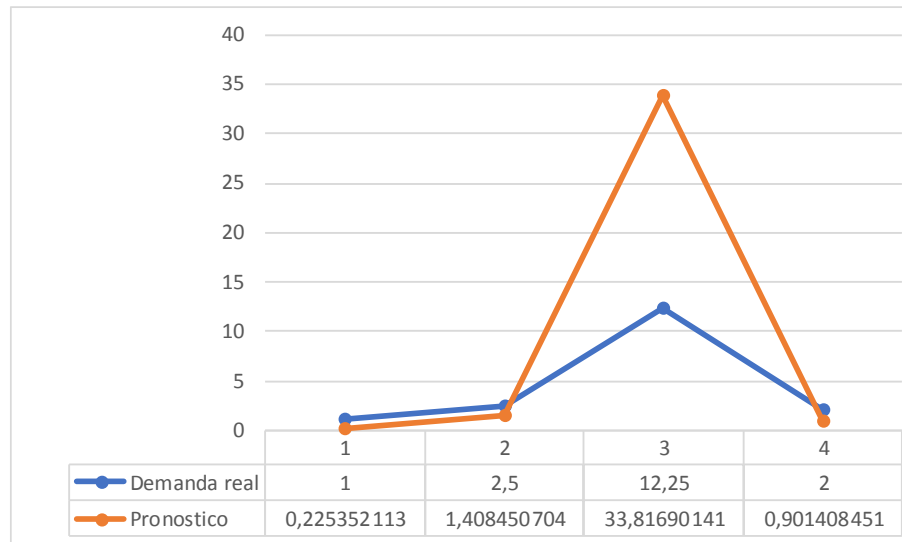
Trimestre	Demanda	Índice de estacionalidad	Demanda estacional
1	1	0,225352113	0,22535
2	2,5	0,563380282	1,40845
3	12,25	2,76056338	33,8169
4	2	0,450704225	0,90141

Fuente: elaboración propia.

**Tabla 58. Pronóstico demanda de clavos**

Periodo	Demanda	Índice	Variación Estacional
jul-17	0,25	0,1690141	0,0423
ago-17	0,25	0,1690141	0,0423
sep-17	0,5	0,3380282	0,1690
oct-17	0,75	0,5070423	0,3803
nov-17	1,25	0,8450704	1,0563
dic-17	0,5	0,3380282	0,1690
ene-18	12,25	8,2816901	101,4507
feb-18	0	0	0,0000
mar-18	0	0	0,0000
abr-18	1,5	1,0140845	1,5211
may-18	0	0	0,0000
jun-18	0,5	0,3380282	0,1690

Fuente: elaboración propia.



**Figura 21. Pronóstico de demanda variación estacional simple**

Fuente: elaboración propia.

La figura 21 muestra el comportamiento estimado de la demanda de acuerdo con el método de variación estacional especificado con anterioridad. Una vez expresados los resultados obtenidos al utilizar este modelo, se realizó el cálculo aplicando la variación estacional con tendencia.

**Tabla 59. Pronóstico de demanda variación estacional con tendencia**

T	Periodo	Demanda	Índice	D. Desest.	D. Desest. * T	T * T
1	jul-17	0,25	0,22535	0,056338	0,056338028	1
2	ago-17	0,25	0,22535	0,056338	0,112676056	4
3	sep-17	0,5	0,22535	0,1126761	0,338028169	9
4	oct-17	0,75	0,56338	0,4225352	1,690140845	16
5	nov-17	1,25	0,56338	0,7042254	3,521126761	25
6	dic-17	0,5	0,56338	0,2816901	1,690140845	36
7	ene-18	12,25	2,76056	33,816901	236,7183099	49
8	feb-18	0	2,76056	0	0	64
9	mar-18	0	2,76056	0	0	81
10	abr-18	1,5	0,4507	0,6760563	6,76056338	100
11	may-18	0	0,4507	0	0	121
12	jun-18	0,5	0,4507	0,2253521	2,704225352	144
78				36,352113	253,5915493	650

Fuente: elaboración propia.

La tabla 59 presenta los datos obtenidos al desestacionalizar la demanda del producto analizado. Una vez realizado esto, se calcularon los valores requeridos para realizar el pronóstico estimado, con lo que se generaron los datos de la tabla 60:

**Tabla 60. Cálculo de valores**

Valor B	0,121
Numerador	207,634
Denominador	1716
Promedio T	6,50
Promedio D. Desest.	21,1326
Valor A	20,3461

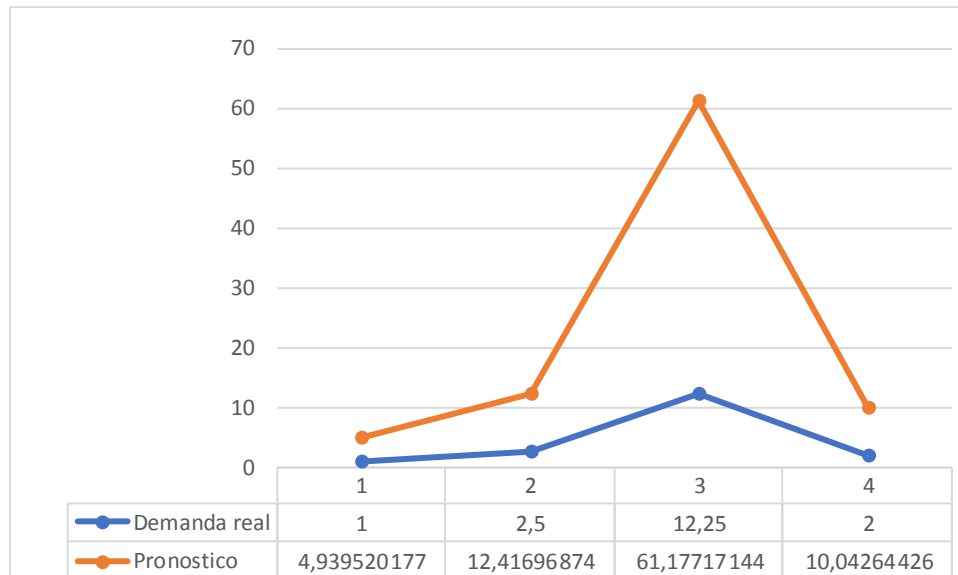
Fuente: elaboración propia.

Una vez determinados los valores requeridos para sustituir en la fórmula, se generó el pronóstico estimado para el siguiente periodo de trabajo, ante lo cual se obtuvo el resultado de la tabla 61:

**Tabla 61. Cálculo de pronóstico estimado**

Trimestre	Pronóstico
1	4,939520177
2	12,41696874
3	61,17717144
4	10,04264426

Fuente: elaboración propia.



**Figura 22. Pronóstico de demanda variación estacional con tendencia**

Fuente: elaboración propia.

La figura 22 muestra el pronóstico estimado para el siguiente periodo laboral que corresponde al año 2018-2019. Una vez finalizado el pronóstico, se procedió a comparar ambos modelos para validarlos y evidenciar cuál presenta mejor MAD.

**Tabla 62. Cálculo de Desviación media Absoluta**

Variación estacional Simple					Variación estacional con tendencia				
At	Ft	At- Ft	Error Acum.	MAD	At	Ft	At- Ft	Error Acum.	MAD
1	0,22	0,78	0,78	0,78	1	4,93	3,93	3,93	3,93
2,5	1,4	1,1	1,88	0,94	2,5	12,41	9,91	13,84	6,92
12,25	33,81	21,56	23,44	7,8133	12,25	61,17	48,92	62,76	20,92
2	0,9	1,1	24,54	6,135	2	10,04	8,04	70,8	17,7

Fuente: elaboración propia.

Al analizar los resultados presentes en la tabla 62, se observa que el método de variación estacional simple presenta un menor MAD, lo cual indica que los datos presentan un mejor ajuste. Ante esto, se valida la utilización de dicho método de pronóstico para estimar la demanda de futuros periodos.

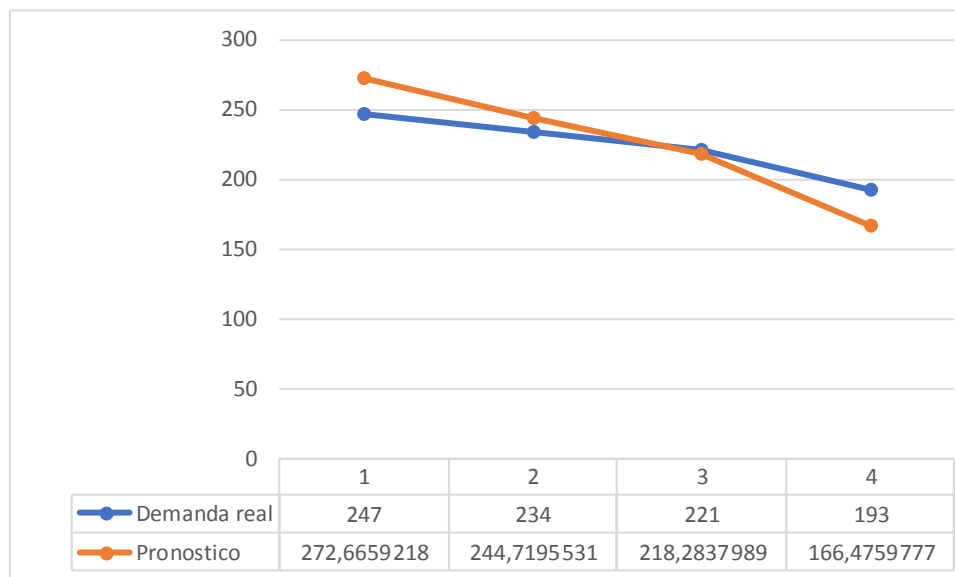
### 5.3.1.5 Codos PVC

En primera instancia, se procedió a realizar los cálculos utilizando el método de variación estacional simple, lo cual generó los resultados de la tabla 63:

**Tabla 63. Pronóstico de demanda variación estacional simple**

Trimestre	Demanda	Índice de estacionalidad	Demanda estacional
1	247	1,103910615	272,666
2	234	1,045810056	244,72
3	221	0,987709497	218,284
4	193	0,862569832	166,476

Fuente: elaboración propia.



**Figura 23. Pronóstico de demanda Codos PVC variación estacional simple**

Fuente: elaboración propia.

La figura 23 muestra el comportamiento estimado de la demanda de acuerdo con el método de variación estacional especificado con anterioridad. Una vez expresados los resultados obtenidos al utilizar este modelo, se realizó el cálculo aplicando la variación estacional con tendencia.

**Tabla 64. Pronóstico de demanda variación estacional con tendencia**

T	Periodo	Demanda	Índice	D. Desest	D. Desest. * T	T * T
1	jul-17	44	1,10391	48,572067	48,57206704	1
2	ago-17	57	1,10391	62,922905	125,8458101	4
3	sep-17	146	1,10391	161,17095	483,5128492	9
4	oct-17	135	1,04581	141,18436	564,7374302	16
5	nov-17	61	1,04581	63,794413	318,972067	25
6	dic-17	38	1,04581	39,740782	238,4446927	36
7	ene-18	89	0,98771	87,906145	615,3430168	49
8	feb-18	85	0,98771	83,955307	671,6424581	64
9	mar-18	47	0,98771	46,422346	417,8011173	81
10	abr-18	111	0,86257	95,745251	957,452514	100
11	may-18	36	0,86257	31,052514	341,5776536	121
12	jun-18	46	0,86257	39,678212	476,1385475	144
78				902,14525	5260,040223	650

Fuente: elaboración propia.

La tabla 64 presenta los datos obtenidos al desestacionalizar la demanda del producto analizado. Una vez realizado esto, se calcularon los valores requeridos para realizar el pronóstico estimado, con lo que se generaron los datos de la tabla 65:

**Tabla 65. Cálculo de valores**

Valor B	-4,2231
Numerador	-7246,85
Denominador	1716
Promedio T	6,50
Promedio D. Desest.	438,337
Valor A	465,787

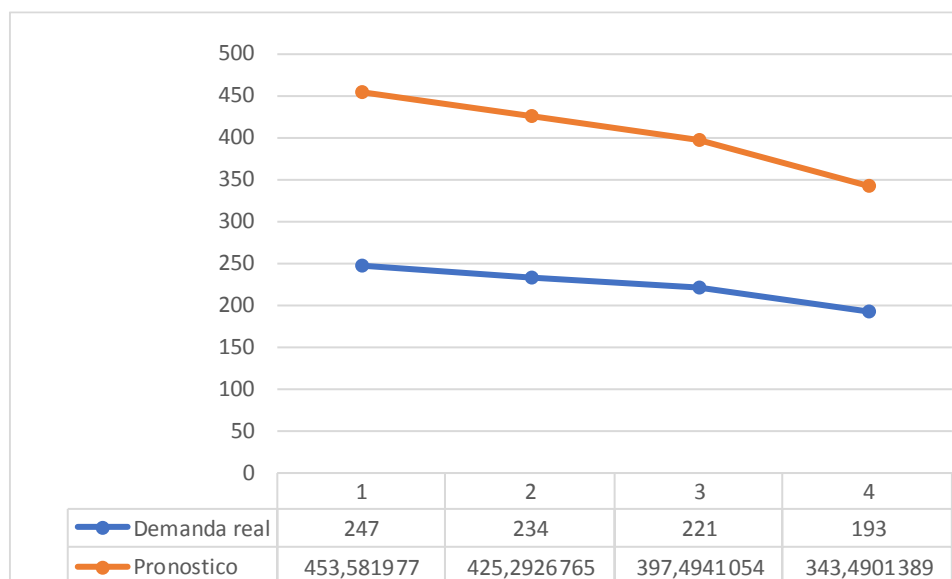
Fuente: elaboración propia.

Una vez determinados los valores requeridos para sustituir en la fórmula, se generó el pronóstico estimado para el siguiente periodo de trabajo, ante lo cual se obtuvo el resultado de la tabla 66:

**Tabla 66. Cálculo de pronóstico estimado**

Trimestre	Pronóstico
1	453,581977
2	425,2926765
3	397,4941054
4	343,4901389

Fuente: elaboración propia.

**Figura 24. Pronóstico de demanda variación estacional con tendencia**

Fuente: elaboración propia.

La figura 24 muestra el pronóstico estimado para el siguiente periodo laboral que corresponde al año 2018-2019. Una vez finalizado el pronóstico, se procedió a comparar ambos modelos para validarlos y evidenciar cuál presenta mejor MAD.

**Tabla 67. Cálculo de Desviación media Absoluta**

Variación estacional Simple					Variación estacional con tendencia				
At	Ft	At- Ft	Error Acum.	MAD	At	Ft	At- Ft	Error Acum.	MAD
247	272,66	25,66	25,66	25,66	247	453,58	206,6	206,58	206,58
234	244,72	10,72	36,38	18,19	234	425,29	191,3	397,87	198,94
221	218,28	2,72	39,1	13,033	221	397,49	176,5	574,36	191,45
193	166,47	26,53	65,63	16,408	193	343,49	150,5	724,85	181,21

Fuente: elaboración propia.

Al analizar los resultados presentes en la tabla 67, se observa que el método de variación estacional simple presenta un menor MAD, lo cual indica que los datos presentan un mejor ajuste. Ante esto, se valida la utilización de este método de pronóstico para estimar la demanda de futuros periodos.

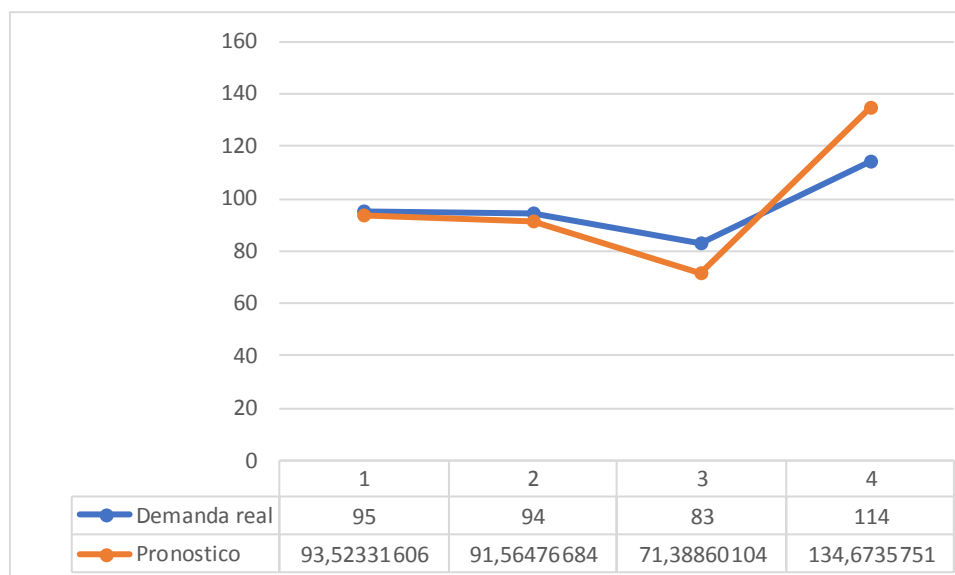
### 5.3.1.6 Llaves de balín

En primera instancia, se procedió a realizar los cálculos utilizando el método de variación estacional simple, lo cual generó los resultados de la tabla 68:

**Tabla 68. Pronóstico demanda variación estacional simple**

Trimestre	Demanda	Índice de estacionalidad	Demanda estacional
1	95	0,984455959	93,5233
2	94	0,974093264	91,5648
3	83	0,860103627	71,3886
4	114	1,18134715	134,674

Fuente: elaboración propia.



**Figura 25. Pronóstico de demanda variación estacional simple**

Fuente: elaboración propia.

La figura 25 el comportamiento estimado de la demanda de acuerdo con el método de variación estacional especificado con anterioridad. Una vez expresados los resultados obtenidos al utilizar este modelo, se realizó el cálculo aplicando la variación estacional con tendencia.

**Tabla 69. Pronóstico de demanda variación estacional con tendencia**

T	Periodo	Demanda	Índice	D. Desest	D. Desest. * T	T * T
1	jul-17	22	0,98446	21,658031	21,65803109	1
2	ago-17	27	0,98446	26,580311	53,16062176	4
3	sep-17	46	0,98446	45,284974	135,8549223	9
4	oct-17	33	0,97409	32,145078	128,5803109	16
5	nov-17	39	0,97409	37,989637	189,9481865	25
6	dic-17	22	0,97409	21,430052	128,5803109	36
7	ene-18	24	0,8601	20,642487	144,4974093	49
8	feb-18	35	0,8601	30,103627	240,8290155	64
9	mar-18	24	0,8601	20,642487	185,7823834	81
10	abr-18	42	1,18135	49,61658	496,1658031	100
11	may-18	26	1,18135	30,715026	337,865285	121
12	jun-18	46	1,18135	54,341969	652,1036269	144
<b>78</b>				<b>391,15026</b>	<b>2715,025907</b>	<b>650</b>

Fuente: elaboración propia.

La tabla 69 presenta los datos obtenidos al desestacionalizar la demanda del producto analizado. Una vez realizado esto, se calcularon los valores requeridos para realizar el pronóstico estimado, con lo que se generaron los datos de la tabla 70:

**Tabla 70. Cálculo de valores**

Valor B	1,20664
Numerador	2070,59
Denominador	1716
Promedio T	6,50
Promedio D. Desest.	226,252
Valor A	218,409

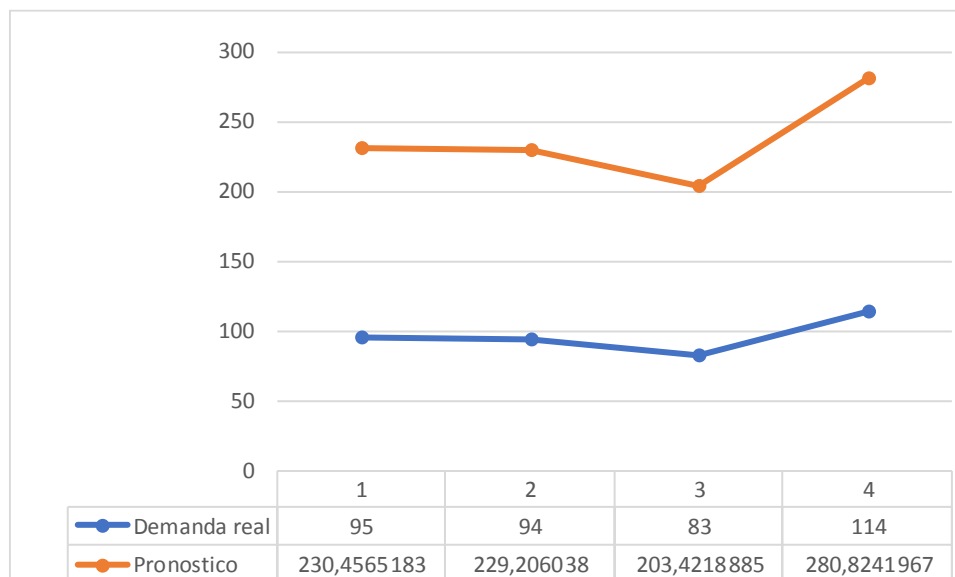
Fuente: elaboración propia.

Una vez determinados los valores requeridos para sustituir en la fórmula, se generó el pronóstico estimado para el siguiente periodo de trabajo, ante lo cual se obtuvo el resultado de la tabla 71:

**Tabla 71. Cálculo de pronóstico estimado**

Trimestre	Pronóstico
1	230,4565183
2	229,206038
3	203,4218885
4	280,8241967

Fuente: elaboración propia.



**Figura 26. Pronóstico de la demanda variación estacional con tendencia**

Fuente: elaboración propia.

La figura 26 muestra el pronóstico estimado para el siguiente periodo laboral que corresponde al año 2018-2019 respecto a las llaves de balín. Una vez finalizado el pronóstico, se procedió a comparar ambos modelos para validarlos y evidenciar cuál presenta mejor MAD.

Tabla 72. Cálculo de Desviación media absoluta

Variación estacional Simple					Variación estacional con tendencia				
At	Ft	At- Ft	Error Acum.	MAD	At	Ft	At- Ft	Error Acum.	MAD
95	93,52	1,48	1,48	1,48	95	230,45	135,5	135,45	135,45
94	91,56	2,44	3,92	1,96	94	229,2	135,2	270,65	135,33
83	71,38	11,62	15,54	5,18	83	203,42	120,4	391,07	130,36
114	134,67	20,67	36,21	9,0525	114	280,82	166,8	557,89	139,47

Fuente: elaboración propia.

Al analizar los resultados presentes en la tabla 72, se observa que el método de variación estacional simple presenta un menor MAD, lo cual indica que los datos presentan un mejor ajuste. Ante esto, se valida la utilización de este método de pronóstico para estimar la demanda de futuros periodos.

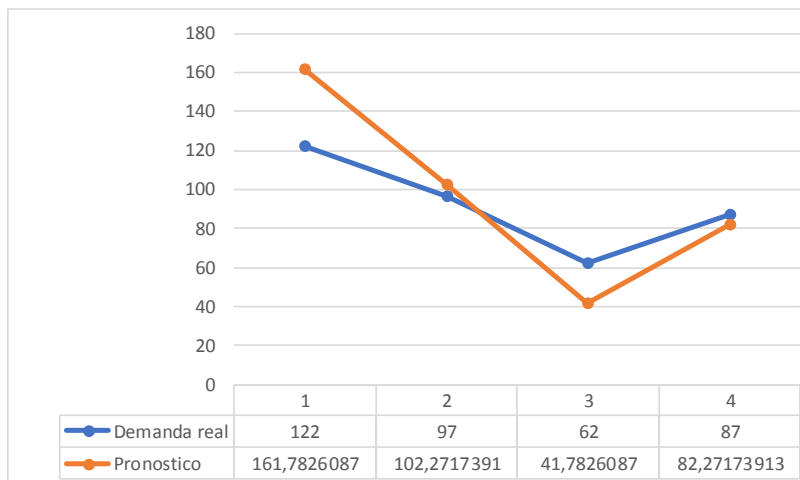
### 5.3.1.7 Reducciones

En primera instancia, se procedió a realizar los cálculos utilizando el método de variación estacional simple, lo cual generó los resultados de la tabla 73:

Tabla 73. Pronóstico demanda variación estacional simple

Trimestre	Demanda	Índice de estacionalidad	Demanda estacional
1	122	1,326086957	161,783
2	97	1,054347826	102,272
3	62	0,673913043	41,7826
4	87	0,945652174	82,2717

Fuente: elaboración propia.



**Figura 27. Pronóstico de demanda variación estacional simple**

Fuente: elaboración propia.

La figura 27 muestra el comportamiento estimado de la demanda de acuerdo con el método de variación estacional especificado con anterioridad. Una vez expresados los resultados obtenidos al utilizar este modelo, se realizó el cálculo aplicando la variación estacional con tendencia.

**Tabla 74. Pronóstico de demanda variación estacional con tendencia**

T	Periodo	Demanda	Índice	D. Desest	D. Desest. * T	T * T
1	jul-17	10	1,32609	13,26087	13,26086957	1
2	ago-17	37	1,32609	49,065217	98,13043478	4
3	sep-17	75	1,32609	99,456522	298,3695652	9
4	oct-17	71	1,05435	74,858696	299,4347826	16
5	nov-17	10	1,05435	10,543478	52,7173913	25
6	dic-17	16	1,05435	16,869565	101,2173913	36
7	ene-18	31	0,67391	20,891304	146,2391304	49
8	feb-18	23	0,67391	15,5	124	64
9	mar-18	8	0,67391	5,3913043	48,52173913	81
10	abr-18	39	0,94565	36,880435	368,8043478	100
11	may-18	22	0,94565	20,804348	228,8478261	121
12	jun-18	26	0,94565	24,586957	295,0434783	144
78				388,1087	2074,586957	650

Fuente: elaboración propia.

La tabla 74 presenta los datos obtenidos al desestacionalizar la demanda del producto analizado. Una vez realizado esto, se calcularon los valores requeridos para realizar el pronóstico estimado con lo que se generaron los datos de la tabla 75:

**Tabla 75. Cálculo de Valores**

Valor B	-3,1337
Numerador	-5377,43
Denominador	1716
Promedio T	6,50
Promedio D. Desest.	172,882
Valor A	193,251

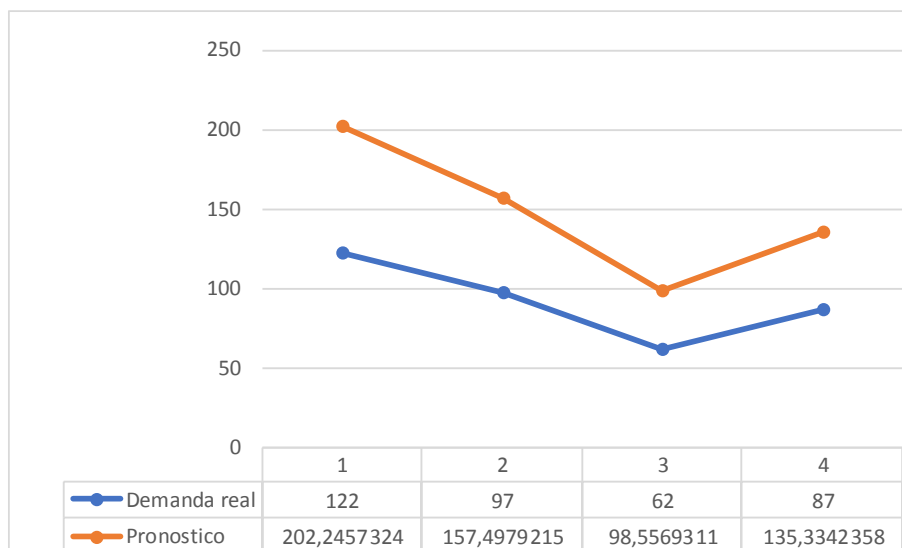
Fuente: elaboración propia.

La tabla 75 muestra los valores requeridos para sustituir la fórmula. Con esto, se generó el pronóstico estimado para el siguiente periodo de trabajo, ante lo cual se obtuvo el resultado de la tabla 76:

**Tabla 76. Cálculo de demanda estimada**

Trimestre	Pronóstico
1	202,2457324
2	157,4979215
3	98,5569311
4	135,3342358

Fuente: elaboración propia.



**Figura 28. Pronóstico de demanda variación estacional con tendencia**

Fuente: elaboración propia.

La figura 28 muestra el pronóstico estimado para el siguiente periodo laboral que corresponde al año 2018-2019 respecto a las llaves de balín. Una vez finalizado el pronóstico, se procedió a comparar ambos modelos para validarlos y evidenciar cuál presenta mejor MAD.

**Tabla 77. Cálculo de Desviación media Absoluta (MAD)**

Variación estacional Simple					Variación estacional con tendencia				
At	Ft	At- Ft	Error Acum.	MAD	At	Ft	At- Ft	Error Acum.	MAD
122	161,78	39,78	39,78	39,78	122	202,24	80,24	80,24	80,24
97	102,27	5,27	45,05	22,525	97	157,49	60,49	140,73	70,365
62	41,78	20,22	65,27	21,757	62	98,55	36,55	177,28	59,093
87	82,27	4,73	70	17,5	87	135,33	48,33	225,61	56,403

Fuente: elaboración propia.

Al observar los resultados presentes en la tabla 77, se observa que el método de variación estacional simple presenta un menor MAD, lo cual indica que los datos presentan un mejor ajuste. Ante esto, se valida la utilización de este método de pronóstico para estimar la demanda de futuros periodos.

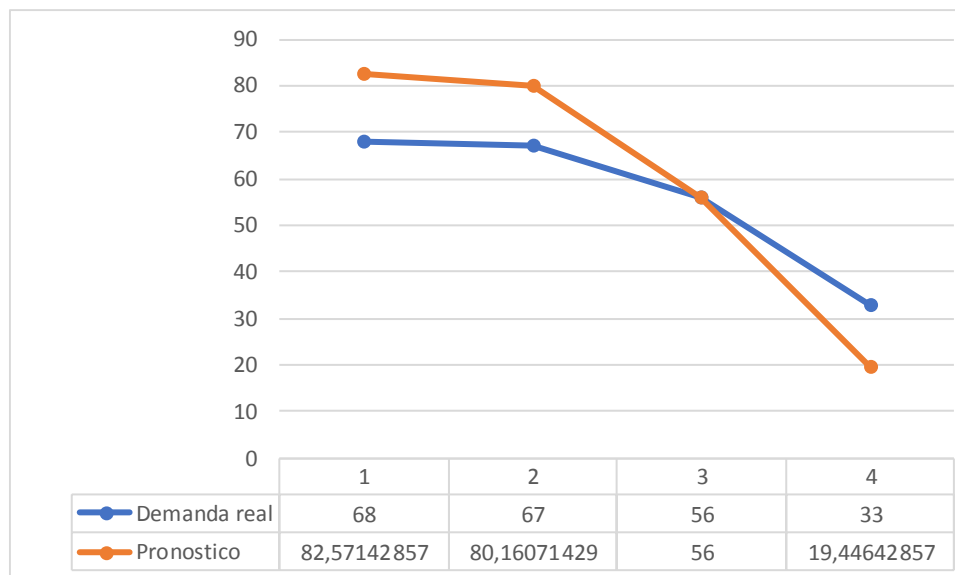
### 5.3.1.8 Silletas

Para realizar el análisis del pronóstico estimado para las silletas, se procedió a iniciar con el método de variación estacional simple, ante lo cual se obtuvieron los resultados de la tabla 78:

**Tabla 78. Pronóstico demanda variación estacional simple**

Trimestre	Demanda	Índice de estacionalidad	Demanda estacional
1	68	1,214285714	82,5714
2	67	1,196428571	80,1607
3	56	1	56
4	33	0,589285714	19,4464

Fuente: elaboración propia.



**Figura 29. Pronóstico de demanda variación estacional simple**

Fuente: elaboración propia.

La figura 29 muestra el comportamiento estimado de la demanda de acuerdo con el método de variación estacional especificado con anterioridad. Una vez expresados los resultados obtenidos al utilizar este modelo, se realizó el cálculo aplicando la variación estacional con tendencia.

**Tabla 79. Pronóstico de demanda variación estacional con tendencia**

T	Periodo	Demanda	Índice	D. Desest	D. Desest. * T	T * T
1	jul-17	8	1,21429	9,7142857	9,714285714	1
2	ago-17	9	1,21429	10,928571	21,85714286	4
3	sep-17	51	1,21429	61,928571	185,7857143	9
4	oct-17	47	1,19643	56,232143	224,9285714	16
5	nov-17	11	1,19643	13,160714	65,80357143	25
6	dic-17	9	1,19643	10,767857	64,60714286	36
7	ene-18	14	1	14	98	49
8	feb-18	20	1	20	160	64
9	mar-18	22	1	22	198	81
10	abr-18	8	0,58929	4,7142857	47,14285714	100
11	may-18	10	0,58929	5,8928571	64,82142857	121
12	jun-18	15	0,58929	8,8392857	106,0714286	144
78				238,17857	1246,732143	650

Fuente: elaboración propia.

La tabla 79 presenta los datos obtenidos al desestacionalizar la demanda del producto analizado. Una vez realizado esto, se calcularon los valores requeridos para realizar el pronóstico estimado, con lo que se generaron los datos de la tabla 80:

**Tabla 80. Cálculo de valores**

Valor B	-2,10789
Numerador	-3617,14
Denominador	1716
Promedio T	6,50
Promedio D. Desest.	103,894
Valor A	117,596

Fuente: elaboración propia.

La tabla 80 muestra los valores requeridos para sustituir la fórmula. Con esto, se generó el pronóstico estimado para el siguiente periodo de trabajo, ante lo cual se obtuvo el resultado de la tabla 81:

Tabla 81. Cálculo de pronóstico estimado

Trimestre	Pronóstico
1	109,5201279
2	105,3875955
3	85,97726232
4	49,42302173

Fuente: elaboración propia.

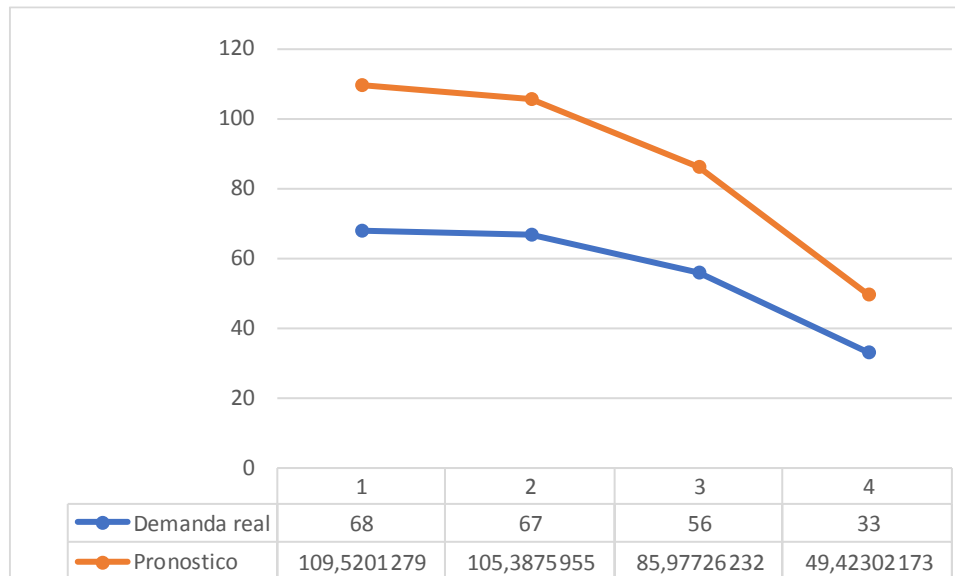


Figura 30. Pronóstico de demanda variación estacional con tendencia

Fuente: elaboración propia.

La figura 30 muestra el pronóstico estimado para el siguiente periodo laboral que corresponde al año 2018-2019 referente a las silletas. Una vez finalizado el pronóstico, se procedió a comparar ambos modelos para validarlos y evidenciar cuál presenta mejor MAD.

Tabla 82. Cálculo de Desviación media Absoluta (MAD)

Variación estacional Simple					Variación estacional con tendencia				
At	Ft	At- Ft	Error Acum.	MAD	At	Ft	At- Ft	Error Acum.	MAD
66	82,57	16,57	16,57	16,57	66	109,5	43,5	43,5	43,5
67	80,16	13,16	29,73	14,865	67	105,38	38,38	81,88	40,94
56	56	0	29,73	9,91	56	85,97	29,97	111,85	37,283
33	19,44	13,56	43,29	10,823	33	49,42	16,42	128,27	32,068

Fuente: elaboración propia.

Analizando los resultados presentes en la tabla 82, se evidencia que el método de variación estacional simple presenta un menor MAD, lo cual indica que los datos presentan un mejor ajuste. Ante esto, se valida la utilización de dicho método de pronóstico para estimar la demanda de futuros periodos.

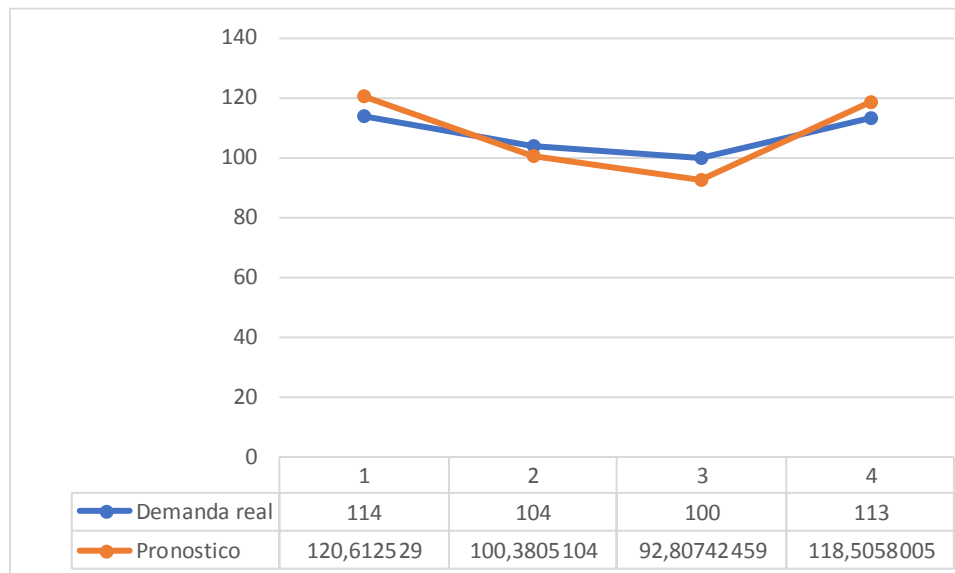
### 5.3.1.9 Tapones

Para realizar el análisis del pronóstico estimado para los tapones, se procedió a iniciar con el método de variación estacional simple, ante lo cual se obtuvieron los resultados de la tabla 83:

**Tabla 83. Pronóstico demanda variación estacional simple**

Trimestre	Demanda	Índice de estacionalidad	Demanda estacional
1	114	1,05800464	120,613
2	104	0,965197216	100,381
3	100	0,928074246	92,8074
4	113	1,048723898	118,506

Fuente: elaboración propia.



**Figura 31. Pronóstico demanda variación estacional simple**

Fuente: elaboración propia.

La figura 31 muestra el comportamiento estimado de la demanda de acuerdo con el método de variación estacional especificado con anterioridad. Una vez expresados los resultados obtenidos al utilizar este modelo, se realizó el cálculo aplicando la variación estacional con tendencia.

**Tabla 84. Pronóstico de demanda variación estacional con tendencia**

T	Periodo	Demanda	Índice	D. Desest	D. Desest. * T	T * T
1	jul-17	16	1,058	16,928074	16,92807425	1
2	ago-17	16	1,058	16,928074	33,85614849	4
3	sep-17	82	1,058	86,756381	260,2691415	9
4	oct-17	70	0,9652	67,563805	270,2552204	16
5	nov-17	25	0,9652	24,12993	120,649652	25
6	dic-17	9	0,9652	8,6867749	52,12064965	36
7	ene-18	61	0,92807	56,612529	396,287703	49
8	feb-18	16	0,92807	14,849188	118,7935035	64
9	mar-18	23	0,92807	21,345708	192,1113689	81
10	abr-18	48	1,04872	50,338747	503,387471	100
11	may-18	27	1,04872	28,315545	311,4709977	121
12	jun-18	38	1,04872	39,851508	478,2180974	144
<b>78</b>				<b>432,30626</b>	<b>2754,348028</b>	<b>650</b>

Fuente: elaboración propia.

La tabla 84 presenta los datos obtenidos al desestacionalizar la demanda de los tapones. Una vez realizado esto, se calcularon los valores requeridos para realizar el pronóstico estimado, con lo que se generaron los siguientes datos de la tabla 85:

**Tabla 85. Cálculo de valores**

Valor B	-0,38911
Numerador	-667,712
Denominador	1716
Promedio T	6,50
Promedio D. Desest.	229,529
Valor A	232,058

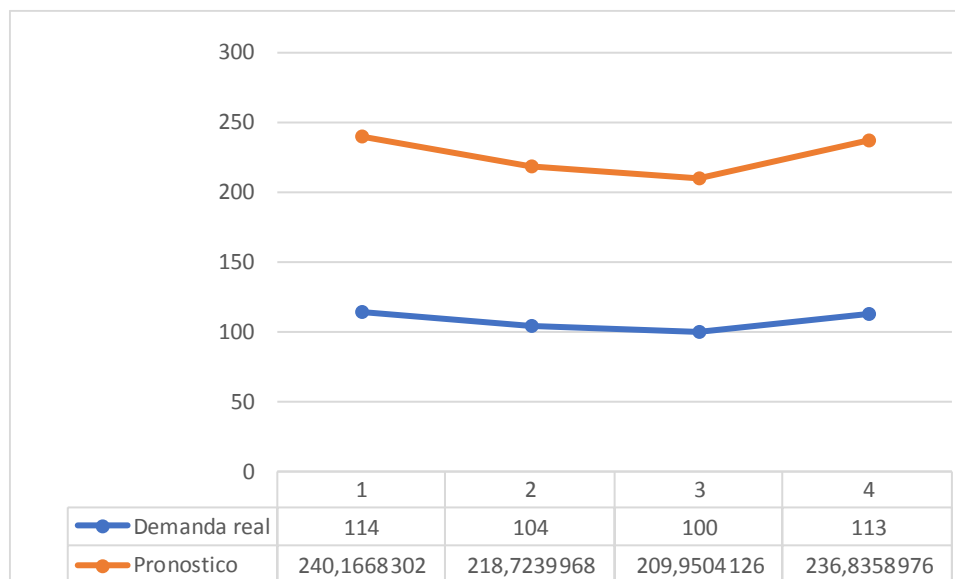
Fuente: elaboración propia.

La tabla 85 muestra los valores requeridos para sustituir la fórmula y aplicar el método de variación estacional con tendencia, ante lo cual se obtuvo el resultado de la tabla 86:

**Tabla 86. Cálculo de pronóstico estimado**

Trimestre	Pronóstico
1	240,1668302
2	218,7239968
3	209,9504126
4	236,8358976

Fuente: elaboración propia.



**Figura 32. Pronóstico de demanda variación estacional con tendencia**

Fuente: elaboración propia.

La figura 32 muestra el pronóstico estimado para el siguiente periodo laboral que corresponde a los tapones para el año 2018-2019. Una vez finalizado el pronóstico, se procedió a comparar ambos modelos para validarlos y evidenciar cuál presenta mejor MAD.

Tabla 87. Cálculo de Desviación media Absoluta (MAD)

Variación estacional Simple					Variación estacional con tendencia				
At	Ft	At- Ft	Error Acum.	MAD	At	Ft	At- Ft	Error Acum.	MAD
114	120,61	6,61	6,61	6,61	114	240,16	126,2	126,16	126,16
104	100,38	3,62	10,23	5,115	104	218,72	114,7	240,88	120,44
100	92,8	7,2	17,43	5,81	100	209,95	110	350,83	116,94
113	118,5	5,5	22,93	5,7325	113	236,83	123,8	474,66	118,67

Fuente: elaboración propia.

Analizando los resultados presentes en la tabla 87, se evidencia que el método de variación estacional simple presenta un menor MAD, lo cual indica que los datos presentan un mejor ajuste. Ante esto, se valida la utilización de dicho método de pronóstico para estimar la demanda de futuros periodos.

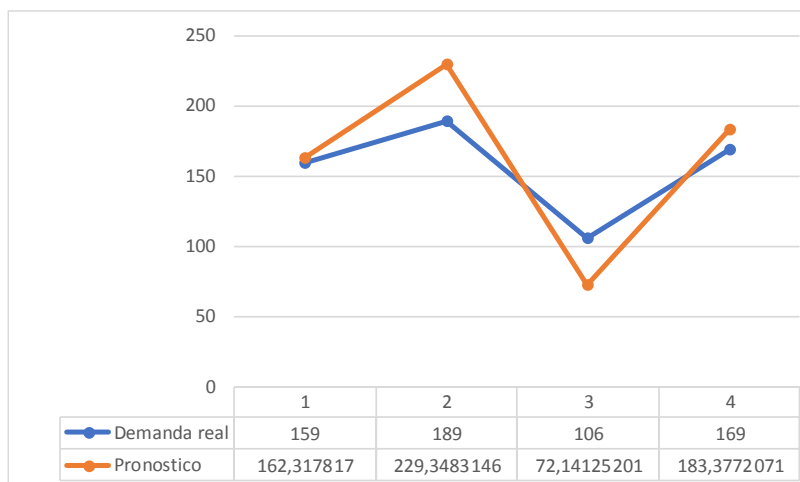
### 5.3.1.10 TEE PVC

Para realizar el análisis del pronóstico estimado para las TEE PVC, se procedió a iniciar con el método de variación estacional simple, ante lo cual se obtuvieron los siguientes resultados de la tabla 88:

Tabla 88. Pronóstico demanda variación estacional simple

Trimestre	Demanda	Índice de estacionalidad	Demanda estacional
1	159	1,020866774	162,318
2	189	1,213483146	229,348
3	106	0,680577849	72,1413
4	169	1,085072231	183,377

Fuente: elaboración propia.



**Figura 33. Pronóstico demanda variación estacional simple**

Fuente: elaboración propia.

La figura 33 muestra el comportamiento estimado de la demanda de acuerdo con el método de variación estacional especificado con anterioridad. Una vez expresados los resultados obtenidos al utilizar este modelo, se realizó el cálculo aplicando la variación estacional con tendencia.

**Tabla 89. Pronóstico de demanda variación estacional con tendencia**

T	Periodo	Demanda	Índice	D. Desest	D. Desest. * T	T * T
1	jul-17	18	1,02087	18,375602	18,37560193	1
2	ago-17	45	1,02087	45,939005	91,87800963	4
3	sep-17	96	1,02087	98,00321	294,0096308	9
4	oct-17	110	1,21348	133,48315	533,9325843	16
5	nov-17	51	1,21348	61,88764	309,4382022	25
6	dic-17	28	1,21348	33,977528	203,8651685	36
7	ene-18	58	0,68058	39,473515	276,3146067	49
8	feb-18	37	0,68058	25,18138	201,4510433	64
9	mar-18	11	0,68058	7,4863563	67,37720706	81
10	abr-18	100	1,08507	108,50722	1085,072231	100
11	may-18	20	1,08507	21,701445	238,7158909	121
12	jun-18	49	1,08507	53,168539	638,0224719	144
78				647,18459	3958,452648	650

Fuente: elaboración propia.

La tabla 89 presenta los datos obtenidos al desestacionalizar la demanda de las TEE de PVC. Una vez realizado esto, se calcularon los valores requeridos para realizar el pronóstico estimado, con lo que se generaron los datos de la tabla 90:

**Tabla 90. Cálculo de valores**

Valor B	-1,73599
Numerador	-2978,97
Denominador	1716
Promedio T	6,50
Promedio D. Desest.	329,871
Valor A	341,155

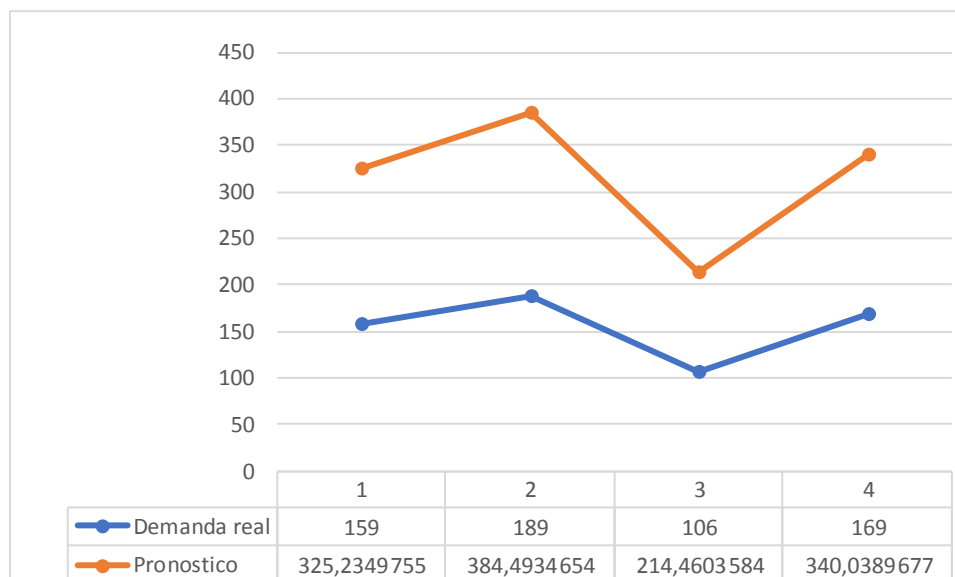
Fuente: elaboración propia.

La tabla 90 muestra los valores requeridos para sustituir la fórmula y aplicar el método de variación estacional con tendencia, ante lo cual se obtuvo el siguiente resultado de la tabla 91:

**Tabla 91. Pronóstico de demanda estimado**

Trimestre	Pronóstico
1	325,2349755
2	384,4934654
3	214,4603584
4	340,0389677

Fuente: elaboración propia.



**Figura 34. Pronóstico de demanda variación estacional con tendencia**

Fuente: elaboración propia.

La figura 34 muestra el pronóstico estimado para el siguiente periodo laboral que corresponde al año 2018-2019. Una vez finalizado el pronóstico, se procedió a comparar ambos modelos para validarlos y evidenciar cuál presenta mejor MAD.

**Tabla 92. Cálculo de Desviación media Absoluta (MAD)**

Variación estacional Simple					Variación estacional con tendencia				
At	Ft	At- Ft	Error Acum.	MAD	At	Ft	At- Ft	Error Acum.	MAD
159	162,31	3,31	3,31	3,31	159	325,23	166,2	166,23	166,23
189	229,34	40,34	43,65	21,825	189	384,49	195,5	361,72	180,86
106	72,14	33,86	77,51	25,837	106	214,46	108,5	470,18	156,73
169	183,37	14,37	91,88	22,97	169	340,03	171	641,21	160,3

Fuente: elaboración propia.

Analizando los resultados presentes en la tabla 92, se evidencia que el método de variación estacional simple presenta un menor MAD, lo cual indica que los datos presentan un mejor ajuste. Ante esto, se valida la utilización de dicho método de pronóstico para estimar la demanda de futuros periodos.

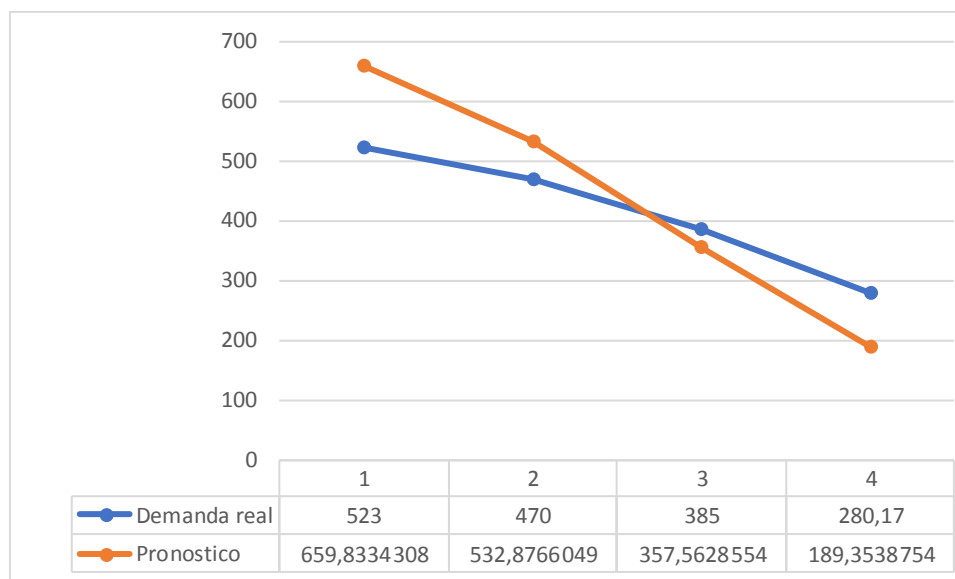
### 5.3.1.11 Tubos PVC

Para realizar el análisis del pronóstico estimado para los tubos de PVC, se procedió a iniciar con el método de variación estacional simple, ante lo cual se obtuvieron los siguientes resultados de la tabla 93:

**Tabla 93. Pronóstico demanda variación estacional simple**

Trimestre	Demanda	Índice de estacionalidad	Demanda estacional
1	523	1,261631799	659,833
2	470	1,13378001	532,877
3	385	0,928734689	357,563
4	280,17	0,675853501	189,354

Fuente: elaboración propia.



**Figura 35. Pronóstico de demanda variación estacional simple**

Fuente: elaboración propia.

La figura 35 muestra el comportamiento estimado de la demanda de acuerdo con el método de variación estacional especificado con anterioridad. Una vez expresados los resultados obtenidos al utilizar este modelo, se realizó el cálculo aplicando la variación estacional con tendencia.

**Tabla 94. Pronóstico de demanda variación estacional con tendencia**

T	Periodo	Demanda	Índice	D. Desest	D. Desest. * T	T * T
1	jul-17	70	1,26163	88,314226	88,31422592	1
2	ago-17	150,5	1,26163	189,87559	379,7511715	4
3	sep-17	302,5	1,26163	381,64362	1144,930858	9
4	oct-17	280	1,13378	317,4584	1269,833612	16
5	nov-17	130	1,13378	147,3914	736,9570068	25
6	dic-17	60	1,13378	68,026801	408,1608038	36
7	ene-18	95	0,92873	88,229795	617,6085685	49
8	feb-18	99	0,92873	91,944734	735,557874	64
9	mar-18	191	0,92873	177,38833	1596,494931	81
10	abr-18	145	0,67585	97,998758	979,9875767	100
11	may-18	79	0,67585	53,392427	587,3166925	121
12	jun-18	56,17	0,67585	37,962691	455,5522939	144
78				1739,6268	9000,465614	650

Fuente: elaboración propia.

La tabla 94 presenta los datos obtenidos al desestacionalizar la demanda de los tubos de PVC. Una vez realizado esto, se calcularon los valores requeridos para realizar el pronóstico estimado, con lo que se generaron los datos de la tabla 95:

**Tabla 95. Cálculo de valores**

Valor B	-16,1336
Numerador	-27685,3
Denominador	1716
Promedio T	6,50
Promedio D. Desest.	750,039
Valor A	854,907

Fuente: elaboración propia.

La tabla 95 muestra los valores requeridos para sustituir la fórmula y aplicar el método de variación estacional con tendencia, ante lo cual se obtuvo el resultado de la tabla 96:

Tabla 96. Cálculo de pronóstico estimado

Trimestre	Pronóstico
1	813,9672892
2	713,1891388
3	569,2242672
4	403,3286641

Fuente: elaboración propia.

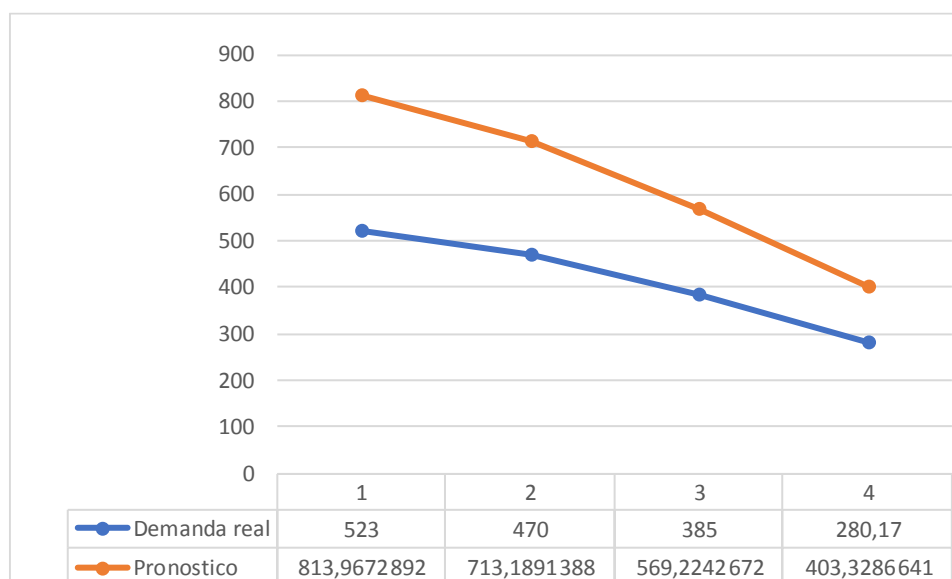


Figura 36. Pronóstico de demanda variación estacional con tendencia

Fuente: elaboración propia.

La figura 36 muestra el pronóstico estimado para el siguiente periodo laboral que corresponde al año 2018-2019 respecto a los tubos de PVC. Una vez finalizado el pronóstico, se procedió a comparar ambos modelos para validarlos y evidenciar cuál presenta mejor MAD.

Tabla 97. Cálculo de Desviación media absoluta (MAD)

Variación estacional Simple					Variación estacional con tendencia				
At	Ft	At- Ft	Error Acum.	MAD	At	Ft	At- Ft	Error Acum.	MAD
523	659,83	136,8	136,83	136,83	523	813,96	291	290,96	290,96
470	532,87	62,87	199,7	99,85	470	713,18	243,2	534,14	267,07
385	357,56	27,44	227,14	75,713	385	569,22	184,2	718,36	239,45
280,2	189,35	90,82	317,96	79,49	280,2	403,32	123,2	841,51	210,38

Fuente: elaboración propia.

Analizando los resultados presentes en la tabla 97, se evidencia que el método de variación estacional simple presenta un menor MAD, lo cual indica que los datos presentan un mejor ajuste. Ante esto, se valida la utilización de dicho método de pronóstico para estimar la demanda de futuros periodos.

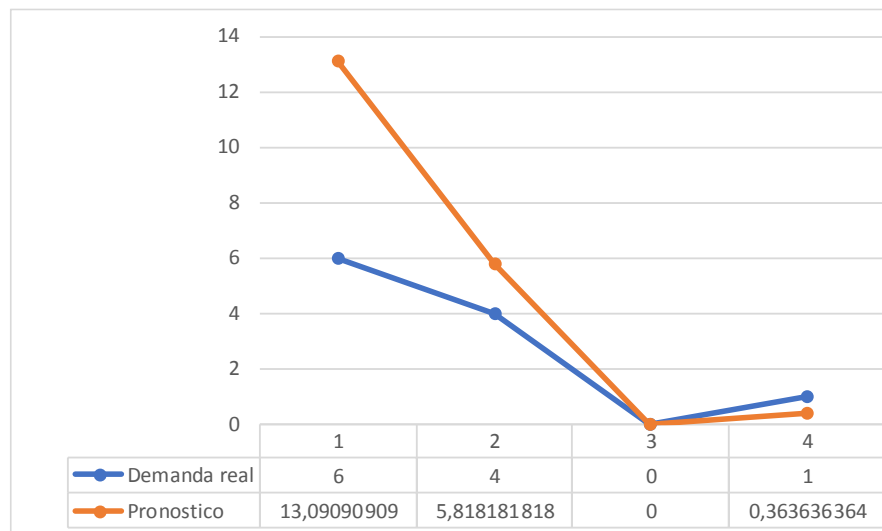
### 5.3.1.12 Uniones de reparación

Para realizar el análisis del pronóstico estimado para los productos referentes a unión de reparación, se procedió a iniciar con el método de variación estacional simple, ante lo cual se obtuvieron los resultados de la tabla 98:

**Tabla 98. Pronóstico demanda variación estacional simple**

Trimestre	Demanda	Índice de estacionalidad	Demanda estacional
1	6	2,181818182	13,0909
2	4	1,454545455	5,81818
3	0	0	0
4	1	0,363636364	0,36364

Fuente: elaboración propia.



**Figura 37. Pronóstico de demanda variación estacional simple**

Fuente: elaboración propia.

La figura 37 muestra el comportamiento estimado de la demanda de acuerdo con el método de variación estacional especificado con anterioridad. Una vez expresados los resultados obtenidos al utilizar este modelo, se realizó el cálculo aplicando la variación estacional con tendencia.

**Tabla 99. Pronóstico de demanda variación estacional con tendencia**

T	Periodo	Demanda	Índice	D. Desest	D. Desest. * T	T * T
1	jul-17	0	2,18182	0	0	1
2	ago-17	2	2,18182	4,3636364	8,727272727	4
3	sep-17	4	2,18182	8,7272727	26,18181818	9
4	oct-17	2	1,45455	2,9090909	11,63636364	16
5	nov-17	2	1,45455	2,9090909	14,54545455	25
6	dic-17	0	1,45455	0	0	36
7	ene-18	0	0	0	0	49
8	feb-18	0	0	0	0	64
9	mar-18	0	0	0	0	81
10	abr-18	0	0,36364	0	0	100
11	may-18	0	0,36364	0	0	121
12	jun-18	1	0,36364	0,3636364	4,363636364	144
78				19,272727	65,45454545	650

Fuente: elaboración propia.

La tabla 99 presenta los datos obtenidos al desestacionalizar la demanda de las uniones de reparación. Una vez realizado esto, se calcularon los valores requeridos para realizar el pronóstico estimado, con lo que se generaron los siguientes datos de la tabla 100:

**Tabla 100. Cálculo de valores**

Valor B	-0,41831
Numerador	-717,818
Denominador	1716
Promedio T	6,50
Promedio D. Desest.	5,45455
Valor A	8,17355

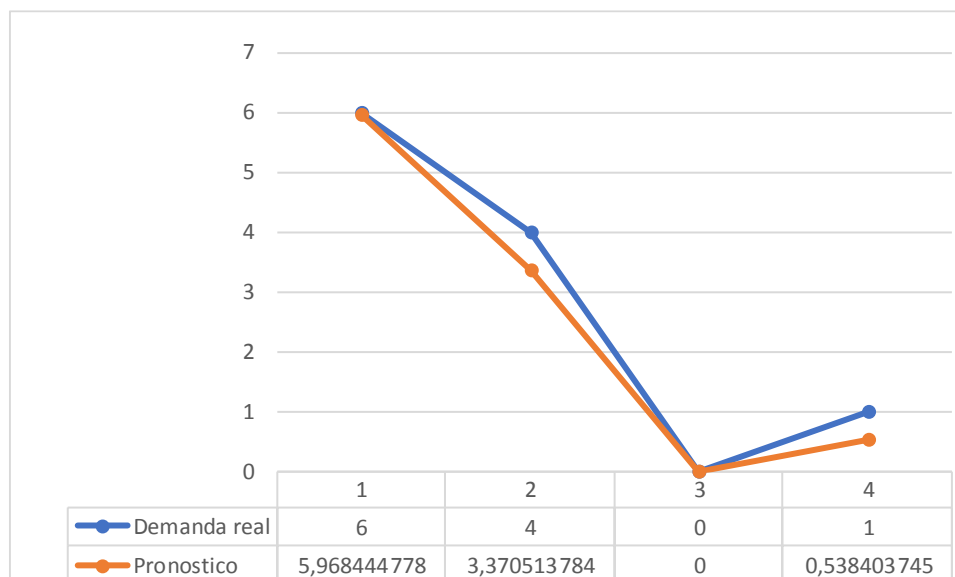
Fuente: elaboración propia.

En la tabla 100 se presentan los valores requeridos para sustituir la fórmula y aplicar el método de variación estacional con tendencia. Una vez determinados los valores, se procedió a realizar el cálculo del pronóstico estimado generando los resultados de la tabla 101:

**Tabla 101. Cálculo de pronóstico estimado**

Trimestre	Pronóstico
1	5,968444778
2	3,370513784
3	0
4	0,538403745

Fuente: elaboración propia.



**Figura 38. Pronóstico de demanda variación estacional con tendencia**

Fuente: elaboración propia.

La figura 38 muestra el pronóstico estimado para el siguiente periodo laboral que corresponde al año 2018-2019 respecto a las uniones de reparación. Una vez

finalizado el pronóstico, se procedió a comparar ambos modelos para validarlos y evidenciar cuál presenta mejor MAD.

**Tabla 102. Cálculo de Desviación media absoluta**

Variación estacional Simple					Variación estacional con tendencia				
At	Ft	At- Ft	Error Acum.	MAD	At	Ft	At- Ft	Error Acum.	MAD
6	13,091	7,091	7,0909091	7,0909	6	5,9684	0,032	0,0315552	0,0316
4	5,8182	1,818	8,9090909	4,4545	4	3,3705	0,629	0,6610414	0,3305
0	0	0	8,9090909	2,9697	0	0	0	0,6610414	0,2203
1	0,3636	0,636	9,5454545	2,3864	1	0,5384	0,462	1,1226377	0,2807

Fuente: elaboración propia.

Al observar los resultados presentes en la tabla 102, se evidencia que el método de variación estacional con tendencia presenta un menor MAD, lo cual indica que los datos presentan un mejor ajuste. Ante esto, se valida la utilización de dicho método de pronóstico para estimar la demanda de futuros periodos.

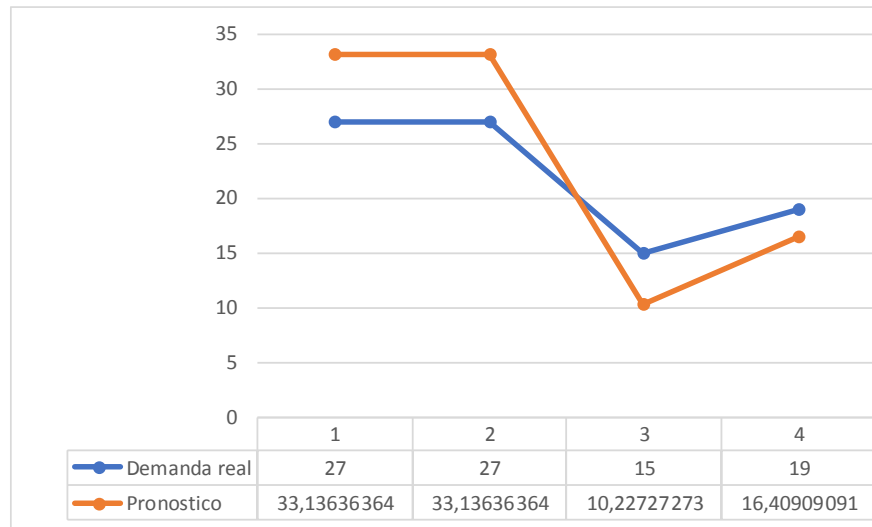
### 5.3.1.13 Unión de tope

Para realizar el análisis del pronóstico estimado para los productos referentes a unión de tope, se procedió a iniciar con el método de variación estacional simple, ante lo cual se obtuvieron los siguientes resultados:

**Tabla 103. Pronóstico de demanda variación estacional simple**

Trimestre	Demanda	Índice de estacionalidad	Demanda estacional
1	27	1,227272727	33,1364
2	27	1,227272727	33,1364
3	15	0,681818182	10,2273
4	19	0,863636364	16,4091

Fuente: elaboración propia.



**Figura 39. Pronóstico de demanda variación estacional simple**

Fuente: elaboración propia.

La figura 39 muestra el comportamiento estimado de la demanda de acuerdo con el método de variación estacional especificado con anterioridad. Una vez expresados los resultados obtenidos al utilizar este modelo, se realizó el cálculo aplicando la variación estacional con tendencia.

**Tabla 104. Pronóstico de demanda variación estacional con tendencia**

T	Periodo	Demanda	Índice	D. Desest	D. Desest. * T	T * T
1	jul-17	0	1,22727	0	0	1
2	ago-17	8	1,22727	9,8181818	19,63636364	4
3	sep-17	19	1,22727	23,318182	69,95454545	9
4	oct-17	17	1,22727	20,863636	83,45454545	16
5	nov-17	9	1,22727	11,045455	55,22727273	25
6	dic-17	1	1,22727	1,2272727	7,363636364	36
7	ene-18	0	0,68182	0	0	49
8	feb-18	15	0,68182	10,227273	81,81818182	64
9	mar-18	0	0,68182	0	0	81
10	abr-18	10	0,86364	8,6363636	86,36363636	100
11	may-18	5	0,86364	4,3181818	47,5	121
12	jun-18	4	0,86364	3,4545455	41,45454545	144
78				92,909091	492,7727273	650

Fuente: elaboración propia.

La tabla 104 presenta los datos obtenidos al desestacionalizar la demanda de las uniones de tope. Una vez realizado esto, se calcularon los valores requeridos para realizar el pronóstico estimado, con lo que se generaron los datos de la tabla 105:

**Tabla 105. Cálculo de valores**

Valor B	-0,77718
Numerador	-1333,64
Denominador	1716
Promedio T	6,50
Promedio D. Desest.	41,0644
Valor A	46,116

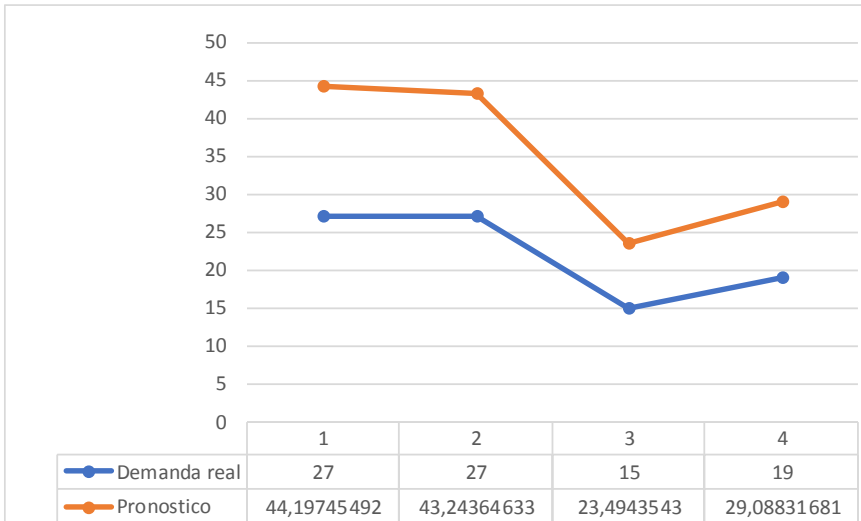
Fuente: elaboración propia.

En la tabla 105 se presentan los valores requeridos para sustituir la fórmula y aplicar el método de variación estacional con tendencia. Una vez determinados los valores, se procedió a realizar el cálculo del pronóstico estimado generando los resultados de la tabla 106:

**Tabla 106. Cálculo de demanda estimada**

Trimestre	Pronóstico
1	44,19745492
2	43,24364633
3	23,4943543
4	29,08831681

Fuente: elaboración propia.



**Figura 40. Pronóstico de demanda variación estacional con tendencia**

Fuente: elaboración propia.

La figura 40 muestra el pronóstico estimado para el siguiente periodo laboral que corresponde al año 2018-2019 respecto a las uniones de tope. Una vez finalizado el pronóstico, se procedió a comparar ambos modelos para validarlos y evidenciar cuál presenta mejor MAD.

**Tabla 107. Cálculo de Desviación media Absoluta (MAD)**

Variación estacional Simple					Variación estacional con tendencia				
At	Ft	At- Ft	Error Acum.	MAD	At	Ft	At- Ft	Error Acum.	MAD
27	33,136	6,136	6,136	6,1364	27	44,197	17,2	17,197455	17,197
27	33,136	6,136	12,272	6,1364	27	43,244	16,24	33,441101	16,721
15	10,227	4,773	17,045	5,6818	15	23,494	8,494	41,935456	13,978
19	16,409	2,591	19,636	4,9091	19	29,088	10,09	52,023772	13,006

Fuente: elaboración propia.

Al observar los resultados presentes en la tabla 107, se evidencia que el método de variación estacional simple presenta un menor MAD, lo cual indica que los datos presentan un mejor ajuste. Ante esto, se valida la utilización de este método de pronóstico para estimar la demanda de futuros periodos.

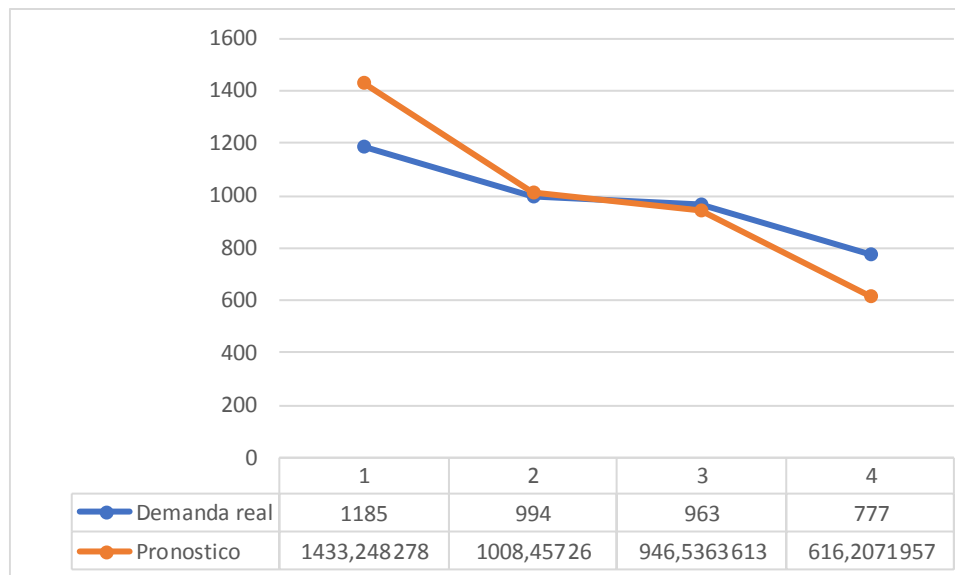
### 5.3.1.14 Uniones lisas

Para realizar el análisis del pronóstico estimado para los productos referentes a uniones lisas, se procedió a iniciar con el método de variación estacional simple, ante lo cual se obtuvieron los siguientes resultados de la tabla 108:

**Tabla 108. Pronóstico demanda variación estacional simple**

Trimestre	Demanda	Índice de estacionalidad	Demanda estacional
1	1185	1,209492217	1433,25
2	994	1,014544527	1008,46
3	963	0,982903802	946,536
4	777	0,793059454	616,207

Fuente: elaboración propia.



**Figura 41. Pronóstico de demanda variación estacional simple**

Fuente: elaboración propia.

La figura 41 muestra el comportamiento estimado de la demanda de acuerdo con el método de variación estacional especificado con anterioridad. Una vez expresados los resultados obtenidos al utilizar este modelo, se realizó el cálculo aplicando la variación estacional con tendencia.

**Tabla 109. Pronóstico de demanda variación estacional con tendencia**

T	Periodo	Demanda	Índice	D. Desest	D. Desest. * T	T * T
1	jul-17	180	1,20949	217,7086	217,7085991	1
2	ago-17	399	1,20949	482,58739	965,1747895	4
3	sep-17	606	1,20949	732,95228	2198,856851	9
4	oct-17	512	1,01454	519,4468	2077,787191	16
5	nov-17	311	1,01454	315,52335	1577,616739	25
6	dic-17	171	1,01454	173,48711	1040,922684	36
7	ene-18	222	0,9829	218,20464	1527,432508	49
8	feb-18	348	0,9829	342,05052	2736,404185	64
9	mar-18	393	0,9829	386,28119	3476,530748	81
10	abr-18	297	0,79306	235,53866	2355,386578	100
11	may-18	213	0,79306	168,92166	1858,138301	121
12	jun-18	267	0,79306	211,74687	2540,96249	144
78				4004,4491	22572,92166	650

Fuente: elaboración propia.

La tabla 109 presenta los datos obtenidos al desestacionalizar la demanda de las uniones lisas. Una vez realizado esto, se calcularon los valores requeridos para realizar el pronóstico estimado, con lo que se generaron los datos de la tabla 110:

**Tabla 110. Cálculo de Valores**

Valor B	-24,1678
Numerador	-41472
Denominador	1716
Promedio T	6,50
Promedio D. Desest.	1881,08
Valor A	2038,17

Fuente: elaboración propia.

En la tabla 110, se presentan los valores requeridos para sustituir la fórmula y aplicar el método de variación estacional con tendencia. Una vez determinados los valores, se procedió a realizar el cálculo del pronóstico estimado generando los resultados de la tabla 111:

Tabla 111. Cálculo de pronóstico estimado

Trimestre	Pronóstico
1	2085,147665
2	1724,541249
3	1647,003133
4	1309,723865

Fuente: elaboración propia.

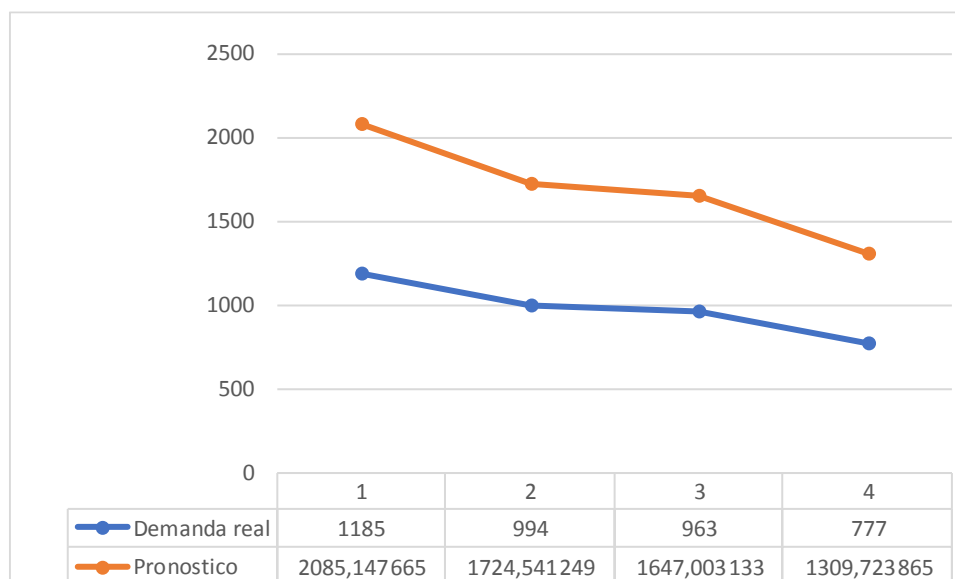


Figura 42. Pronóstico de demanda variación estacional con tendencia

Fuente: elaboración propia.

La figura 42 muestra el pronóstico estimado para el siguiente periodo laboral que corresponde al año 2018-2019 respecto a las uniones lisas. Una vez finalizado el pronóstico, se procedió a comparar ambos modelos para validarlos y evidenciar cuál presenta mejor MAD.

Tabla 112. Cálculo de Desviación media Absoluta (MAD)

Variación estacional Simple					Variación estacional con tendencia				
At	Ft	At- Ft	Error Acum.	MAD	At	Ft	At- Ft	Error Acum.	MAD
1185	1433,2	248,2	248,24828	248,25	1185	2085,1	900,1	900,14766	900,15
994	1008,5	14,46	262,70554	131,35	994	1724,5	730,5	1630,6889	815,34
963	946,54	16,46	279,16918	93,056	963	1647	684	2314,692	771,56
777	616,21	160,8	439,96198	109,99	777	1309,7	532,7	2847,4159	711,85

Fuente: elaboración propia.

Al observar los resultados presentes en la tabla 112, se evidencia que el método de variación estacional simple presenta un menor MAD, lo cual indica que los datos presentan un mejor ajuste. Ante esto, se valida la utilización de dicho método de pronóstico para estimar la demanda de futuros periodos.

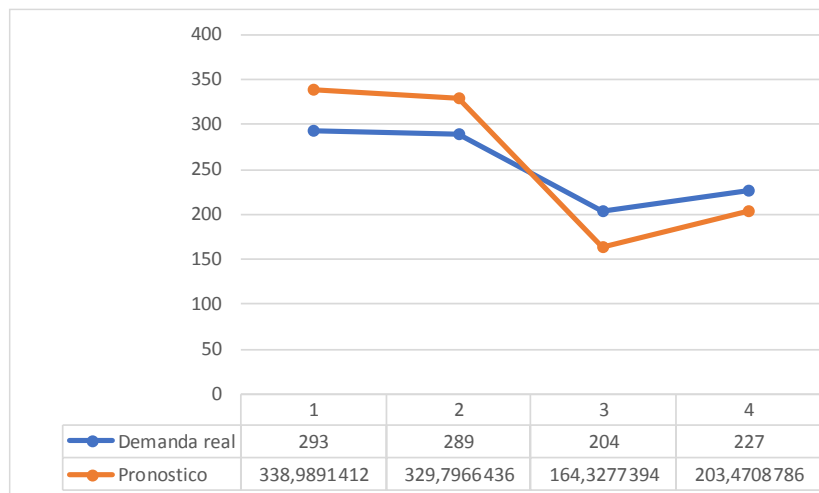
### 5.3.1.15 Unión de transición

Para realizar el análisis del pronóstico estimado para los productos referentes a uniones de transición, se procedió a iniciar con el método de variación estacional simple, ante lo cual se obtuvieron los siguientes resultados:

**Tabla 113. Pronóstico demanda variación estacional simple**

Trimestre	Demanda	Índice de estacionalidad	Demanda estacional
1	293	1,156959526	338,989
2	289	1,141164857	329,797
3	204	0,805528134	164,328
4	227	0,896347483	203,471

Fuente: elaboración propia.



**Figura 43. Pronóstico de demanda variación estacional simple**

Fuente: elaboración propia.

La figura 43 muestra el comportamiento estimado de la demanda de acuerdo con el método de variación estacional simple especificado con anterioridad. Una vez expresados los resultados obtenidos al utilizar este modelo, se realizó el cálculo aplicando la variación estacional con tendencia.

**Tabla 114. Pronóstico de demanda variación estacional con tendencia**

T	Periodo	Demanda	Índice	D. Desest	D. Desest. * T	T * T
1	jul-17	51	1,15696	59,004936	59,00493583	1
2	ago-17	82	1,15696	94,870681	189,7413623	4
3	sep-17	160	1,15696	185,11352	555,3405726	9
4	oct-17	165	1,14116	188,2922	753,1688055	16
5	nov-17	73	1,14116	83,305035	416,5251728	25
6	dic-17	51	1,14116	58,199408	349,1964462	36
7	ene-18	67	0,80553	53,970385	377,792695	49
8	feb-18	66	0,80553	53,164857	425,3188549	64
9	mar-18	71	0,80553	57,192498	514,7324778	81
10	abr-18	94	0,89635	84,256663	842,5666338	100
11	may-18	55	0,89635	49,299112	542,290227	121
12	jun-18	78	0,89635	69,915104	838,9812438	144
78				1036,5844	5864,659427	650

Fuente: elaboración propia.

La tabla 114 presenta los datos obtenidos al desestacionalizar la demanda de las uniones de transición. Una vez realizado esto, se calcularon los valores requeridos para realizar el pronóstico estimado, con lo que se generaron los siguientes datos de la tabla 115:

**Tabla 115. Cálculo de valores**

Valor B	-6,10587
Numerador	-10477,7
Denominador	1716
Promedio T	6,50
Promedio D. Desest.	488,722
Valor A	528,41

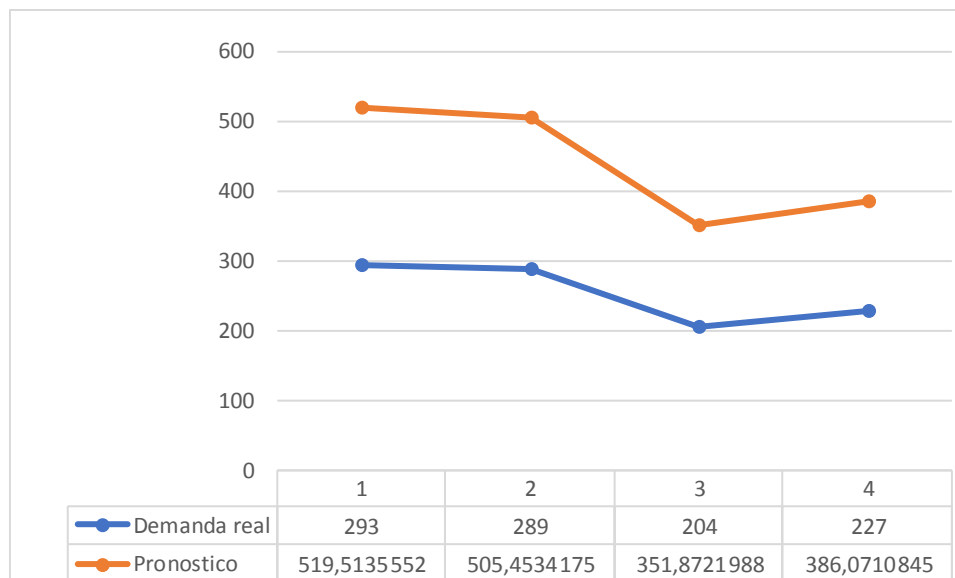
Fuente: elaboración propia.

En la tabla 115, se presentan los valores requeridos para sustituir la fórmula y aplicar el método de variación estacional con tendencia. Una vez determinados los valores, se procedió a realizar el cálculo del pronóstico estimado generando los resultados de la tabla 116:

**Tabla 116. Cálculo de pronóstico estimado**

Trimestre	Pronóstico
1	519,5135552
2	505,4534175
3	351,8721988
4	386,0710845

Fuente: elaboración propia.



**Figura 44. Pronóstico de demanda variación estacional con tendencia**

Fuente: elaboración propia.

La figura 44 muestra el pronóstico estimado para el siguiente periodo laboral que corresponde al año 2018-2019 respecto a las uniones de transición. Una vez finalizado el pronóstico, se procedió a comparar ambos modelos para validarlos y evidenciar cuál presenta mejor MAD.

Tabla 117. Cálculo de Desviación media Absoluta

Variación estacional Simple					Variación estacional con tendencia				
At	Ft	At- Ft	Error Acum.	MAD	At	Ft	At- Ft	Error Acum.	MAD
293	338,99	45,99	45,989141	45,989	293	519,51	226,5	226,51356	226,51
289	329,8	40,8	86,785785	43,393	289	505,45	216,5	442,96697	221,48
204	164,33	39,67	126,45805	42,153	204	351,87	147,9	590,83917	196,95
227	203,47	23,53	149,98717	37,497	227	386,07	159,1	749,91026	187,48

Fuente: elaboración propia.

Al observar los resultados presentes en la tabla 117, se evidencia que el método de variación estacional simple presenta un menor MAD, lo cual indica que los datos presentan un mejor ajuste. Ante esto, se valida la utilización de este método de pronóstico para estimar la demanda de futuros periodos.

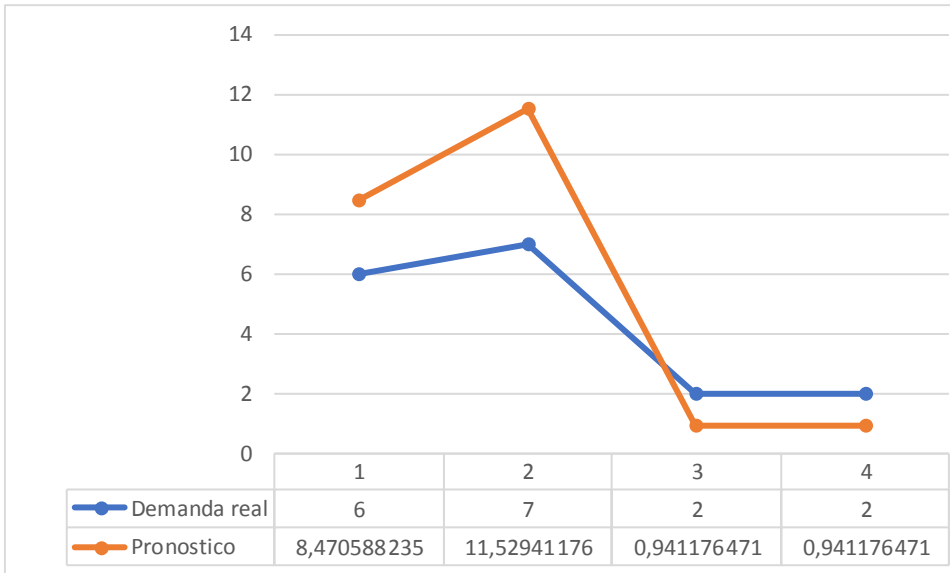
### 5.3.1.16 YEE PVC

Para realizar el análisis del pronóstico estimado para los productos referentes a uniones de transición, se procedió a iniciar con el método de variación estacional simple, ante lo cual se obtuvieron los siguientes resultados de la tabla 118:

Tabla 118. Pronóstico de demanda variación estacional simple

Trimestre	Demanda	Índice de estacionalidad	Demanda estacional
1	6	1,411764706	8,47059
2	7	1,647058824	11,5294
3	2	0,470588235	0,94118
4	2	0,470588235	0,94118

Fuente: elaboración propia.



**Figura 45. Pronóstico de demanda variación estacional simple**

Fuente: elaboración propia.

La figura 45 muestra el comportamiento estimado de la demanda de acuerdo con el método de variación estacional simple especificado con anterioridad. Una vez expresados los resultados obtenidos al utilizar este modelo, se realizó el cálculo aplicando la variación estacional con tendencia.

**Tabla 119. Pronóstico de demanda variación estacional con tendencia**

T	Periodo	Demanda	Índice	D. Desest	D. Desest. * T	T * T
1	jul-17	0	1,41176	0	0	1
2	ago-17	1	1,41176	1,4117647	2,823529412	4
3	sep-17	5	1,41176	7,0588235	21,17647059	9
4	oct-17	5	1,64706	8,2352941	32,94117647	16
5	nov-17	2	1,64706	3,2941176	16,47058824	25
6	dic-17	0	1,64706	0	0	36
7	ene-18	0	0,47059	0	0	49
8	feb-18	2	0,47059	0,9411765	7,529411765	64
9	mar-18	0	0,47059	0	0	81
10	abr-18	0	0,47059	0	0	100
11	may-18	0	0,47059	0	0	121
12	jun-18	2	0,47059	0,9411765	11,29411765	144
78				21,882353	92,23529412	650

Fuente: elaboración propia.

La tabla 119 presenta los datos obtenidos al desestacionalizar la demanda de las YEE de PVC. Una vez realizado esto, se calcularon los valores requeridos para realizar el pronóstico estimado, con lo que se generaron los siguientes datos de la tabla 120:

**Tabla 120. Cálculo de valores**

Valor B	-0,34965
Numerador	-600
Denominador	1716
Promedio T	6,50
Promedio D. Desest.	7,68627
Valor A	9,959

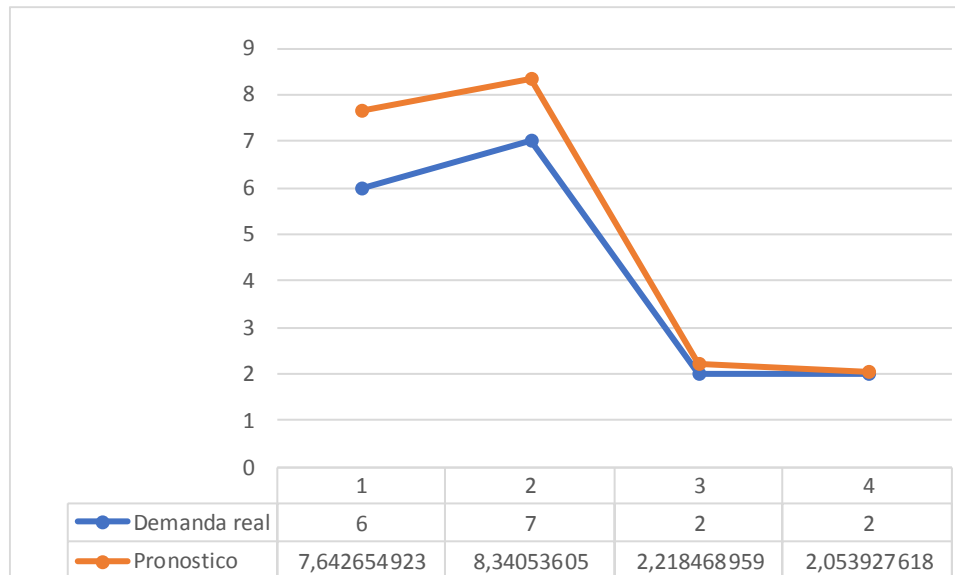
Fuente: elaboración propia.

En la tabla 120, se presentan los valores requeridos para sustituir la fórmula y aplicar el método de variación estacional con tendencia. Una vez determinados los valores, se procedió a realizar el cálculo del pronóstico estimado generando los resultados de la tabla 121:

**Tabla 121. Cálculo de pronósticos estimados**

Trimestre	Pronóstico
1	7,642654923
2	8,34053605
3	2,218468959
4	2,053927618

Fuente: elaboración propia.



**Figura 46. Pronóstico de demanda variación estacional con tendencia**

Fuente: elaboración propia.

La figura 46 muestra el pronóstico estimado para el siguiente periodo laboral que corresponde al año 2018-2019 respecto a las YEE de PVC. Una vez finalizado el pronóstico de variación estacional con tendencia, se procedió a comparar ambos modelos para validarlos y evidenciar cuál presenta mejor MAD.

**Tabla 122. Cálculo de Desviación media Absoluta (MAD)**

Variación estacional Simple					Variación estacional con tendencia				
At	Ft	At- Ft	Error Acum.	MAD	At	Ft	At- Ft	Error Acum.	MAD
6	8,4706	2,471	2,4705882	2,4706	6	7,6427	1,643	1,6426549	1,6427
7	11,529	4,529	7	3,5	7	8,3405	1,341	2,983191	1,4916
2	0,9412	1,059	8,0588235	2,6863	2	2,2185	0,218	3,2016599	1,0672
2	0,9412	1,059	9,1176471	2,2794	2	2,0539	0,054	3,2555875	0,8139

Fuente: elaboración propia.

Al observar los resultados presentes en la tabla 122, se evidencia que el método de variación estacional con tendencia presenta un menor MAD, lo cual indica que los datos presentan un mejor ajuste. Ante esto, se valida la utilización de este método de pronóstico para estimar la demanda de futuros periodos.

## **5.4 Propuesta para ordenar el área de bodega**

En primera instancia, con el objetivo de acomodar la bodega para iniciar con la optimización del espacio, se procedió a desarrollar la metodología 5S. Su aplicación se desarrolló de la siguiente forma:

### **Implementación de la metodología 5s**

Optimizar el espacio de la bodega se vuelve un punto importante dentro del desarrollo de las propuestas planteadas. Al evidenciar las principales causas, de forma introductoria, se decide aplicar la metodología de las 5S, con el fin de preparar el espacio para análisis posteriores. Ante esto, se desarrollaron subetapas enfocadas en garantizar el cumplimiento del objetivo planteado al ejecutar esta metodología.

#### **5.4.1 Explicación previa al personal**

Parte fundamental para garantizar el éxito de la metodología 5s es el personal del área. Debido a esto, se organizó una reunión previa con el fin de explicar detalladamente cada uno de los puntos contenidos en la metodología, así como las propuestas de mejora para el área de bodega enfocadas en la organización del área y la eliminación de materiales en desuso para garantizar la optimización del espacio. Se explicó a cada empleado lo importante de esta y los beneficios que deriva, como:

- Eliminación de desperdicios.
- Reduce el riesgo de accidentes.
- Mejora los procesos.
- Reduce el tiempo de búsqueda de materiales u objetos necesarios.
- Evita movimientos y traslados inútiles.

- Menor nivel de existencias almacenadas.
- Ayuda a desarrollar buenos hábitos en el personal.

Al expresar a todo el personal la importancia de adoptar esta metodología, así como lo que conlleva, se procedió a iniciar la implementación en el área de bodega.

## **5.4.2 Desarrollo de la metodología 5s**

### **5.4.2.1 Primera etapa CLASIFICAR (Limpieza inicial)**

Se desarrolló una limpieza del área con el objetivo de eliminar todos los residuos, recipientes o demás materiales innecesarios que se encuentren en la bodega. Se identificó material residual importante de envases plásticos y cartón acumulados en distintos sectores de la bodega, ocupando zonas de paso y áreas designadas para el almacenamiento (principalmente en las cercanías del PVC).

Para identificar todos los materiales innecesarios, se desarrollaron etapas secuenciales con el fin de agilizar el proceso. Entre estas:

- **Listado de materiales innecesarios en el área de bodega:** esta lista contiene cada uno de los materiales considerados innecesarios que se identificaron en la zona y un estimado de la cantidad encontrada. Además, esta expresa posibles causas y acciones recomendadas para la correspondiente eliminación.

**Tabla 123. Materiales innecesarios identificados**

<b>Elemento</b>	<b>Ubicación</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Causas</b>	<b>Acciones recomendadas</b>
Cartón	Cercanías de PVC Zonas de tránsito	No determinada	Recipientes utilizados por el proveedor para enviar la materia prima, por lo que se acumulan en la bodega con sobrantes que no se desechan.	*Establecimiento de zona de reciclaje. *Capacitación del personal para manejo de desechos reciclables. *Eliminación de materiales del área de bodega.
Plásticos	Dispersos	No determinada	Envolturas plásticas de piezas utilizadas por el departamento. Se evidencia que muchas de estas son tiradas una vez desprendida de las piezas.	*Utilización de recipientes de basura en zonas específicas. *Recolección inmediata.
Galones (Plásticos)	Zona designada para almacenamiento	10-15 galones (Diferentes dimensiones)	Contenedores de distintos aceites y lubricantes vacíos o con residuos utilizados por el departamento (pueden acumularse en un recipiente).	*Agrupación de líquidos comunes en un recipiente. *Eliminación de recipientes innecesarios.

Fuente: elaboración propia.

- **Aplicación de tarjetas de color:** se utilizaron distintos colores para determinar el espacio ocupado innecesariamente por el material identificado. El color rojo representa el material que más espacio ocupa, el amarillo el material que ocupa un espacio promedio y, por último, el verde que representa materiales con poca ocupación de espacio.

<b>Material</b>	<b>Clasificación</b>
Galones	<b>Rojo</b>
Cartón	<b>Amarillo</b>
Residuos plásticos	<b>Verde</b>

Es importante destacar que, de acuerdo con el color seleccionado para el material, se realizó la respectiva eliminación del área de bodega, debido al impacto que el material genera en relación con el volumen ocupado por este.

- **Retirar los elementos:** una vez marcados correctamente los materiales, se debe identificar previamente si el material se debe reubicar, mover fuera de instalaciones o bien eliminar por completo. Una vez determinada la acción por realizar, se procede a iniciar con el retiro de los elementos.

Los materiales se extrajeron del área con el fin de liberar espacio. Además, se realizó limpieza de equipos tecnológicos, herramientas de fontanería y suelos, con el fin de mostrarle al personal completamente la bodega limpia y con espacio optimizado. Es importante crear en la planilla motivación para garantizar que el área se encuentre limpia y ordenada, con el fin de evitar recaer en la problemática.

#### **5.4.2.2 Segunda etapa ORDEN (optimización)**

Una vez se excluyó todo el material innecesario, se procedió a realizar una clasificación de los materiales, estableciendo un lugar y orden correcto para facilitar búsqueda de los materiales, así como el alisto y despacho de estos. Para determinar la clasificación correcta, se analizó la demanda total del periodo contrastado con la cantidad de órdenes emitidas en el periodo, como referencia para determinar cuáles materiales tienen mayor movimiento y así beneficiar los tiempos de búsqueda.

Tabla 124. Demanda total de periodo versus órdenes emitidas

<b>Grupo</b>	<b>Demanda</b>	<b>Órdenes Emitidas</b>
Unión lisa	3919	103
Compuestos	2399,75	45
Adaptador Macho	1277	67
Adaptador Hembra	217	49
YEE	17	9
Angulares	16	13
Pinturas	2	2
Llaves de compuerta	1	1
Válvulas	1	1
Unión de transición	1013	95
Codos	895	61
Llaves de Balín	386	57
Tornillos	132	2
Otros Materiales	30	1
Candados	26	2
TEE PVC	623	86
Tapones	431	78
Reducciones	368	83
Semicodo	308	48
Silletas	224	53
Unión de tope	88	21
Niples	60	6
Clavos	17,75	12
Unión de reparación	11	11
	12462,5	906

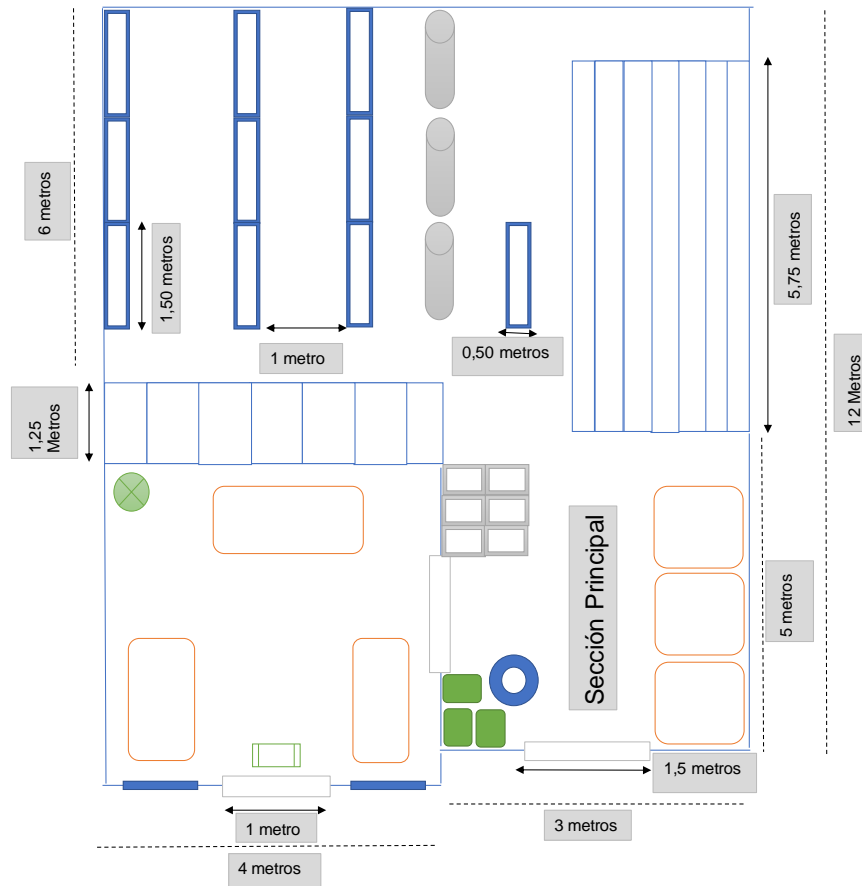
Fuente: elaboración propia.

La tabla 124 muestra los datos obtenidos referentes a la demanda y la cantidad de órdenes emitidas durante el periodo 2017-2018, lo cual permite desarrollar un estudio para determinar el almacenamiento oportuno para cada material y garantizar la optimización deseada. Al observar los resultados, se determina que el factor más relevante para realizar la clasificación de materiales es la cantidad de órdenes

emitidas, ya que dicta la frecuencia con la cual se dirige la encargada a una zona determinada en busca de los materiales.

Además, se identificaron todos aquellos aspectos que generan suciedad (aceites, lubricantes, etc.), para ubicarlos en sitios específicos donde sea más fácil controlar posibles derrames de estos materiales. Así mismo, se generaron secuencialmente subetapas enfocadas en garantizar una serie de controles visuales que faciliten al personal la ubicación de materiales, entre estas se encuentran:

- **Establecimiento de croquis y mapas de ubicación:** se desarrollaron en el área de bodega controles específicos que permitan al personal ubicar con rapidez los materiales según las respectivas zonas de almacenamiento.



**Figura 47. Croquis de ubicación inicial**

Fuente: elaboración propia.

El croquis presentado en la figura 47 se ubicará a un costado de las puertas principales, con el fin de guiar de forma breve al personal de la bodega que requiera buscar el material según corresponda. Es importante que cada zona cuente con un código de identificación que permita la ubicación pronta de la zona para facilitar la búsqueda del material correspondiente.

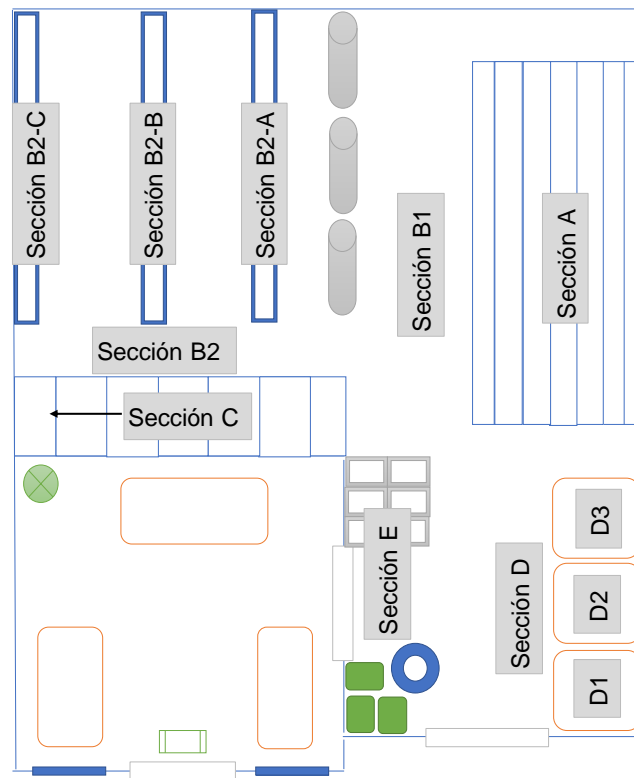
**Tabla 125. Códigos establecidos por área**

Sector	Subsector	Código propuesto
Estantes de tubería		A
Estante Industrial cercanía Tubería		B1
Estantes industriales Planta Baja		B2
	Estante #2	B2-A
	Estante #3	B2-B

Sector	Subsector	Código propuesto
	Estante #4	B2-A
Estantes Industriales (Planta Alta)		C
	Estante #5	C1
	Estante #6	C2
Contenedores		D
	Contenedor 1	D1
	Contenedor 2	D2
	Contenedor 3	D3
Materiales de construcción		E

Fuente: elaboración propia.

La tabla 125 representa los códigos de ubicación propuestos para cada sector. Al establecer los códigos para presentar una representación visual, se presenta el siguiente croquis de la figura 48:

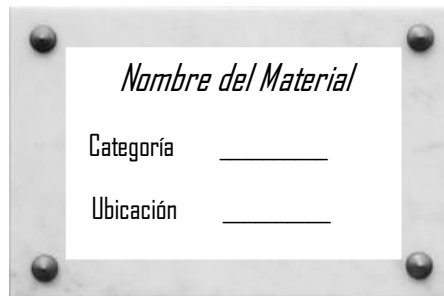


**Figura 48. Códigos establecidos para cada área**

Fuente: elaboración propia.

La figura 48 muestra la propuesta de ubicación de cada zona establecida, así como el código otorgado a cada una de estas.

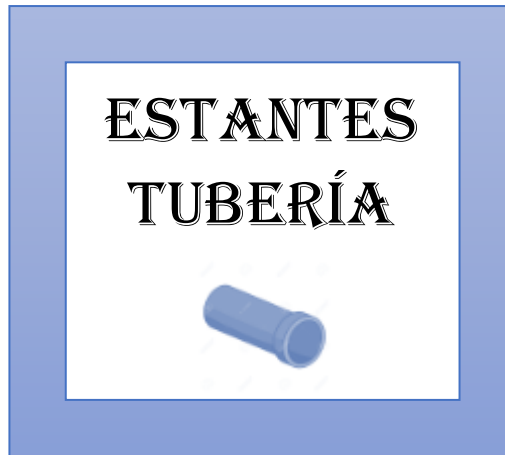
- **Marcación de la ubicación:** una vez se decidieron las mejores ubicaciones y el lugar asignado para la localización del material, se emplearon letreros y tarjetas para ubicar la materia prima y herramientas laborales con más rapidez.



**Figura 49. Propuesta de rotulación individual presentada**

Fuente: elaboración propia.

- **Marcación con colores:** se recomienda al departamento realizar estudios previos al proyecto de recorridos para establecer una marcación de colores óptima. Se presenta a modo de ejemplo, con el fin de incentivar la aplicación de esta y generar los beneficios esperados. Se debe aplicar la marcación para diferenciar cada zona donde se ubica el material dentro del croquis. Se desea generar con la aplicación de esta una rotulación con el color seleccionado en el punto específico, para facilitar la visualización del área por ubicar y así disminuir tiempos de búsqueda.




**Figura 50. Propuesta de rotulación con colores**

Fuente: elaboración propia.

Es importante mencionar que a cada sector de la bodega se le debe asignar un color diferente, con el objetivo de que visualmente se localice más rápido el área al cual se debe dirigir. Para esto se debe realizar un análisis de recorridos.

**Tabla 126. Ejemplo de identificación de zonas por colores**

Sector	Color designado	
Estantes de tubería	Azul	
Estantes Industriales (Planta Baja)	Naranja	
Estantes Industriales (Planta Alta)	Rojo	
Contenedores	Verde	

Fuente: elaboración propia.

La tabla 126 muestra un ejemplo de una posible propuesta para identificar las zonas por colores y así facilitar la identificación de la zona al personal de bodega.

#### **5.4.2.3 Tercera etapa LIMPIEZA (Formalización)**

Durante el desarrollo de esta etapa, se busca la sostenibilidad de lo que se ha logrado en las etapas anteriores, es decir, establecer procedimientos, normas o estándares de clasificación, mantener estos procedimientos a la vista de todo el personal. Ante esto, se desarrolló una serie de subetapas que consisten en:

- **Planificar limpieza y mantenimiento de equipos:** parte fundamental del éxito de la metodología radica en planificar, mediante un cronograma estructurado (ver tabla 36), con el fin de aplicar el mantenimiento de equipo y determinar momentos idóneos para efectuar labores de limpieza.
- **Preparación de equipo de limpieza:** se inspeccionó junto con el Departamento de Limpieza, los materiales y equipos actuales con los cuales realizan labores operativas (instalaciones, reparaciones o mantenimiento), para evidenciar su estado y, a la vez, dotar al departamento de aquellos que son requeridos, o bien, identificar los que necesitan reposición. En general, el equipo con el que contaban era el necesario para realizar limpiezas requeridas (escobas, trapos, trapeadores, desinfectantes, entre otros).
- **Implantación de la limpieza:** una vez revisados los detalles anteriores, se procedió a implantar las labores de limpieza requerida para mantener ordenada el área de bodega. Se especificó al personal puntos importantes por tomar en cuenta a la hora de realizar la respectiva limpieza del área, por ejemplo, qué hacer en casos específicos (derrames, residuos plásticos, residuos de cartón, identificación de materiales innecesarios) y, además, beneficios para propiciar una mejora continua.

**Tabla 127. Cronograma de limpieza**

Cronograma de limpieza área bodega																
	7am	7:30	8am	8:30	9am	9:30	10am	10:30	11am	11:30	12md	1pm	1:30	2pm	2:30	3pm
Lunes																
Martes																
Miércoles																
Jueves																
Viernes																
Sábado																

Fuente: elaboración propia.

**Tabla 128. Simbología**

Actividad	Color	Responsables
General		Departamento de Limpieza
Equipo		Departamento de Soporte y mantenimiento
Herramientas		Fontanería
Alimentación		

Fuente: elaboración propia.

#### **5.4.2.4 Cuarta etapa ESTANDARIZACIÓN**

Durante el desarrollo de esta etapa, es importante resaltar que el acople de las 3S anteriores por el personal debe ser apropiado, debido a que el objetivo es crear hábitos fuertemente ligados para mantener el área de trabajo en perfectas condiciones. Para lograrlo, es importante que las primeras tres etapas de la metodología estén completamente arraigadas por el personal, tanto en el lugar específico de trabajo (oficinas, escritorios, etc.), así como en el área de bodega (siendo esta última la de mayor interés) y así trabajar en temas puntuales para generar el hábito requerido en beneficio del área.

#### **5.4.2.5 Quinta etapa DISCIPLINA (Perpetuidad)**

Es importante en esta etapa destacar que la disciplina no puede medirse como tal, debido a que esta solo existe en la mente, la voluntad y el compromiso que presente el empleado. Por lo cual, se establece como propuesta elaborar campañas de formación que generen un hábito sobre el personal; establecer incentivos a nivel individual por cuidado y mantenimiento de la zona de trabajo toma importancia para garantizar el éxito de la metodología. Por ende, se recomienda al departamento programar actividades que buscan inculcar los hábitos 5S, como:

- Actividades grupales de limpieza en el área de bodega (finales de mes).
- Evaluaciones de orden y limpieza del puesto de trabajo (aplicación de incentivo laboral a la mejor calificación).
- Aspectos visuales en torno a la metodología (tablas con información, niveles de desechos por periodo, horarios de limpieza).

#### **5.4.2.5.1 Actividades grupales de limpieza**

Se propuso desarrollar de manera mensual una actividad enfocada en generar hábitos de orden y limpieza por parte del personal que frecuenta las instalaciones de bodega. Por ende, en conjunto con el Departamento de Fontanería, se desarrollan actividades que beneficien la recolección de materiales innecesarios y la limpieza de áreas específicas (consideradas de acuerdo con situaciones identificadas donde se evidencie mayor riesgo de derrames y suciedad en la zona). Se plantea preparar una dinámica de equipos enfocada en realizar actividades estilo competencia, donde en un tiempo específico, un equipo de trabajo debe recolectar y eliminar correctamente los residuos que identifiquen. El objetivo de las dinámicas es inculcar el hábito del orden y limpieza para evitar recaer en problemas que afecten el espacio del área de bodega.

#### **5.4.2.5.2 Evaluación de orden y limpieza del puesto de trabajo**

Inculcar hábitos al personal de oficina también es importante, por ende, se califica y premia al mejor desempeño en cuanto a limpieza de la zona de trabajo. Para esto, se utiliza una hoja de evaluación, donde se dará una calificación del 0 al 5, según el criterio al realizar la inspección. El empleado con mejor calificación será felicitado por medios escritos (cartas) y reconocido con obsequios como, por ejemplo, un almuerzo, con el fin de motivar al personal a acoplar estos hábitos.

**Tabla 129. Hoja de evaluación de limpieza del área de trabajo**

Empleado		Calificación	Comentarios
Categoría	Elemento evaluado		
Selección	Se identifican elementos innecesarios en el área de trabajo.		
	Los artículos restantes se encuentran ordenados.		
	Áreas de trabajo suficientemente limpias.		
	Separación correcta de materiales innecesarios.		
<b>Total</b>			
Ordenamiento	Se identifica un lugar específico para todos los materiales.		
	Se encuentran los materiales en su correspondiente lugar.		
	Se visualiza fácilmente la ubicación de los materiales.		
	Ubica las cosas en su correspondiente lugar después de uso.		
<b>Total</b>			
Limpieza	Área de trabajo limpia.		
	Se identifica polvo sobre equipos.		
	Se identifica derrames de alimentos en el escritorio.		
	Se identifica basura en el suelo o alrededores del puesto.		
<b>Total</b>			
<b>Calificación obtenida</b>			

Fuente: elaboración propia.

Es importante destacar que únicamente se evalúan las primeras tres etapas de la metodología, debido a que son las únicas que pueden ser medibles para aplicar la hoja de evaluación.

#### 5.4.2.5.3 Aspectos visuales

Elaborar aspectos visuales, donde se recuerde al personal la importancia de la propuesta de 5s, toma peso para garantizar el éxito y la continuidad de esta. Por ende, se establecen rótulos en puntos específicos informativos para el personal respecto a los beneficios y garantizar la perpetuidad. Una de estas es la matriz de implementación

ubicada en puntos estratégicos, con el fin de mostrar a los empleados información básica respecto a la metodología.

Matriz de 5S				
5S	Limpieza Inicial	Optimización	Formalización	Perpetuidad
	1	2	3	4
 SEIRI Clasificar	Separar todos los materiales útiles de los inútiles	Clasificar las cosas útiles	Establecer normas de orden	<b>Estabilizar</b>
 SETON Ordenar	Eliminar los materiales innecesarios	Ordenar los objetos	Colocar en puntos visibles las normas establecidas	<b>Mantener</b>
 SEISO Limpiar	Limpiar el área	Identificar puntos difíciles para efectuar limpieza	Identificar causas de suciedad e implementar soluciones	<b>Mejorar</b>
 SEIKETSU Estandarización	Eliminar lo que no beneficia la higiene del lugar	Determinar las zonas sucias	Implantar las metodologías de limpieza	<b>Auditoria 5S</b>
 SHITSUKE Disciplina	<b>Acostumbrarse a aplicar la metodología en el lugar de trabajo</b>			

**Figura 51. Matriz de implementación**

Fuente: elaboración propia.

La matriz compone el principal aspecto visual por considerar para establecer lineamientos que logren establecer actitudes en los empleados, los cuales favorezcan que la metodología se afiance.

## **5.5 Propuesta para garantizar el nivel óptimo en la bodega de los materiales**

Debido a la necesidad de atacar la problemática que se presenta actualmente en el departamento, en cuanto a los niveles de inventario, se establecen propuestas basadas en medidas de contingencia que se enfocan en la aplicación de metodologías, las cuales permitan llevar un control, beneficien al departamento y mermen la problemática existente. Para esto, se desarrollaron herramientas que permiten visualizar de forma cualitativa la cantidad óptima necesaria en bodega y que, además, establecen estándares que facilitan el proceso de toma de decisiones.

### **5.5.1 Establecimiento de máximos y mínimos, cantidad de pedido y punto de reorden**

Producto de la necesidad de erradicar la problemática referente al sobreinventario presente en bodega, o bien, el faltante de materiales en diversos periodos del año, se establece el cálculo de máximos y mínimos, así como la cantidad de pedido óptima y el punto de pedido, basados en la demanda de los materiales presentada en la tabla de demanda mostrada con anterioridad. Es importante mencionar que, producto de las políticas actuales que rigen a la municipalidad, se establece una compra anual para los materiales requeridos.

Para los materiales contemplados de PVC, se mantendría el mismo funcionamiento con los proveedores, no obstante, se establecen estas metodologías para identificar los escenarios donde el material posiblemente se agote para otros periodos del año y solicitar con anticipación la habilitación de Caja Chica, con el fin de realizar la compra y evitar retraso en labores operativas. Otro de los escenarios presente es la situación identificada respecto a los materiales de construcción, ya que estos ocupan

un gran volumen en la bodega y muchas veces presentan una rotación muy lenta. Por ende, se expone ante la alcaldía la opción de generar la compra estimada para un año y negociar con el proveedor la entrega a contra pedido. Por esta razón, se desarrollan estas metodologías, para evitar recaer en estas situaciones adversas que perjudican al departamento. Por ende, se presentan las siguientes fórmulas utilizadas para el cálculo de dichos datos:

Cmn: Cantidad mínima demandada

Cmx: Cantidad máxima demandada

EMN: Mínimo establecido de nivel de inventario

EMX: Máximo establecido de nivel de inventario

PP: Punto óptimo de pedido

CP: Cantidad de pedido recomendada

$$\mathbf{Emn: Cmn * T.A;}$$

$$\mathbf{Pp: (Cp * Tr) + Emn}$$

$$\mathbf{Emx: (Cmx * Tr) + Emn;}$$

$$\mathbf{CP: Emx - E}$$

Una vez especificadas las fórmulas utilizadas para el cálculo de los datos, se generaron los siguientes resultados. Es importante destacar que cada cálculo se acopla a cada material de acuerdo con el proceso de compras estipulado por el Departamento de Proveduría (encargado en ejecutar relación con proveedores y solicitud de materiales). Ante esto, de acuerdo con las categorías, se obtienen los siguientes datos:

### 5.5.1.1 Láminas

Estos materiales presentan una rotación baja dentro del inventario según los resultados obtenidos en el análisis de demanda, por lo cual se establece como medida para ellos minimizar el nivel de compra y utilizar sistemas contra pedido al proveedor (Depósito de San Miguel), para evitar que ocupen espacio innecesariamente en la bodega, debido a que se identifica que el uso de estos se da para situaciones muy específicas, como reparaciones de infraestructura en tanques de almacenamiento o redes de distribución. Ante esto, de acuerdo con el proveedor que establece un tiempo de respuesta de tres días debido a la cercanía con el edificio municipal, se generaron los siguientes datos mostrados en la tabla 30:

**Tabla 130. Tabla de máximos y mínimos para láminas**

Material	Unidades inventario	Prom. Consumo	Desv.	T.abas	CMn	CMx	EMN	EMX	Pp	Cp
Lámina galvanizada (0,91 x 1.83) numero 30 lisa	4	0,08	0,29	0,1	0	1	0	0,1	0,01	-3,9
Láminas punta diamante de 1,22 x 2,44 x 1/8"	3	0,08	0,29	0,1	0	1	0	0,1	0,01	-2,9

Fuente: elaboración propia.

De acuerdo con el consumo identificado (0,08 promedio mensual) y el tiempo de respuesta del proveedor (0,10 promedio mensual), se establece que el inventario mínimo que se puede manejar de estos materiales es de 0, mientras que el máximo es de una unidad. Por lo cual, según los resultados, se avala la opción de realizar pedido al proveedor una vez se llegue al mínimo de los materiales presentes en la tabla. Es importante destacar que, con base en el estudio de demanda, los materiales que no presentaron rotación son los siguientes:

- Lámina metal de 2,22 x 2.44 en 1/16 (galvanizada punta diamante).

- Lámina galvanizada punta diamante de 1,22 x 2.44 en 1/8.
- Láminas de cartón lisas 1,22 x 2,44.
- Láminas de zinc liso largo.
- Láminas 122 x 244 x 6 mm de plycem.

La rotación de estas es nula, durante un periodo completo que comprende desde julio de 2017 a junio de 2018, ya que mantuvieron las mismas unidades con las cuales se inició y su uso se ve lejano.

### 5.5.1.2 Tubería

La tubería se compone principalmente de dos grupos: los tubos PVC, los cuales representan el 100 % de la demanda de materiales del departamento (de acuerdo con el periodo de estudio que comprende de julio de 2017 a junio de 2018) y los tubos metálicos. Es importante destacar que el Departamento de Proveduría realiza un pedido anual a los proveedores directos (Durman y Amanco), por lo cual estos realizan la entrega del total del material y no realizan entregas a contra pedido. Al determinar estos datos de relevancia, se procedió a separar cada uno de los grupos identificados en esta categoría, debido a la diferencia de rotación identificada entre ambos y se establecieron puntos estratégicos de resguardo para los de mayor movimiento.

**Tabla 131. Máximos y mínimos Tubos PVC**

Material	Unidades inventario	Prom. Consumo	Desv.	T.abas	CMn	CMx	EMN	EMX	Pp	Cp
TUBOS DE 1"	408	50,25	33,99	12	2	104	24	1248	627	840
TUBOS DE 1/2"	1254	48,75	24,3	12	24	95	288	1140	873	-114

TUBOS PVC 1 1/2"	19	18,58	15,89	12	3	52	36	624	259	605
TUBOS DE 4"	269	7,08	8,24	12	0	21	0	252	85	-17
TUBOS DE 3"	211	4,89	6,61	12	0	19	0	228	59	17
TUBOS DE 3/4"	24	3,42	6,37	12	0	18	0	216	41	192
TUBO 2"	255	3,17	3,83	12	0	14	0	168	38	-87
TUBOS 2 Y 1/2"	500	1,96	1,99	12	0	5,5	0	66	24	-434
TUBO DE 6"	461	0,08	0,29	12	0	1	0	12	1	-449

Fuente: elaboración propia.

Observando los resultados presentes en la tabla 131, se determina que, en el último periodo, se compró más material del requerido en cinco gamas de tubería (1/2", 4", 2", 2 y 1/2" y 6"). Por ende, se establecen los máximos y mínimos para cada uno, con el fin de evitar la situación presente. Respecto a los tubos metálicos, se identifica que los reportados, en su totalidad tubos galvanizados de distintas dimensiones, no cuentan con rotación de inventario y que producto de la falta de espacio, se encuentran fuera de las instalaciones de bodega, no obstante, es importante determinar que las existencias actuales son bajas (2 tubos galvanizados, ambos de diferente dimensión). Se establece como medida utilizar la estrategia de contra pedido al proveedor San Miguel, para la adquisición de estos materiales debido a su rotación nula.

### **5.5.1.3 Materiales dispersos en bodega: materiales de construcción**

Se identifica con anterioridad que estos se encontraban dispersos en las diferentes áreas de la bodega, sin rotulación ni ubicación concreta, lo cual dificulta la localización pronta ampliando los tiempos de búsqueda. Por ende, se determinó, en primer lugar, cuál o cuáles de los materiales comprendidos en este grupo son de vital importancia para el departamento y cuáles pueden ser comprados conforme se requieran, para evitar ocupar espacio innecesariamente en la bodega.

Al realizar el análisis, se planteó a funcionarios del departamento realizar las compras de los materiales con poca o nula rotación cuando se requiera, debido a que su uso

no es constante (se utiliza principalmente para labores específicas y programables) y abarcan un volumen considerado en las instalaciones. Es importante destacar que el proveedor encargado de suministrar estos materiales es el depósito San Miguel, que establece un tiempo de respuesta de 15 días para estos. Se analizaron casos concretos donde se determinó que es necesario contar con materiales en el área, pero disminuyendo el nivel de inventario y estableciendo negociaciones con los proveedores para realizar entregas conforme se requiera. Los principales materiales identificados como indispensables son los mostrados en la tabla 132:

**Tabla 132. Mínimos y máximos Materiales de construcción**

Material	Unidades inventario	Prom. consumo	Desv.	T.abas	CMn	CMx	EMN	EMX	Pp	Cp
Block de 12 x 20 x 40	375	26,67	59,44	0,5	0	200	0	100	13,3	-275
Hojas para segueta	584	24	9,57	0,5	11	45	5,5	22,5	17,5	-562
Carruchas de teflón (rollos)	489	8,58	5,52	0,5	3	17	1,5	8,5	5,79	-481
Cemento gris sacos de 50 kilos	32	2,25	2,7	0,5	0	8	0	4	1,13	-28
Metros cúbicos de lastre fino	11	2,08	3,42	0,5	0	10	0	5	1,04	-6
Arena corriente	60,7	0,75	0,84	0,5	0	2,5	0	1,25	0,38	-60
Piedra de cuarta (metros)	23	0,21	0,26	0,5	0	0,75	0	0,38	0,11	-23
Alambre de construcción negro en kilos	37,25	0,15	0,25	0,5	0	0,75	0	0,38	0,08	-37

Fuente: elaboración propia.

Los resultados obtenidos en la tabla 132 evidencian que disminuir los niveles de inventario en los materiales de construcción es una prioridad, por lo que se recomienda no realizar pedidos para el próximo periodo de los materiales que sobrepasan el máximo establecido. Es de vital importancia que en los materiales especificados se respete el máximo calculado para lograr la optimización del espacio.

Para los materiales restantes identificados, como las formaletas o reglas, debido a su escasa rotación, se establece como propuesta la compra en el momento que se genere una situación especial donde se requiera su uso, para evitar la aglomeración en la bodega.

#### 5.5.1.4 Restante de materiales

Debido a que el comportamiento del restante de materiales que conforman el inventario de la bodega es similar, ejecutándose una orden anual, sin establecer el manejo de entregas a contra pedido, se analizó cada grupo para tomar conclusiones respecto a mejoras por aplicar al proceso actual que beneficien el procesamiento de compras, el cual actualmente es deficiente. Por ende, se desarrolla la tabla 133:

**Tabla 133. Establecimiento de mínimos y máximos (Categorías)**

Material	Unidades inventario	Prom .	T. A	CMn	CMx	EMN	EMX	Pp	Cp
Adaptador hembra 1/2"	0	14	12	0	29	0	348	168	348
Adaptador hembra de 2"	403	1,58	12	0	4	0	48	19	-355
Adaptador hembra de 3/4"	37	0,83	12	0	4	0	48	10	11
Adaptador hembra de 2 y ½"	79	1,11	12	0	3	0	36	13	-43
Adaptador hembra de 1"	876	0,67	12	0	3	0	36	8	-840
Adaptador hembra de 3"	139	0,17	12	0	1	0	12	2	-127
Adaptador macho de 1/2"	1	87,5	12	29	142	348	1704	1398	1703
Adaptador macho 2"	0	5,75	12	2	10	24	120	93	120
Adaptador macho de 1"	193	4,75	12	0	11	0	132	57	-61
Adaptador macho de 1 y ½"	106	2,67	12	0	7	0	84	32	-22
Adaptador macho de 3"	45	2,5	12	0	7	0	84	30	39
Adaptador macho de 4"	0	2	12	0	6	0	72	24	72
Adaptador macho de 2 y ½"	61	0,83	12	0	5	0	60	10	-1
Adaptador rápido 1" macho	0	0,33	12	0	2	0	24	4	24
Adaptador macho de 6"	16	0,08	12	0	1	0	12	1	-4
Angulares de 2 x 2 en 1/8	4	0,67	12	0	2	0	24	8	20
Angulares 2 x 2 en ¼"	0	0,33	12	0	2	0	24	4	24

Material	Unidades inventario	Prom .	T. A	CMn	CMx	EMN	EMX	Pp	Cp
Angular de 1 y 1/2 x 1 y 1/2 en 1/8	8	0,33	12	0	1	0	12	4	4
CANDADOS GRANDES 60 MM (Candados de 60 mm contra humedad categoría 5)	0	1,25	12	0	15	0	180	15	180
Candados medianos 50 mm	29	0,5	12	0	6	0	72	6	43
Candados grandes 60 mm	0	0,42	12	0	5	0	60	5	60
Clavos de acero de 3"	7	1	12	0	12	0	144	12	137
Clavos corrientes 2 1/2 kilos	0	0,17	12	0	1,25	0	15	2	15
Clavos corrientes 2" kilos	14	0,13	12	0	0,5	0	6	2	-8
Clavos de acero de 2"	0	0,08	12	0	0,5	0	6	1	6
Clavos corrientes 1" kilos	0	0,06	12	0	0,25	0	3	1	3
Clavos corrientes 1 1/2 kilos	10,75	0,04	12	0	0,5	0	6	1	-4,75
Codo de 1/2	763	48,83	12	20	81	240	972	826	209
Codo de 1"	193	7,08	12	1	17	12	204	97	11
Codos 2"	155	6,42	12	0	16	0	192	77	37
Codos de 1 1/2"	147	5,08	12	0	19	0	228	61	81
Codos de 3"	51	4,17	12	0	17	0	204	50	153
Codo de 4"	0	1,75	12	0	6	0	72	21	72
Codo de 2 ½	163	1,25	12	0	6	0	72	15	-91
Llave de balín metálica de ½	22	26,83	12	15	45	180	540	502	518
Llave de balín metálica de 2"	26	1,67	12	0	5	0	60	20	34
Llave de balín de 1" metálica	0	1,33	12	0	5	0	60	16	60
Llave de balín metálica de 1 1/2"	3	1,33	12	0	3	0	36	16	33
Llave de balín de 4"	16	1	12	0	2	0	24	12	8
Llave de compuerta METALICA de 1 Y ½	17	0,08	12	0	1	0	12	1	-5
Niples 1/2 x 3" hg	0	5	12	0	10	0	120	60	120
Pintura en aceite anticorrosiva	3	0,08	12	0	1	0	12	1	9
Cubetas de pintura celeste libre de cloro en agua	4	0,08	12	0	1	0	12	1	8
Reducción de 1 a ½	463	10,17	12	1	22	12	264	134	-199
Reducción de 4 a 3"	45	4,75	12	0	15	0	180	57	135
Reducción de 3/4 a ½	121	4	12	0	11	0	132	48	11
Reducción de 3 a 2"	54	2,92	12	0	11	0	132	35	78
Reducción de 1 1/2 a 1/2"	376	1,5	12	0	8	0	96	18	-280
Reducción de 2 a 1 y ½	119	1,5	12	0	3	0	36	18	-83
Reducción de 2 a 1"	323	1,33	12	0	4	0	48	16	-275
Reducción de 3 a 2 y 1/2"	24	1,17	12	0	5	0	60	14	36
Reducción de 2 1/2 a 2"	0	1	12	0	5	0	60	12	60

Material	Unidades inventario	Prom .	T. A	CMn	CMx	EMN	EMX	Pp	Cp
Reducción de 2 a 1/2"	122	0,83	12	0	5	0	60	10	-62
Reducción de 1 1/2 a 1"	22	0,75	12	0	4	0	48	9	26
Reducción de 2 y 1/2 a 1"	65	0,33	12	0	3	0	36	4	-29
Reducción de 6 a 4"	65	0,08	12	0	1	0	12	1	-53
Semicodo de 1/2	17	12,17	12	0	50	0	600	146	583
Semicodo PVC4"	11	3,75	12	0	12	0	144	45	133
Semicodo de 2"	46	3,17	12	0	11	0	132	38	86
Semicodo de 3"	64	2,17	12	0	7	0	84	26	20
Semicodo de 1"	131	2,08	12	0	6	0	72	25	-59
Semicodo 1 y 1/2	116	1,67	12	0	7	0	84	20	-32
Semicodo de 3/4	0	0,67	12	0	3	0	36	8	36
Silletas de 1 a 1/2	93	6,75	12	1	19	12	228	93	135
Silletas 2 a 1/2	187	4,92	12	1	15	12	180	71	-7
Silletas de 4 a 1/2"	14	4,17	12	1	11	12	132	62	118
Silletas de 3 a 1/2"	-7	1,33	12	0	4	0	48	16	55
Silletas 1 y 1/2 a 1/2	100	0,92	12	0	4	0	48	11	-52
Silletas de 4 a 1	0	0,58	12	0	2	0	24	7	24
Tapón liso de 1/2"	733	19,75	12	4	47	48	564	285	-169
Tapón liso de 1"	60	6,42	12	1	19	12	228	89	168
Tapón liso de 4"	0	2,25	12	0	7	0	84	27	84
Tapón liso de 1 y 1/2"	110	1,83	12	0	5	0	60	22	-50
Tapón liso de 2"	238	1,42	12	0	4	0	48	17	-190
Tapón liso de 3"	1	1,17	12	0	3	0	36	14	35
Tapón con rosca interna de 1/2	0	0,75	12	0	5	0	60	9	60
Tapón liso de 2 y 1/2"	26	0,67	12	0	2	0	24	8	-2
Tapón con rosca interna PVC 4"	3	0,67	12	0	3	0	36	8	33
Tapón liso de 3/4"	263	0,58	12	0	4	0	48	7	-215
Tapón con rosca interna de 3"	13	0,42	12	0	1	0	12	5	-1
Tee de 1 a 1/2	0	29,75	12	3	61	36	732	393	732
Tee de 1 y 1/2 a 1/2"	471	5,83	12	0	17	0	204	70	-267
Tee de 1/2"	57	5,83	12	0	16	0	192	70	135
Tee de 2 a 1/2"	-12	2,42	12	0	8	0	96	29	108
Tee lisa de 1"	152	1,75	12	0	12	0	144	21	-8
Tee de 2"	138	1,25	12	0	5	0	60	15	-78
Tee de 3/4"	7	1	12	0	7	0	84	12	77
Tee de 1 y 1/2 a 1"	105	0,92	12	0	4	0	48	11	-57
Tee de 1 y 1/2	309	0,92	12	0	3	0	36	11	-273
Tee de 3"	47	0,83	12	0	3	0	36	10	-11

Material	Unidades inventario	Prom .	T. A	CMn	CMx	EMN	EMX	Pp	Cp
Tee de 4"	3	0,58	12	0	1	0	12	7	9
Tee de 2 a 1"	115	0,5	12	0	2	0	24	6	-91
Tee de 6"	16	0,33	12	0	2	0	24	4	8
Tornillos punta broca	0	6,83	12	0	82	0	984	82	984
Tornillos 1/4 con punta	0	4,17	12	0	50	0	600	50	600
Unión de reparación de 3"	0	0,33	12	0	2	0	24	4	24
Unión de reparación de 4"	32	0,25	12	0	1	0	12	3	-20
Unión de reparación de 2"	9	0,17	12	0	1	0	12	2	3
Unión de reparación de 2 1/2"	0	0,17	12	0	1	0	12	2	12
Unión de tope 1/2"	323	4,33	12	0	12	0	144	52	-179
Unión de tope plásticas (lisas)	0	3	12	0	9	0	108	36	108
Unión lisa de 1/2	1200	145,9	12	78	249	936	2988	2687	1788
Unión lisa de 1"	115	58,83	12	30	97	360	1164	1066	1049
Unión lisa de 1 y 1/2"	236	27,67	12	8	51	96	612	428	376
Unión lisa de 1/2" con reducción	524	26,58	12	3	64	36	768	355	244
Unión lisa de 3"	10	25,67	12	8	53	96	636	404	626
Unión lisa de 4"	0	21,25	12	4	57	48	684	303	684
Unión lisa de 2 y 1/2"	89	9,25	12	0	25	0	300	111	211
Unión lisa de 2"	136	7,58	12	0	28	0	336	91	200
Unión lisa de 3/4"	15	2,92	12	0	14	0	168	35	153
Unión lisa de 6"	22	0,92	12	0	4	0	48	11	26
Unión de transición de 1/2"	0	34,33	12	17	66	204	792	616	792
Unión de transición de 1"	171	18,17	12	5	42	60	504	278	333
Unión de transición de 2"	152	8,42	12	4	18	48	216	149	64
Unión de transición de 1 y 1/2"	21	6,83	12	2	17	24	204	106	183
Unión de transición de 4"	97	6,08	12	2	11	24	132	97	35
Unión de transición de 3"	17	4,83	12	0	12	0	144	58	127
Unión de transición 3/4"	66	3,75	12	0	16	0	192	45	126
Unión de transición de 2 y 1/2	190	1,08	12	0	3	0	36	13	-154
Unión de transición de 6"	25	0,92	12	0	2	0	24	11	-1
Válvulas eliminadoras de aire PVC de 2"	0	0,08	12	0	1	0	12	1	12
Yee PVC 2"	4	1,08	12	0	5	0	60	13	56
Yee de 4"	0	0,33	12	0	2	0	24	4	24
Cubetas de hipoclorito de calcio	10470	114,08	12	0	414	0	4968	1369	-5502
Cloro pastillas hipoclorito calcio	248	65,83	12	0	234	0	2808	790	2560
Pegamento PVC tarro 1/8"	254	18	12	6	47	72	564	288	310

Material	Unidades inventario	Prom .	T. A	CMn	CMx	EMN	EMX	Pp	Cp
Aceite 10 w en galones	143,25	0,83	12	0	5	0	60	10	-83
Soldadura HILCO 3/32 por kilo	16,34	0,56	12	0	1,72	0	20,64	7	4,3
Aceite 40 motor en galones	101	0,42	12	0	4	0	48	5	-53
Thinner galones	5	0,17	12	0	1	0	12	2	7
Aceite 8090 galones	67,5	0,08	12	0	1	0	12	1	-56
Mascarillas desechables	40	2,5	12	0	30	0	360	30	320

Fuente: elaboración propia.

En la tabla 133, se reflejan dos escenarios que es importante mencionar; el primero, marcado con el color verde, los casos donde el inventario ya se agotó o está por agotarse, lo que significa que en los restantes periodos se va a tener un déficit de estos materiales para realizar los trabajos en los que se requiera. Se puede utilizar la habilitación de la caja chica, no obstante, genera retrasos debido al tiempo que se debe esperar para habilitar el presupuesto. Por ende, de acuerdo con la reducción de la orden de compra en cuanto a los materiales que presentan sobreinventario, se puede realizar el ajuste del sobrante y asignarlo a los materiales de mayor demanda según el análisis realizado.

Por otra parte, los materiales marcados en rojo representan a aquellos donde se identifica el sobreinventario. El establecimiento de los mínimos y máximos, como un indicador que favorezca el procesamiento de compras y disminuya los casos identificados durante este periodo, se vuelve un punto importante por considerar dentro de las propuestas establecidas al departamento.

Continuar realizando las compras tomando decisiones basadas en los niveles de mínimos y máximos identificados para cada material es importante, debido a que genera beneficios, especialmente controlar los niveles de inventario. Por otra parte, también se consideraron los puntos de reorden para cada material, con el fin de

determinar los casos en los que se negocia con los proveedores un tiempo específico de abastecimiento para la entrega de los productos de acuerdo con lo calculado en el análisis, o bien, solicitar habilitación de caja chica en los casos que se considere necesario, para evitar los retrasos en las labores operativas.

Todos estos datos brindan un soporte a la hora de tomar decisiones minimizando el riesgo que se genera al realizar las compras de forma subjetiva, de acuerdo con el “criterio experto”.

## **5.6 Propuesta de almacenamiento para optimizar tiempos de búsqueda**

Una de principales propuestas establecidas en el proyecto consiste en la disminución de los tiempos de búsqueda por medio de metodologías de almacenamiento que permitan la ubicación pronta de los materiales y, a la vez, un mejor manejo y control de estos en el área de bodega. Ante esto, se plantearon una serie de acciones por llevar a cabo para alcanzar el objetivo establecido al formular esta propuesta.

### **5.6.1 Análisis de características de bodega y productos**

Debido a la situación que surge con estos materiales, según características especiales, se les estableció con anterioridad un lugar de almacenamiento ya establecido, por lo que reubicar estos se vuelve complejo para el departamento. No obstante, de acuerdo con principios de gestión de almacenes, se analiza la forma como se reciben, se almacenan y se mueven los materiales dentro de la bodega. Contar con una adecuada gestión de almacenes garantiza el suministro oportuno de los materiales y así evitar contratiempos en los servicios que impidan la realización de labores.

En primera instancia, se analizaron las características en cuanto a espacio físico disponible para realizar el almacenamiento de los materiales atinente al Departamento de Acueducto, las cuales se observan en los croquis mostrados en el capítulo de diagnóstico. Con esto se analizaron variables importantes que influyen en el proceso de almacenamiento y deben considerarse al proponer un nuevo *lay out* de la bodega.

- Características de los materiales por almacenar: el departamento se caracteriza por utilizar en su mayoría piezas de PVC de diferentes dimensiones. Generalmente, se utilizan piezas que van desde la ½” hasta las 6” en cada gama de materiales. Esto se convierte en un factor por considerar, debido a que, al aumentar el grado respecto a la pulgada, aumenta el volumen ocupado por las piezas.

La tubería es el material que evidencia mayor influencia respecto a este factor, debido a que tiene una longitud estimada de 3 metros de largo y su almacenamiento se limita debido a las dimensiones de la bodega. La tubería cuenta con un estante creado con anterioridad al estudio para almacenar estas piezas y la reubicación de este se dificulta producto de las características físicas que muestra la bodega. Con los demás materiales no se presentan casos considerables, ya que se manejan fácilmente las piezas y pueden reubicarse en cualquier zona de la bodega.

Existe la presencia de materiales denominados de construcción, que se utilizan en diversas labores de mantenimiento, mejora y realización de obras o labores operativas. Estos presentan

características especiales, debido a que abarcan un gran volumen y cuentan con una rotación más lenta que lo estimado. Por ende, disminuir los niveles presentes en bodega para garantizar la optimización del espacio es prioritario.

Por último, se manejan los materiales denominados compuestos, los cuales presentan propiedades físicas que deben considerarse para desarrollar la propuesta de *lay out*. Se identificó en el diagnóstico casos de disipación de materiales producto de la afectación de las propiedades físicas de estos, al exponerlos a condiciones adversas, generando un costo adicional por disipación. Los materiales mencionados deben resguardarse en los lugares más frescos de la bodega y sellar correctamente después de su uso. Son almacenados en cubetas de distintas presentaciones que rondan los 30 cm de diámetro superior y cuentan con una altura de aproximadamente 40 cm. Es importante destacar que las dimensiones pueden variar de acuerdo con el material, pero nunca superan estas dimensiones mencionadas.

- Unidades máximas y mínimas por almacenar de cada material: el principal objetivo por el cual se determinaron los máximos y mínimos es controlar los niveles actuales de inventario en la bodega. Por ende, analizar individualmente cada caso se vuelve prioritario. Es necesario disminuir cantidades en aquellos materiales donde se identifique una rotación nula o casi nula, debido a que estos casos generan la situación identificada de sobreinventario. Además, es

importante garantizar en todo momento la existencia de materiales, para evitar que se trunquen las labores operativas producto del faltante de piezas.

- Frecuencia de suministro: por políticas ajenas al departamento, se establece una única compra anual para todos los materiales, generando controversia por saber ¿cuánto comprar? y ¿cuáles materiales comprar? Actualmente, el departamento maneja diversidad de proveedores, entre los cuales los tres principales son las empresas Durman, Amanco y el Depósito Libre de Materiales San Miguel. El realizar un único pedido anual se vuelve una limitante y un factor importante por considerar para el proyecto realizado.

Se plantea realizar la compra anual de los materiales principalmente al Depósito San Miguel, pero solicitar entregas a contrapedido para disminuir los niveles en cuanto a materiales de construcción, ya que ocupan mayor espacio en el área. El proveedor ofrece un tiempo de respuesta de tres días debido a la cercanía y el compromiso con el departamento. Con los restantes proveedores como lo son Durman y Amanco, se trabaja de la misma forma realizando una entrega generalizada del pedido.

Una vez analizadas las variables presentes, se estableció el proceso para desarrollar el *lay out* de acuerdo con las necesidades expresadas tomando en cuenta dichas variables. Por ende, se utiliza el lugar especificado y de acuerdo con criterios de evaluación según la demanda, se realizan cambios para optimizar el despacho y el

manejo de estos. Con esto se procede a mostrar las propuestas de almacenamiento para los materiales con dicha característica.

### **5.6.2 Diseño del lay out del almacén**

El diseño planteado para la bodega busca brindar mayor facilidad de movimiento de materiales y evitar, por otra parte, que se generen puntos de congestión que perjudiquen el proceso de alisto y despacho de materiales. La distribución interior de la planta del almacén se realiza conjugando la conexión entre las diferentes áreas con las puertas de acceso, los obstáculos arquitectónicos (columnas, escaleras) y los pasillos. Sin embargo, los factores de mayor influencia en la planificación de las zonas interiores son los medios de manipulación y las características de los productos que se mencionaron con anterioridad. De acuerdo con los principios de gestión de almacenes, internamente un almacén debe contar con estas cuatro áreas principalmente:

- Zona de recepción: producto de las características que ofrece la bodega, la zona de recepción se visualiza en el portón principal, el cual permite el ingreso y la salida de los materiales del área de bodega. Este portón es metálico y tiene una dimensión de 1,5 metros de largo, debido a que los materiales manejados en un 90 % son ingresados en cajas (excepto tubería PVC, materiales de construcción). No obstante, cabe destacar que esta dimensión no perjudica la manipulación correcta de los materiales. Las solicitudes de material se atienden en la oficina de la encargada de bodega, la

cual, una vez recibe la boleta, procede a realizar la búsqueda de los materiales solicitados en la orden emitida.

- Zona de almacenamiento: la propuesta plantea cuatro espacios designados para el almacenamiento de los materiales, los cuales son: la estantería de tubería ubicada al fondo de la sección principal, la sección principal, contigua al portón de la bodega, así como las plantas baja y alta aledañas a los estantes de tubería. Dentro de estas cuatro zonas, se va a realizar el almacenamiento de los principales productos requeridos por el Departamento de acuerdo con las características que presentan y que interfieren directamente al realizar la distribución del almacén. Las tuberías, por el diseño con el que cuentan y la dificultad para reubicarlas, mantienen la misma posición y almacenamiento, ya que fueron creados para materiales con características especiales. La zona principal, producto de las dimensiones que presenta, facilita el almacenamiento de los materiales de construcción, ya que, al analizar la cantidad de estantes requeridos y las dimensiones que presentan estos, no pueden ser ubicados en esta zona. Por ende, todos los estantes de almacenamiento se van a ubicar en la planta baja y alta suplantando la antigua estantería. Al analizar las dimensiones ocupan un largo de 4,5 metros (6 metros disponibles) y un ancho de 0,5 metros cada hilera (tres hileras estimadas planta baja, dos hileras en planta alta). Se estima que se va a mantener un metro de pasillo entre cada hilera, ya que los materiales no requieren gran espacio para manipular. Con

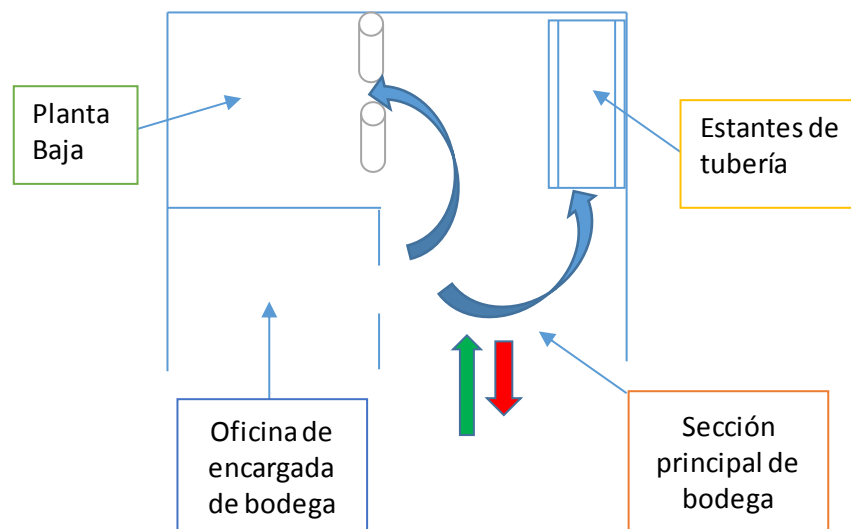
esto, se genera un espacio requerido a lo ancho de 3,5 metros (se identifican 4 metros disponibles). Aledaño a los estantes de tubería se va a mantener un estante con materiales, debido a que no es factible ubicarlo en la zona principal porque perjudica el manejo de los tubos y láminas resguardados (debido a sus características requieren más espacio para manejar).

- Zona de preparación de pedidos: producto de las características de los materiales resguardados, no es requerida una zona concreta para preparar los pedidos, ya que la funcionaria busca los materiales y los entrega a los fontaneros. Los pedidos no son preparados, simplemente se buscan los materiales, se revisa la orden solicitada y se despachan.
- Zona de despacho: la zona de despacho es la misma, por la cual se reciben los materiales, debido a la estructura física que presenta la bodega. Producto de la ubicación del almacén, separar ambas no es posible, ya que no se puede generar una salida distinta por ningún otro sector.

### **5.6.3 Distribución del flujo de unidades**

Tomando en cuenta los principios de distribución que buscan establecer procedimientos secuenciales para agilizar el recorrido de los materiales, se procedió a analizar la situación presente en la bodega. Ante esto, debido a la limitante que brinda

la estructura actual, se busca obtener una secuencia lo más lineal posible que se acople a las necesidades del departamento y garantice los beneficios deseados al proponer un *lay out*. Debido a las características presentes en el área, es imposible realizar al 100 % un flujo que sea en forma de U, T o bien en línea recta. Por ende, se busca obtener los beneficios deseados considerando el modelo en línea recta como base.



**Figura 52. Flujo de materiales**

Fuente: elaboración propia.

La figura 52 muestra el flujo que siguen los materiales dentro del almacén. Se observa la entrada y salida que comparten, por las características del área, las principales tres áreas donde se van a resguardar los materiales, sumando la planta superior ubicada sobre la planta baja. Pese a las limitaciones identificadas, se busca contar con un flujo lo más cercano posible a los principios establecidos al determinar un flujo en línea recta, para garantizar una circulación mínima de los productos. Cada

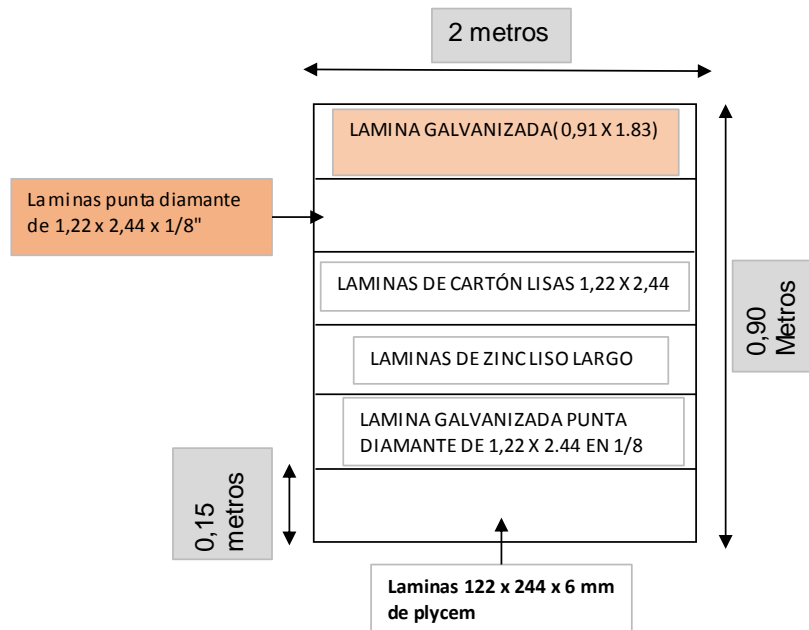
zona identificada en la imagen va a resguardar piezas y materiales según se considere oportuno para minimizar el tiempo de búsqueda y despacho de las órdenes de trabajo.

#### **5.6.4 Identificación de ubicaciones**

De acuerdo con situaciones identificadas y el espacio disponible en cada área, se procedió a realizar la propuesta de almacenamiento para organizar el área de bodega, así como mejorar los tiempos de búsqueda y despacho de las órdenes. Con esto se establecieron las siguientes ubicaciones para los materiales.

##### **5.6.4.1 Láminas**

Las láminas actualmente tienen un almacenamiento específico dentro de los estantes de tubería (asignada la sección inferior). Debido a que aún se cuenta con inventario en existencia de los materiales en esta categoría, se propone mantener el almacenamiento actual, aplicando ligeros cambios de acuerdo con la rotación evidenciada en el análisis de demanda. No obstante, al agotar existencias de las láminas que no presentan rotación alguna, se establece utilizar los estantes abarcados por esta categoría para almacenar los tubos de PVC de menor diámetro, con el fin de habilitar estantes superiores para el resguardo de los tubos PVC de 6" que se encuentran fuera del área de bodega producto de la falta de espacio en esta.



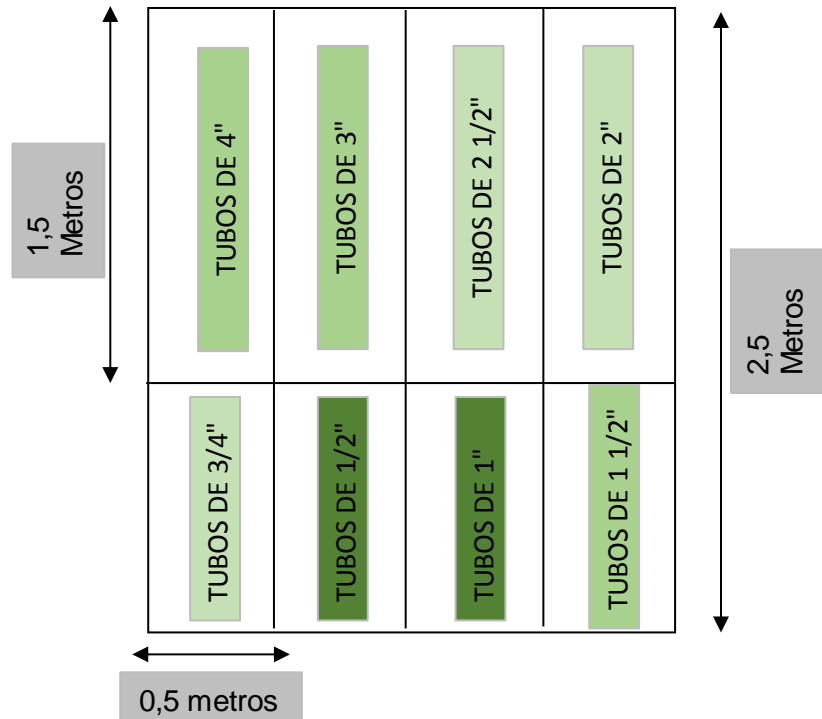
**Figura 53. Estantes de tubería sección inferior**

Fuente: elaboración propia.

La figura 53 representa el lugar donde se almacenan actualmente las láminas, aplicando, de acuerdo con la rotación de los materiales, una metodología de almacenamiento donde se otorgan los estantes altos a las láminas que presentaron un movimiento en los periodos de estudio.

#### 5.6.4.2 Tubos

Son los materiales que se almacenan en la parte intermedia y superior de los estantes principales. Ocupan el 90 % de la capacidad de estos, debido a su alta demanda y uso en el departamento. De acuerdo con lo identificado, se procedió a proponer una metodología de almacenamiento basada en la rotación y la demanda presentada en esta categoría, ante lo cual se propone la siguiente metodología de almacenamiento mostrada en la figura 54:



**Figura 54. Estante de tubería sección superior e intermedia**

Fuente: elaboración propia.

Con la distribución propuesta de tubería PVC, se pretende agilizar la búsqueda de los materiales y una pronta identificación. Se propone almacenar de esta forma la tubería y establecer la rotulación individual de los datos correspondientes al material respecto a la ubicación y la categoría.

De acuerdo con la situación de los tubos PVC de 6", donde no existe dentro de la bodega un área específica para almacenarlos, se plantea disminuir los niveles de inventario de las demás tuberías, utilizando el punto máximo como referencia para optimizar espacio y trasladar cuando se habiliten las secciones inferiores (donde se almacenan las láminas que no cuentan con rotación según los resultados del análisis) los tubos con diámetro inferior, como lo son el de  $\frac{3}{4}$ ",  $\frac{1}{2}$ ", 1" y el de  $1\frac{1}{2}$ ", para colocar

la tubería de 6" en estas posiciones y brindar el almacenamiento deseado (los tubos de 6" son los que no cuentan con un espacio habilitado en bodega por falta de espacio).

TUBOS DE 6"	TUBOS DE 6"	TUBOS DE 6"	TUBOS DE 6"
TUBOS DE 2"	TUBOS DE 2 1/2"	TUBOS DE 3"	TUBOS DE 4"
TUBOS DE 1 1/2"			
TUBOS DE 1"			
TUBOS DE 1/2"			
TUBOS DE 3/4"			
LAMINA GALVANIZADA( 0,91 X 1.83)			
Laminas punta diamante de 1,22 x 2,44 x 1/8"			

**Figura 55. Propuesta final de almacenamiento en estantes de tubería**

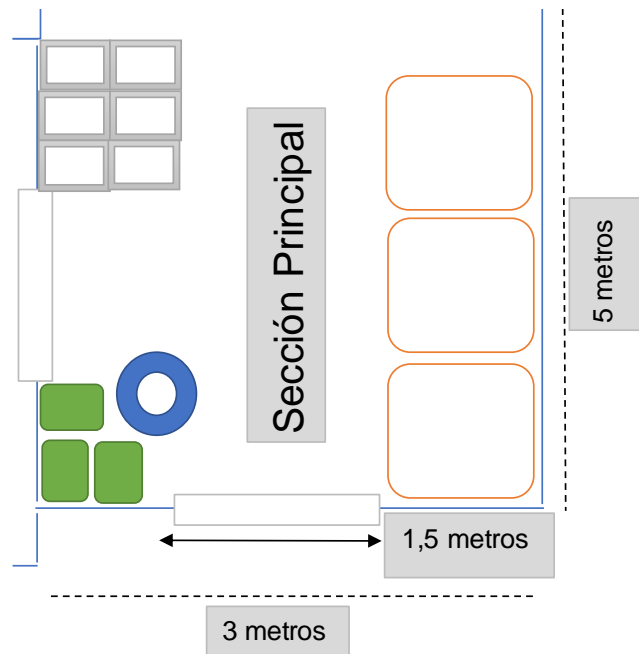
Fuente: elaboración propia.

La figura 55 representa la propuesta final (una vez disminuidos los niveles de inventario presente y utilización de materiales innecesarios) presentada para resguardar los materiales identificados en los estantes de tubería.

#### 5.6.4.3 Materiales de construcción

Los materiales de construcción, debido a las características que presentan referentes al volumen y peso, se procedió a trasladarlos a la sección principal de la bodega

estableciendo puntos de almacenamiento para cada material. Con esto, se establece la siguiente propuesta de almacenamiento mostrada en la figura 56:



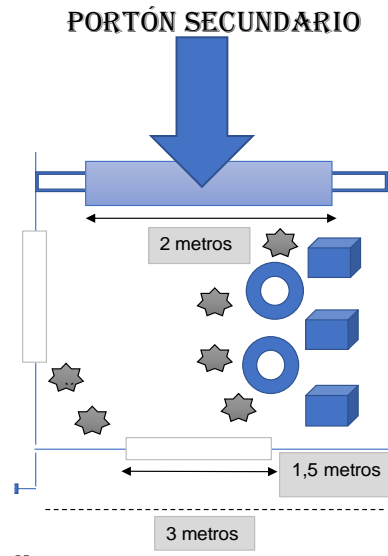
**Figura 56. Sección principal bodega**

Fuente: elaboración propia.

La figura 56 muestra los puntos establecidos de almacenamiento para los materiales de construcción que se propone manejar en relación con lo estipulado en la propuesta de optimización de los niveles de inventario. Para manejar los materiales como el lastre, la arena y la piedra, se plantea la construcción de contenedores de 1 x 1 x 1.5 metros, con el fin de mantener la limpieza en la zona, así como brindar un almacenamiento seguro y correcto a los materiales.

Por otra parte, se plantea la eliminación del portón secundario que daba paso a los niveles internos de la bodega, con el fin de habilitar ese espacio para facilitar movimiento y transporte del material. Es importante mencionar que el portón principal

tiene las mismas características que el secundario, por lo que se considera innecesario este último.



**Figura 57. Ubicación de portón secundario**

Fuente: elaboración propia.

La figura 57 muestra el portón que se propone eliminar debido a que ocupa mucho espacio y su utilidad la puede ejercer el portón principal de la bodega.

#### 5.6.4.4 Almacenamiento de materiales de acuerdo con la Clasificación ABC

La clasificación propuesta en esta sección excluye a los materiales clasificados en la sección anterior, debido a las situaciones especiales identificadas en cada categoría mencionada. Con esta metodología, se busca facilitar la localización de los materiales para disminuir tiempos de despacho. En primera instancia, se analizó la cantidad de órdenes emitidas para determinar cómo quedarán conformados los grupos A, B y C y así establecer el almacenamiento de la parte restante correspondiente al inventario de materia prima. Por ende, al evaluar esto se obtuvo como resultado lo mostrado en la tabla 134:

Tabla 134. Clasificación ABC

Grupo	Órdenes Emitidas	%	
Unión lisa	103	11,37%	63,25%
Unión de transición	95	10,49%	
TEE PVC	86	9,49%	
Reducciones	83	9,16%	
Tapones	78	8,61%	
Adaptador Macho	67	7,40%	
Codos	61	6,73%	
Llaves de Balín	57	6,29%	22,85%
Silletas	53	5,85%	
Adaptador Hembra	49	5,41%	
Semicodo	48	5,30%	
Compuestos	45	4,97%	13,91%
Unión de tope	21	2,32%	
Angulares	13	1,43%	
Clavos	12	1,32%	
Unión de reparación	11	1,21%	
YEE	9	0,99%	
Niples	6	0,66%	
Pinturas	2	0,22%	
Tornillos	2	0,22%	
Candados	2	0,22%	
Llaves de compuerta	1	0,11%	
Válvulas	1	0,11%	
Otros Materiales	1	0,11%	

Fuente: elaboración propia.

La tabla 134 refleja los resultados obtenidos en relación con las órdenes despachadas del periodo 2017-2018, lo cual dicta el camino para realizar la propuesta de almacenamiento utilizando como base los principios de la metodología ABC para estos productos. Es importante mencionar que se realizaron modificaciones en las agrupaciones según interés respecto a los niveles actuales de inventario y la gama de

dimensiones que presente el grupo o categoría, con el fin de mantener el orden deseado. Ante esto, con las modificaciones deseadas se clasificó de la forma mostrada en la tabla 135 cada grupo:

**Tabla 135. Clasificación ABC (Modificaciones aplicadas)**

<b>Grupo</b>	<b>Demanda</b>	<b>%</b>	<b>Órdenes Emitidas</b>	<b>%</b>	<b>Clasificación</b>
Unión lisa	3919	31,45%	103	11,37%	Materiales A
Compuestos	2399,75	19,26%	45	4,97%	Materiales A
Adaptador Macho	1277	10,25%	67	7,40%	Materiales A
Adaptador Hembra	217	1,74%	49	5,41%	Materiales A
YEE	17	0,14%	9	0,99%	Materiales A
Angulares	16	0,13%	13	1,43%	Materiales A
Pinturas	2	0,02%	2	0,22%	Materiales A
Llaves de compuerta	1	0,01%	1	0,11%	Materiales A
Válvulas	1	0,01%	1	0,11%	Materiales A
Unión de transición	1013	8,13%	95	10,49%	Materiales B
Codos	895	7,18%	61	6,73%	Materiales B
Llaves de Balín	386	3,10%	57	6,29%	Materiales B
Tornillos	132	1,06%	2	0,22%	Materiales B
Otros Materiales	30	0,24%	1	0,11%	Materiales B
Candados	26	0,21%	2	0,22%	Materiales B
TEE PVC	623	5,00%	86	9,49%	Materiales C
Tapones	431	3,46%	78	8,61%	Materiales C
Reducciones	368	2,95%	83	9,16%	Materiales C
Semicodo	308	2,47%	48	5,30%	Materiales C
Silletas	224	1,80%	53	5,85%	Materiales C
Unión de tope	88	0,71%	21	2,32%	Materiales C
Niples	60	0,48%	6	0,66%	Materiales C
Clavos	17,75	0,14%	12	1,32%	Materiales C
Unión de reparación	11	0,09%	11	1,21%	Materiales C
	12462,5	100,00%	906	100,00%	

Fuente: elaboración propia.

Una vez determinada la clasificación, se presentaron opciones de estantes industriales a los funcionarios del departamento para almacenar los materiales en el área especificada. De acuerdo con las dimensiones de la bodega, se recomienda renovar la estantería de madera actual por estantes industriales con características similares a las de la antigua estantería, para facilitar el acomodo de los materiales y permitir mayor organización en la bodega. Ante esto, se plantea la utilización del siguiente tipo de estante mostrado en la figura 58:



**Figura 58. Estantes Industriales**

Fuente: Empresa Vértice C.R

El estante planteado es de 1.5 x 0.50 x 2 m y cuenta con cuatro espacios habilitados para resguardar los productos. Cada uno de los espacios de resguardo tiene un aproximado de más de 0.50 metros de altura. El estante es fácil de manejar, así como de armar y actualmente ronda los ₡140.000 en el mercado nacional.

Al analizar las dimensiones presentadas en la bodega, así como el espacio que ocupa el estante planteado, se determinó que se requiere la compra de 16 estantes industriales para almacenar los productos de la bodega. Se establece realizar tres hileras compuestas por tres estantes en la planta inferior, ocupando un espacio de 4,5 metros de largo (se disponen 6 metros de acuerdo con las dimensiones de la planta baja). Con esto, se establece que, para realizar el acomodo de los productos en la planta baja, se requiere un total de nueve estantes.

Respecto a la planta alta, se establecen dos hileras de tres estantes para realizar el acomodo de los materiales. Las dimensiones presentadas son equitativas a las de la planta baja. Ante esto, se expresa que dicha sección de la bodega requiere seis estantes para acomodar los productos. Es importante mencionar que se mantiene en esta sección un estante de madera asignado para resguardar herramientas utilizadas por el equipo de fontanería. Por último, se ubica un estante en las cercanías de las tuberías. Una vez determinada la cantidad requerida por zona, se procedió a presentar el costo de adquisición de los estantes mencionados.

**Tabla 136. Costo de estantes industriales**

Material	Costo promedio	Cantidad necesaria	Costo total
Estantes Industriales	₡ 140 000,00	16	₡ 2 240 000,00

Fuente: elaboración propia.

Por otra parte, ante la necesidad de mantener las piezas agrupadas y con sus respectivas dimensiones y grupo, se plantea la compra de canastas plásticas organizadoras para beneficiar el almacenamiento de los materiales. En primera instancia, se ubicaron materiales como el hipoclorito y aceites (materiales almacenados en cubetas), debido al espacio que ocupan y el peso que generan en los

estantes, con el fin de determinar el espacio restante para ubicar las canastas organizadoras. Al realizar la distribución de estos materiales para equiparar el peso y obtener un dato concreto del espacio ocupado por estos en los estantes, se puede realizar el cálculo de las canastas organizadoras requeridas para resguardar material en el espacio restante, ante lo cual, se generaron los siguientes datos de la tabla 137:

**Tabla 137. Distribución del espacio en los estantes industriales**

<b>Estante 1</b>						
	Cantidad de canastas	Espacio ocupado	Cubetas	Espacio ocupado	Total ocupado	Espacio disponible
Fila Superior	3	0,645	6 (Cubetas pequeñas)	0,6	1,245	1,5
Fila Intermedia	2	0,43	3 (Cubetas grandes)	0,6	1,03	1,5
Fila Inferior	2	0,43	3 (Cubetas grandes)	0,6	1,03	1,5
<b>Estante 2</b>						
	Cantidad de canastas	Espacio ocupado	Cubetas	Espacio ocupado	Total ocupado	Espacio disponible
Fila Superior	16	3,44	4 (3 pequeñas/ 1 grande)	0,6	4,04	4,5
Fila Intermedia	15	3,225	2 (grandes)	0,6	3,825	4,5
Fila Inferior	13	2,795	4 (grandes)	1,2	3,995	4,5
<b>Estante 3</b>						
	Cantidad de canastas	Espacio ocupado	Cubetas	Espacio ocupado	Total ocupado	Espacio disponible
Fila Superior	16	3,44	4 (3 pequeñas/ 1 grandes)	0,6	4,04	4,5
Fila Intermedia	15	3,225	2 (grandes)	0,6	3,825	4,5
Fila Inferior	14	3,01	3 (grandes)	0,9	3,91	4,5
<b>Estante 4</b>						

	Cantidad de canastas	Espacio ocupado	Cubetas	Espacio ocupado	Total ocupado	Espacio disponible
Fila Superior	16	3,44	4 (3 pequeñas/ 1 grandes)	0,6	4,04	4,5
Fila Intermedia	15	3,225	2 (grandes)	0,6	3,825	4,5
Fila Inferior	14	3,01	3 (grandes)	0,9	3,91	4,5

#### Estante 5

	Cantidad de canastas	Espacio ocupado	Cubetas	Espacio ocupado	Total ocupado	Espacio disponible
Fila Superior	15	3,225	5 (4 pequeñas/ 1 grandes)	0,7	3,925	4,5
Fila Intermedia	16	3,44	2 (grandes)	0,6	4,04	4,5
Fila Inferior	14	3,01	3 (grandes)	0,9	3,91	4,5

#### Estante 5

	Cantidad de canastas	Espacio ocupado	Cubetas	Espacio ocupado	Total ocupado	Espacio disponible
Fila Superior	15	3,225	5 (4 pequeñas/ 1 grandes)	0,7	3,925	4,5
Fila Intermedia	16	3,44	2 (grandes)	0,6	4,04	4,5
Fila Inferior	14	3,01	3 (grandes)	0,9	3,91	4,5

Fuente: elaboración propia.

De acuerdo con la tabla 137, se evidencia que dentro de los estantes se puede ubicar un total de 231 canastas organizadoras para almacenar las piezas de acuerdo con sus dimensiones. Con esto, se establece que el costo de adquirir las canastas planteadas es el mostrado en la tabla 138:

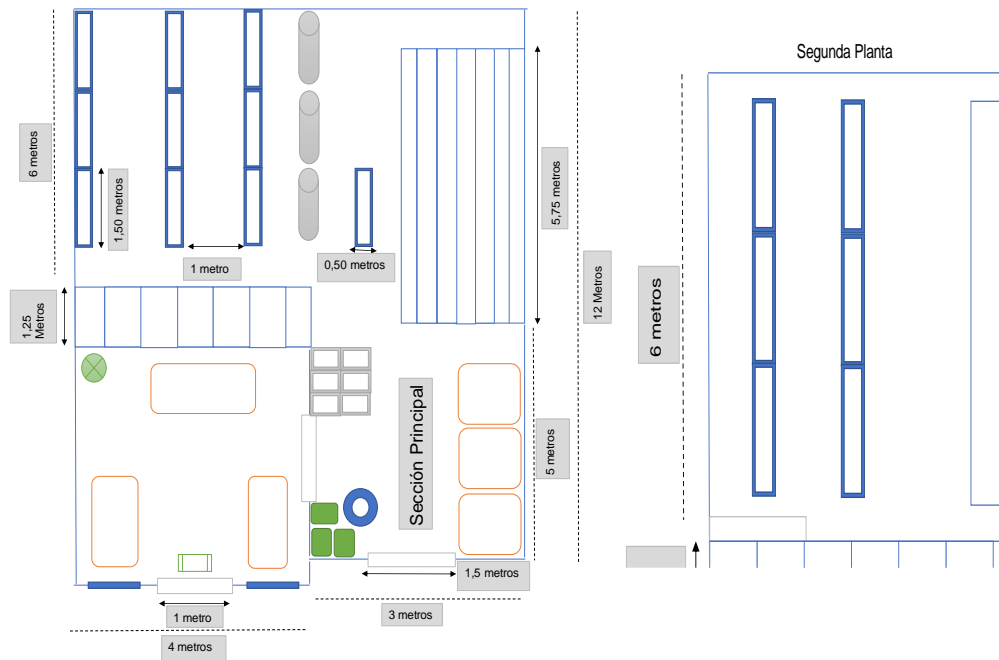
**Tabla 138. Costo de canastas organizadoras**

Material	Costo promedio	Cantidad requerida	Costo Total
Canastas organizadoras	€7 000,00	231	€1 617 000,00

Fuente: elaboración propia.

De acuerdo con el análisis se estipuló que, debido a las dimensiones de la estantería, las canastas que mejor se acoplan tienen unas dimensiones de 0.36 x 0.215 x 0.145 metros. Al determinar los costos de los materiales necesarios, se puede afirmar que implementar esta metodología de almacenamiento tiene un costo total de €3.857.000, con el fin de obtener zonas de resguardo marcadas y debidamente etiquetas que favorezcan la búsqueda de materiales.

Luego, se procedió a presentar la ubicación exacta de cada grupo y la gama de medidas con la que cuenta. Se estableció un punto específico para la ubicación de cada estante, donde el 90 % de los estantes se encuentran en la parte interior de la bodega denominada planta baja y alta. Mientras que el restante 10 % fue ubicado en las cercanías de los estantes de tubería.



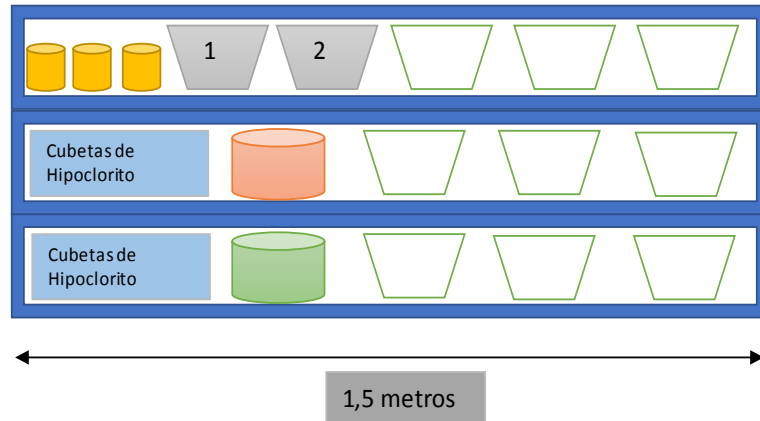
**Figura 59. Organización de la bodega (ubicación de estantes)**

Fuente: elaboración propia.

Se determinó, según la relación entre la demanda y la cantidad de piezas presentes, que lo más conveniente es utilizar seis estantes para resguardar los materiales con clasificación A, utilizándose el estante ubicado en la zona PVC y cinco estantes de la zona de la planta baja de la bodega. Ante esto, se procedió a distribuir los materiales:

- **Compuestos:** estos materiales tienen características especiales por lo que, a pesar de ser productos hallados en la clasificación A, deben distribuirse entre los estantes debido a su peso, para con estos evitar sobrecargos en los seis estipulados para resguardar estos materiales. Los estantes utilizados pueden soportar los 60 kg de peso por hilera (según recomendación del proveedor no manejar más de este). Por ende, se determinó que se requieren siete estantes para eliminar el factor peso y evitar cualquier afectación en estos. Ante esto, su distribución correcta toma un papel importante para facilitar la ubicación, a pesar de su distribución entre los

estantes. Por ende, se propone resguardar de la siguiente manera mostrada en la figura 60:



**Figura 60. Acomodo propuesto material Estante 1**

Fuente: elaboración propia.

La figura 60 presenta la propuesta realizada para almacenar los productos denominados compuestos. Se visualiza un ejemplo de un estante con mayor peso incluido, donde se distribuyó equitativamente el peso dentro de las tres hileras principales de almacenamiento para evitar contratiempos. Dentro de este se almacenan los materiales mostrados en la figura 61:

Materiales	Cantidad	Ubicación	Peso estimado	Representación
Cubeta de Hipoclorito	2 cubetas	Hilera primaria Hilera Secundaria	50 Kg	
Pastillas de Hipoclorito	100% producto	Hilera terciaria (Canasta organizadora 1)	No estimable	
Pegamento PVC	3 Tarros	Hilera terciaria	No estimable	
Aceite 10W	1 Galon	Hilera Primaria	17 kg	
Soldadura HILCO	100% producto	Hilera terciaria (canasta organizadora 2)	16,34 Kg	
Aceite Motor	1 Galon	Hilera secundaria	16 Kg	

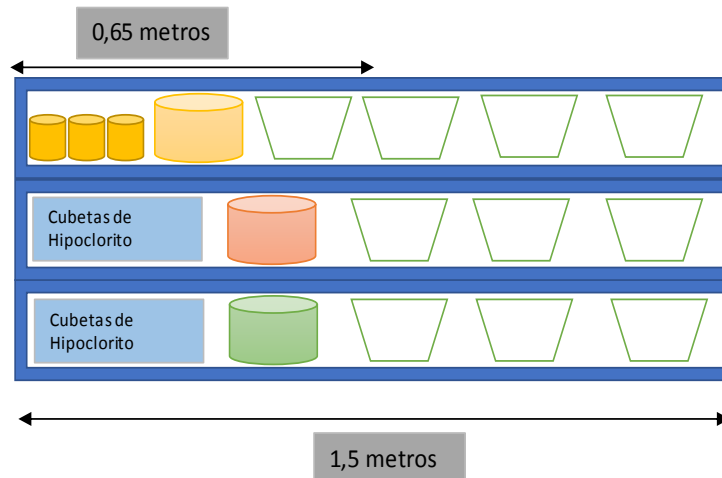
**Figura 61. Simbología**

Fuente: elaboración propia.

La figura 61 representa cada uno de los materiales almacenados en este estante de acuerdo con la propuesta. La distribución del peso fue equitativa, con el objetivo de evitar superar los 50 kg de peso en cada hilera, para evitar situaciones imprevistas. Es importante mencionar que el estante uno es el más cargado en cuestiones de peso que los otros estantes.

Además, de acuerdo con las dimensiones de espacio, se puede expresar que las cubetas utilizadas en el departamento tienen un diámetro superior de 0,30 metros y una altura de 0,37 con su respectiva tapa. Es importante mencionar que la altura de los galones varía de acuerdo con el volumen que contienen almacenado, no obstante, la mayor altura que alcanzan las cubetas manejadas por el departamento es la mencionada con anterioridad, la cual no supera la altura de cada hilera del estante, ya que esta es de 0,50 metros.

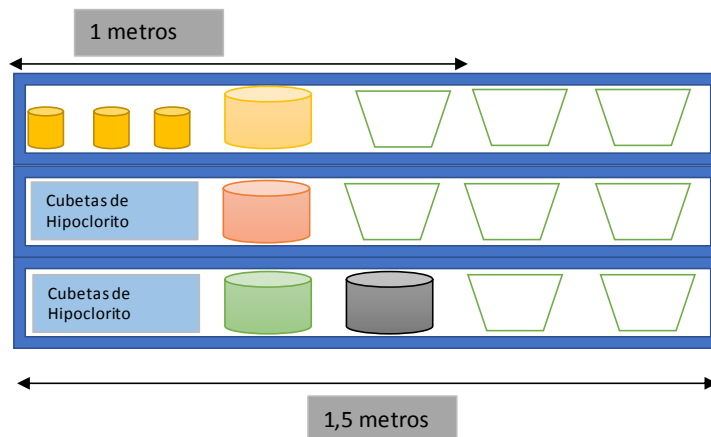
Por otra parte, las dimensiones de los tarros (pintura, pegamento, entre otros) tienen un diámetro de 0,10 metros y la altura no es representativa, ya que no supera el 50 % de altura de la hilera. Al tomar en cuenta los datos respecto al peso y las dimensiones de las cubetas y materiales que no requieren almacenamiento en las canastas organizadoras, se establecieron las posiciones estratégicas en los estantes industriales, mostradas en la figura 62:



**Figura 62. Acomodo propuesto material Estante 2**

Fuente: elaboración propia.

La distribución propuesta mantiene un formato similar al anterior, ya que la única variación es la inclusión de un galón de Thinner en la hilera terciaria. Los materiales como las pastillas de hipoclorito y la soldadura se erradican en este, debido a que el 100 % del producto fue distribuido anteriormente.

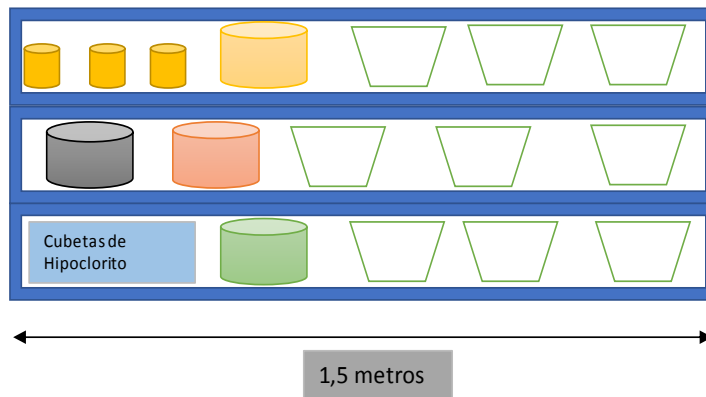


**Figura 63. Acomodo propuesto material Estante 3**

Fuente: elaboración propia.

El estante presenta la variación de la inclusión de un galón de aceite 8090, lo cual establece un peso que ronda los 58 kg. Por recomendación, se establece manejar un rango de 50 a 60 kg en las hileras, sobrepasar este podría afectar al estante. El

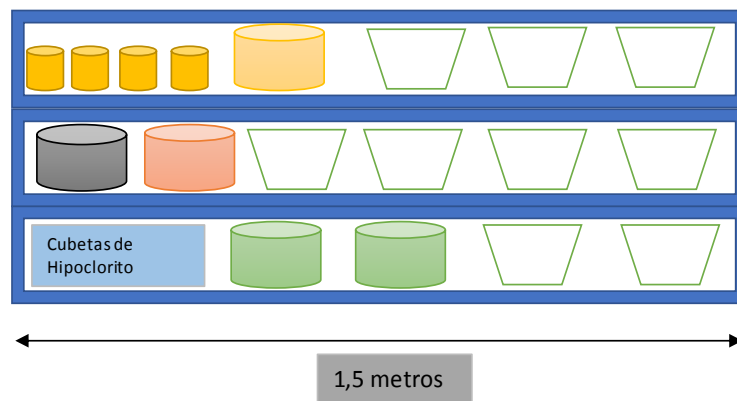
peso estándar que puede manejar es de 50 kg por estante en las filas secundarias y terciarias. Se recomienda que, en casos extraordinarios donde se requiera sobrepasar el peso estándar, sea la fila primaria la utilizada para evitar contratiempos.



**Figura 64. Acomodo propuesto material Estante 4**

Fuente: elaboración propia.

El estante 4 lleva, de acuerdo con lo propuesto, los materiales manejados en el estante 3, la única modificación presente es la recuperación del peso estándar en cada hilera, debido a la exclusión de la cubeta de hipoclorito a causa de la distribución planteada de materiales.



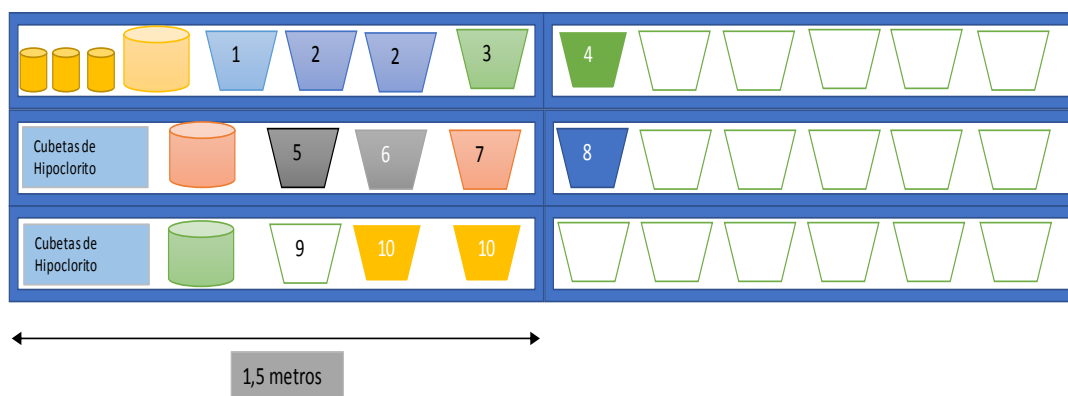
**Figura 65. Acomodo propuesto material Estante 5 y 6**

Fuente: elaboración propia.

Los últimos dos estantes destinados para distribuir los productos denominados compuestos presentan como propuesta el mismo diseño de distribución. Con esto se posiciona el 100 % de los productos en los estantes, finalizando la distribución de este grupo para continuar con la distribución en las canastas organizadoras.

- **Uniones lisas:** el material con más movimiento en el inventario corresponde a la unión lisa. La demanda que presenta este material representa un 31,32 % del total de la demanda presentada en el periodo de estudio. No obstante, es importante destacar que se dio prioridad de almacenamiento a los compuestos, debido al volumen y peso que generan, por lo cual para la recomendación se brindó esta modificación.

Las uniones lisas cuentan con 10 gamas de productos de diferentes dimensiones. Ante esto, se procedió a realizar el almacenamiento en la zona de planta inferior, a partir del estante de almacenamiento 2 (estante de almacenamiento ubicado en cercanías de PVC).



**Figura 66. Propuesta de almacenamiento de uniones lisas**

Fuente: elaboración propia.

Las canastas organizadoras almacenan cada uno de los diferentes tipos de uniones que se presentan en el inventario. Cada una va a contar con el siguiente material mostrado en la tabla 139, de acuerdo con su numeración:

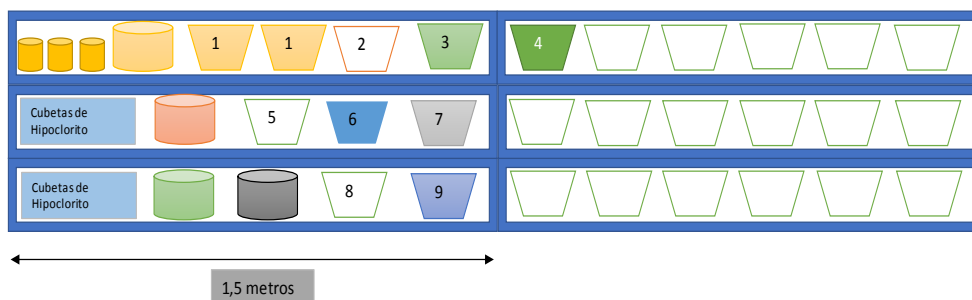
**Tabla 139. Inventario de uniones lisas**

<b>Numeración</b>	<b>Material</b>	<b>Inventario actual</b>
1	UNIÓN LISA DE 1/2" CON REDUCCIÓN	524
2	UNIÓN LISA DE ½	1200
3	UNIÓN LISA DE 3/4"	15
4	UNIÓN LISA DE 1"	115
5	UNIÓN LISA DE 1 Y 1/2"	236
6	UNIÓN LISA DE 2"	136
7	UNIÓN LISA DE 2 Y 1/2"	89
8	UNIÓN LISA DE 3"	10
9	UNIÓN LISA DE 4"	0
10	UNIÓN LISA DE 6"	22

**Fuente: elaboración propia.**

La tabla 139 refleja la cantidad de piezas con la que cuenta cada material en el último reporte generado de inventario. Por ende, de acuerdo con la numeración quedarían distribuidas en la posición establecida en la imagen de distribución. Con esto, se determina la propuesta de almacenamiento para las uniones lisas.

- **Adaptador macho:** el tercer material por almacenar en la estantería propuesta corresponde al adaptador macho. Para este material en particular, se utilizará el estante 3, con el objetivo de mejorar la actual metodología de almacenamiento. Por ende, se procedió a determinar la propuesta para ubicar cada material que conforma este grupo.



**Figura 67. Almacenamiento propuesto para adaptadores macho**

Fuente: elaboración propia.

La figura 67 representa la forma planteada de almacenamiento para los productos de adaptadores macho. Se identifica que tres productos de diferentes dimensiones no presentan piezas en el inventario, no obstante, son requeridas, por lo cual se determina su posición de almacenamiento.

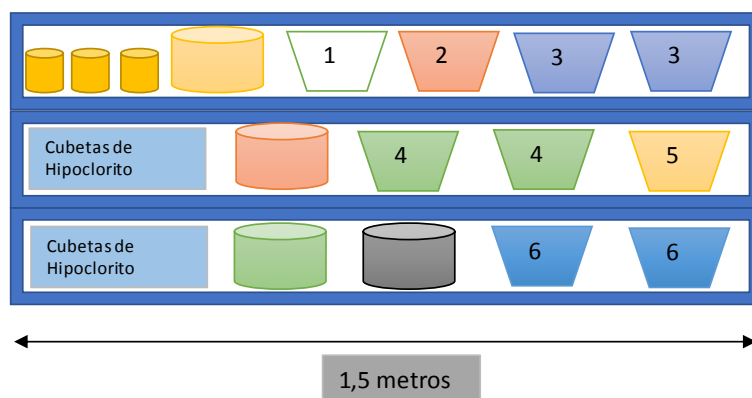
**Tabla 140. Niveles de inventario adaptador macho**

Numeración	Material	Unidades inventario
1	ADAPTADOR MACHO DE 1/2"	1
2	ADAPTADOR RAPIDO 1" MACHO	0
3	ADAPTADOR MACHO DE 1"	193
4	ADAPTADOR MACHO DE 1 y 1/2"	106
5	ADAPTADOR MACHO 2"	0
6	ADAPTADOR MACHO DE 2 y 1/2"	61
7	ADAPTADOR MACHO DE 3"	45
8	ADAPTADOR MACHO DE 4"	0
9	ADAPTADOR MACHO DE 6"	16

Fuente: elaboración propia.

La tabla 140 presenta datos referentes al grupo de adaptadores macho para determinar el nivel de inventario actual. Una vez expresados los niveles de inventario, así como la nueva ubicación propuesta al departamento, se da por finalizada la propuesta de resguardo de este grupo.

- **Adaptadores hembra:** se plantea una propuesta basada en los principales adaptadores manejados en el departamento. Se identifica que el departamento utiliza principalmente seis tipos de adaptadores, por lo cual se realiza la propuesta de almacenamiento iniciando en el estante 4. Una vez definido el respectivo estante por utilizar, se procedió a realizar el acomodo de los productos para presentar a los funcionarios del departamento, generando los resultados que se muestran en la figura 68:



**Figura 68. Propuesta de almacenamiento para adaptador hembra**

Fuente: elaboración propia.

De acuerdo con los datos referentes a estos materiales, son considerados el producto clase A número 4. La figura 68 muestra la forma como se plantea almacenar los productos en el estante 4, así como las canastas designadas para cada tipo de material. Con esto, se procedió a realizar la tabla 141 para identificar la cantidad de material actual en inventario.

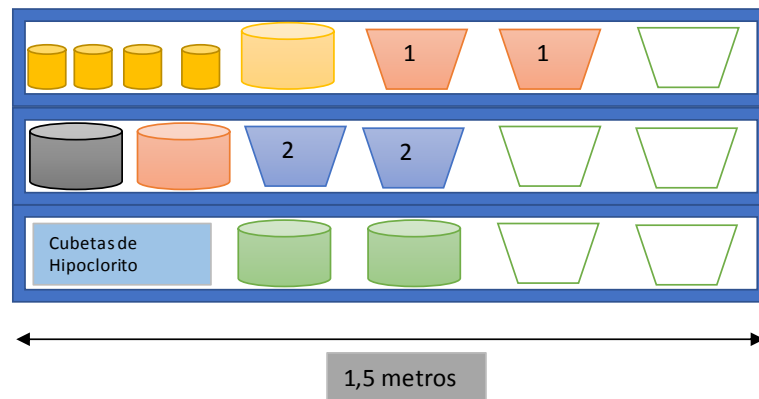
**Tabla 141. Nivel de inventario actual de adaptador hembra**

Numeración	Material	Unidades inventario
1	ADAPTADOR HEMBRA 1/2"	0
2	ADAPTADOR HEMBRA DE 3/4"	37
3	ADAPTADOR HEMBRA DE 1"	876
4	ADAPTADOR HEMBRA DE 2"	403
5	ADAPTADOR HEMBRA DE 2 Y ½"	79
6	ADAPTADOR HEMBRA DE 3"	139

Fuente: elaboración propia.

La tabla 141 representa la cantidad de material con la que se cuenta para finalizar el periodo establecido. Los datos especificados juegan un papel importante para determinar la organización de cada material, así como la asignación de las canastas organizadoras. Con estos argumentos y la propuesta planteada de ubicación, se cierra el escenario referente a los adaptadores hembra.

- **YEE de PVC:** son incluidos con los materiales clase A, debido a la necesidad de acoplar el porcentaje de distribución de los materiales en los estantes industriales. Su porcentaje de demanda es relativamente bajo, no marcan diferencia. No obstante, para acoplar la propuesta de optimización, se decide incluir estos en dicha gama. Compuestos básicamente por cuatro dimensiones, sin embargo, durante el último periodo se manejaron dos de estas; las restantes, debido a su bajo uso, se dejaron de adquirir. Como propuesta, se determina ubicar estas en el estante 5, presentando la distribución mostrada en la figura 69:



**Figura 69. Propuesta de almacenamiento de YEE de PVC**

Fuente: elaboración propia.

La figura 69 representa la propuesta planteada para almacenar las YEE de PVC, donde se propone establecer dos canastas para cada producto, debido a las dimensiones que se manejan actualmente. Por ende, es importante determinar los principales productos manejados en este grupo, así como los niveles de inventario manejados.

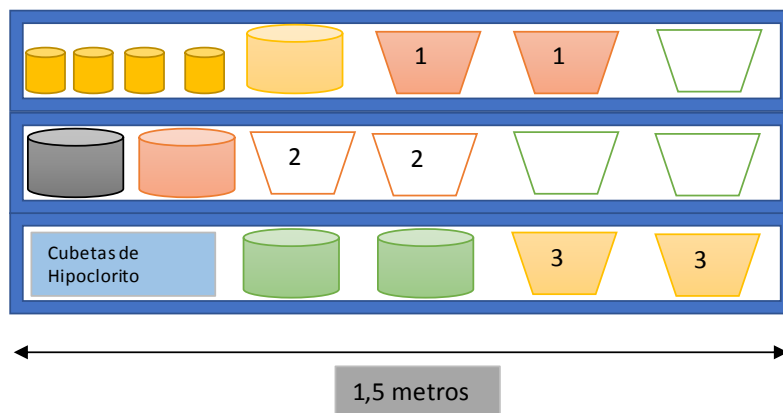
**Tabla 142. Niveles de inventario YEE de PVC**

Numeración	Material	Unidades inventario
1	YEE PVC 2"	4
2	YEE DE 4"	0

Fuente: elaboración propia.

Actualmente, la cantidad de piezas manejadas de YEE de PVC es muy poca, sin embargo, es necesario mantener el mínimo especificado para atender casos de emergencia que pueden surgir sobre la marcha. Una vez estipulado esto y analizado el espacio por utilizar por estos materiales, se da por finalizada la propuesta de almacenamiento de estos.

- **Angulares:** presentan un caso similar al de las YEE de PVC donde, debido a la necesidad, se acomodaron en la clasificación A. Cuentan en específico con tres dimensiones actualmente, las cuales son las de mayor uso por el departamento. Se plantea almacenar estos productos en el estante #6, de la siguiente manera mostrada en la figura 70:



**Figura 70. Propuesta de almacenamiento de angulares**

Fuente: elaboración propia.

Se establecieron dos canastas para cada una de las dimensiones referentes a angulares, porque se estipula que, debido a sus dimensiones físicas, requieren al menos dos de ellas, por lo cual se plantea esta opción. Los niveles de inventario reflejados en cuanto a estos materiales se muestran en la tabla 143:

**Tabla 143. Niveles de inventario de angulares**

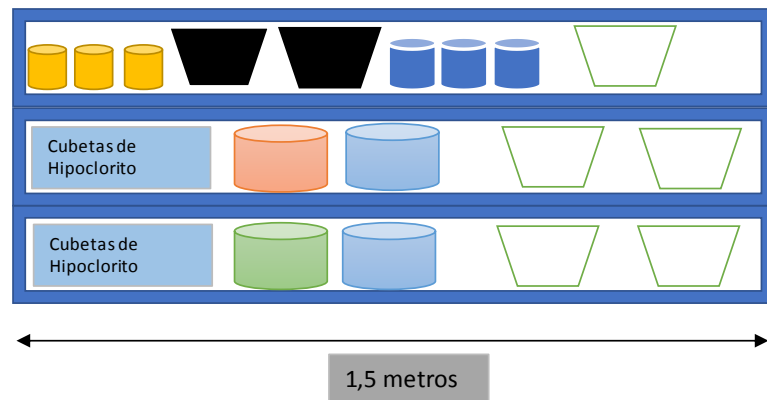
Numeración	Material	Unidades inventario
1	ANGULARES DE 2 X 2 EN 1/8	4
2	ANGULARES 2 X 2 EN ¼	0
3	ANGULAR DE 1 Y 1/2 X 1 Y 1/2 EN 1/8	8

Fuente: elaboración propia.

Se pueden observar en la tabla 143 los tres principales angulares manejados en el inventario. La cantidad resguardada es relativamente baja, no obstante, se requiere

de la presencia de estas piezas en el inventario. Al determinar esto, se finaliza la organización de dichas piezas y con esto la propuesta.

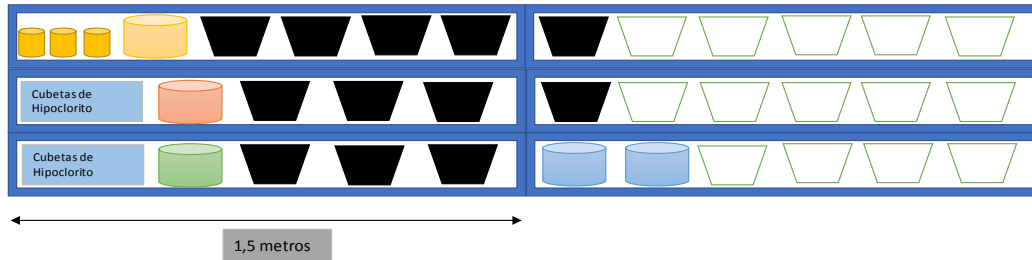
- **Pinturas:** con el objetivo de reducir la cantidad de inventario y así garantizar la optimización del espacio, se analizó concretamente cuáles de las cubetas de pintura son realmente indispensables para mantener en la bodega. Con esto se determinó la propuesta basada únicamente en dos cubetas específicas de pintura. Por ende, la organización propuesta se realizó de la siguiente manera, ubicando este grupo en el estante #1 en primera instancia y las restantes dos cubetas en el #2.



**Figura 71. Propuesta de almacenamiento de pintura**

Fuente: elaboración propia.

La figura 71 muestra cómo se propuso distribuir las cubetas entre los dos estantes, para evitar que el peso sobrepase lo estipulado con anterioridad. Se observa en la imagen la distribución del estante #1 donde se incluyen los tres tarros de pintura en aceite anticorrosiva y dos de las cubetas celestes libres de cloro. Posteriormente, se procedió a organizar las restantes dos cubetas en el estante 2, quedando de la siguiente forma la propuesta, mostrada en la figura 72:

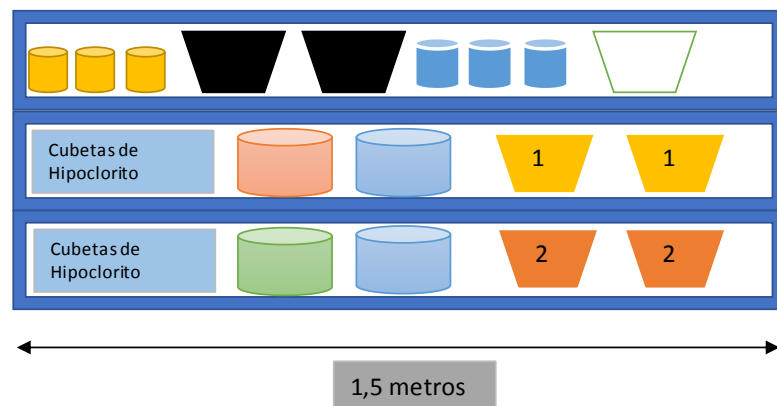


**Figura 72. Propuesta de almacenamiento de cubetas restantes estante 2**

Fuente: elaboración propia.

Al organizar las cubetas restantes, se completó la distribución del 100 % del material referente a las pinturas, finalizando la propuesta de ubicación de estos materiales.

- **Válvulas y llaves de compuerta:** son los restantes materiales que componen el grupo, de los cuales se identificó poco inventario. Se ubicaron en el estante 1 donde se estableció una canasta de resguardo para cada material. Adicionalmente, se propuso una canasta extra para cada grupo, en caso de que se requiera realizar compras de algún material de diferente dimensión. Ante esto, la distribución de los productos se propone de la siguiente forma mostrada en la figura 73:



**Figura 73. Propuesta de almacenamiento de válvulas y llaves de compuerta**

Fuente: elaboración propia.

Las figuras con un número 1 representan las ubicaciones establecidas para las válvulas, mientras que las que tienen el 2 son las ubicaciones estimadas para las llaves de compuerta.

- **Materiales Clasificación B:** representan el 20 % de la demanda estimada en el periodo de estudio. Para garantizar la mejora en cuanto a almacenamiento y tiempos de búsqueda, se determinó cada grupo de materiales que compone esta sección, donde se encuentran principalmente los mostrados en la tabla 144:

**Tabla 144. Materiales Clasificación B**

<b>Grupo</b>	<b>Identificación</b>	<b>Demanda</b>	<b>%</b>
Unión de transición	B2	1013	8,13%
Codos	B5	895	7,18%
Llaves de Balín	B4	386	3,10%
Tornillos	B3	132	1,06%
Otros Materiales (Mascarillas desechables)	B1	30	0,24%
Candados	B6	26	0,21%

Fuente: elaboración propia.

De acuerdo con la tabla 144, se observan los materiales por distribuir dentro de los estantes. Se desarrolló una propuesta de almacenamiento donde se distribuyen en cada uno de los estantes, generando los siguientes resultados de distribución mostrados en la figura 74:



**Figura 74. Distribución de materiales clasificación B**

Fuente: elaboración propia.

En la figura 74 se muestra la propuesta definida para almacenar cada material que compone la clasificación B. Una vez finalizada la estructuración correcta de los

materiales, se procedió a realizar el acomodo de los restantes materiales en los sitios considerados.

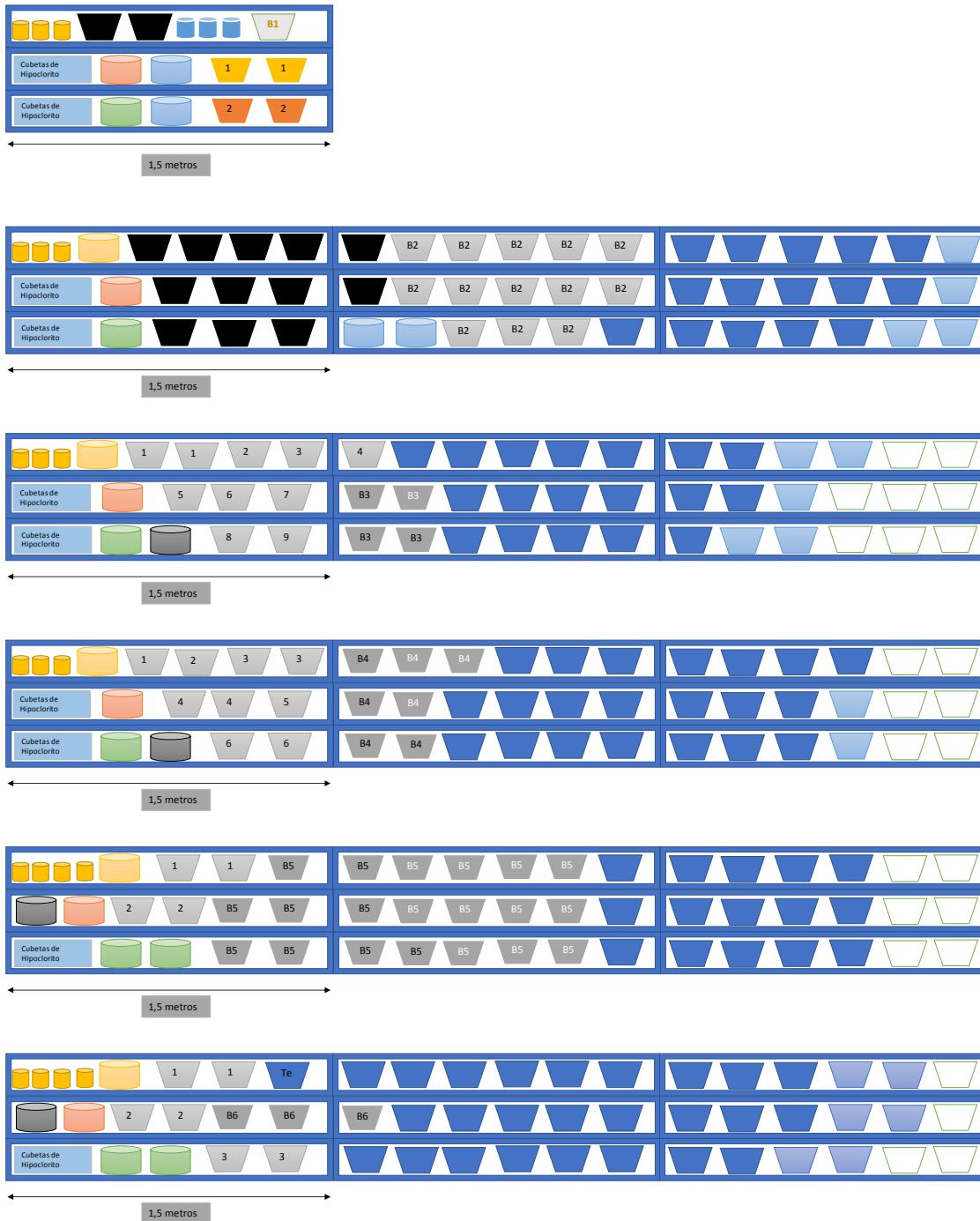
**Materiales Clasificación C:** para finalizar la distribución planteada de la bodega, se determinó la ubicación requerida para los materiales clase C. Ante esto, se revisaron los niveles actuales, así como la demanda para otorgar las respectivas canastas organizadoras. Al finalizar el análisis, se estableció el lugar y se procedió a realizar el acomodo de forma visual para presentar la propuesta mostrada en la tabla 145:

**Tabla 145. Ubicación de materiales clase C**

Grupo	Ubicación	Demanda	%
TEE PVC	E6	623	5,00%
Tapones	E3	431	3,46%
Reducciones	E4	368	2,95%
Semicodo	E2	308	2,47%
Silletas	E5	224	1,80%
Unión de tope	E2 (Final)	88	0,71%
Niples	E4 (Final)	60	0,48%
Clavos	E6 (Final)	17,75	0,14%
Unión de reparación	E3 (Final)	11	0,09%

Fuente: elaboración propia.

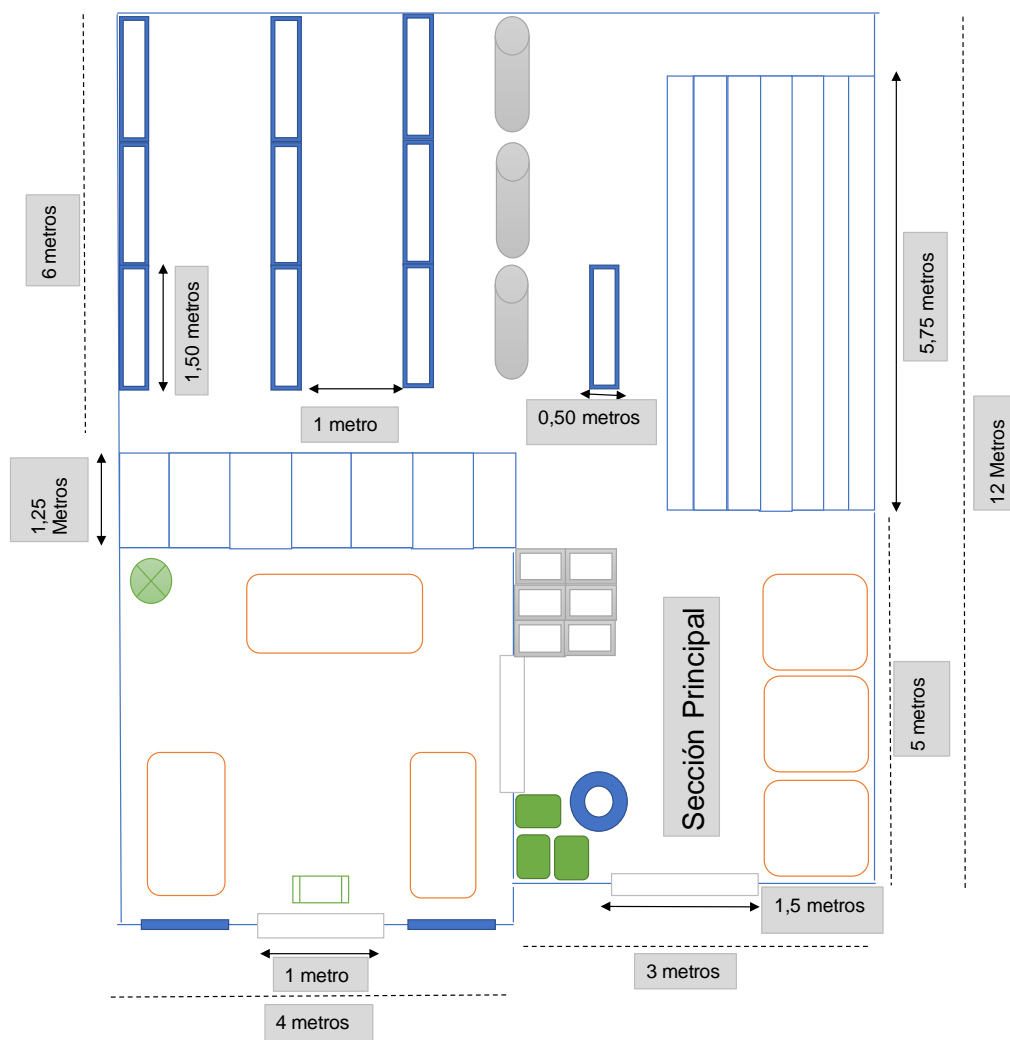
Una vez se observa la tabla 145, se procedió a utilizar las canastas organizadoras para observar la distribución final de los productos aplicando la metodología ABC, la cual se muestra en la figura 75:



**Figura 75. Propuesta de distribución en estantes industrial (Metodología ABC)**

Fuente: elaboración propia.

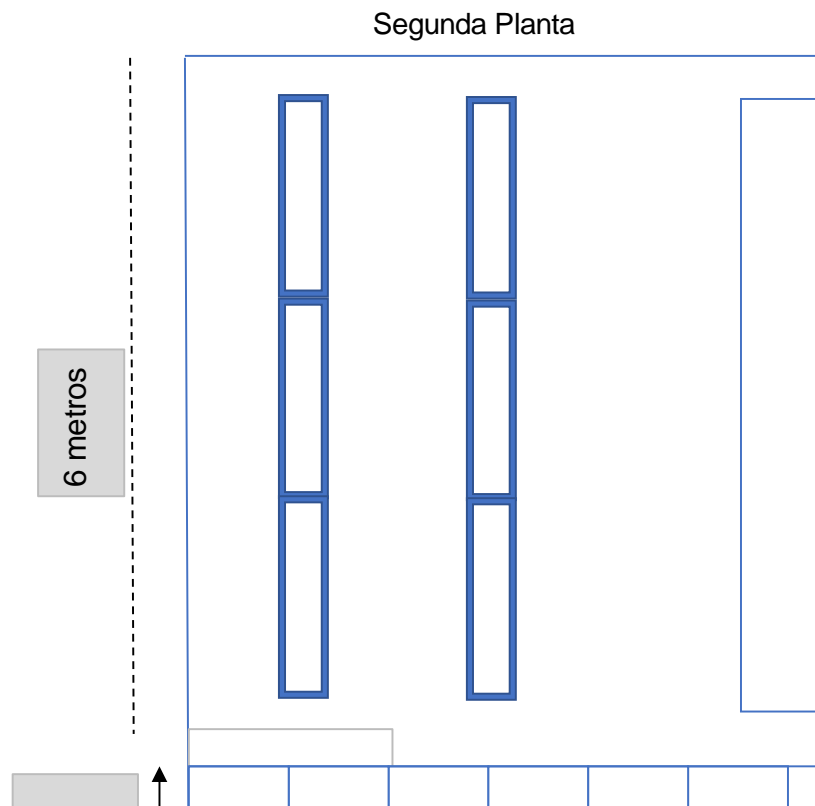
La propuesta presentada de almacenamiento se basó, principalmente, en aspectos como la demanda actual y los niveles de inventario. No obstante, también se hizo un análisis de los niveles de máximos y mínimos establecidos, con lo cual se obtuvo la distribución que se presenta en la parte superior. Viendo esto, se desarrolló un croquis de la bodega utilizando esta metodología, dando como resultado lo que se muestra en la figura 76:



**Figura 76. Propuesta de organización de la bodega (Parte inferior)**

Fuente: elaboración propia.

La distribución presentada, como se observa, cuenta con una optimización del espacio explotada al máximo, lo cual beneficia operativamente de forma sustancial. Es importante destacar que la sección superior cuenta con mejoras en la parte que compete al Departamento de Acueducto, estableciéndose los otros dos estantes.



**Figura 77. Propuesta de distribución, Segunda planta**

Fuente: elaboración propia.

En la figura 77 se observan los estantes 5 y 6, además de un espacio asignado para el resguardo de herramientas, es importante destacar que estas últimas también se resguardan en los demás estantes, específicamente en las canastas organizadoras, donde se puede mantener materiales como brocas, cinceles, entre otros.

## **5.7 Análisis de tiempos de despacho estimados al implementar propuesta**

Parte esencial, por la cual se realiza una nueva propuesta de distribución, es la de disminuir los tiempos de despacho de órdenes. La cantidad de pedidos que se realizan diariamente es relativamente baja (de acuerdo con históricos de boletas de salida de materiales), debido a los tiempos que normalmente se toman para realizar una reparación o instalación. Tomando en cuenta aspectos como almuerzo, desayuno, entre otros, se establece un tiempo adicional al estudio de un 13 % según lo estimado.

En el capítulo de diagnóstico, se presentó una tabla donde se expresan los principales materiales demandados durante el periodo de estudio, así como el tiempo que conlleva buscarlos con la distribución actual de la bodega. De acuerdo con la cantidad de datos recabados para cada material en el capítulo de diagnóstico, se procedió a realizar pruebas en el área de bodega, ubicando los materiales en los puntos estipulados en la organización planteada, para determinar los tiempos de búsqueda aplicando metodologías que beneficien la ubicación pronta, con el objetivo de disminuir los tiempos de búsqueda, despacho y alisto. Con esto, se generó el siguiente promedio de búsqueda, mostrado en la tabla 146, para cada material:

**Tabla 146. Promedio de muestras de tiempos minutos**

Material	Promedio
Cubetas de hipoclorito de calcio de 25 kg	1,40
Adaptador macho de 1/2"	2,05
Unión lisa de ½	3,10
Block de 12 x 20 x 40	2,56
Unión de transición de 1/2"	2,41
Llave de balín metálica de ½	1,58
Codo de 1/2 por 45 BL12 mm	2,37
Tubos de 1/2"	4,37
Tapón liso de 1/2"	3,02
Tee de 1 a ½	3,17

Fuente: elaboración propia.

Al determinar el tiempo promedio, se procedió a sacar el tiempo de búsqueda aplicando la propuesta de distribución presentada, donde se realizaron pruebas ubicando el material en la zona designada, de forma organizada y rotulada, para facilitar la ubicación, así como aligerar el proceso de búsqueda y despacho de materiales, ante lo cual se obtuvieron los siguientes datos mostrados en la tabla 147:

**Tabla 147. Tiempos de búsqueda de materiales (Propuesta aplicada)**

Material	Órdenes Promedio	Tiempo promedio (Minutos)	Tiempo de búsqueda (Minutos)
Cubetas de hipoclorito de calcio de 25 kg	6	1,40	8,40
Adaptador macho de 1/2"	52	2,05	106,60
Unión lisa de ½	37	3,10	114,70
Block de 12 x 20 x 40	5	2,56	12,80
Unión de transición de 1/2"	15	2,41	36,15
Llave de balín metálica de ½	48	1,58	75,84
Codo de 1/2 por 45 BL12 mm	48	2,37	113,76
Tubos de 1/2"	22	4,37	96,14
Tapón liso de 1/2"	56	3,02	169,12
Tee de 1 a ½	54	3,17	171,18

Fuente: elaboración propia.

Al calcular los tiempos de ambas distribuciones, se procedió a realizar la comparación para evidenciar la necesidad de aplicar una mejora en cuanto a la metodología de almacenamiento. Al comparar ambas, se generaron los siguientes resultados de la tabla 148:

**Tabla 148. Resultados de análisis de tiempos**

Material	Distribución Actual			Distribución Propuesta		Tiempo reducido
	Tiempo Adicional concedido	Tiempo de búsqueda (Minutos)	Total	Tiempo de búsqueda (Minutos)	Total	
Cubetas de hipoclorito de calcio de 25 kg	13%	12,6	14,238	8,4	9,492	4,2
Adaptador macho de 1/2"	13%	233,48	263,8324	106,6	120,458	126,88
Unión lisa de ½	13%	156,88	177,2744	114,7	129,611	42,18
Block de 12 x 20 x 40	13%	28,9	32,657	12,8	14,464	16,1
Unión de transición de 1/2"	13%	64,95	73,3935	36,15	40,8495	28,8
Llave de balín metálica de ½	13%	176,64	199,6032	75,84	85,6992	100,8
Codo de 1/2 por 45 BL12 mm	13%	212,64	240,2832	113,76	128,5488	98,88
Tubos de 1/2"	13%	129,14	145,9282	96,14	108,6382	33
Tapón liso de 1/2"	13%	250,88	283,4944	169,12	191,1056	81,76
Tee de 1 a ½	13%	244,62	276,4206	171,18	193,4334	73,44
			1707,1249		1022,2997	606,04

Fuente: elaboración propia.

Los resultados obtenidos en la tabla 148 reflejan cómo, al aplicar los cambios propuestos en la metodología de almacenamiento, generan una disminución de tiempos en aproximadamente un 59,88 %, por lo cual se recomienda la aplicación pronta de la nueva metodología. Estos cambios traen consigo beneficios cuantificables en temas de disminución de tiempos, lo cual permite mejor aprovechamiento para atender necesidades operativas.

## 5.8 Propuesta para eliminar el extravío de piezas

Las deficientes formas como se controla actualmente la salida de materiales propician diferencias en los registros del departamento respecto a las existencias reales en bodega. Al realizar el diagnóstico, se identificó que gran parte de estas situaciones se deriva de que no se entregan las correspondientes boletas para archivar en el Departamento de Acueducto. Por ende, se procedió a realizar la modificación en las boletas y el método de control.

En primera instancia, se incorporó una segunda copia al talonario de boletas, ya que anteriormente se manejaba una copia, la cual quedaba en la bodega y la original la manejaba el fontanero. La original en muchos casos no se entregaba, lo cual repercutía, debido a que no se generaba la salida correspondiente. Con esta tercera boleta, se busca manejar un respaldo en el departamento de las salidas registradas por cada fontanero y obligar a la entrega de la original a estos. Además, se lleva un registro del consecutivo, donde se expresa la hora y el nombre del fontanero que presentó la boleta de solicitud de materiales. Al final del día, se les solicita, antes de marcar salida, que entreguen las boletas generadas por cada cuadrilla y se contrastan con los registros para ver que no existan anomalías. En caso de que una boleta quede nula, se archiva de igual forma en ambos registros para evitar perder el control de consecutivos.

Los sábados, se otorga al encargado de cuadrillas de fontanería la responsabilidad de autorizar, inspeccionar y revisar las salidas de materiales. Este debe entregar, a inicio de la siguiente semana, todas las órdenes generadas, las cuales deben calzar de forma exacta con los consecutivos de las boletas. Además, cada semana se va a evaluar, al inicio, los niveles de inventario registrados por la encargada de bodega,

contrastados con los registros del departamento para alcanzar la exactitud deseada en el inventario.

Con estas acciones, se estima la mitigación completa del problema de extravío de materiales al aplicar métodos de control breves, pero que garantizan un seguimiento oportuno de cada movimiento realizado.

## **5.9 Análisis económico**

Con el objetivo de evidenciar los beneficios expresados de forma cuantitativa, se procedió a realizar un análisis económico para validar la factibilidad de llevar a cabo las propuestas. En primera instancia, se estableció un listado de los ahorros que se presentan al aplicar las propuestas presentadas y se obtuvieron los siguientes datos:

### **- Ahorro de los costos de disipación de materiales:**

Una situación identificada fue la disipación del hipoclorito de calcio, la cual ocasionaba costos de obsolescencia que perjudicaban al departamento. Al establecer metodologías de almacenamiento que permiten favorecer las condiciones para preservar el material, sin alterar sus propiedades físicas, se elimina por completo el riesgo de que se presente esta situación. Por lo cual se generaría un ahorro económico de ¢3.256.380,64 al erradicar las situaciones identificadas.

### **- Ahorro de material extraviado:**

Los controles deficientes que han permitido el extravío de inventario sin conocer su movimiento ni su utilización se erradican, al establecer metodologías de control que permiten dar seguimiento a los materiales. Por ende, durante el último período referente al año 2017-2018, en el mes de junio concretamente, se estableció un costo

derivado del extravío de materiales de ₪37.902.106,00, el cual aplicando las propuestas planteadas se eliminaría, generando el ahorro deseado atinente a esta problemática.

**- Ahorro en orden de compras:**

Al establecer las propuestas de mejora, se evidencia que, utilizando la metodología planteada para el proceso de compras, el gasto se disminuye al comprar únicamente lo requerido por el departamento, eliminando problemas como el sobreinventario y faltante de materiales. Ante esto, se estima un ahorro de ₪ 22.772.659,00 de acuerdo con la última orden de compra emitida por el departamento, una vez establecidas las mejoras al proceso.

Flujo	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
<b>Ahorros estimados</b>													
Disipacion u Obsolescencia	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	₪ 3 256 380,64
Orden de compra emitida	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	₪ 22 772 659,00
Materiales extraviados	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	₪ 37 902 106,00
Total de Ingresos	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	₪ 63 931 145,64
<b>Inversion estimada</b>													
Estantes	₪ 2 240 000,00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Canastas Organizadoras	₪ 1 617 000,00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Total de Egresos	₪ 3 857 000,00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Total	-₪ 3 857 000,00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	₪ 63 931 145,64

**Figura 78. Análisis económico**

Fuente: elaboración propia.

El análisis realizado evidencia cómo los ahorros estimados se generan en el último periodo. Esto se debe a la metodología actual de trabajo del departamento. Una vez determinado el flujo de efectivo, se realizó el cálculo de los indicadores de interés para el proyecto planteado, como lo son el VAN, TIR y el análisis costo-beneficio. Además, para el estudio, se estipuló una tasa de interés de 2,24 % (inflación estimada para el periodo de agosto de 2018).

Esto se debe a que, de acuerdo con lo especificado, la municipalidad cuenta con presupuesto para desarrollo de proyectos internos, por lo cual no se requiere capital externo (bancos). Una vez determinados estos factores, se obtuvieron los siguientes resultados de la tabla 149:

**Tabla 149. Cálculo de indicadores**

Cálculo	
VAN	¢45 150 482,92
TIR	26,36%
COSTO BENEFICIO	12,70611432
VAN DE INGRESOS	¢49 007 482,92
VAN DE INVERSION	¢3 857 000,00

Fuente: elaboración propia.

Con esto, se puede determinar que, de acuerdo con los resultados reflejados, el proyecto presenta una viabilidad económica para el departamento.

## 5.10 Propuesta para controlar el sistema

Al aplicar cualquier mejora en un área específica, se deben establecer controles que midan y garanticen el éxito del proyecto. Ante estos, se define una serie de indicadores y controles para evitar recaer en situaciones adversas.

### 5.10.1 Definición de indicadores

Es importante determinar en el proyecto indicadores que evidencien mejoras puntuales en el proceso y, a la vez, permitan llevar un control exhaustivo, los cuales se explican a continuación:

- **Rotación de inventarios:** con este indicador se pretende identificar todos los materiales que no presentan movimiento alguno en los periodos de estudio y tomar decisiones respecto a si comprar o no este en futuras órdenes de compra.

Para determinar el cálculo de la rotación del inventario, se va a utilizar como referencia la demanda del último periodo, con el fin de evidenciar el comportamiento de los materiales y tomar decisiones respecto a los que cuenten con una rotación nula ( $R.i=0$ ) en el periodo de estudio, para evitar estancamiento de materiales y compras innecesarias. Se busca con este indicador evitar saturación en la bodega para mantener la optimización en el espacio.

Rotación de inventario  $> 0$

- **Costo de obsolescencia:** evidenciar por medio de este el costo generado por la obsolescencia o disipación de los materiales resguardados. Con esto, se busca

establecer medidas en caso de que la situación se repita y analizar posibles causas que afecten las propiedades del material.

Se evalúan los registros de obsolescencia presentes en los periodos de estudio, para determinar el costo generado en caso de que se presente esta situación. Como parámetro de medición, se busca que el costo derivado por obsolescencia o disipación sea de  $\$0$  y en caso de evidenciar situaciones, tomar medidas de corrección para alcanzar el nivel deseado.

Costo de obsolescencia = 0

- **Nivel de inventario:** se busca con el proyecto disminuir considerablemente los niveles de inventario que maneja en la actualidad el departamento, comprando única y exclusivamente lo requerido, de acuerdo con la demanda identificada. Por ende, de acuerdo con los máximos y mínimos establecidos con anterioridad, se van a controlar los niveles de inventario para evitar recaer en situaciones de sobreinventario o faltante de materiales. Por ende:

$EMN < \text{Nivel de inventario} < EMX$

## 5.11 Diagrama de Gantt

<input type="checkbox"/>	<b>Implementación de 5S</b>	<b>22/06/18</b>	<b>27/08/18</b>		<b>99%</b>	<b>47d</b>	
<input checked="" type="checkbox"/>	Reuniones previas con el personal	22/06/18	22/06/18	Encargados del departamento	100%	1d	Implementado
<input checked="" type="checkbox"/>	Limpieza Inicial área de bodega	25/06/18	28/06/18	Departamento de limpieza	100%	4d	2 Implementado
<input checked="" type="checkbox"/>	Desarrollo de segunda etapa	02/07/18	08/08/18	Encargados del departamento	100%	28d	Implementado
<input checked="" type="checkbox"/>	Desarrollo de tercera etapa	13/08/18	16/08/18	Encargados del departamento	100%	4d	Implementado
<input checked="" type="checkbox"/>	Desarrollo de cuarta etapa	17/08/18	21/08/18	Encargados del departamento	100%	3d	Implementado
<input checked="" type="checkbox"/>	Desarrollo de controles visuales	22/08/18	27/08/18	Encargados del departamento	100%	4d	Implementado
<input type="checkbox"/>	Desarrollo de actividades grupales			Departamento de acueducto	16%		Actividades desarrolladas a finales de mes
<input type="checkbox"/>	<b>Propuesta de sistema de manejo y control de inventario</b>	<b>11/06/18</b>	<b>28/09/18</b>		<b>100%</b>	<b>80d</b>	
<input checked="" type="checkbox"/>	Análisis de demanda periodo 2017-2018	11/06/18	24/08/18	Encargados del departamento	100%	55d	Esperando Ejecucion
<input checked="" type="checkbox"/>	Determinación de pronosticos	27/08/18	28/09/18	Encargados del departamento	100%	25d	Esperando Ejecucion
<input type="checkbox"/>	<b>Desarrollo de propuesta para garantizar los niveles óptimos de los materiales</b>	<b>24/08/18</b>	<b>13/09/18</b>		<b>100%</b>	<b>15d</b>	
<input checked="" type="checkbox"/>	Establecimiento de mínimos y máximos	24/08/18	13/09/18	Encargados del departamento	100%	15d	Esperando ejecución en periodo 2018-2019
<input checked="" type="checkbox"/>	Establecimiento de cantidad optima de pedido	24/08/18	13/09/18	Encargados del departamento	100%	15d	Esperando ejecución en periodo 2018-2019
<input checked="" type="checkbox"/>	Establecimiento de puntos de reorden	24/08/18	13/09/18	Encargados del departamento	100%	15d	Esperando ejecución en periodo 2018-2019
<input type="checkbox"/>	<b>Desarrollo de propuesta de almacenamiento para optimizar espacio y tiempo de búsqueda</b>	<b>27/08/18</b>	<b>27/05/19</b>		<b>0%</b>	<b>196d</b>	
<input checked="" type="checkbox"/>	Análisis de materiales con un punto específico de almacenamiento	27/08/18	07/09/18	Encargados del departamento	0%	10d	Esperando aprobación de altos medios
<input type="checkbox"/>	Desarrollo de Clasificación ABC	10/09/18	22/10/18	Encargados del departamento	0%	31d	Esperando aprobación de altos medios
<input type="checkbox"/>	Propuesta de almacenamiento de materiales	10/09/18	22/10/18	Encargados del departamento	0%	31d	Esperando aprobación de altos medios
<input type="checkbox"/>	Eliminación del porton secundario	22/10/18	08/11/18	Encargados del departamento	0%	14d	Esperando aprobación de altos medios
<input type="checkbox"/>	Reorganización de la bodega propuesta	07/01/19	27/05/19		0%	101d	Esperando aprobación de altos medios
<input type="checkbox"/>	<b>Desarrollo de propuesta para controlar sistema</b>	<b>26/09/18</b>	<b>26/09/18</b>		<b>100%</b>	<b>1d</b>	
<input checked="" type="checkbox"/>	Definición de indicadores	26/09/18	26/09/18	Encargados del departamento	100%	1d	Establecidos
<input type="checkbox"/>	<b>Capacitación del personal</b>				<b>0%</b>		
<input checked="" type="checkbox"/>	Capacitación en temas de manejo y control del inventario			Encargados del departamento	0%		Por definir fechas específicas para capacitar

Figura 79. Diagrama de Gantt

Fuente: elaboración propia.

La figura 79 muestra el diagrama Gantt de las actividades estipuladas en el estudio realizado. Es importante determinar que las herramientas están estructuradas para utilizarse en el siguiente periodo referente 2018-2019. Por otro lado, la propuesta referente a la optimización requiere de análisis de la junta directiva para su aprobación. Por ende, se establecen fechas planteadas en caso de presentarse una pronta aprobación del presupuesto, para iniciar los trabajos requeridos y realizar la inversión necesaria.

## **CAPÍTULO VI: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

## 6.1 Conclusiones

El proyecto plantea propuestas de mejora en los ámbitos considerados de prioridad, de acuerdo con lo reflejado al utilizar la herramienta FMEA, donde se expresa concretamente enfatizar el proyecto en estos puntos:

- Falta de un adecuado sistema de administración y control de inventario.
- Escasas metodologías que den soporte al proceso de compras, para evitar la subjetividad en el proceso de toma de decisiones.
- Materiales expuestos fuera del área de bodega producto del sobreinventario al comprar ciertos materiales.
- Escasas metodologías de almacenamiento de materiales, lo que dificulta la búsqueda de estos propiciando un aumento en los tiempos de despacho de órdenes.

Con estas causas, se desarrollaron las propuestas enfocadas en disminuir los efectos que se generan al departamento. En primera instancia, se estableció un sistema de manejo y control del inventario, mediante la utilización de métodos de análisis de demanda y proyecciones, para evitar generar faltantes de materiales, así como observar el comportamiento de los materiales en relación con el tiempo. Estas herramientas generaron datos extra de interés, como la estacionalidad presente en los meses de setiembre y octubre, donde se genera un aumento espontáneo de la demanda por factores externos al departamento. Esta propuesta genera réditos eliminando la subjetividad con la que se realizan los procesos de toma de decisiones en el departamento.

Por otra parte, se concluye que, con la aplicación de metodologías como el establecimiento de los máximos y mínimos, la cantidad de pedido óptima y el punto de reorden, se genera un ahorro económico de ₡63.931.145,64, al eliminar situaciones de sobreinventario y al controlar de forma más robusta el inventario en el departamento. No obstante, es importante destacar que este ahorro se refleja al aplicar las propuestas planteadas, ya que se encuentran entrelazadas.

Por último, se concluye que el área de bodega requiere una reorganización pronta que beneficie al departamento y a los procesos como tal. Se expresa la necesidad de acoplar el *lay out* actual a los requerimientos reales del departamento, utilizando un almacenamiento ABC en los materiales propuesto y realizando una inversión enfocada en comprar estantes y canastas que permitan establecer un orden en la bodega. Con esto se concluye que, al aplicar esta propuesta, se puede generar un ahorro de tiempo de un 58 % en los tiempos de alisto, despacho y búsqueda de materiales.

Para finalizar, de acuerdo con el estudio económico realizado, se determina que el proyecto planteado tiene un porcentaje de ahorro de un 12,70 (beneficio/costo), lo cual a modo de conclusión recalca la viabilidad del proyecto propuesto.

## 6.2 Recomendaciones

- La principal recomendación derivada del proyecto consiste en realizar de manera pronta la inversión para reorganizar la bodega con la eliminación del portón secundario, así como la adquisición del material necesario para organizarla (estantes industriales y canastas organizadoras), la cual tiene un costo estimado de ¢3.857.000, con el objetivo de generar el impacto deseado por el proyecto en cuanto a disminución del 58 % del tiempo de despacho de órdenes. Además, se estiman ahorros económicos en el proceso de compras, el extravío de materiales y las situaciones de disipación presentadas. El monto estimado de ahorro es de ¢63.931.145,64, por lo cual la viabilidad del proyecto se expresa de acuerdo con los ahorros generados.
- Estructurar adecuadamente el sistema de compras basado en indicadores brindados en el proyecto, para eliminar las situaciones identificadas de compras ineficientes donde se afecta la productividad del departamento.
- Coordinar con Proveeduría los tiempos de respuesta a las órdenes de compra, para evitar que se extiendan más de lo debido.
- Mejorar la comunicación interna entre el Departamento de Acueducto y la bodega, a la hora de manejar los registros de inventario, para evitar diferencias que perjudican al final de periodo.
- Capacitar a la encargada de bodega respecto a temas de manejo de inventario, para evitar que se presenten las situaciones como la disolución de materiales, o bien, el almacenamiento en puntos no establecidos

## **BIBLIOGRAFÍA**

- Alaya, A. B. (2016). El método Seis Sigma: Mejore los resultados de su negocio. *50Minutos.es*.
- Alegría, C., López, J. y Ulloa, J. (2017). *Diseño de un sistema para la mejora de la planeación de requerimientos y control de inventarios de la empresa Neón Nieto*. (Tesis de Licenciatura en Ingeniería Industrial). Recuperado de <http://repositorio.sibdi.ucr.ac.cr:8080/jspui/handle/123456789/3840>
- Andino, R. M. (2018). *Gestión de operaciones y logística*. Recuperado de [http://api.eoi.es/api\\_v1\\_dev.php/fedora/asset/eoi:48259/componente48257.pdf](http://api.eoi.es/api_v1_dev.php/fedora/asset/eoi:48259/componente48257.pdf)
- Baca, G., Cruz, M., Cristóbal, M., Baca, G., Gutiérrez, J., Pacheco, A., Rivera, A., Rivera, I. y Obregón, M. (2014). *Introducción a la Ingeniería Industrial*. México: Grupo Editorial Patria.
- Bowersox, D. J., Closs D. J. y Cooper M. B. (2007). *Administración y Logística en la cadena de suministros* (2da. ed.). México: McGraw-Hill.
- Cano, K., Goluboay, O. y Redondo, E. (2016). *Rediseño de los procesos de almacenamiento y abastecimiento del centro de distribución en seco de Auto Mercado*. (Tesis de Licenciatura en Ingeniería Industrial). Recuperado de <http://repositorio.sibdi.ucr.ac.cr:8080/jspui/handle/123456789/3494>
- Castellanos, A. (2015). *Logística comercial internacional*. Colombia: Universidad del Norte.
- Chopra, S. y Meindl, P. (2013). *Administración de la Cadena de Suministro* (5ta. ed.). México: Pearson Education.

- Coyle, J., Langley, C., Novack, R. y Gibson, B. (2017). *Administración de la cadena de suministro* (10a. ed.). México: Cengage.
- Escrivá, J., Savall, V. y Martínez, A. (2014). *Gestión de compras*. Aravaca (Madrid): McGraw-Hill.
- González, D. y Sánchez, G. (2010). *Diseño de un modelo de gestión de inventarios para la empresa importadora de vinos y licores Global Wine And Spirits Ltda.* (Tesis para optar al grado de ingeniero industrial). Recuperado de <http://www.javeriana.edu.co/biblos/tesis/ingenieria/tesis423.pdf>
- Gutiérrez, H. (2014). *Calidad y productividad* (4a. ed.). México: McGraw-Hill Interamericana.
- Hernández, J. y Rodríguez, Y. (2010). *Proyecto de mejora mediante las herramientas de la ingeniería industrial, en el funcionamiento de un almacén de hilos.* (Tesis para optar al grado de ingeniero mecánico electricista). Recuperado de <http://www.ptolomeo.unam.mx:8080/xmlui/bitstream/handle/132.248.52.100/1386/Tesis%20Completa.pdf?sequence=1>
- Membrado, J. (2014). *Metodologías avanzadas para la planificación y mejora*. Madrid: Ediciones Díaz de Santos.
- Miño, G., Saumell, E., Toledo, A., Roldan, A. y García, R. (Agosto 2015). Planeación de requerimientos de materiales por el sistema MRP. Caso Laboratorio Farmacéutico Oriente. *Tecnología Química* 35(2), 208-219.
- Montemayor, J. (2012). *Métodos de pronósticos para negocios*. Monterrey: Editorial Digital.

- Monzón, R. (2012). *Administración estratégica de inventarios de insumos en industrias de productos para la construcción*. (Tesis para optar al grado de Maestro en Ciencias). Universidad de San Carlos de Guatemala, Guatemala.
- Municipalidad de Santa Bárbara. (2018). *Municipalidad de Santa Bárbara. El sitio oficial del Gobierno Local*. Recuperado de <http://santabarbara.go.cr/>
- Paz, H. (2008). *Canales de Distribución: Estrategia y Logística Comercial*. Buenos Aires: Ugerman Editor.
- Perdomo, M. y Largacha, O. (2013). *Mejoramiento de la gestión de inventarios de la comercializadora Konsumaz ubicada en Santiago de Cali*. (Tesis para optar al grado de ingeniero industrial). Recuperado de <https://red.uao.edu.co/bitstream/10614/5548/1/TID01997.pdf>
- Peter, S. (2013). *Administración de la cadena de suministro*. México: Pearson Educación.
- Piña, J. (2012). Determinación de la cantidad económica de pedido en una empresa cauchera venezolana aplicando la técnica LIMIT. *Ingeniería Industrial. Actualidad y Nuevas Tendencias*, 9, 61-72. Recuperado de <https://www.redalyc.org/pdf/2150/215026158008.pdf>
- Real Academia Española. (2018). *Concepto de logístico*. Recuperado de <http://dle.rae.es/?id=NZJWMiV>
- Rodríguez, M. (2002). *Implementación de la metodología 5S en una empresa litográfica*. (Tesis para optar al grado de ingeniero industrial). Facultad de Ingeniería Mecánica y Ciencias de producción, Colombia.

Salas, K., Maiguel, H. y Acevedo, J. (Junio 2017). Metodología de Gestión de Inventarios para determinar los niveles de integración y colaboración en una cadena de suministro. *INGENIARE - Revista Chilena de Ingeniería* 25(2), 326-337.

Salazar, B. (Noviembre de 2016). *Herramientas para el ingeniero industrial*.

Recuperado de <https://www.ingenieriaindustrialonline.com/herramientas-para-el-ingeniero-industrial>

Trust, S. (2006). *El dinero y el ahorro*.

Recuperado de

[https://www.economicas.unsa.edu.ar/afinan/informacion\\_general/book/libro\\_dinero\\_y\\_ahorro.pdf](https://www.economicas.unsa.edu.ar/afinan/informacion_general/book/libro_dinero_y_ahorro.pdf)

USAID | PROYECTO DELIVER. (2011). *Manual de logística. Guía práctica para la gerencia de cadenas de suministros de productos de salud*. Recuperado de <http://apps.who.int/medicinedocs/documents/s20211es/s20211es.pdf>

Villagra, J. (2016). *Indicadores de gestión* (1a. ed.). México: Cengage Learning Latinoamérica.

# ANEXOS

# Encuesta elaborada al personal del departamento

Elaborada por Néstor Alonso González Muñoz

Encuesta # \_\_\_\_\_

*Departamento de Acueducto Municipalidad de Santa Bárbara*

La presente encuesta tiene como objetivo evidenciar y conocer más respecto a los problemas que presenta el departamento en temas de administración y gestión del inventario. Se busca recopilar información que permita sustentar el proyecto de investigación que se realiza actualmente en el Departamento de Acueducto referente a temas de logística. A continuación, se le brindan una serie de preguntas puntuales basadas en tres áreas específicas del proceso de administración y gestión de inventario, las cuales son:

- + Procesamiento de compras
- + Procesos de almacenamiento
- + Control y manejo del inventario

## DESARROLLO

1. ¿Qué tan eficiente es el manejo logístico en el Departamento de Acueducto según su criterio?

Comentarios:

---

---

---

<b>Escala de medición</b>	<b>Valoración</b>
Muy bueno	5
Bueno	4
Regular	3
Malo	2
Muy malo	1

2. ¿Cuál es su percepción personal respecto al proceso de compras de materiales del departamento?

Comentarios:

---

---

---

<b>Escala de medición</b>	<b>Valoración</b>
Muy bueno	5
Bueno	4
Regular	3
Malo	2
Muy malo	1

3. De acuerdo con el proceso de compras, enumere posibles causas que repercuten en el proceso actual, según criterio propio, donde 10 representa el punto de mayor impacto y 1 el de menor.

Poca planificación en el proceso de compras.	
Presupuesto reducido.	
No se realiza un análisis previo de demanda.	
Se compra más o menos de lo requerido.	
Compras aceleradas.	
Bienes o productos dañados.	
Tiempos de abastecimiento prolongados.	
Extensos tiempos para tramitar orden por parte de proveeduría.	
Inconvenientes con entrega de pedidos.	
Se administran todos los productos por igual.	

Comentarios:

---



---



---

4. ¿Cuál es su percepción personal respecto al procedimiento de almacenamiento de materiales en la bodega?

Comentarios:

---

---

---

<b>Escala de medición</b>	<b>Valoración</b>
Muy bueno	5
Bueno	4
Regular	3
Malo	2
Muy malo	1

5. De acuerdo con el procedimiento de almacenamiento, enumere posibles causas que repercuten en el proceso actual, según criterio propio, donde 10 representa el punto de mayor impacto y 1 el de menor.

Poco espacio físico.	
Escasa rotulación en el área de bodega.	
La organización de la bodega ( <i>lay out</i> ) no es adecuada a las necesidades operativas.	
No se conoce de manera exacta la ubicación de los materiales.	
Falta de información en tiempo real.	
Caducidad u obsolescencia de materiales.	
Rutas poco optimizadas.	
Desconoce rotación del inventario.	
Inadecuado tipo de almacenaje para algunos productos.	
Errores al introducir datos en el sistema (Excel).	

Comentarios:

---



---



---

6. ¿Cuál es su percepción personal respecto al manejo y control del inventario por parte del departamento?

Comentarios:

---

---

---

<b>Escala de medición</b>	<b>Valoración</b>
Muy bueno	5
Bueno	4
Regular	3
Malo	2
Muy malo	1

7. De acuerdo con el manejo y control de inventarios, enumere posibles causas que repercuten en el proceso actual, según criterio propio, donde 10 representa el punto de mayor impacto y 1 el de menor.

Falta de registros de movimiento de inventario.	
Exceso o carencia de inventario.	
Despacho de productos que no se aplica la salida de bodega.	
Problemas en el proceso de abastecimiento.	
Falta de sistemas integrados para manejar y controlar el inventario.	
Hurto de materiales.	
Escasas metodologías para optimizar el área de bodega.	
Diferencias de inventario al realizar cierres.	
Mala comunicación entre departamentos.	
Escaso control de salidas y entradas de material.	

Comentarios:

---



---



---

8- De los puntos presentados anteriormente (Proceso de compras, Almacenamiento, Manejo y Control del Inventario), ¿cuál considera usted que es necesario priorizar para realizar mejoras en temas logísticos?

Marcar la opción en el cuadro

Proceso de compras	Almacenamiento	Manejo y control del inventario

Comentarios:

---

---

---