

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA INDUSTRIAL Y DE SISTEMAS**



**TESIS:**

**IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE PLANEACIÓN DE MATERIALES EN  
EL ESTUDIO DE INGENIERÍA DE UN PROYECTO DE INVERSIÓN INDUSTRIAL  
PESQUERO**

**PARA OBTENER EL GRADO ACADÉMICO DE DOCTOR  
EN INGENIERÍA INDUSTRIAL**

**ELABORADA POR:**

**Mag. CHRISTIAN RENÉ RAMOS ÁNGELES**

**ASESOR:**

**Dra. GLORIA ESTHER VALDIVIA CAMACHO**

**LIMA-PERÚ**

**2021**

## **DEDICATORIA**

Al Dios de Abraham, Isaac y Jacob,  
mi Señor, creador de los cielos y de la tierra.

## **AGRADECIMIENTOS**

Al Dios de Abraham, Isaac y Jacob,  
por guiarme y sostenerme todos los días.

A la Universidad Nacional de Ingeniería,  
alta casa de estudios superiores en ciencias  
y tecnología, por abrirme sus puertas.

A mi asesora de tesis, por su apoyo  
inconmensurable y valiosos consejos.

Al jurado especialista, por las precisas  
sugerencias en la mejora de la tesis.

A todos los profesores que he tenido en  
este largo camino, por sus invaluable  
enseñanzas y conocimientos brindados.

A las instituciones académicas que me  
permitieron desarrollar los temas  
de la tesis doctoral.

A la plana administrativa, por su denodada  
labor en servicio de la universidad.

A mis compañeros de aula, por compartir  
grandes momentos de amistad y de  
intercambios de saberes.

A mi familia y amistades, por su  
comprensión por el tiempo destinado en el  
desarrollo de la tesis.

A quien me enseñó a estudiar la Biblia,  
para ver el camino de la luz con el Eterno.

## ÍNDICE DE CONTENIDO

RESUMEN .....	xxviii
PALABRAS CLAVES.....	xxviii
ABSTRACT .....	xxix
KEYWORDS .....	xxix
INTRODUCCIÓN .....	1
CAPÍTULO I. METODOLOGÍA.....	3
1.1. ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN.....	3
1.2. DESCRIPCIÓN DE LA REALIDAD PROBLEMÁTICA.....	8
1.3. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA .....	10
1.3.1. PROBLEMA GENERAL.....	11
1.3.2. PROBLEMAS ESPECÍFICOS .....	11
1.4. JUSTIFICACIÓN E IMPORTANCIA DE LA INVESTIGACIÓN.....	11
1.5. OBJETIVOS DE INVESTIGACIÓN .....	12
1.5.1. OBJETIVO GENERAL .....	12
1.5.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS .....	12
1.6. HIPÓTESIS DE INVESTIGACIÓN .....	12
1.6.1. HIPÓTESIS GENERAL.....	12
1.6.2. HIPÓTESIS ESPECÍFICAS.....	12
1.7. VARIABLES E INDICADORES .....	13

1.8.	UNIDAD DE ANÁLISIS .....	15
1.9.	TIPO Y NIVEL DE INVESTIGACIÓN .....	15
1.10.	PERIODO DE ANÁLISIS .....	16
1.11.	FUENTES DE INFORMACIÓN E INSTRUMENTOS UTILIZADOS .....	17
1.12.	TÉCNICAS O PROCEDIMIENTOS DE RECOLECCIÓN Y PROCESAMIENTO DE DATOS .....	17
1.12.1.	SISTEMA PROPUESTO PARA LA TESIS DOCTORAL .....	17
1.12.2.	ESCENARIOS DE PROYECTOS EN LA TESIS DOCTORAL .....	18
1.12.3.	ESTIMADOR DEL PARÁMETRO.....	19
1.12.4.	PRUEBAS ESTADÍSTICAS.....	20
1.12.4.1.	PRUEBAS DE COMPARACIÓN DE MEDIAS .....	20
1.12.4.2.	PRUEBAS DE COMPARACIÓN DE VARIANZAS .....	24
	CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO .....	29
2.1.	MARCO TEÓRICO .....	29
2.1.1.	PRONÓSTICOS.....	29
2.1.1.1.	CLASIFICACIÓN DE LOS PRONÓSTICOS .....	30
2.1.1.1.1.	MODELO DE REGRESIÓN LINEAL .....	31
2.1.1.1.2.	MODELO DE DESCOMPOSICIÓN DE SERIES DE TIEMPO .....	32
2.1.1.1.3.	MÉTODO DE WINTERS.....	34
2.1.1.1.4.	TÉCNICA BOX-JENKINS .....	36
2.1.1.2.	INDICADORES DE ERROR DEL PRONÓSTICO .....	39
2.1.1.2.1.	DESVIACIÓN MEDIA ABSOLUTA .....	39
2.1.1.2.2.	ERROR PORCENTUAL ABSOLUTO MEDIO .....	39
2.1.1.2.3.	DESVIACIÓN CUADRÁTICA MEDIA.....	39
2.1.2.	ADMINISTRACIÓN DE INVENTARIOS .....	40
2.1.2.1.	MODELO DE LA CANTIDAD ECONÓMICA A ORDENAR .....	40
2.1.2.2.	MODELO DE LA CANTIDAD ECONÓMICA A PRODUCIR.....	42

2.1.2.3.	MODELO DE DESCUENTO POR CANTIDAD .....	43
2.1.3.	PLANEACIÓN AGREGADA DE LA PRODUCCIÓN.....	43
2.1.3.1.	ESTRATEGIAS EN LA PLANEACIÓN AGREGADA .....	44
2.1.3.2.	MÉTODOS PARA LA PLANEACIÓN AGREGADA .....	45
2.1.4.	PROGRAMA MAESTRO DE PRODUCCIÓN .....	46
2.1.5.	PLANEACIÓN DE REQUERIMIENTOS DE MATERIALES .....	47
2.1.5.1.	LISTA DE MATERIALES .....	49
2.1.5.2.	ESTRUCTURA DEL PLAN DE REQUERIMIENTO DE MATERIALES ...	49
2.1.6.	INDICADORES ECONÓMICOS FINANCIEROS.....	50
2.1.6.1.	VALOR ACTUAL NETO.....	50
2.1.6.2.	TASA INTERNA DE RETORNO.....	50
2.1.6.3.	RATIO BENEFICIO COSTO.....	50
2.1.6.4.	PERIODO DE RECUPERACIÓN DE LA INVERSIÓN .....	51
2.1.6.5.	ÍNDICE DE RENTABILIDAD .....	51
2.2.	MARCO CONCEPTUAL .....	51
CAPÍTULO III. IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA DE PLANEACIÓN DE MATERIALES EN EL ESTUDIO DE INGENIERÍA DEL PROYECTO DE INVERSIÓN.....		55
3.1.	DEFINICIÓN TÉCNICA DEL PRODUCTO .....	55
3.2.	DEFINICIÓN DEL PROCESO .....	55
3.3.	SISTEMA DE PLANEACIÓN DE MATERIALES .....	57
3.3.1.	PRONÓSTICOS DE LAS VENTAS INTERNAS DE CONSERVAS DE PESCADO.....	57
3.3.1.1.	PRONÓSTICOS EN BASE A DATOS DE UN AÑO (2014).....	62
3.3.1.2.	PRONÓSTICOS EN BASE A DATOS DE DOS AÑOS (2013-2014) .....	64
3.3.1.3.	PRONÓSTICOS EN BASE A DATOS DE TRES AÑOS (2012-2014) .....	69
3.3.1.4.	PRONÓSTICOS EN BASE A DATOS DE CUATRO AÑOS (2011-2014)	73

3.3.1.5.	PRONÓSTICOS EN BASE A DATOS DE CINCO AÑOS (2010-2014) ...	79
3.3.2.	PLAN AGREGADO DE PRODUCCIÓN.....	99
3.3.3.	PROGRAMA MAESTRO DE PRODUCCIÓN .....	117
3.3.4.	PLAN DE REQUERIMIENTOS DE MATERIALES .....	122
3.4.	PROGRAMA DE PRODUCCIÓN .....	129
3.5.	CAPACIDAD DE PLANTA .....	130
3.6.	REQUERIMIENTOS DEL PROYECTO.....	132
3.6.1.	REQUERIMIENTOS DE MÁQUINAS Y EQUIPOS DE PROCESO .....	132
3.6.2.	REQUERIMIENTOS DE EQUIPOS Y MUEBLES DE OFICINA .....	132
3.6.3.	REQUERIMIENTO DE MATERIALES DIRECTOS .....	133
3.6.4.	REQUERIMIENTO DE SUMINISTROS .....	135
3.6.5.	REQUERIMIENTO DE PERSONAL.....	136
3.7.	ESTUDIO ECONÓMICO DEL PROYECTO.....	136
3.7.1.	INVERSIÓN Y FINANCIAMIENTO.....	137
3.7.2.	PRESUPUESTOS DE INGRESOS, COSTOS Y GASTOS .....	143
3.7.2.1.	PRESUPUESTO DE INGRESOS POR VENTA .....	143
3.7.2.2.	COSTO ANUAL DEL PERSONAL .....	144
3.7.2.3.	PRESUPUESTO DE COSTOS DE PRODUCCIÓN .....	145
3.7.2.4.	PRESUPUESTO DE GASTOS OPERATIVOS.....	151
3.7.2.5.	PRESUPUESTO DE GASTOS FINANCIEROS.....	152
3.7.2.6.	COSTO TOTAL DEL PROYECTO .....	153
3.7.2.7.	PUNTO DE EQUILIBRIO.....	158
3.7.3.	ESTADOS ECONÓMICOS Y FINANCIEROS .....	160
3.7.3.1.	ESTADO DE GANANCIAS Y PÉRDIDAS ECONÓMICO.....	160
3.7.3.2.	ESTADO DE GANANCIAS Y PÉRDIDAS FINANCIERO .....	162
3.7.3.3.	FLUJO DE CAJA ECONÓMICO.....	164

3.7.3.4.	FLUJO DE CAJA FINANCIERO .....	165
3.7.4.	EVALUACIÓN ECONÓMICA Y FINANCIERA.....	173
3.7.4.1.	EVALUACIÓN ECONÓMICA DEL PROYECTO.....	173
3.7.4.2.	EVALUACIÓN FINANCIERA DEL PROYECTO .....	174
3.7.5.	ANÁLISIS DE SENSIBILIDAD UNIDIMENSIONAL .....	176
3.7.5.1.	ANÁLISIS DE SENSIBILIDAD UNIDIMENSIONAL ECONÓMICO .....	176
3.7.5.2.	ANÁLISIS DE SENSIBILIDAD UNIDIMENSIONAL FINANCIERO.....	177
3.7.6.	ANÁLISIS DE SENSIBILIDAD BIDIMENSIONAL .....	179
3.7.6.1.	ANÁLISIS DE SENSIBILIDAD BIDIMENSIONAL ECONÓMICO .....	179
3.7.6.2.	ANÁLISIS DE SENSIBILIDAD BIDIMENSIONAL FINANCIERO .....	179
	CAPÍTULO IV. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS .....	186
4.1.	RESULTADOS DE LA INVESTIGACIÓN.....	186
4.2.	ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS.....	188
4.3.	CONTRASTACIÓN DE LAS HIPÓTESIS .....	194
4.3.1.	PRUEBAS DE COMPARACIÓN DE MEDIAS .....	194
4.3.1.1.	PRUEBAS DE IGUALDAD DE MEDIAS DEL VALOR ACTUAL NETO. 195	
4.3.1.1.1.	PRUEBA PARAMÉTRICA DE IGUALDAD DE MEDIAS DEL VALOR ACTUAL NETO .....	195
4.3.1.1.2.	PRUEBA NO PARAMÉTRICA DE IGUALDAD DE MEDIAS DEL VALOR ACTUAL NETO.....	206
4.3.1.2.	PRUEBAS DE COMPARACIÓN DE MEDIAS DEL VALOR ABSOLUTO DEL ERROR DEL VALOR ACTUAL NETO .....	214
4.3.1.2.1.	PRUEBA PARAMÉTRICA DE COMPARACIÓN DE MEDIAS DEL VALOR ABSOLUTO DEL ERROR DEL VALOR ACTUAL NETO.....	214
4.3.1.2.2.	PRUEBA NO PARAMÉTRICA DE COMPARACIÓN DE MEDIAS DEL VALOR ABSOLUTO DEL ERROR DEL VALOR ACTUAL NETO.....	220
4.3.2.	PRUEBAS DE COMPARACIÓN DE VARIANZAS .....	222
4.3.2.1.	PRUEBA PARAMÉTRICA DE COMPARACIÓN DE VARIANZAS .....	222



4.3.2.2. PRUEBA NO PARAMÉTRICA DE COMPARACIÓN DE VARIANZAS ..	229
4.4. DISCUSIÓN DE RESULTADOS .....	230
4.4.1. DISCUSIÓN DE RESULTADOS DE LAS PRUEBAS ESTADÍSTICAS DE IGUALDAD DE MEDIAS DEL VALOR ACTUAL NETO .....	230
4.4.2. DISCUSIÓN DE RESULTADOS DE LAS PRUEBAS ESTADÍSTICAS DE COMPARACIÓN DE MEDIAS DEL VALOR ABSOLUTO DEL ERROR DEL VALOR ACTUAL NETO .....	232
4.4.3. DISCUSIÓN DE RESULTADOS DE LAS PRUEBAS ESTADÍSTICAS DE COMPARACIÓN DE VARIANZAS DEL VALOR ABSOLUTO DE LOS ERRORES DEL VALOR ACTUAL NETO .....	233
CONCLUSIONES .....	235
RECOMENDACIONES .....	238
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	239
APÉNDICE .....	246

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Ventas internas de conservas de pescado en toneladas (2010-2014) .....	59
Tabla 2. Ventas internas de conservas de pescado en toneladas (2015-2019) .....	60
Tabla 3. Desviación media absoluta (MAD) de los pronósticos entre los años 2010-2014.....	88
Tabla 4. Error porcentual absoluto medio (MAPE) de los pronósticos entre los años 2010-2014 .....	89
Tabla 5. Desviación media absoluta (MAD) de los pronósticos entre los años 2015-2019.....	90
Tabla 6. Error porcentual absoluto medio (MAPE) de los pronósticos entre los años 2015-2019 .....	91
Tabla 7. Pronóstico de la producción de conservas de pescado del ESCENARIO 1 .....	93
Tabla 8. Pronósticos de la producción de conservas de pescado del ESCENARIO 2 .....	95
Tabla 9. Pronósticos de la producción de conservas de pescado del ESCENARIO 3 .....	97
Tabla 10. Cálculo de la capacidad de instalaciones en los escenarios.....	99
Tabla 11. Plan agregado de producción del ESCENARIO 1 .....	105
Tabla 12. Plan agregado de producción del ESCENARIO 2.....	107

Tabla 13. Valores de la variable binaria $y_t$ del ESCENARIO 1 y ESCENARIO 2...	109
Tabla 14. Decisiones sobre la fuerza de trabajo del ESCENARIO 1 .....	110
Tabla 15. Decisiones sobre la fuerza de trabajo del ESCENARIO 2 .....	110
Tabla 16. Decisiones sobre la producción del ESCENARIO 1 .....	110
Tabla 17. Decisiones sobre la producción del ESCENARIO 2.....	111
Tabla 18. Costos mensuales del plan agregado de producción del ESCENARIO 1 .....	112
Tabla 19. Costos mensuales del plan agregado de producción del ESCENARIO 2 .....	114
Tabla 20. Costos anuales del plan agregado de producción del ESCENARIO 1 ..	116
Tabla 21. Costos anuales del plan agregado de producción del ESCENARIO 2 ..	116
Tabla 22. Programa maestro de producción del ESCENARIO 1 .....	118
Tabla 23. Programa maestro de producción del ESCENARIO 2 .....	120
Tabla 24. Plan de requerimientos de materiales de las conservas de pescado del ESCENARIO 1 (semana: 1-24) .....	125
Tabla 25. Plan de requerimientos de materiales de las conservas de pescado del ESCENARIO 2 (semana: 1-24) .....	127
Tabla 26. Programa de producción del ESCENARIO 1 .....	129
Tabla 27. Programa de producción del ESCENARIO 2.....	129
Tabla 28. Programa de producción del ESCENARIO 3.....	129
Tabla 29. Capacidad de planta de los escenarios .....	130
Tabla 30. Cálculo de la capacidad de planta con balance de materia .....	131
Tabla 31. Requerimientos de máquinas y equipos de proceso.....	132
Tabla 32. Requerimientos de equipos y muebles de oficina .....	133

Tabla 33. Requerimiento de materiales directos por caja.....	133
Tabla 34. Requerimientos de materiales directos del ESCENARIO 1 .....	134
Tabla 35. Requerimientos de materiales directos del ESCENARIO 2 .....	134
Tabla 36. Requerimientos de materiales directos del ESCENARIO 3 .....	134
Tabla 37. Requerimiento de suministros por caja.....	135
Tabla 38. Requerimiento de suministros del ESCENARIO 1 .....	135
Tabla 39. Requerimiento de suministros del ESCENARIO 2 .....	135
Tabla 40. Requerimiento de suministros del ESCENARIO 3 .....	136
Tabla 41. Requerimiento de personal .....	136
Tabla 42. Inversión total del proyecto base.....	138
Tabla 43. Inversión total de los escenarios del proyecto .....	139
Tabla 44. Depreciación y amortización de los activos fijos.....	140
Tabla 45. Préstamo en la inversión total .....	140
Tabla 46. Servicio de la deuda de la inversión fija.....	141
Tabla 47. Servicio de la deuda del capital de trabajo .....	142
Tabla 48. Programa de pago de intereses y amortización de la deuda .....	142
Tabla 49. Costos de los materiales directos .....	143
Tabla 50. Presupuesto de ingresos por ventas del ESCENARIO 1 .....	143
Tabla 51. Presupuesto de ingresos por ventas del ESCENARIO 2 .....	144
Tabla 52. Presupuesto de ingresos por ventas del ESCENARIO 3 .....	144
Tabla 53. Costo anual del personal.....	145
Tabla 54. Presupuesto de costos de producción del ESCENARIO 1 .....	148
Tabla 55. Presupuesto de costos de producción del ESCENARIO 2 .....	149

Tabla 56. Presupuesto de costos de producción del ESCENARIO 3 .....	150
Tabla 57. Gastos operativos del proyecto .....	152
Tabla 58. Gastos financieros del proyecto .....	152
Tabla 59. Costo total del ESCENARIO 1 .....	153
Tabla 60. Costo total del ESCENARIO 2 .....	153
Tabla 61. Costo total del ESCENARIO 3 .....	154
Tabla 62. Costos unitarios y variables unitarios del ESCENARIO 1 .....	154
Tabla 63. Costos unitarios y variables unitarios del ESCENARIO 2 .....	154
Tabla 64. Costos unitarios y variables unitarios del ESCENARIO 3 .....	155
Tabla 65. Estructura de costos fijos y variables del ESCENARIO 1 .....	156
Tabla 66. Estructura de costos fijos y variables del ESCENARIO 2 .....	157
Tabla 67. Estructura de costos fijos y variables del ESCENARIO 3 .....	158
Tabla 68. Punto de equilibrio del ESCENARIO 1 .....	159
Tabla 69. Punto de equilibrio del ESCENARIO 2 .....	159
Tabla 70. Punto de equilibrio del ESCENARIO 3 .....	159
Tabla 71. Estado de ganancias y pérdidas económico del ESCENARIO 1 .....	161
Tabla 72. Estado de ganancias y pérdidas económico del ESCENARIO 2 .....	161
Tabla 73. Estado de ganancias y pérdidas económico del ESCENARIO 3 .....	162
Tabla 74. Estado de ganancias y pérdidas financiero del ESCENARIO 1 .....	163
Tabla 75. Estado de ganancias y pérdidas financiero del ESCENARIO 2 .....	163
Tabla 76. Estado de ganancias y pérdidas financiero del ESCENARIO 3 .....	164
Tabla 77. Flujo de caja económico del ESCENARIO 1 .....	167
Tabla 78. Flujo de caja económico del ESCENARIO 2 .....	168

Tabla 79. Flujo de caja económico del ESCENARIO 3 .....	169
Tabla 80. Flujo de caja financiero del ESCENARIO 1 .....	170
Tabla 81. Flujo de caja financiero del ESCENARIO 2 .....	171
Tabla 82. Flujo de caja financiero del ESCENARIO 3 .....	172
Tabla 83. Flujos de caja netos económicos de los escenarios del proyecto.....	173
Tabla 84. Costo de capital promedio ponderado económico.....	174
Tabla 85. Evaluación económica de los escenarios del proyecto .....	174
Tabla 86. Flujos de caja netos financieros de los escenarios del proyecto.....	175
Tabla 87. Costo de capital promedio ponderado financiero .....	175
Tabla 88. Evaluación financiera de los escenarios del proyecto .....	176
Tabla 89. Análisis de sensibilidad unidimensional económico del ESCENARIO 1	176
Tabla 90. Análisis de sensibilidad unidimensional económico del ESCENARIO 2	177
Tabla 91. Análisis de sensibilidad unidimensional económico del ESCENARIO 3	177
Tabla 92. Análisis de sensibilidad unidimensional financiero del ESCENARIO 1..	178
Tabla 93. Análisis de sensibilidad unidimensional financiero del ESCENARIO 2..	178
Tabla 94. Análisis de sensibilidad unidimensional financiero del ESCENARIO 3..	179
Tabla 95. Análisis de sensibilidad bidimensional del valor actual neto económico del ESCENARIO 1 .....	180
Tabla 96. Análisis de sensibilidad bidimensional del valor actual neto económico del ESCENARIO 2 .....	181
Tabla 97. Análisis de sensibilidad bidimensional del valor actual neto económico del ESCENARIO 3 .....	182
Tabla 98. Análisis de sensibilidad bidimensional del valor actual neto financiero del ESCENARIO 1 .....	183

Tabla 99. Análisis de sensibilidad bidimensional del valor actual neto financiero del ESCENARIO 2 .....	184
Tabla 100. Análisis de sensibilidad bidimensional del valor actual neto financiero del ESCENARIO 3 .....	185
Tabla 101. Valor actual neto con cambio en la inversión total del -20% .....	186
Tabla 102. Valor actual neto con cambio en la inversión total del -10% .....	187
Tabla 103. Valor actual neto con cambio en la inversión total del 0% .....	187
Tabla 104. Valor actual neto con cambio en la inversión total del +10% .....	188
Tabla 105. Valor actual neto con cambio en la inversión total del +20% .....	188
Tabla 106. Estadísticas descriptivas del valor actual neto económico.....	189
Tabla 107. Estadísticas descriptivas del valor actual neto financiero .....	190
Tabla 108. Valor absoluto del error del valor actual neto .....	192
Tabla 109. Estadísticas descriptivas del valor absoluto de los errores del valor actual neto económico .....	193
Tabla 110. Estadísticas descriptivas del valor absoluto de los errores del valor actual neto financiero .....	193
Tabla 111. Prueba de normalidad de Ryan-Joiner del valor actual neto económico .....	196
Tabla 112. Prueba de normalidad de Ryan-Joiner del valor actual neto financiero .....	196
Tabla 113. Pruebas de hipótesis de la igualdad de varianzas del valor actual neto con un cambio en la inversión del -20% .....	197
Tabla 114. Pruebas de hipótesis de la igualdad de varianzas del valor actual neto con un cambio en la inversión del -10% .....	198
Tabla 115. Pruebas de hipótesis de la igualdad de varianzas del valor actual neto con un cambio en la inversión del 0% .....	199

Tabla 116. Pruebas de hipótesis de la igualdad de varianzas del valor actual neto con un cambio en la inversión del +10%.....	200
Tabla 117. Pruebas de hipótesis de la igualdad de varianzas del valor actual neto con un cambio en la inversión del +20%.....	201
Tabla 118. Pruebas de hipótesis de la diferencia de medias del valor actual neto de los ESCENARIOS 1 y 2.....	203
Tabla 119. Pruebas de hipótesis de la diferencia de medias del valor actual neto de los ESCENARIOS 2 y 3.....	205
Tabla 120. Pruebas de hipótesis de la diferencia de medias del valor actual neto de los ESCENARIOS 1 y 3.....	206
Tabla 121. Cálculo del rango y signo de las diferencias entre el valor actual neto de los ESCENARIOS 1 y 2.....	208
Tabla 122. Cálculo del rango y signo de las diferencias entre el valor actual neto de los ESCENARIOS 2 y 3.....	209
Tabla 123. Cálculo del rango y signo de las diferencias entre el valor actual neto de los ESCENARIOS 1 y 3.....	210
Tabla 124. Prueba de rangos con signo de Wilcoxon de la diferencia igual a cero entre las medias del valor actual neto de los ESCENARIOS 1 y 2.....	211
Tabla 125. Prueba de rangos con signo de Wilcoxon de la diferencia igual a cero entre las medias del valor actual neto de los ESCENARIOS 2 y 3.....	212
Tabla 126. Prueba de rangos con signo de Wilcoxon de la diferencia igual a cero entre las medias del valor actual neto de los ESCENARIOS 1 y 3.....	213
Tabla 127. Prueba de normalidad del valor absoluto del error del valor actual neto económico.....	215
Tabla 128. Prueba de normalidad del valor absoluto del error del valor actual neto financiero.....	217
Tabla 129. Pruebas de hipótesis de la igualdad de varianzas del valor absoluto de los errores del valor actual neto.....	218



Tabla 130. Pruebas de hipótesis de la diferencia de medias del valor absoluto de los errores del valor actual neto .....	219
Tabla 131. Cálculo del rango y signo del valor absoluto de los errores del valor actual neto económico .....	220
Tabla 132. Cálculo del rango y signo del valor absoluto de los errores del valor actual neto financiero .....	221
Tabla 133. Prueba de rangos con signo de Wilcoxon de la diferencia entre las medias del valor absoluto de los errores del valor actual neto .....	222
Tabla 134. Pruebas paramétricas de comparación de varianzas.....	225
Tabla 135. Prueba de correlación de Pearson.....	226
Tabla 136. Cálculo de $U_i$ y $V_i$ para el $ Error 1 $ y $ Error 2 $ .....	228
Tabla 137. Cálculo de $U_i$ y $V_i$ para el $ Error 3 $ y $ Error 4 $ .....	228
Tabla 138. Prueba de Morgan-Pitman .....	229
Tabla 139. Pruebas no paramétricas de igualdad de varianzas.....	230

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Sistema propuesto de planeación de materiales en el proyecto de inversión .....	18
Figura 2. Costo total en función de la cantidad a ordenar .....	42
Figura 3. Proceso de planeación de requerimientos de materiales.....	48
Figura 4. Diagrama de operaciones del proceso de las conservas de caballa .....	56
Figura 5. Método utilizado en la selección del modelo de pronóstico .....	58
Figura 6. Ventas internas de conservas de pescado en toneladas (2010-2014).....	61
Figura 7. Ventas internas de conservas de pescado en toneladas (2015-2019).....	61
Figura 8. Pronósticos por el modelo de regresión lineal (datos mensuales: 2014) .	62
Figura 9. Pronósticos por el método de Winters multiplicativo (datos mensuales: 2014) .....	63
Figura 10. Pronósticos por el método de Winters aditivo (datos mensuales: 2014) 64	
Figura 11. Pronósticos por el modelo de regresión lineal (datos mensuales: 2013-2014) .....	65
Figura 12. Pronósticos por descomposición de series de tiempo multiplicativo-tendencia y estacional (datos mensuales: 2013-2014).....	66
Figura 13. Pronósticos por descomposición de series de tiempo multiplicativo-estacional (datos mensuales: 2013-2014) .....	66

Figura 14. Pronósticos por descomposición de series de tiempo aditivo-tendencia y estacional (datos mensuales: 2013-2014) .....	67
Figura 15. Pronósticos por descomposición de series de tiempo aditivo-estacional (datos mensuales: 2013-2014).....	67
Figura 16. Pronósticos por el método de Winters multiplicativo (datos mensuales: 2013-2014).....	68
Figura 17. Pronósticos por el método de Winters aditivo (datos mensuales: 2013-2014) .....	68
Figura 18. Pronósticos por el modelo de regresión lineal (datos mensuales: 2012-2014) .....	69
Figura 19. Pronósticos por descomposición de series de tiempo multiplicativo-tendencia y estacional (datos mensuales: 2012-2014).....	70
Figura 20. Pronósticos por descomposición de series de tiempo multiplicativo-estacional (datos mensuales: 2012-2014) .....	70
Figura 21. Pronósticos por descomposición de series de tiempo aditivo-tendencia y estacional (datos mensuales: 2012-2014) .....	71
Figura 22. Pronósticos por descomposición de series de tiempo aditivo-estacional (datos mensuales: 2012-2014).....	71
Figura 23. Pronósticos por el método de Winters multiplicativo (datos mensuales: 2012-2014).....	72
Figura 24. Pronósticos por el método de Winters aditivo (datos mensuales: 2012-2014) .....	72
Figura 25. Pronósticos por el modelo de regresión lineal (datos mensuales: 2011-2014) .....	73
Figura 26. Pronósticos por descomposición de series de tiempo multiplicativo-tendencia y estacional (datos mensuales: 2011-2014).....	74
Figura 27. Pronósticos por descomposición de series de tiempo multiplicativo-estacional (datos mensuales: 2011-2014) .....	74

Figura 28. Pronósticos por descomposición de series de tiempo aditivo-tendencia y estacional (datos mensuales: 2011-2014) .....	75
Figura 29. Pronósticos por descomposición de series de tiempo aditivo-estacional (datos mensuales: 2011-2014).....	75
Figura 30. Pronósticos por el método de Winters multiplicativo (datos mensuales: 2011-2014).....	76
Figura 31. Pronósticos por el método de Winters aditivo (datos mensuales: 2011-2014) .....	76
Figura 32. Gráfica de la función de autocorrelación (datos mensuales: 2011-2014) .....	77
Figura 33. Gráfica de la función de autocorrelación parcial (datos mensuales: 2011-2014) .....	78
Figura 34. Pronósticos por el modelo ARIMA (1,1,0) no estacional (datos mensuales: 2011-2014) .....	78
Figura 35. Pronósticos por el modelo ARIMA (0,0,0)(1,0,0) estacional 12 (datos mensuales: 2011-2014) .....	79
Figura 36. Pronósticos por el modelo de regresión lineal (datos mensuales: 2010-2014) .....	80
Figura 37. Pronósticos por descomposición de series de tiempo multiplicativo-tendencia y estacional (datos mensuales: 2010-2014).....	81
Figura 38. Pronósticos por descomposición de series de tiempo multiplicativo-estacional (datos mensuales: 2010-2014) .....	81
Figura 39. Pronósticos por descomposición de series de tiempo aditivo-tendencia y estacional (datos mensuales: 2010-2014) .....	82
Figura 40. Pronósticos por descomposición de series de tiempo aditivo-estacional (datos mensuales: 2010-2014).....	82
Figura 41. Pronósticos por el método de Winters multiplicativo (datos mensuales: 2010-2014).....	83

Figura 42. Pronósticos por el método de Winters aditivo (datos mensuales: 2010-2014) .....	83
Figura 43. Gráfica de la función de autocorrelación (datos mensuales: 2010-2014) .....	84
Figura 44. Gráfica de la función de autocorrelación parcial (datos mensuales: 2010-2014) .....	85
Figura 45. Pronósticos por el modelo ARIMA (0,1,1) no estacional (datos mensuales: 2010-2014) .....	85
Figura 46. Pronósticos por el modelo ARIMA (0,0,0)(2,0,1) estacional 12 (datos mensuales: 2010-2014) .....	86
Figura 47. Pronósticos por el modelo ARIMA (0,0,0)(1,0,3) estacional 12 (datos mensuales: 2010-2014) .....	86
Figura 48. Lista estructurada de materiales de la caja de conservas de pescado.	122
Figura 49. Diagrama de caja del valor actual neto económico de los escenarios a diferente inversión.....	191
Figura 50. Diagrama de caja del valor actual neto financiero de los escenarios a diferente inversión.....	191
Figura 51. Diagrama de caja del valor absoluto del error del valor actual neto .....	194
Figura 52. Función de densidad de probabilidad de la distribución $F$ para la prueba de igualdad de varianzas .....	202
Figura 53. Función de densidad de probabilidad de la distribución $T$ para la prueba de diferencia de medias del valor actual neto .....	204
Figura 54. Gráfica de probabilidad normal del valor absoluto del error del valor actual neto económico .....	214
Figura 55. Gráfica de probabilidad normal del valor absoluto del error del valor actual neto financiero .....	216

Figura 56. Función de densidad de probabilidad de la distribución $T$ para la prueba de diferencia de medias del valor absoluto de los errores del valor actual neto....	219
Figura 57. Función de densidad de probabilidad de la distribución $F$ para la prueba de comparación de varianzas.....	224
Figura 58. Función de densidad de probabilidad de la distribución $T$ para la prueba de correlación de Pearson.....	227
Figura 59. Función de densidad de probabilidad de la distribución $T$ para la prueba de Morgan-Pitman.....	229

## ÍNDICE DEL APÉNDICE

### **APÉNDICE A.** Instrumento metodológico de la tesis doctoral

Tabla A1. Matriz de consistencia de la tesis doctoral .....	248
---	-----

### **APÉNDICE B.** Demostración de las hipótesis para la prueba paramétrica de Morgan-Pitman

Demostración B1. Si $\rho_{UV} < 0$ entonces $\sigma^2_X < \sigma^2_Y$ .....	252
--	-----

### **APÉNDICE C.** Pronósticos $F_t$ de las ventas internas de conservas de pescado en toneladas y errores porcentuales absolutos mensuales del año 2015 al 2019

Tabla C1. Error porcentual absoluto de los pronósticos por el modelo de regresión lineal (datos mensuales: 2014) .....	255
--	-----

Tabla C2. Error porcentual absoluto de los pronósticos por el método de Winters multiplicativo (datos mensuales: 2014) .....	256
--	-----

Tabla C3. Error porcentual absoluto de los pronósticos por el método de Winters aditivo (datos mensuales: 2014) .....	257
---	-----

Tabla C4. Error porcentual absoluto de los pronósticos por el modelo de regresión lineal (datos mensuales: 2013-2014) .....	258
---	-----

Tabla C5. Error porcentual absoluto de los pronósticos por descomposición de series de tiempo multiplicativo-tendencia y estacional (datos mensuales: 2013-2014) .....	259
Tabla C6. Error porcentual absoluto de los pronósticos por descomposición de series de tiempo multiplicativo-estacional (datos mensuales: 2013-2014) .....	260
Tabla C7. Error porcentual absoluto de los pronósticos por descomposición de series de tiempo aditivo-tendencia y estacional (datos mensuales: 2013-2014)...	261
Tabla C8. Error porcentual absoluto de los pronósticos por descomposición de series de tiempo aditivo-estacional (datos mensuales: 2013-2014).....	262
Tabla C9. Error porcentual absoluto de los pronósticos por el método de Winters multiplicativo (datos mensuales: 2013-2014) .....	263
Tabla C10. Error porcentual absoluto de los pronósticos por el método de Winters aditivo (datos mensuales: 2013-2014) .....	264
Tabla C11. Error porcentual absoluto de los pronósticos por el modelo de regresión lineal (datos mensuales: 2012-2014) .....	265
Tabla C12. Error porcentual absoluto de los pronósticos por descomposición de series de tiempo multiplicativo-tendencia y estacional (datos mensuales: 2012-2014) .....	266
Tabla C13. Error porcentual absoluto de los pronósticos por descomposición de series de tiempo multiplicativo-estacional (datos mensuales: 2012-2014) .....	267
Tabla C14. Error porcentual absoluto de los pronósticos por descomposición de series de tiempo aditivo-tendencia y estacional (datos mensuales: 2012-2014)...	268
Tabla C15. Error porcentual absoluto de los pronósticos por descomposición de series de tiempo aditivo-estacional (datos mensuales: 2012-2014).....	269
Tabla C16. Error porcentual absoluto de los pronósticos por el método de Winters multiplicativo (datos mensuales: 2012-2014) .....	270
Tabla C17. Error porcentual absoluto de los pronósticos por el método de Winters aditivo (datos mensuales: 2012-2014) .....	271



Tabla C18. Error porcentual absoluto de los pronósticos por el modelo de regresión lineal (datos mensuales: 2011-2014) .....	272
Tabla C19. Error porcentual absoluto de los pronósticos por descomposición de series de tiempo multiplicativo-tendencia y estacional (datos mensuales: 2011-2014) .....	273
Tabla C20. Error porcentual absoluto de los pronósticos por descomposición de series de tiempo multiplicativo-estacional (datos mensuales: 2011-2014) .....	274
Tabla C21. Error porcentual absoluto de los pronósticos por descomposición de series de tiempo aditivo-tendencia y estacional (datos mensuales: 2011-2014)...	275
Tabla C22. Error porcentual absoluto de los pronósticos por descomposición de series de tiempo aditivo-estacional (datos mensuales: 2011-2014).....	276
Tabla C23. Error porcentual absoluto de los pronósticos por el método de Winters multiplicativo (datos mensuales: 2011-2014) .....	277
Tabla C24. Error porcentual absoluto de los pronósticos por el método de Winters aditivo (datos mensuales: 2011-2014) .....	278
Tabla C25. Error porcentual absoluto de los pronósticos por el modelo ARIMA (1,1,0) no estacional (datos mensuales: 2011-2014).....	279
Tabla C26. Error porcentual absoluto de los pronósticos por el modelo ARIMA (0,0,0)(1,0,0) estacional 12 (datos mensuales: 2011-2014) .....	280
Tabla C27. Error porcentual absoluto de los pronósticos por el modelo de regresión lineal (datos mensuales: 2010-2014) .....	281
Tabla C28. Error porcentual absoluto de los pronósticos por descomposición de series de tiempo multiplicativo-tendencia y estacional (datos mensuales: 2010-2014) .....	282
Tabla C29. Error porcentual absoluto de los pronósticos por descomposición de series de tiempo multiplicativo-estacional (datos mensuales: 2010-2014) .....	283
Tabla C30. Error porcentual absoluto de los pronósticos por descomposición de series de tiempo aditivo-tendencia y estacional (datos mensuales: 2010-2014)...	284

Tabla C31. Error porcentual absoluto de los pronósticos por descomposición de series de tiempo aditivo-estacional (datos mensuales: 2010-2014).....	285
Tabla C32. Error porcentual absoluto de los pronósticos por el método de Winters multiplicativo (datos mensuales: 2010-2014).....	286
Tabla C33. Error porcentual absoluto de los pronósticos por el método de Winters aditivo (datos mensuales: 2010-2014) .....	287
Tabla C34. Error porcentual absoluto de los pronósticos por el modelo ARIMA (0,1,1) no estacional (datos mensuales: 2010-2014).....	288
Tabla C35. Error porcentual absoluto de los pronósticos por el modelo ARIMA (0,0,0)(2,0,1) estacional 12 (datos mensuales: 2010-2014).....	289
Tabla C36. Error porcentual absoluto de los pronósticos por el modelo ARIMA (0,0,0)(1,0,3) estacional 12 (datos mensuales: 2010-2014).....	290

**APÉNDICE D.** Plan de requerimientos netos de materiales de la producción de conservas de pescado en aceite en periodos mensuales del año 2015 al 2019

Tabla D1. Plan de requerimientos de materiales de las conservas de pescado del ESCENARIO 1 .....	292
Tabla D2. Plan de requerimientos de materiales de los envases del ESCENARIO 1 .....	295
Tabla D3. Plan de requerimientos de materiales del pescado del ESCENARIO 1	298
Tabla D4. Plan de requerimientos de materiales del líquido de gobierno del ESCENARIO 1 .....	301
Tabla D5. Plan de requerimientos de materiales del aceite vegetal del ESCENARIO 1.....	304
Tabla D6. Plan de requerimientos de materiales de la sal del ESCENARIO 1 .....	307

Tabla D7. Plan de requerimientos de materiales de las conservas de pescado del ESCENARIO 2 .....	310
Tabla D8. Plan de requerimientos de materiales de los envases del ESCENARIO 2 .....	313
Tabla D9. Plan de requerimientos de materiales del pescado del ESCENARIO 2	316
Tabla D10. Plan de requerimientos de materiales del líquido de gobierno del ESCENARIO 2 .....	319
Tabla D11. Plan de requerimientos de materiales del aceite vegetal del ESCENARIO 2 .....	322
Tabla D12. Plan de requerimientos de materiales de la sal del ESCENARIO 2....	325
<b>APÉNDICE E.</b> Tablas de las pruebas estadísticas utilizadas en la tesis doctoral	
Tabla E1. Valores críticos al 5% de la distribución $F$ , $P(X>x) = 0.05$ .....	329
Tabla E2. Valores críticos al 2.5% de la distribución $F$ , $P(X>x) = 0.025$ .....	331
Tabla E3. Valores críticos para la distribución $T$ de Student, $P(X>x)$ .....	333
Tabla E4. Valores críticos $W$ para la prueba estadística $T$ de rangos con signo de Wilcoxon.....	334

## **RESUMEN**

La presente tesis doctoral tiene como objetivo implementar un sistema de planeación de materiales que mejore la toma de decisiones en un proyecto de inversión industrial pesquero. El sistema de planeación de materiales considera modelos de pronósticos de la demanda, plan agregado de producción, programa maestro de producción y el plan de requerimientos de materiales dentro de una plantilla de MS Excel®. El proyecto de inversión tiene tres escenarios. El ESCENARIO 1 contiene un sistema de planeación de materiales y el modelo de pronóstico de descomposición de series de tiempo aditivo estacional para la demanda. El ESCENARIO 2 también tiene el mismo sistema de planeación de materiales, pero utiliza datos reales en la proyección de la demanda y el ESCENARIO 3 no tiene el sistema de planeación de materiales, pero utiliza el modelo de tendencia lineal para los pronósticos de la demanda de conservas de pescado. El plan agregado de producción y el plan de requerimientos de materiales se optimizaron con el OpenSolver y el indicador de evaluación del proyecto para realizar las pruebas de hipótesis estadísticas fue el valor actual neto. Las pruebas estadísticas confirman que se mejora la toma de decisiones en la inversión del proyecto implementando un sistema de planeación de materiales.

## **PALABRAS CLAVES**

Toma de decisiones, proyectos de inversión, sistema de planeación de materiales, pronósticos de la demanda, optimización

## **ABSTRACT**

The objective of this doctoral thesis is to implement a materials planning system that improves decision-making in a fishing industrial investment project. The materials planning system considers demand forecasting models, aggregate production planning, master production schedule and the material requirements planning within an MS Excel® template. The investment project has three scenarios. SCENARIO 1 contains a materials planning system and the seasonal additive time series decomposition forecasting model for demand. SCENARIO 2 also has the same materials planning system, but uses actual data in the demand projection and SCENARIO 3 does not have the materials planning system, but uses the linear trend model for demand forecasts. canned fish. The aggregate production planning and the material requirements planning were optimized with OpenSolver and the project evaluation indicator for statistical hypothesis testing was the net present value. Statistical tests confirm that decision making in project investment is improved by implementing a materials planning system.

## **KEYWORDS**

Decision making, investment projects, material planning system, demand forecasting, optimization

## INTRODUCCIÓN

El ambiente de incertidumbre afectan las decisiones de los inversionistas cuando toman decisiones. Los proyectos de inversión son los resultados de realizar planificaciones en diversas áreas, mercado, ingeniería, organización, administración, presupuestos de ingresos, costos y gastos. El inversionista desea invertir su dinero con seguridad, minimizando la incertidumbre del entorno, por eso se les exige a los formuladores de proyectos que sean minuciosos en la planificación de los proyectos.

Introducir nuevas herramientas a los proyectos de inversión es de ayuda tanto para los formuladores como a los inversionistas que toman decisiones, es por ello que se utilizan herramientas en el estudio de mercado como son los pronósticos, en el estudio de ingeniería para el diseño de planta, en la evaluación de proyectos los indicadores económicos y financieros, pero aún no se es riguroso en la programación de la producción y planificación de requerimientos de materiales, es por este motivo que la presente tesis doctoral tiene el interés de introducir las técnicas de la administración de operaciones y la investigación operativa en la implementación de un sistema de planeación de materiales en el estudio de ingeniería de un proyecto de inversión industrial pesquero que mejore la toma de decisiones del inversionista.

En el CAPÍTULO I, se desarrolla la metodología, en la que se presentan los antecedentes de la investigación, la descripción de la realidad problemática, la formulación del problema, la justificación e importancia de la investigación, los objetivos de investigación, las hipótesis de investigación, las variables e indicadores, la unidad de análisis, el tipo y nivel de investigación, el periodo de análisis, las fuentes de información y las técnicas de recolección y procedimientos de los datos.

En el CAPÍTULO II, se desarrolla el marco teórico que permite comprender el tema de investigación de la tesis doctoral como lo son los modelos de pronósticos, administración de inventarios, planeación agregada, programa maestro de producción, planeación de requerimientos de materiales y los indicadores económicos y financieros de un proyecto de inversión.

En el CAPÍTULO III, se presenta la aplicación del marco teórico en un proyecto de inversión industrial pesquero en el que se implementa el sistema de planeación de materiales en los primeros dos escenarios y en el tercer escenario no se incluye este.

En el CAPÍTULO IV, se desarrolla el análisis y discusión de resultados en donde se realiza la contrastación de las hipótesis por medio de las pruebas estadísticas paramétricas y no paramétricas.

La tesis doctoral finaliza con las conclusiones que resultan de las discusiones de los resultados y se proponen recomendaciones en base a la experiencia que se obtuvo en el desarrollo de la investigación científica.

# **CAPÍTULO I**

## **METODOLOGÍA**

### **1.1. ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN**

A continuación se detallan los antecedentes de la tesis doctoral.

Crespo y García (1996), compararon diferentes sistemas de planificación, programación y control de la producción, destacando las potencialidades de estos sistemas en la generación y consolidación de las competencias distintivas de la empresa.

Ram et al. (2006), utilizaron una lista estructurada de materiales (BOM, bill of material) flexible para hacer frente a la escasez inesperada cuando se utiliza un plan de requerimientos de materiales (MRP, material requirements planning) en la planificación de los requerimientos de los artículos de demanda dependiente. Los requerimientos establecidos en el programa de producción maestro (MPS, master production schedule) se cumplen de manera oportuna al permitir la sustitución de elementos entre sí, en caso de escasez (Ram et al., 2006). Los autores también mencionan que en la planificación de requerimientos de materiales (MRP) convencional, se fija una lista de materiales (BOM) para productos (Ram et al., 2006). “Si el tiempo o la cantidad como se indica en el programa maestro de producción (MPS) no es flexible para el producto final, se puede introducir una lista de materiales flexible para compensar la inflexibilidad en el MPS” (Ram et al., 2006, p. 399). Utilizaron un modelo de programación lineal (LP, linear programming) para ayudar a la escasez utilizando una BOM flexible (Ram et al., 2006).



Jodlbauer y Reitner (2012), desarrollaron un enfoque de planificación de necesidades de material y capacidad (MCRP, material and capacity requirements planning) para integrar la planificación de capacidad en el MRP. Discutieron diferentes medidas para el ajuste de capacidad, como rutas alternativas, stock de seguridad, división de lotes y resumen de lotes. Además, ya no se supone que los plazos de entrega sean fijos, se calcularon dinámicamente con respecto a la utilización de la capacidad de la máquina (p. 4477).

Ramos (2012), planteó un modelo de programación no lineal (NLP, nonlinear programming) y simulación Monte Carlo para un proyecto de inversión industrial pesquero. Consistió primero en maximizar el valor actual neto financiero para determinar que planta instalar, además de los porcentajes de los préstamos para la inversión fija y capital de trabajo, y el capital social. Luego se maximizó las actualizaciones de las ventas anuales para encontrar las ventas correspondientes a los tres mercados propuestos. Posteriormente se realizó las simulaciones Monte Carlo considerando variables aleatorias de planta y de mercado.

Wang y Liu (2013), propusieron “un modelo de optimización de planificación de producción con múltiples objetivos, que puede considerar múltiples objetivos de gestión del rendimiento del proceso de fabricación y puede lograr una planificación y control efectivos del proceso de producción de la empresa” (p. 815). Los autores consideraron un MRP con una planificación de inventario.

Olaore y Olayanju (2013), examinaron las funciones de compra y el planeamiento de requerimiento de materiales (MRP) en el servicio de alimentos y de hoteles. La BOM es una de las tres entradas principales al programa MRP (las otras dos son el programa maestro y el archivo de registro de inventario). El documento analiza una variedad de funciones de compra en el servicio de alimentos y ofrece un enfoque efectivo de la gestión de materiales (Olaore y Olayanju, 2013).

Marqués-León et al. (2014), propusieron “un modelo para la planificación de recursos hospitalarios (HRP), sustentados en un análisis teórico y una aplicación en este sector” (p. 358). Implementaron un sistema MRP II en hospitales de Cuba. En el presente trabajo de investigación, no solo es implementar el sistema MRP,

también incluye la administración de la demanda, administración del inventario, optimización del plan agregado de producción y la medición del sistema con indicadores financieros como es el valor actual neto, la tasa interna de retorno, el ratio beneficio costo, el periodo de recuperación de la inversión y el índice de rentabilidad.

Díaz-Madroñero et al. (2014), formularon el problema de la planificación de requerimientos de materiales de un proveedor de primer nivel en una cadena de suministro de automóviles a través de un modelo de decisión multi-objetivo difuso, que considera tres objetivos conflictivos para optimizar: la minimización de las horas extraordinarias y los costos de producción subcontratados de productos terminados más los costos de inventario de productos terminados, materias primas y componentes; minimización del tiempo de inactividad; Minimización de las cantidades de pedidos pendientes (p. 6971).

Relich et al. (2014), propusieron “el procedimiento MRP basado en el pronóstico de la demanda de material y el inventario que se puede obtener con el uso de técnicas para la identificación de funciones no lineales, como el sistema difuso-neural y las redes neuronales” (p. 311). También presentaron un ejemplo que comparan los diferentes modelos de pronóstico para la demanda de material y el inventario (Relich et al., 2014). En los datos de demanda del material, utilizan modelos de pronóstico con función polinomial, redes neuronales y sistema neural-difuso (Relich et al., 2014). Calculan la desviación media absoluta (MAD, mean absolute deviation) y el error cuadrático medio (RMSE, root mean squared error) de los tres modelos de pronósticos (Relich et al., 2014). Los indicadores mencionados serán utilizados para elegir el mejor modelo de pronóstico en la tesis.

Wang et al. (2014), plantearon un modelo de planificación de producción integrado multiobjetivo limitado por recursos y materiales. Consideraron modelos de simulación y optimización en un sistema MRP (Wang et al., 2014), al igual que se utilizará en el presente trabajo de investigación en la optimización de recursos y simulación de escenarios.

Bóna y Lénárt (2014), implementaron el análisis armónico diádico de Walsh-Fourier como solución alternativa para reconocer y comprender el comportamiento

de las series de tiempo económicas. En la preparación de la serie de tiempo discreta realizaron el agrupamiento de SKUs (códigos de artículos), filtrar el efecto de la actividad de marketing pasada, filtrar otros picos y valores atípicos, encontrar la dimensión óptima de agregación y encontrar el nivel óptimo de agregación (Bóna y Lénárt, 2014). En el pronóstico de la demanda emplearon la detección de la tendencia y ciclo con análisis de Walsh, modelo de regresión lineal de Walsh, modelo autorregresivo integrado de promedio móvil (ARIMA, autoregressive integrated moving average) y modelo autorregresivo integrado de promedio móvil estacional (SARIMA, seasonal autoregressive integrated moving average) (Bóna y Lénárt, 2014). Los autores utilizaron indicadores como el error absoluto medio (MAE, mean absolute error) y el error cuadrático medio (RMSE) para medir el error de los pronósticos (Bóna y Lénárt, 2014).

Botelho de Sousa et al. (2014), proporcionaron a través de una revisión de literatura, los conceptos, la estructura, las capacidades, el proceso de implementación y los beneficios del uso de los sistemas de planificación y programación avanzada (APS, advanced planning and scheduling) en la planificación y control de la producción de la empresa.

Oladokun y Olagunju (2015), presentaron “un marco para desarrollar software de planificación de recursos de manufactura adaptable para pymes en Nigeria y otras economías en desarrollo . ... desarrollaron algoritmos para generar los planes de requisitos de materiales para cuatro técnicas diferentes de tamaño de lote” (p. 49). Construyeron un software en Visual Basic que contenía la demanda agregada, lista estructurada de materiales (BOM), programa de producción maestro (MPS), planeamiento de requerimiento de materiales (MRP), modelo de inventario, planeamiento de requerimientos de capacidad (CRP, capacity requirements Planning) y costos de producción (Oladokun y Olagunju, 2015).

Manikas et al. (2015), realizaron simulaciones de procesos basados en MRP, justo a tiempo (JIT, just in time), teoría de restricciones (TOC, theory of constraints) y trabajo constante en proceso (CONWIP, constant work in process) utilizando como herramienta hojas de Excel.

Yazici et al. (2016), propusieron “una planificación de requerimientos de materiales extendidas (MRP) como un modelo de programación lineal entera mixta

(MILP, mixed integer linear programming) que incluye ... estos flujos de materiales inversos” (p. 1). La implementación del modelo matemático se realizó con el lenguaje de programación AIMMS y las soluciones del problema con los solvers de los programas CPLEX, GUROBI, CBC, MOSEK y XA (Yazici et al., 2016).

Ramos y Flores (2016), redujeron el tiempo de finalización del proyecto de una planta de conservas de pescado utilizando un modelo de programación lineal en el método de la ruta crítica (CPM, critical path method) utilizando el programa QM for Windows 4.

Rossi et al. (2017), plantearon un MRP orientado a la capacidad que combina el procedimiento del MRP tradicional con un enfoque basado en la programación lineal, superando los plazos de entrega predeterminados del procedimiento de MRP. Consideran un modelo de programación lineal entera (MILP) en el MRP.

Rojas et al. (2017), abordaron el problema de programación interna de materiales en una planta de alimentos concentrados, tipo pre-molienda. Minimizaron el costo total relevante de la operación, compuesto por el costo de preparación y el costo de mantenimiento del inventario, lo cual maximiza la eficiencia de los recursos empleados en el proceso. Consideraron factores tales como la capacidad de las tolvas, las rutas y velocidades de llenado y los tiempos de suministro contenidos en un modelo de programación lineal entera mixta.

Díaz et al. (2017), propusieron un enfoque difuso de programación lineal entera multiobjetivos (FMOILP, fuzzy multi-objective integer linear programming) para modelar un problema de planificación de requerimientos de materiales (MRP) con tiempos de entrega difusos. Las funciones objetivo minimizan los costos totales, las cantidades de pedidos pendientes y los tiempos de inactividad de los recursos productivos. Las restricciones de capacidad se incluyen considerando los recursos de tiempo extra (p. 2197).

## **1.2. DESCRIPCIÓN DE LA REALIDAD PROBLEMÁTICA**

Los proyectos de inversión tienen fases de desarrollo las cuales son: preinversión, inversión y operacional (Arboleda, 2014). La fase de preinversión consiste en realizar los estudios de viabilidad de la futura empresa, la fase de inversión corresponde a la ejecución del proyecto empresarial y la fase operacional en donde la futura empresa producirá el bien o servicio (Arboleda, 2014).

La fase de preinversión o preparación del proyecto, va desde el momento en que se identifica la idea del mismo hasta la realización de los estudios técnicos (Méndez, 2012). La fase de inversión o implantación, se caracteriza porque se realizan las inversiones en construcción, compra de maquinarias y equipos (Méndez, 2012). En la fase operacional, se caracteriza porque se generan ingresos por la venta de bienes o servicios y se incurre en costos y gastos en la producción de ellos (Méndez, 2012).

En la fase operacional, no solo hay beneficios por la venta del producto o servicio, también lo hay por la posibilidad de venta de activos que se reemplazarán (Sapag et al. 2014). También se consideran como egresos los costos, los cuales pueden ser de producción, costos de administración, costos de ventas y costos financieros (Baca, 2010).

El costo de producción está determinado por el proceso productivo, es decir es el reflejo de las determinaciones realizadas en el estudio técnico (Baca, 2010), también llamado de ingeniería.

En los proyectos de inversión se omiten el manejo de materiales en la fase operacional, es decir no está implementado un sistema de administración del inventario, un sistema del plan agregado de producción y un sistema del plan de requerimiento de materiales (MRP), los cuales ayudan en el cálculo de los costos de producción.

Bóna y Lénárt (2014), indicaron que la planificación de la demanda es uno de los temas más frecuentes en la planificación logística dentro de la gestión de la cadena de suministro. La predicción de la demanda futura es una fase muy importante en la planificación de recursos empresariales desde el punto de vista de apoyar otras funciones de planificación (por ejemplo, planificación de producción,

planificación de requerimientos de material, etc.) (Bóna y Lénárt, 2014). El pronóstico estadístico es el primer paso en este proceso tan complejo (Bóna y Lénárt, 2014). La efectividad de los métodos tradicionales de pronóstico son muy variables en el entorno económico real (Bóna y Lénárt, 2014).

Rossi et al. (2017), mencionaron que la mayoría de las empresas de manufactura emplean la técnica de planificación de requerimientos de materiales (MRP), aunque las aplicaciones de campo señalan algunas debilidades, incluidas las restricciones de capacidad de producción ignoradas y los plazos de entrega fijos. Estas debilidades a menudo llevan a programas de producción inviables, que provocan cargas de trabajo fluctuantes con el tiempo, un esfuerzo de ajuste significativo y, eventualmente, tiempos de ejecución impredecibles (p. 377).

Lo mencionado por Rossi et al. (2017) es de importancia, porque si bien es cierto los sistemas MRP son empleados en la mayoría de empresas de manufactura y tienen debilidades en su implementación, indican que pueden superar la inviabilidad utilizando un enfoque de programación lineal (LP) en el sistema MRP (Rossi et al., 2017).

Jodlbauer y Reitner (2012), afirmaron que en la planificación de requerimientos de materiales (MRP) tradicional no tiene en cuenta la capacidad limitada de las máquinas y supone tiempos de entregas fijos, es por ello que desarrollaron un enfoque de planificación de necesidades de material y capacidad (MCRP, material and capacity requirements planning) en donde integraron la planificación de capacidad en el MRP (Jodlbauer y Reitner, 2012).

Wang y Liu (2013), mencionaron que en la planificación de recursos empresariales (ERP, enterprise resource planning) existen algunas deficiencias en la planificación y el control de la producción porque su componente principal sigue siendo la planificación de requerimientos de materiales (MRP). Con un modelo de optimización basado en la planeación de la programación multiobjetivo incrementa la viabilidad y eficacia de la planificación de la producción (Wang y Liu, 2013).

Relich et al. (2014), investigaron varios problemas asociados con la especificación de parámetros para la planificación de requerimientos de materiales (MRP) en un sistema ERP típico. La elección de un procedimiento MRP adecuado y

sus parámetros pueden reducir cantidades excesivas de materiales y de costo (Relich et al., 2014).

Con los aportes de los autores citados, se observa la realidad problemática de la siguiente manera:

- Los proyectos de inversión no incluyen un sistema de planeación de materiales y solamente consideran un presupuesto de costos sin implementar el manejo de materiales.
- La administración de la demanda requiere de pronósticos estadísticos para la planificación de la producción y de requerimientos de materiales.
- Los sistemas tradicionales de MRP tienen deficiencias cuando no se trabajan con modelos de optimización.

### **1.3. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA**

Existe un grado de incertidumbre en los inversionistas cuando van a tomar la decisión de invertir en un proyecto de inversión. Es por ello que los proyectos de inversión, al ser proyecciones preestablecidas por sus formuladores y evaluadores, deben de tener una rigurosidad en los cálculos en las proyecciones para que disminuya la incertidumbre del entorno.

Es comprensible, por lo expuesto, que en los proyectos de inversión se utilizan diversas herramientas en los estudios que la componen para disminuir la incertidumbre, por ejemplo: en el estudio de mercado se utiliza el método de mínimo cuadrados para pronosticar la demanda, el método de ranking de factores para la selección del mercado objetivo y de las localizaciones; métodos para calcular el número de máquinas, equipos y personas; el diagrama de relación de actividades para la distribución de planta; el valor actual neto (VAN), la tasa interna de retorno (TIR), el ratio beneficio costo (B/C) y el periodo de recuperación de la inversión (PRI) en la evaluación del proyecto.

A continuación se propone el siguiente planteamiento del problema de investigación de la tesis doctoral.

### **1.3.1. PROBLEMA GENERAL**

¿De qué manera la implementación de un sistema de planeación de materiales mejora la toma de decisiones de inversión en un proyecto industrial pesquero?

### **1.3.2. PROBLEMAS ESPECÍFICOS**

- ¿De qué manera la implementación de un modelo estadístico con menor error de pronóstico de las ventas internas de conservas de pescado, mejora la toma de decisiones en un proyecto de inversión industrial pesquero?
- ¿De qué manera la implementación de un modelo de optimización del plan agregado de producción mejora la toma de decisiones en un proyecto de inversión industrial pesquero?
- ¿De qué manera la implementación de un modelo de optimización del plan de requerimientos de materiales mejora la toma de decisiones en un proyecto de inversión industrial pesquero?

## **1.4. JUSTIFICACIÓN E IMPORTANCIA DE LA INVESTIGACIÓN**

Se justifica la realización de la tesis doctoral porque se implementan herramientas de la administración de operaciones, como modelos de pronóstico para las ventas internas de conservas de pescado, un modelo de optimización del plan agregado de la producción y un modelo de optimización del plan de requerimiento de materiales en la estructura de un proyecto de inversión, el cual simulará una empresa operando para que ayude al inversionista en la toma de decisiones.

La importancia de la tesis doctoral se puede ver desde dos enfoques, el primero de ellos es el académico, que permitirá a los estudiantes implementar un sistema de planeación de materiales con modelos de optimización en la formulación y evaluación de proyectos de inversión; y el segundo, es que ayudará a los inversionistas en una mejor toma de decisiones.



## **1.5. OBJETIVOS DE INVESTIGACIÓN**

### **1.5.1. OBJETIVO GENERAL**

Implementar un sistema de planeación de materiales que mejore la toma de decisiones en un proyecto de inversión industrial pesquero.

### **1.5.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- Implementar un modelo estadístico con menor error de pronóstico de las ventas internas de conservas de pescado para mejorar la toma de decisiones en un proyecto de inversión industrial pesquero.
- Implementar un modelo de optimización del plan agregado de producción para mejorar la toma de decisiones en un proyecto de inversión industrial pesquero.
- Implementar un modelo de optimización del plan de requerimientos de materiales para mejorar la toma de decisiones en un proyecto de inversión industrial pesquero.

## **1.6. HIPÓTESIS DE INVESTIGACIÓN**

### **1.6.1. HIPÓTESIS GENERAL**

La implementación de un sistema de planeación de materiales mejora la toma de decisiones de inversión en un proyecto industrial pesquero.

### **1.6.2. HIPÓTESIS ESPECÍFICAS**

- La implementación de un modelo estadístico con menor error de pronóstico de las ventas internas de conservas de pescado, mejora la toma de decisiones de inversión en un proyecto industrial pesquero.

- La implementación de un modelo de optimización del plan agregado de producción mejora la toma de decisiones de inversión en un proyecto industrial pesquero.
- La implementación de un modelo de optimización del plan de requerimiento de materiales mejora la toma de decisiones de inversión en un proyecto industrial pesquero.

## 1.7. VARIABLES E INDICADORES

Las variables e indicadores a utilizar son las siguientes:

### 1.7.1. VARIABLE INDEPENDIENTE

La variable independiente se define como:

$X$  = Sistema de planeación de materiales

La variable independiente  $X$  se compone de las siguientes dimensiones e indicadores:

**Dimensión 1:** Modelo estadístico de pronóstico para las ventas internas de conservas de pescado ( $D_1$ )

**Indicadores:**

- Pronósticos de las ventas internas de conservas de pescado ( $I_{11}$ )
- Desviación media absoluta de los pronósticos ( $I_{12}$ )
- Error porcentual absoluto medio de los pronósticos ( $I_{13}$ )

La operacionalización de los indicadores  $I_{11}$ , ...,  $I_{13}$  y la dimensión  $D_1$  con la notación utilizada por Uriel y Aldás (2005) es:

$$D_1 \Leftarrow (I_{11}, I_{12}, I_{13})$$

**Dimensión 2:** Modelo de plan agregado de producción ( $D_2$ )

**Indicadores:**

- Número de contratados y despedidos ( $I_{21}$ )

- Fuerza de trabajo ( $I_{22}$ )
- Tiempo extra ( $I_{23}$ )
- Inventario ( $I_{24}$ )
- Cantidad de desabasto ( $I_{25}$ )
- Cantidad a producir y subcontratar ( $I_{26}$ )
- Costo del plan agregado de producción ( $I_{27}$ )

$$D_2 \Leftarrow (I_{21}, I_{22}, I_{23}, I_{24}, I_{25}, I_{26}, I_{27})$$

### **Dimensión 3:** Modelo de plan de requerimiento de materiales ( $D_3$ )

#### **Indicadores:**

- Requerimientos brutos de materiales ( $I_{31}$ )
- Inventario proyectado ( $I_{32}$ )
- Requerimientos netos ( $I_{33}$ )
- Recepción planeada de la orden ( $I_{34}$ )
- Liberación planeada de la orden ( $I_{35}$ )
- Costo de ordenar o preparar inventario ( $I_{36}$ )
- Costo de mantener inventario ( $I_{37}$ )

$$D_3 \Leftarrow (I_{31}, I_{32}, I_{33}, I_{34}, I_{35}, I_{36}, I_{37})$$

#### **1.7.2. VARIABLE DEPENDIENTE**

La variable dependiente se define como:

$Y$  = Mejora en la toma de decisiones de inversión en un proyecto industrial pesquero

La variable dependiente  $Y$  se compone de las siguientes dimensiones e indicadores:

**Dimensión 4:** Comparación de la rentabilidad del escenario real y del escenario de mejor pronóstico ( $D_4$ )

#### **Indicador:**

- Valor absoluto de la diferencia entre el valor actual neto del escenario real y del escenario de mejor pronóstico ( $I_{41}$ )

$$D_4 \Leftarrow (I_{41})$$

**Dimensión 5:** Comparación de la rentabilidad del escenario real y del escenario de pronóstico de regresión lineal ( $D_5$ )

**Indicador:**

- Valor absoluto de la diferencia entre el valor actual neto del escenario real y del escenario de pronóstico de regresión lineal ( $I_{51}$ )

$$D_5 \Leftarrow (I_{51})$$

La operacionalización de las variables se muestra a continuación:

$$Y \Leftarrow f(X)$$

$$Y \Leftarrow (D_1, D_2, D_3)$$

$$(D_4, D_5) \Leftarrow (D_1, D_2, D_3)$$

$$(D_4, D_5) \Leftarrow ([I_{11}, I_{12}, I_{13}], [I_{21}, I_{22}, I_{23}, I_{24}, I_{25}, I_{26}, I_{27}], [I_{31}, I_{32}, I_{33}, I_{34}, I_{35}, I_{36}, I_{37}])$$

$$([I_{41}], [I_{51}]) \Leftarrow ([I_{11}, I_{12}, I_{13}], [I_{21}, I_{22}, I_{23}, I_{24}, I_{25}, I_{26}, I_{27}], [I_{31}, I_{32}, I_{33}, I_{34}, I_{35}, I_{36}, I_{37}])$$

El resumen de la formulación del problema, planteamiento de los objetivos y las hipótesis de investigación, y la operacionalización de las variables se presentan en la matriz de consistencia de la tesis doctoral del APÉNDICE A - Tabla A1.

## 1.8. UNIDAD DE ANÁLISIS

La unidad de análisis es el estudio de ingeniería de un proyecto industrial pesquero en la instalación de una planta de conservas de pescado.

## 1.9. TIPO Y NIVEL DE INVESTIGACIÓN

El tipo de investigación de la tesis doctoral es cuantitativo y explicativo porque el tipo de hipótesis general es causal bivariada porque se plantea una relación entre

una variable independiente y una variable dependiente (Hernández, Fernández y Baptista, 2014).

El diseño de investigación es de tipo experimental, y sigue el siguiente procedimiento:

1. Calcular el pronóstico de la demanda utilizando métodos estadísticos de pronóstico. Elegir el modelo de pronóstico de menor desviación media absoluta (MAD) y menor error porcentual absoluto medio (MAPE).
2. Implementar un modelo matemático de programación lineal para la planeación agregada.
3. Establecer el programa maestro de producción.
4. Implementar el modelo del plan de requerimientos de materiales en base el programa maestro de producción.
5. Medir económicamente y financieramente el proyecto utilizando como indicadores el valor actual neto, la tasa interna de retorno, el ratio beneficio costo, el periodo de recuperación de la inversión y el índice de rentabilidad.
6. Realizar análisis de sensibilidad y escenarios.
7. Realizar las pruebas de hipótesis estadísticas.

#### **1.10. PERIODO DE ANÁLISIS**

Se recolectaron datos de las ventas internas de conservas de pescado entre los años 2010 al 2019, de los cuales los datos del año 2010 al 2014 se utilizaron para realizar los pronósticos y del año 2015 al 2019 para implementar un escenario con demanda real (ESCENARIO 2, ver sección 1.12.2).

El periodo de análisis fue del año 2015 al 2019 en donde se calculó el valor actual neto y el índice de rentabilidad del proyecto de inversión.

### **1.11. FUENTES DE INFORMACIÓN E INSTRUMENTOS UTILIZADOS**

Se utilizaron los datos mensuales de las ventas internas de conservas de pescado de los anuarios del Ministerio de la Producción del Perú (PRODUCE, 2010; 2011; 2012; 2013; 2014; 2015; 2016; 2017; 2018; 2019).

### **1.12. TÉCNICAS O PROCEDIMIENTOS DE RECOLECCIÓN Y PROCESAMIENTO DE DATOS**

#### **1.12.1. SISTEMA PROPUESTO PARA LA TESIS DOCTORAL**

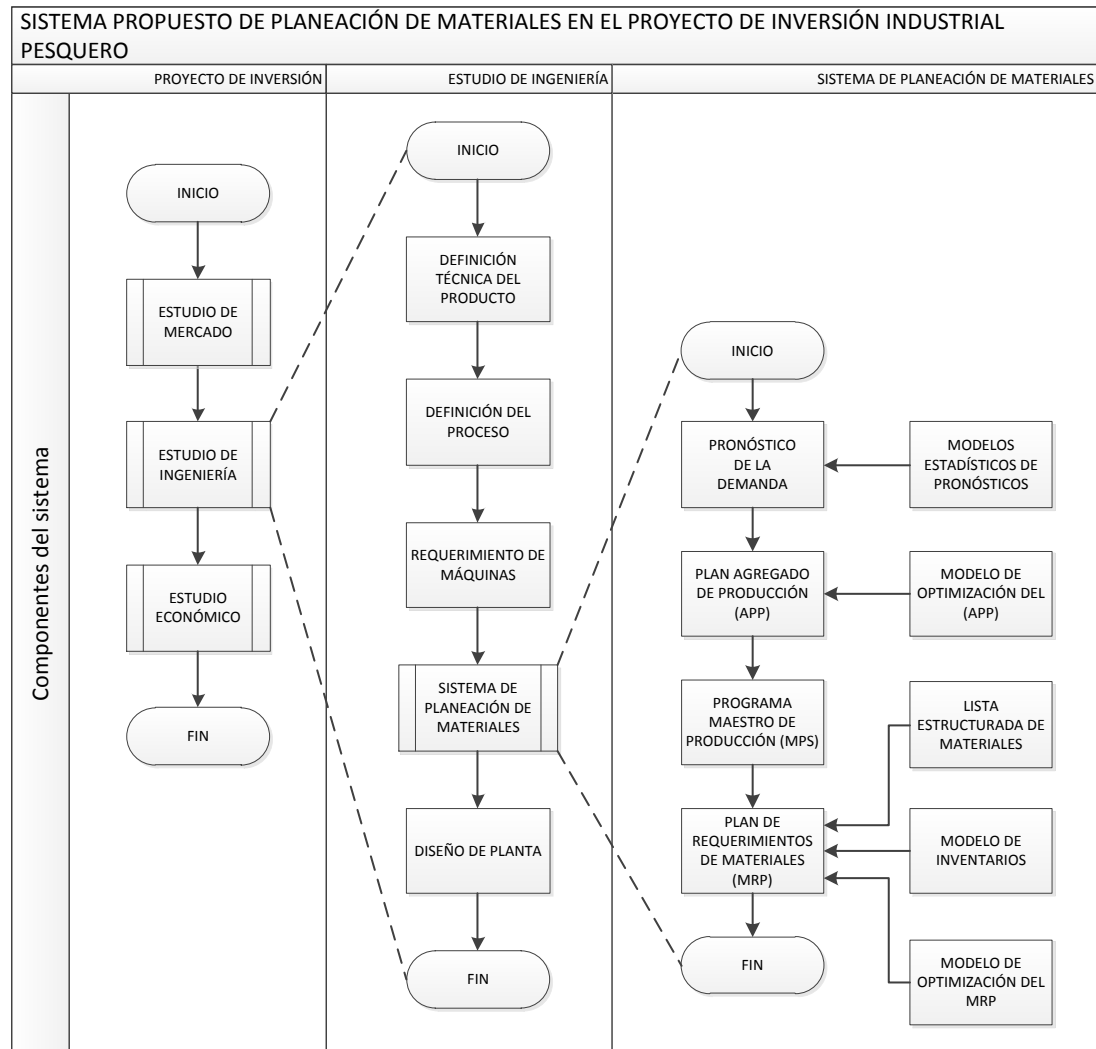
El sistema de planeamiento de materiales que se propone en la tesis doctoral contienen los siguientes subsistemas:

1. Pronóstico de la demanda
2. Planeación agregada de producción
3. Programa maestro de producción
4. Plan de requerimientos de materiales

En la Figura 1 se muestra el sistema de planeación de materiales propuesto en la tesis doctoral que está dentro del estudio de ingeniería del proyecto de inversión.

**Figura 1**

*Sistema propuesto de planeación de materiales en el proyecto de inversión*



### 1.12.2. ESCENARIOS DE PROYECTOS EN LA TESIS DOCTORAL

En la tesis doctoral se propusieron los siguientes escenarios:

- Proyecto con sistema de planeación de materiales utilizando pronóstico de la demanda con el modelo de menor MAD y MAPE (ESCENARIO 1).
- Proyecto con sistema de planeación de materiales utilizando datos de demanda real en las proyecciones (ESCENARIO 2).

- Proyecto sin sistema de planeación de materiales utilizando pronóstico de la demanda con el modelo de tendencia lineal (ESCENARIO 3).

Se utilizó el programa MS Excel® para desarrollar el modelamiento del sistema de planeación de materiales dentro del proyecto de inversión.

### 1.12.3. ESTIMADOR DEL PARÁMETRO

Según la Guía para la expresión de la incertidumbre de medida (GUM, Guide to the expression of uncertainty in measurement), en el punto 2.2.3 define a la incertidumbre de medida al parámetro asociado al resultado de una medición, que caracteriza la dispersión de los valores que podrían ser razonablemente atribuidos al mensurando (Joint Committee for Guides in Metrology [JCGM], 2008, p. 2). En la NOTA 1 del documento, se indica que el parámetro puede ser una desviación típica (JCGM, 2008).

En el punto 2.2.4, dentro de la definición de incertidumbre de medida, se menciona que no es incompatible con otros conceptos como la de medida del error posible en el valor estimado del mensurando (JCGM, 2008).

De acuerdo a lo que se indica en el GUM, la incertidumbre puede medirse por medio de la desviación estándar y del error de medición (JCGM, 2008).

La incertidumbre se puede medir como el valor absoluto del error, es decir, el valor absoluto de la diferencia del valor actual neto del escenario  $i$  y del escenario  $j$ , para todo  $i \neq j$ , tal como se observa en la Ecuación (1).

$$|Error| = |VAN_{ESC i} - VAN_{ESC j}| \quad (1)$$

La toma de decisiones mejora cuando menor es la incertidumbre, en otras palabras, cuando es menor el valor absoluto del error.



#### 1.12.4. PRUEBAS ESTADÍSTICAS

Se realizaron pruebas estadísticas paramétricas y no paramétricas para comparar las medias y varianzas del valor actual neto y del valor absoluto de la diferencia del valor actual neto entre los escenarios.

##### 1.12.4.1. PRUEBAS DE COMPARACIÓN DE MEDIAS

La hipótesis estadística para probar la igualdad de medias poblacionales del valor actual neto entre dos escenarios se presenta a continuación:

$$H_0: \mu_1 = \mu_2$$

$$H_1: \mu_1 \neq \mu_2$$

Se pueden realizar con las siguientes pruebas, las paramétricas con la prueba  $T$  de Student para muestras independientes y pareadas, y las no paramétricas con la prueba de Mann-Whitney-Wilcoxon (MWW) y la prueba de los rangos con signo de Wilcoxon para muestras pareadas.

**PRUEBA  $T$  DE STUDENT PARA MUESTRAS INDEPENDIENTES CON VARIANZAS CONOCIDAS.** Es una prueba paramétrica para probar la igualdad de medias de dos muestras independientes.

Si las varianzas son conocidas de dos muestras independientes se calcula el estadístico de prueba  $Z_0$  con distribución normal  $N(0, 1)$  tal como se presenta en la Ecuación (2).

$$Z_0 = \frac{(\bar{y}_1 - \bar{y}_2) - (\mu_1 - \mu_2)}{\sqrt{\left(\frac{\sigma_1^2}{n_1} + \frac{\sigma_2^2}{n_2}\right)}} \sim N(0, 1) \quad (2)$$

La hipótesis nula  $H_0$  se rechazaría si  $|Z_0| > Z_{\alpha/2}$ , donde  $Z_{\alpha/2}$  es el punto porcentual  $\alpha/2$  superior de la distribución normal estándar (Montgomery, 2016) o si el valor- $p < \alpha$ .

**PRUEBA T DE STUDENT PARA MUESTRAS INDEPENDIENTES CON VARIANZAS DESCONOCIDAS.** Si las varianzas son desconocidas e iguales ( $\sigma_1^2 = \sigma_2^2$ ) de dos muestras independientes se calcula el estadístico de prueba  $t_0$  que sigue una distribución  $T$  con  $n_1 + n_2 - 2$  grados de libertad según la Ecuación (3) y Ecuación (4).

$$t_0 = \frac{(\bar{y}_1 - \bar{y}_2) - (\mu_1 - \mu_2)}{\sqrt{S_p^2 \left( \frac{1}{n_1} + \frac{1}{n_2} \right)}} \sim t_{(n_1 + n_2 - 2)} \quad (3)$$

$$S_p^2 = \frac{(n_1 - 1)s_1^2 + (n_2 - 1)s_2^2}{n_1 + n_2 - 2} \quad (4)$$

La hipótesis nula  $H_0$  se rechaza si  $|t_0| > t_{(\alpha/2, n_1 + n_2 - 2)}$ , donde  $t_{(\alpha/2, n_1 + n_2 - 2)}$  es el punto porcentual  $\alpha/2$  superior de la distribución  $T$  con  $n_1 + n_2 - 2$  grados de libertad (Montgomery, 2016) o si el valor- $p < \alpha$ .

Si las varianzas son desconocidas y diferentes ( $\sigma_1^2 \neq \sigma_2^2$ ) de dos muestras independientes se calcula el estadístico de prueba  $t_0$  con  $\nu$  grados de libertad según la Ecuación (5) y Ecuación (6).

$$t_0 = \frac{(\bar{y}_1 - \bar{y}_2) - (\mu_1 - \mu_2)}{\sqrt{\frac{S_1^2}{n_1} + \frac{S_2^2}{n_2}}} \sim t_{(\nu)} \quad (5)$$

$$\nu = \frac{\left( \frac{S_1^2}{n_1} + \frac{S_2^2}{n_2} \right)^2}{\frac{\left( \frac{S_1^2}{n_1} \right)^2}{(n_1 - 1)} + \frac{\left( \frac{S_2^2}{n_2} \right)^2}{(n_2 - 1)}} \quad (6)$$

La hipótesis nula  $H_0$  se rechaza si  $|t_0| > t_{(\alpha/2, \nu)}$  o si el valor- $p < \alpha$  (Gutiérrez y Salazar, 2012).

### **PRUEBA T DE STUDENT PARA MUESTRAS PAREADAS O DEPENDIENTES.**

Es una prueba paramétrica para probar la igualdad de medias de dos muestras pareadas o dependientes.

El estadístico de prueba  $t_0$  con  $n - 1$  grados de libertad se presenta en la Ecuación (7), donde  $n$  es el número de pares,  $S_d$  es la desviación estándar de la diferencia,  $\mu_d = \mu_1 - \mu_2$  y  $\bar{d}$  es el promedio muestral de las diferencias.

$$t_0 = \frac{\bar{d} - \mu_d}{\frac{S_d}{\sqrt{n}}} \sim t_{(n-1)} \quad (7)$$

Si  $\mu_1 - \mu_2 = 0$ , entonces  $\mu_d = 0$ . Las hipótesis se plantean de la siguiente forma:

$$H_0: \mu_d = 0$$

$$H_1: \mu_d \neq 0$$

La hipótesis nula  $H_0$  se rechaza si  $|t_0| > t_{(\alpha/2, n-1)}$  o si el valor- $p < \alpha$  (Gutiérrez y Salazar, 2012).

**PRUEBA DE MANN-WHITNEY-WILCOXON (MWW).** Es una prueba no paramétrica para probar la igualdad de medias de dos poblaciones.

El estadístico de prueba  $W$  es la suma de los rangos de la muestra 1 y sirve para calcular el valor  $Z$  tal como se presentan en la Ecuación (8) a la Ecuación (10).

$$Z = \frac{W - \mu_W}{\sigma_W} \quad (8)$$

$$\mu_W = \frac{n_1(n_1 + n_2 + 1)}{2} \quad (9)$$

$$\sigma_W = \sqrt{\frac{n_1 n_2 (n_1 + n_2 + 1)}{12}} \quad (10)$$

La hipótesis nula  $H_0$  se rechazaría si  $|Z| > Z_{\alpha/2}$ , o si el valor- $p < \alpha$  (Hettmansperger y McKean, 2010).

**PRUEBA DE LOS RANGOS CON SIGNO DE WILCOXON.** Es una prueba no paramétrica para probar la igualdad de medianas  $M$  de dos muestras pareadas. Las hipótesis planteadas son:

$$\tilde{H}_0: M_1 - M_2 = 0$$

$$\tilde{H}_1: M_1 - M_2 \neq 0$$

Si las muestras tienen distribuciones simétricas, la mediana  $M$  coincide con la media:  $M = \mu$ , es decir la hipótesis  $\tilde{H}_0$  es equivalente a la hipótesis  $H_0$  (Bagdonavičius, Kruopis y Nikulin, 2011, p. 169).

Si  $\mu_d = \mu_1 - \mu_2$  y  $\mu_1 - \mu_2 = 0$ , entonces  $\mu_d = 0$ . Las hipótesis se plantean a continuación:

$$H_0: \mu_d = 0$$

$$H_1: \mu_d \neq 0$$

Según Corder y Foreman (2014, p. 40), el estadístico  $T$  de Wilcoxon es el menor valor de la suma entre los rangos positivos  $\Sigma R_+$  y negativos  $\Sigma R_-$ ,  $\bar{x}_T$  es la media,  $n$  es el número de pares emparejados de rangos diferentes de cero,  $s_T$  es la desviación estándar y  $Z$  es el valor que se aproxima a una distribución normal para muestras grandes si  $n \geq 20$  (Corder y Foreman, 2014, p. 46), tal como se muestran en la Ecuación (11) a la Ecuación (14).

$$T = \min \{ \Sigma R_+, \Sigma R_- \} \quad (11)$$

$$\bar{x}_T = \frac{n(n+1)}{4} \quad (12)$$

$$s_T = \sqrt{\frac{n(n+1)(2n+1)}{24}} \quad (13)$$

$$Z = \frac{T - \bar{x}_T}{s_t} \quad (14)$$

La hipótesis nula  $H_0$  se rechazaría si  $|Z| \geq Z_{\alpha/2}$ , o si el valor- $p < \alpha$  (Bagdonavičius, Kruopis y Nikulin, 2011, p. 175).

En una muestra pequeña  $n$ , si el estadístico  $T$  de Wilcoxon es menor o igual al valor crítico  $W$  de la prueba estadística  $T$  de rangos con signo de Wilcoxon, es decir  $T \leq W$ , entonces se rechaza la hipótesis nula  $H_0$  (Corder y Foreman, 2014, p. 43). En el APÉNDICE E - Tabla E4 se presentan los valores críticos  $W$  para cada valor  $n$  y nivel de significancia  $\alpha$ .

#### 1.12.4.2. PRUEBAS DE COMPARACIÓN DE VARIANZAS

La hipótesis estadística es de comparar las varianzas poblacionales del valor absoluto de la diferencia del valor actual neto entre dos escenarios.

$$H_0: \sigma_1^2 \geq \sigma_2^2$$

$$H_1: \sigma_1^2 < \sigma_2^2$$

Se realizaron dos pruebas de igualdad de varianzas, la paramétrica con la prueba  $F$  de Fisher-Snedecor, prueba de Morgan-Pitman y la no paramétrica con la prueba de Levene.

**PRUEBA F DE FISHER-SNEDECOR.** Es una prueba estadística paramétrica que se utiliza para comparar las varianzas de dos poblaciones.

El estadístico de prueba  $F_0$  sigue una distribución  $F_{(m-1, n-1)}$  se presenta en la Ecuación (15).

$$F_0 = \frac{S_1^2}{S_2^2} \sim F_{(n_1-1, n_2-1)} \quad (15)$$

La hipótesis nula  $H_0$  se rechaza si  $F_0 < F_{(1-\alpha, m-1, n-1)}$  o si el valor- $p < \alpha$  (Gutiérrez y Salazar, 2012).

**PRUEBA DE CORRELACIÓN DE PEARSON.** Prueba la dependencia entre variables con la correlación de Pearson  $\rho$ , si  $\rho = 0$  se dice que las variables son independientes. Las hipótesis se plantean como:

$$H_0: \rho = 0$$

$$H_1: \rho \neq 0$$

El estadístico  $T$  para la prueba de correlación de Pearson se obtiene con la Ecuación (16) a la Ecuación (20), donde  $r_{xy}$  es la correlación de Pearson de las dos variables,  $n$  es el número de pares emparejados,  $S_{xy}$  es la covarianza entre las variables,  $S_x$  y  $S_y$  son las desviaciones estándar de las variables,  $X_i$  y  $Y_i$  son los valores de las variables,  $\bar{X}$  y  $\bar{Y}$  son las medias de las variables.

$$T = r_{xy} \sqrt{\frac{n-2}{1-r_{xy}^2}} \quad (16)$$

$$r_{xy} = \frac{S_{xy}}{S_x S_y} \quad (17)$$

$$S_{xy} = \frac{1}{n-1} \sum (X_i - \bar{X})(Y_i - \bar{Y}) \quad (18)$$

$$S_x = \sqrt{\frac{\sum (X_i - \bar{X})^2}{n-1}} \quad (19)$$

$$S_y = \sqrt{\frac{\sum(Y_i - \bar{Y})^2}{n - 1}} \quad (20)$$

Entonces, la regla de decisión es rechazar  $H_0$  si  $|T| \geq t$ , donde  $t$  es el cuantil  $1 - \alpha / 2$  de la distribución  $T$  de Student con  $n - 2$  grados de libertad (Wilcox, 2003, p. 199).

**PRUEBA DE MORGAN-PITMAN.** Si las muestras son dependientes o pareadas, la prueba de Morgan-Pitman sirve para comparar las varianzas:

$$H_0: \sigma_1^2 = \sigma_2^2$$

$$H_1: \sigma_1^2 \neq \sigma_2^2$$

Se plantea  $U_i = X_i - Y_i$  y  $V_i = X_i + Y_i$  para el par  $i (U_i, V_i)$  para todo  $i = \{1, \dots, n\}$  y  $\rho_{uv}$  es el valor poblacional de la correlación de Pearson entre  $U$  y  $V$  (Wilcox, 2003, p. 382). Si la hipótesis es verdadera, entonces  $\rho_{uv} = 0$ , por lo tanto, se prueba la hipótesis de igualdad de varianzas con:

$$H_0: \rho_{uv} = 0$$

$$H_1: \rho_{uv} \neq 0$$

De acuerdo a Wilcox (2012, p. 227), el estadístico  $T_{uv}$  de la prueba de Morgan-Pitman se plantea con la Ecuación (21).

$$T_{uv} = r_{uv} \sqrt{\frac{n - 2}{1 - r_{uv}^2}} \quad (21)$$

donde  $r_{uv}$  es el coeficiente de correlación de Pearson muestral entre  $U$  y  $V$ ,  $n$  es el número de emparejamientos o pares,  $S_{uv}$  es la covarianza entre  $U$  y  $V$ ,  $S_u$  y  $S_v$  son las desviaciones estándar de  $U$  y  $V$  respectivamente, y se calcula con la Ecuación (22) a la Ecuación (25).

$$r_{uv} = \frac{S_{uv}}{S_u S_v} \quad (22)$$

$$S_{uv} = \frac{1}{n-1} \sum (U_i - \bar{U})(V_i - \bar{V}) \quad (23)$$

$$S_u = \sqrt{\frac{\sum (U_i - \bar{U})^2}{n-1}} \quad (24)$$

$$S_v = \sqrt{\frac{\sum (V_i - \bar{V})^2}{n-1}} \quad (25)$$

Entonces, la regla de decisión es rechazar  $H_0$  si  $|T_{uv}| \geq t$ , donde  $t$  es el cuantil  $1 - \alpha / 2$  de la distribución  $T$  de Student con  $n - 2$  grados de libertad.

Se demostró que si  $r_{uv} < 0$  entonces  $\sigma_1^2 < \sigma_2^2$  (ver APÉNDICE B - Demostración B1).

**PRUEBA DE LEVENE.** Es una prueba estadística no paramétrica que se utiliza para comparar las varianzas de dos poblaciones.

El estadístico de prueba  $F_{(K-1, N-K)}$  con  $K - 1$  grados de libertad entre grupos (GLEG) y  $N - K$  grados de libertad dentro de grupos (GLDG), en donde  $K$  es el número de grupos y  $n$  el número total de datos de los  $K$  grupos. El estadístico  $F_{(GLEG, GLDG)}$  se calcula con la división del cuadrado medio entre grupos (CMEG) y el cuadrado medio dentro de grupos (CMDG) tal como se presenta en la Ecuación (26).

$$F_{(GLEG, GLDG)} = CMEG / CMDG \quad (26)$$

El CMEG es la división de la suma de cuadrados entre grupos (SCEG) y los GLEG, como se muestra en la Ecuación (27).



$$CMEG = SCEG/GLEG \quad (27)$$

El CMDG es la división de la suma de cuadrados dentro de grupos (SCDG) y los GLDG, como se muestra en la Ecuación (28).

$$CMDG = SCDG/GLDG \quad (28)$$

El estadístico  $F$  de la prueba de Levene se presenta en la Ecuación (29) (O'Neill y Mathews, 2000).

$$F = \frac{N - K}{K - 1} \frac{\sum_{i=1}^K n_i (\bar{Z}_i - \bar{Z}_{..})^2}{\sum_{i=1}^K \sum_{j=1}^{n_i} (Z_{ij} - \bar{Z}_i)^2} \quad (29)$$

El  $Z_{ij}$  es el valor absoluto de la desviación de la observación  $X_{ij}$  respecto al estimado del centro de la distribución para el grupo  $i$  ( $\hat{\theta}_i$ ) y se presenta en la Ecuación (30).

$$Z_{ij} = |X_{ij} - \hat{\theta}_i| \quad (30)$$

El estimador  $\hat{\theta}_i$  puede representar a la media, mediana o a la media recortada al 10% (Carroll y Schneider, 1985). Para distribuciones simétricas es indistinto que  $\hat{\theta}_i$  pueda ser la media o la mediana porque estiman la misma cantidad, pero si la distribución es asimétrica lo más recomendable es utilizar la mediana (Carroll y Schneider, 1985).

La hipótesis nula  $H_0$  se rechaza si el valor- $p < \alpha$ .

## **CAPÍTULO II**

### **MARCO TEÓRICO**

El marco teórico para comprender el trabajo de investigación se dividió en los siguientes temas: (a) pronósticos, (b) administración de inventarios, (c) planeación agregada, (d) programa maestro de producción, (e) planeación de requerimientos de materiales, y (f) indicadores económicos financieros, los cuales se revisaran a continuación.

#### **2.1. MARCO TEÓRICO**

En el marco teórico se revisó diferentes literaturas sobre pronósticos, administración de inventarios, planeación agregada, programa maestro de producción, planeación de requerimientos de materiales y los indicadores económicos y financieros.

##### **2.1.1. PRONÓSTICOS**

“Pronosticar es el arte y la ciencia de predecir los eventos futuros” (Heizer y Render 2009, p.106).

### 2.1.1.1. CLASIFICACIÓN DE LOS PRONÓSTICOS

Heizer y Render (2009), clasifican a los pronósticos de acuerdo a su horizonte de tiempo futuro: pronóstico a corto plazo, mediano plazo y largo plazo.

- Pronóstico a corto plazo, horizonte de tiempo menor a tres meses hasta un año. “Se usa para planear las compras, programar el trabajo, determinar niveles de mano de obra, asignar el trabajo, y decidir los niveles de producción” (Heizer y Render 2009, p.106).
- Pronóstico a mediano plazo, horizonte de tiempo de tres meses hasta de tres años. “Se utiliza para planear las ventas, la producción, el presupuesto y el flujo de efectivo, así como para analizar diferentes planes operativos” (Heizer y Render 2009, p.106).
- Pronóstico a largo plazo, horizonte de tiempo de más de tres años. “Los pronósticos a largo plazo se emplean para planear la fabricación de nuevos productos, gastos de capital, ubicación o expansión de las instalaciones, y para investigación y desarrollo” (Heizer y Render 2009, p.106).

Heizer y Render (2009), establecen siete pasos en el sistema de pronóstico:

1. Determinar el uso del pronóstico
2. Seleccionar los aspectos que se deben pronosticar
3. Determinar el horizonte de tiempo del pronóstico
4. Seleccionar los modelos de pronóstico
5. Recopilar los datos necesarios para elaborar el pronóstico
6. Realizar el pronóstico
7. Validar e implementar los resultados

Chase et al. (2009), clasifican a los pronósticos en: (a) cualitativo, (b) análisis de series de tiempo, (c) relaciones causales, y (d) simulación.

Chase et al. (2009), dividen los pronósticos cualitativos en: (a) técnicas acumulativas, (b) investigación de mercados, (c) grupos de consenso, (d) analogía histórica, y (e) método Delfos.

Heizer y Render (2009), clasifica a los métodos cuantitativos de pronósticos en:

- Modelos de series de tiempo: se subdivide en (a) enfoque intuitivo, (b) promedios móviles, (c) suavizamiento exponencial, y (d) proyección de tendencias.
- Modelo asociativo o causal: el cual incluye al modelo de regresión lineal.

Por otro lado, Chase et al. (2009), dividen a los modelos causales en: (a) análisis de regresión, (b) modelos econométricos, (c) modelos de entrada/salida, y (d) principales indicadores.

En la tesis doctoral se utilizó los siguientes modelos de pronóstico: (a) regresión lineal, (b) descomposición de series de tiempo, (c) método de Winters y (d) modelo autorregresivo integrado de medias móviles (ARIMA).

#### 2.1.1.1.1. MODELO DE REGRESIÓN LINEAL

Hanke y Wichern (2006), plantearon el siguiente modelo de regresión lineal.

En la Ecuación (31) se tiene el pronóstico de la variable respuesta  $\hat{Y}$  de la variable independiente  $X$ . El término  $b_0$  es el intercepto con el eje  $Y$ , y el término  $b_1$  es la pendiente (Hanke y Wichern, 2006).

$$\hat{Y} = b_0 + b_1X \quad (31)$$

Los valores de  $b_1$  y  $b_0$  se calculan en la Ecuación (32) y Ecuación (33) (Hanke y Wichern, 2006).

$$b_1 = \frac{n \sum XY - \sum X \sum Y}{n \sum X^2 - (\sum X)^2} = \frac{\sum (X - \bar{X})(Y - \bar{Y})}{\sum (X - \bar{X})^2} \quad (32)$$

$$b_0 = \frac{\sum Y}{n} - \frac{b_1 \sum X}{n} = \bar{Y} - b_1 \bar{X} \quad (33)$$

### 2.1.1.1.2. MODELO DE DESCOMPOSICIÓN DE SERIES DE TIEMPO

Wilson y Keating (2007), plantearon el siguiente modelo de descomposición de series de tiempo, el cual puede ser representado por un modelo multiplicativo o un modelo aditivo tal como se presentan en la Ecuación (34) y Ecuación (35) respectivamente.

$$Y = T \times S \times C \times I \quad (34)$$

$$Y = T + S + C + I \quad (35)$$

La variable  $Y$  es la que se pronostica y los componentes de los modelos multiplicativo y aditivo son el de tendencia  $T$ , estacional  $S$ , cíclico  $C$  y el irregular  $I$  (Wilson y Keating, 2007).

El promedio móvil para el periodo  $t$  ( $MA_t$ ) para los datos trimestrales y mensuales se presentan en la Ecuación (36) y Ecuación (37) (Wilson y Keating, 2007).

$$MA_t = \frac{(Y_{t-2} + Y_{t-1} + Y_t + Y_{t+1})}{4} \quad (36)$$

$$MA_t = \frac{(Y_{t-6} + Y_{t-5} + \dots + Y_t + Y_{t+1} + \dots + Y_{t+5})}{12} \quad (37)$$

El promedio móvil centrado  $CMA_t$  se muestra en la Ecuación (38) y es el promedio simple de los promedios móviles para el periodo  $t$  y  $t + 1$  (Wilson y Keating, 2007).

$$CMA_t = \frac{(MA_t + MA_{t+1})}{2} \quad (38)$$

El factor estacional ( $SF_t$ ) se muestra en la Ecuación (39) y es la división entre el valor real  $Y_t$  y el promedio móvil centrado  $CMA_t$  (Wilson y Keating, 2007).

$$SF_t = \frac{Y_t}{CMA_t} \quad (39)$$

El índice estacional  $SI_i$  o media normalizada de los factores estacionales del periodo  $i$  (mes, bimestre, trimestre o semestre) se plantea en la Ecuación (40) y es igual al cociente del sumatorio de los factores estacionales del periodo  $i$  de cada año  $j$  sobre  $k$  años (Wilson y Keating, 2007).

$$SI_i = \sum_{j=1}^k \frac{SF_{ij}}{k} \quad (40)$$

“La tendencia a largo plazo se estima a partir de los datos desestacionalizados para la variable que va a pronosticarse” (Wilson y Keating, 2007, p. 297).

En la Ecuación (41) se plantea el modelo de regresión lineal para obtener el coeficiente de intercepto  $a$  y la pendiente  $b$  para cada valor de  $CMA_t$  donde  $t$  es el tiempo que va desde  $t = 1$  para el primer dato con incremento de uno para los siguientes (Wilson y Keating, 2007).

$$CMA_t = a + bt \quad (41)$$

Los coeficientes  $a$  y  $b$  calculados se utilizan para la tendencia del promedio móvil centrado ( $CMA_t$ ) tal como se muestra en la Ecuación (42), donde  $t$  es el tiempo que va desde  $t = 1$  para el primer dato con incremento de uno para los siguientes (Wilson y Keating, 2007).

$$CMAT_t = a + bt \quad (42)$$

El factor de ciclo  $CF_t$  es el cociente entre el  $CMA_t$  y el  $CMAT_t$ , tal como se presenta en la Ecuación (43).

$$CF_t = CMA_t / CMAT_t \quad (43)$$

### 2.1.1.1.3. MÉTODO DE WINTERS

El método de Winters, también conocido como de Holt-Winters (Bowerman et al., 2007) se subdivide en dos modelos: (a) multiplicativo y (b) aditivo.

El método multiplicativo con la notación de (Hanke y Wichern, 2006) se encuentra en la Ecuación (44) a la Ecuación (47).

El valor suavizado  $L_t$  está en función de la constante de suavización  $\alpha$ , de tal manera que  $0 \leq \alpha \leq 1$ , el valor real actual  $Y_t$ , el estimado de la estacionalidad  $S_{t-s}$ , donde  $s$  es la longitud de la estacionalidad, el valor estimado del periodo anterior  $L_{t-1}$  y el estimado de la tendencia en el periodo anterior  $T_{t-1}$  tal como se observa en la Ecuación (44).

$$L_t = \alpha \left( \frac{Y_t}{S_{t-s}} \right) + (1 - \alpha)(L_{t-1} + T_{t-1}) \quad (44)$$

En la Ecuación (45) se tiene el estimado de la tendencia  $T_t$ , que está en función del coeficiente  $\beta$ , de tal manera que  $0 \leq \beta \leq 1$ , el valor suavizado  $L_t$  y  $L_{t-1}$ , y el estimado de la tendencia  $T_{t-1}$ .

$$T_t = \beta (L_t - L_{t-1}) + (1 - \beta)T_{t-1} \quad (45)$$

El estimado de la estacionalidad  $S_t$  está en función del coeficiente  $\gamma$ , de tal manera que  $0 \leq \gamma \leq 1$ , el valor real  $Y_t$ , el valor suavizado  $L_t$  y el estimado estacional  $S_{t-s}$ , tal como se presenta en la Ecuación (46).

$$S_t = \gamma \frac{Y_t}{L_t} + (1 - \gamma)S_{t-s} \quad (46)$$

En la Ecuación (47) se presenta el pronóstico  $\hat{Y}_{t+p}$  para  $p$  periodos en el futuro, que está en función del valor suavizado  $L_t$ , el estimado de la tendencia  $T_t$  y el estimado estacional  $S_{t-s-p}$ .

$$\hat{Y}_{t+p} = (L_t + pT_t)S_{t-s+p} \quad (47)$$

El método aditivo presentado por Bowerman et al. (2007) utilizando la notación de Hanke y Wichern (2006) se encuentra en la Ecuación (48) a la Ecuación (51).

$$L_t = \alpha (Y_t - S_{t-s}) + (1 - \alpha)(F_{t-1} + T_{t-1}) \quad (48)$$

$$T_t = \beta (L_t - L_{t-1}) + (1 - \beta)T_{t-1} \quad (49)$$

$$S_t = \gamma (Y_t - L_t) + (1 - \gamma)S_{t-s} \quad (50)$$

$$\hat{Y}_{t+p} = (L_t + pT_t)S_{t-s+p} \quad (51)$$



#### 2.1.1.1.4. TÉCNICA BOX-JENKINS

De acuerdo a Bowerman et al. (2007, p. 401) la metodología de Box-Jenkins consta de un procedimiento iterativo de cuatro pasos:

1. Identificación tentativa del modelo con los datos
2. Estimación de los parámetros del modelo
3. Comprobación del diagnóstico para verificar modelo y mejorarlo
4. Pronosticar valores futuros con el modelo final

Los modelos utilizados con la técnica de Box-Jenkins se resumen en los siguientes.

**MODELO AUTORREGRESIVO DE ORDEN  $P$ —AR( $P$ ).** El modelo autorregresivo de orden  $p$  retrasos—AR( $p$ )—para la variable respuesta  $Y_t$ , está en función de los coeficientes  $\phi_0, \phi_1, \dots, \phi_p$ , las variables respuestas  $Y_{t-1}, Y_{t-2}, \dots, Y_{t-p}$  y el término de error  $\varepsilon_t$  según la notación de Hanke y Wichern (2006), tal como se muestra en la Ecuación (52).

$$Y_t = \phi_0 + \phi_1 Y_{t-1} + \phi_2 Y_{t-2} + \dots + \phi_p Y_{t-p} + \varepsilon_t \quad (52)$$

El modelo AR (autoregressive) “aparenta ser un modelo de regresión con valores retrasados en la variable dependiente en las posiciones de la variable independiente . . . y son apropiados para series de tiempo estacionarias” (Hanke y Wichern, 2006, p. 386).

El orden  $p$  del modelo AR lo determina el valor de la función de autocorrelación parcial FAP (PACF, partial autocorrelation function) antes de ser significativamente igual a cero y el valor de la función de autocorrelación FAS (ACF, autocorrelation function) disminuye aproximándose a cero (Wilson y Keating, 2007).

**MODELO DE PROMEDIO MÓVIL DE ORDEN Q—MA(Q).** El modelo de promedio móvil de orden  $q$ —MA( $q$ )—para la variable respuesta  $Y_t$ , según la notación de Hanke y Wichern (2006), está en función del valor promedio constante  $\mu$ , de los coeficientes  $\omega_1, \omega_2, \dots, \omega_q$ , del término de error que representa los efectos de las variables no explicadas por el modelo  $\varepsilon_t$  y de los errores  $\varepsilon_{t-1}, \varepsilon_{t-2}, \dots, \varepsilon_{t-q}$  en periodos anteriores al tiempo  $t$ , tal como se muestra en la Ecuación (53).

$$Y_t = \mu + \varepsilon_t - \omega_1\varepsilon_{t-1} - \omega_2\varepsilon_{t-2} - \dots - \omega_q\varepsilon_{t-q} \quad (53)$$

Los modelos MA (moving average) proporcionan pronósticos de  $Y$  en base en una combinación lineal de un número finito de errores pasados (Hanke y Wichern, 2006).

El orden  $q$  del modelo MA lo determina el valor de la función de autocorrelación ACF antes de ser significativamente igual a cero y el valor de la función de autocorrelación parcial PACF disminuye aproximándose a cero (Wilson y Keating, 2007).

**MODELO AUTORREGRESIVO DE MEDIAS MÓVILES DE ORDEN P,Q—ARMA(P,Q).** El modelo de promedio móvil autorregresivo—ARMA( $p,q$ )—para la variable respuesta  $Y_t$  se presenta en la Ecuación (54) y se utiliza en series estacionarias.

$$Y_t = \phi_0 + \phi_1Y_{t-1} + \phi_2Y_{t-2} + \dots + \phi_pY_{t-p} + \varepsilon_t - \omega_1\varepsilon_{t-1} - \omega_2\varepsilon_{t-2} - \dots - \omega_q\varepsilon_{t-q} \quad (54)$$

El orden  $p$  lo determina el valor de la PACF antes de ser significativamente igual a cero y el orden  $q$  lo determina el valor ACF antes de ser significativamente igual a cero.

**MODELO AUTORREGRESIVO INTEGRADO DE MEDIAS MÓVILES DE ORDEN  $P, D, Q$ —ARIMA( $P, Q, D$ ).** En la Ecuación (55) se muestra el modelo autorregresivo integrado de medias móviles—ARIMA( $p, d, q$ )—donde la  $d$  es el número (orden) de diferencias (Wilson y Keating, 2007) y sirve para hacer estacionaria la serie.

$$\Delta Y_t = \phi_0 + \phi_1 \Delta Y_{t-1} + \phi_2 \Delta Y_{t-2} + \dots + \phi_p \Delta Y_{t-p} + \varepsilon_t - \omega_1 \varepsilon_{t-1} - \omega_2 \varepsilon_{t-2} - \dots - \omega_q \varepsilon_{t-q} \quad (55)$$

Si  $d = 1$  entonces  $\Delta Y_t = Y_t - Y_{t-1}$  como la primera diferencia de la observación para el periodo  $t$  (Hanke y Wichern, 2006).

Los modelos ARIMA (autoregressive integrated moving average) son una clase de modelos lineales que tienen la capacidad de operar sobre series de tiempo estacionarias o no estacionarias (Hanke y Wichern, 2006).

De acuerdo a Hanke y Wichern (2006, p. 390) “la notación ARIMA( $p, d, q$ ) se utiliza para indicar los modelos tanto para series de tiempo estacionarias ( $d = 0$ ) como para series no estacionarias ( $d > 0$ )”. Si con  $d = 1$  la serie sigue no estacionaria, entonces se puede cambiar a  $d = 2$  para hacer la segunda diferencia y convertir la serie en estacionaria, su representación se observa en la Ecuación (56) (Hanke y Wichern, 2006).

$$\Delta^2 Y_t = \Delta(\Delta Y_t) = \Delta(Y_t - Y_{t-1}) = Y_t - 2Y_{t-1} + Y_{t-2} \quad (56)$$

La determinación del orden  $p$  y  $q$  es similar al realizado en el modelo ARMA después de hacer estacionaria la serie.

Kilger y Wagner (2008), mencionan que el objetivo de la planificación de la demanda es mejorar el nivel de servicio en la cadena de suministros, y las decisiones en ella, depende de pronósticos planificados.

### 2.1.1.2. INDICADORES DE ERROR DEL PRONÓSTICO

Los indicadores de error del pronóstico más utilizados son: (a) desviación media absoluta, (b) error porcentual absoluto medio, y (c) desviación cuadrática media.

#### 2.1.1.2.1. DESVIACIÓN MEDIA ABSOLUTA

La desviación media absoluta (MAD, mean absolute deviation) o error medio absoluto (Wilson y Keating, 2007) se muestra en la Ecuación (57) y es igual al promedio de los  $n$  valores absolutos de las diferencias del dato real  $A_t$  y el pronóstico  $F_t$ .

$$MAD = \frac{1}{n} \sum_{t=1}^n |ERROR_t| = \frac{1}{n} \sum_{t=1}^n |A_t - F_t| \quad (57)$$

#### 2.1.1.2.2. ERROR PORCENTUAL ABSOLUTO MEDIO

El error porcentual absoluto medio (MAPE, mean absolute percentage error) o error medio porcentual absoluto (Wilson y Keating, 2007) se presenta en la Ecuación (58).

$$MAPE = \frac{1}{n} \sum_{t=1}^n \frac{|ERROR_t|}{A_t} = \frac{1}{n} \sum_{t=1}^n \frac{|A_t - F_t|}{A_t} \quad (58)$$

#### 2.1.1.2.3. DESVIACIÓN CUADRÁTICA MEDIA

La desviación cuadrática media (MSD, mean squared deviation) o error cuadrático medio (MSE, mean squared error) (Wilson y Keating, 2007) se presenta en la Ecuación (59).

$$MSD = \frac{1}{n} \sum_{t=1}^n (ERROR_t)^2 = \frac{1}{n} \sum_{t=1}^n (A_t - F_t)^2 \quad (59)$$

### 2.1.2. ADMINISTRACIÓN DE INVENTARIOS

En cuanto a la clasificación de los inventarios Krajewski et al. (2008), los clasifican en: (a) de ciclo, (b) de seguridad, (c) de previsión, y (d) en tránsito; también Heizer y Render (2009), hacen una clasificación de los inventarios en: (a) inventario de materias primas, (b) inventario de trabajo en proceso, (c) inventario para mantenimiento, reparación y operaciones, y (d) inventario de productos terminados.

En los modelos de administración de inventarios se pueden trabajar con artículos de demanda independiente y dependiente, la diferencia radica entre ellos en que “en la demanda independiente, las demandas de varias piezas no están relacionadas entre sí” . . . y “en la demanda dependiente, la necesidad de cualquier pieza es un resultado directo de la necesidad de otra, casi siempre una pieza de nivel superior del que forma parte” (Chase et al., 2009, p. 550).

Los modelos de inventario para demanda independiente se dividen en: (a) modelo de la cantidad económica a ordenar (EOQ), (b) modelo de la cantidad económica a producir, y (c) modelo de descuentos por cantidad (Heizer y Render, 2009).

#### 2.1.2.1. MODELO DE LA CANTIDAD ECONÓMICA A ORDENAR

El modelo de la cantidad económica a ordenar (EOQ, economic order quantity), se basa en los siguientes supuestos (Heizer y Render, 2009):

- La demanda es conocida, constante e independiente
- El tiempo de entrega es decir, el tiempo entre colocar y recibir la orden se conoce y es constante

- La recepción del inventario es instantánea y completa. En otras palabras, el inventario de una orden llega en un lote al mismo tiempo
- Los descuentos por cantidad no son posibles
- Los únicos costos variables son el costo de preparar o colocar una orden (costo de preparación) y el costo de mantener o almacenar inventarios a través del tiempo (costo de mantener o llevar)
- Los faltantes (inexistencia) se evitan por completo si las órdenes se colocan en el momento correcto

La Ecuación (60) muestra el costo total  $CT$  que es la suma del costo de ordenar  $CO$  y el costo de mantener inventarios  $CM$ , en la que está en función de la demanda anual  $D$ , cantidad a ordenar  $Q$ , el costo de una orden  $S$ , y el costo de mantener inventarios por unidad por año  $H$ .

$$CT = CO + CM = \frac{D}{Q}S + \frac{Q}{2}H \quad (60)$$

En la Ecuación (61) se presenta la cantidad óptima a ordenar  $Q^*$  y en la Ecuación (62) el punto de reorden  $ROP$  en donde  $d$  es la demanda diaria y  $L$  el tiempo de entrega en días o lead time.

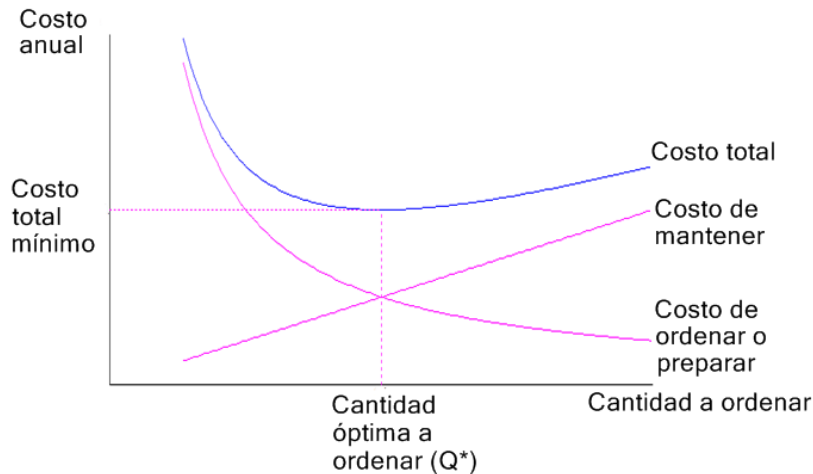
$$Q^* = \sqrt{\frac{2DS}{H}} \quad (61)$$

$$ROP = dL \quad (62)$$

En la Figura 2 se presenta el costo total del inventario en función de la cantidad a ordenar y como la suma del costo de ordenar y el costo de mantener inventarios.

**Figura 2**

*Costo total en función de la cantidad a ordenar*



### 2.1.2.2. MODELO DE LA CANTIDAD ECONÓMICA A PRODUCIR

El modelo de la cantidad económica a producir (POQ, production order quantity) (Heizer y Render, 2009), también conocido como cantidad económica del lote (EBQ, economic batch quantity) o cantidad de económica de manufactura (EMQ, economic manufacturing quantity) (Slack, Chambers y Johnston, 2010), no considera el supuesto de la entrega inmediata (Heizer y Render, 2009) y se aplica en dos casos: (a) cuando el inventario fluye de manera continua o se acumula durante un periodo después de colocar una orden, y (b) cuando las unidades se producen y venden en forma instantánea (Heizer y Render, 2009, p. 497).

De la Ecuación (63) a la Ecuación (65) se presentan los costos de preparación, costo de mantener y el tamaño de lote óptimo  $Q^*$  respectivamente, en donde  $p$  es la tasa de producción diaria y  $d$  la tasa de demanda diaria o tasa de uso (Heizer y Render, 2009). Las otras variables tienen el mismo significado que en el modelo EOQ.

$$\text{Costo de preparación} = (D/Q)S \tag{63}$$

$$\text{Costo de mantener} = \frac{1}{2}HQ[1 - (d/p)] \quad (64)$$

$$Q^* = \sqrt{\frac{2DS}{H[1-(d/p)]}} \quad (65)$$

### 2.1.2.3. MODELO DE DESCUENTO POR CANTIDAD

El modelo de descuento por cantidad permite encontrar el costo total mínimo  $TC$  y la cantidad a ordenar  $Q^*$  con el precio de descuento  $P$  que depende del volumen a pedir y del costo de mantener inventarios  $I$  expresado en porcentaje, y se presentan en las Ecuaciones (66) y (67) respectivamente.

$$TC = \frac{D}{Q}S + \frac{Q}{2}H + PD \quad (66)$$

$$Q^* = \sqrt{\frac{2DS}{IP}} \quad (67)$$

### 2.1.3. PLANEACIÓN AGREGADA DE LA PRODUCCIÓN

Según Chase et al. (2009), “el plan agregado de operaciones se ocupa de establecer los índices de producción por grupo de productos u otras categorías a mediano plazo (3 a 18 meses)” (p. 518).

Los requerimientos para el sistema de planeación de producción (Chase et al., 2009) son:

- Externas a la empresa: (a) comportamiento de los competidores, (b) disponibilidad de materias primas, (c) demanda del mercado, (d) capacidad externa (subcontratistas), y (e) condiciones económicas.



- Internas a la empresa: (a) capacidad física actual, (b) fuerza de trabajo actual, (c) niveles de inventario, y (d) actividades requeridas para la producción.

### **2.1.3.1. ESTRATEGIAS EN LA PLANEACIÓN AGREGADA**

Heizer y Render (2009), plantean las siguientes estrategias de la planeación agregada: (a) alternativas de capacidad, (b) alternativas de demanda y (c) mezcla de alternativas.

**ESTRATEGIAS DE ALTERNATIVAS DE CAPACIDAD.** Se puede elegir entre las siguientes alternativas de capacidad (Heizer y Render, 2009):

- Cambiar los niveles de inventario
- Variar el tamaño de la fuerza de trabajo mediante contrataciones y despidos
- Variar las tasas de producción mediante tiempo extra o tiempo ocioso
- Subcontratar la producción en demanda alta
- Usar trabajadores de tiempo parcial

**ESTRATEGIAS DE ALTERNATIVAS DE DEMANDA.** Se consideran las alternativas básicas de demanda (Heizer y Render, 2009):

- Influir en la demanda mediante publicidad, promociones, ventas personales y descuentos
- Órdenes pendientes durante periodos de demanda alta
- Mezclar productos y servicios con estacionalidad opuesta

**ESTRATEGIAS DE MEZCLA DE ALTERNATIVAS.** Se cuentan con las siguientes estrategias de mezclas (Heizer y Render, 2009):

- Estrategia de persecución, se alcanzan las tasas de producción siguiendo a la demanda pronosticada
- Estrategia de nivelación, tasas de producción constantes durante el año

### 2.1.3.2. MÉTODOS PARA LA PLANEACIÓN AGREGADA

Heizer y Render (2009), plantean los siguientes métodos para la planeación agregada.

**MÉTODOS GRÁFICOS.** Son métodos de prueba y error que por lo general utilizan pocas variables y que no buscan optimizar. A continuación se mencionan los pasos a seguir en el desarrollo de los métodos gráficos (Heizer y Render, 2009):

1. Determinación de la demanda por periodo
2. Calcular la capacidad para el tiempo normal, extra y subcontratación para cada periodo
3. Determinar los costos de mano de obra, contratación, despido y de mantener inventarios
4. Tomar en cuenta la política de la organización sobre los trabajadores y nivel de inventario
5. Proponer planes alternativos y calcular sus costos totales.

**ENFOQUES MATEMÁTICOS.** Son métodos que buscan la optimización y pueden ser:

- Método de transporte de programación lineal: Es un modelo matemático de programación lineal que optimiza los recursos como las unidades a subcontratar, las horas extras y el inventario para minimizar los costos totales.

- Modelo de coeficientes administrativos: Utiliza un modelo de regresión para relacionar variables, como por ejemplo demanda y mano de obra, basándose en data pasada para las decisiones futuras.
- Modelo de simulación: Por medio de simulación busca una combinación del tamaño de la fuerza de trabajo y tasa de producción para minimizar los costos.

Dentro de los enfoques matemáticos, Chopra y Meindl (2008) plantean un modelo de programación lineal en MS Excel® para minimizar los costos totales del plan agregado de producción bajo restricciones de fuerza de trabajo, contratación y despido, restricciones de capacidad, restricciones de balance de inventario y restricciones sobre el límite de tiempo extra.

#### **2.1.4. PROGRAMA MAESTRO DE PRODUCCIÓN**

El programa maestro de producción (MPS, master production schedule) desagrega la familia de productos, agregado en el plan agregado de producción, en productos específicos.

“El programa de producción maestro nos dice qué se requiere para satisfacer la demanda y cumplir con el plan de producción. Este programa establece qué artículos hacer y cuándo hacerlos: desagrega el plan agregado de producción” (Heizer y Render, 2009, p. 563).

Krajewski et al. (2008), indican que el MPS: “divide el plan de ventas y operaciones en programas de productos específicos” (p. 631).

Según Chase et al. (2009) un buen MPS debe:

- Incluir todas las demandas de venta del producto, resurtido de almacén, refacciones y necesidades entre las plantas.
- Nunca perder de vista el plan conjunto.
- Comprometerse con los pedidos prometidos al cliente.
- Ser visible en todos los niveles de la administración.
- Equilibrar objetivamente los conflictos de manufactura, marketing e ingeniería.

- Identificar y comunicar todos los problemas.

De acuerdo a Chapman (2006) los métodos para el MPS son: (a) fabricación para almacenamiento, (b) armado bajo pedido, y (c) fabricación bajo pedido.

**FABRICACIÓN PARA ALMACENAMIENTO.** Cuando el MPS funciona como un programa de ensamblaje final se utiliza la fabricación para almacenamiento (MTS, make to stock) en donde el cliente no tiene influencia sobre el diseño final (Chapman, 2006).

**ARMADO BAJO PEDIDO.** En ocasiones el cliente tiene influencia sobre la combinación (o la inclusión) de varios subensamblajes o atributos opcionales, en estos casos se utiliza el armado bajo pedido (ATO, assemble to order). En este entorno existen muchos componentes y combinaciones para un número pequeño de alternativas de ensamblaje. "Es mucho mejor programar las opciones y combinarlas sólo cuando se haya recibido el pedido real del cliente" (Chapman, 2006, p. 78).

**FABRICACIÓN BAJO PEDIDO.** "En este entorno el cliente tiene una gran influencia sobre el diseño del producto o servicio final" (Chapman, 2006, p. 78). Las organizaciones productoras pueden utilizar componentes estándar como materia prima, pero son muy diversas las formas en que dichos componentes se ensamblarán (Chapman, 2006). En estos entornos de fabricación bajo pedido (MTO, make to order) suele haber un número relativamente bajo de materias primas, pero una gran cantidad de productos finales. (Chapman, 2006).

#### **2.1.5. PLANEACIÓN DE REQUERIMIENTOS DE MATERIALES**

La técnica que se emplea en los artículos de demanda dependiente es el plan de requerimientos de materiales (MRP) (Heizer y Render, 2009).

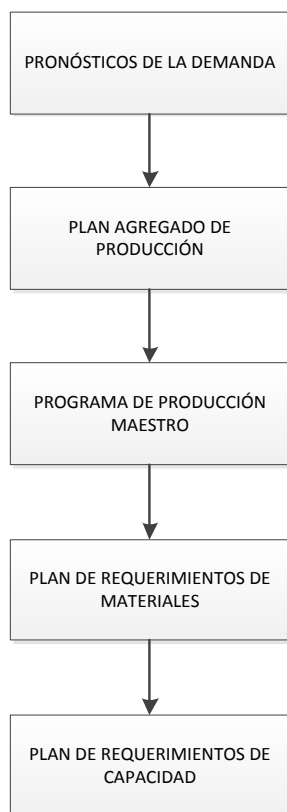
“La planificación de requerimientos de materiales (MRP) es un sistema computarizado de información que se desarrolló específicamente para ayudar a los fabricantes a administrar el inventario de demanda dependiente y programar los pedidos de reabastecimiento” (Krajewski et al., 2008, p. 629).

El MRP es un método lógico y fácil de entender para abordar el problema de determinar el número de piezas, componentes y materiales necesarios para producir cada pieza final. MRP también proporciona un programa para especificar cuándo hay que producir o pedir estos materiales, piezas y componentes. (Chase et al., 2009, p. 590).

En la Figura 3 se muestra el proceso de planeación de materiales que empieza por los pronósticos de la demanda.

### Figura 3

*Proceso de planeación de requerimientos de materiales*



### **2.1.5.1. LISTA DE MATERIALES**

La lista de materiales (BOM, bill of materials), lista estructurada de materiales (Heizer y Render, 2009) o estructura de producto (Chapman, 2006), consiste en mostrar por medio de un diagrama, la descomposición en partes o componentes de un artículo o producto terminado.

“El archivo con la lista de materiales (BOM) contiene la descripción completa de los productos y anota materiales, piezas y componentes, además de la secuencia en que se elaboran los productos” (Chase et al., 2009, p. 593).

Una BOM es una lista de las cantidades de componentes, ingredientes y materiales requeridos para hacer un producto y también puede incluir los dibujos individuales, además de describir las dimensiones físicas, detallar cualquier proceso especial y la materia prima necesaria para producir cada parte (Heizer y Render, 2009).

### **2.1.5.2. ESTRUCTURA DEL PLAN DE REQUERIMIENTO DE MATERIALES**

Krajewski et al. (2008), menciona los siguientes datos de entrada que requiere un MRP: Explosión MRP, que depende del programa maestro de producción autorizado, otras fuentes de demanda, la lista de materiales (sale del diseño de ingeniería y procesos) y de los registros de inventario.

Heizer y Render (2009), proponen como datos de entrada a un sistema MRP: (a) programa de producción maestro, (b) lista estructurada de materiales, (c) tiempos de entrega, (d) datos de inventario, y (e) datos de compra.

Dependiendo de considerar el inventario disponible, los sistemas de MRP puede ser bruto, cuando no se toma en cuenta el inventario y neto cuando se toma en cuenta el inventario.

### 2.1.6. INDICADORES ECONÓMICOS FINANCIEROS

Los indicadores económicos financieros más utilizados son: (a) valor actual neto, (b) tasa interna de retorno, (c) ratio beneficio costo, y (d) periodo de recuperación de la inversión.

#### 2.1.6.1. VALOR ACTUAL NETO

El valor actual neto (VAN) consiste en actualizar los flujos netos  $FN_t$ , de cada periodo  $t$  a una tasa de descuento  $d$  tal como se observa en la Ecuación (68).

$$VAN = \sum_{t=0}^n \frac{FN_t}{(1+d)^t} \quad (68)$$

#### 2.1.6.2. TASA INTERNA DE RETORNO

La tasa interna de retorno (TIR) es aquella tasa de descuento  $d$  que hace al VAN igual a cero y se muestra en la Ecuación (69).

$$VAN = \sum_{t=0}^n \frac{FN_t}{(1+TIR)^t} = 0 \quad (69)$$

#### 2.1.6.3. RATIO BENEFICIO COSTO

El ratio beneficio costo ( $B/C$ ) es igual a la actualización de los beneficios  $B_t$  entre la actualización de los costos  $C_t$  a una tasa de descuento  $d$  tal como se presenta en la Ecuación (70).

$$B/C = \frac{\sum_{t=0}^n \frac{B_t}{(1+d)^t}}{\sum_{t=0}^n \frac{C_t}{(1+d)^t}} \quad (70)$$

#### 2.1.6.4. PERIODO DE RECUPERACIÓN DE LA INVERSIÓN

El periodo de recuperación de la inversión (PRI) nos indica el periodo en que se recupera la inversión a una tasa de descuento  $d$  tal como se muestra en la Ecuación (71). El término  $n - 1$  representa el año anterior en donde se recupera la inversión  $INV$ .

$$PRI = n - 1 + \left( \frac{INV - \sum_{t=1}^{n-1} \frac{FN_t}{(1+d)^t}}{\frac{FN_n}{(1+d)^n}} \right) \quad (71)$$

#### 2.1.6.5. ÍNDICE DE RENTABILIDAD

El índice de rentabilidad (IR) se define como la razón entre el valor presente neto (VAN) y el desembolso inicial o inversión (INV) (Brealey et al., 2010) y su representación se muestra en la Ecuación (72).

$$IR = \frac{VAN}{INV} \quad (72)$$

## 2.2. MARCO CONCEPTUAL

El marco conceptual según Ravitch y Riggan (2017, p. 26) es “una forma de vincular todos los elementos del proceso de investigación: intereses y objetivos del investigador, identidad y posicionalidad, contexto y escenario (macro y micro), teoría formal e informal y métodos”.



En esta tesis doctoral se prueba que implementando un sistema de planeación de materiales en un proyecto de inversión industrial pesquero mejora la toma de decisiones para el inversionista., para ello se establecen tres escenarios de proyectos: (a) ESCENARIO 1, proyecto con sistema de planeación de materiales utilizando pronóstico de la demanda con el modelo estadístico de menor indicador de pronóstico., (b) ESCENARIO 2, proyecto con sistema de planeación de materiales utilizando datos de demanda real, y (c) proyecto sin sistema de planeación de materiales utilizando pronóstico de la demanda con el modelo de tendencia lineal.

Se define al sistema de planeación de materiales como aquel que determina los requerimientos de materiales directos en la producción de conservas de pescado. Este sistema se compone de cuatro módulos en el siguiente orden secuencial: (1) pronóstico de las ventas internas de conservas de pescado, (2) plan agregado de producción, (3) programa maestro de producción y (4) plan de requerimientos de materiales. Se implementa solo para los ESCENARIOS 1 y 2.

En el módulo de pronósticos, se selecciona al modelo estadístico con menor error de pronóstico entre los siguientes modelos: (a) regresión lineal, (b) descomposición de series de tiempo, (c) método de Winters y (d) modelos autorregresivos integrado de medias móviles (ver sección 2.1.1.1), utilizando como indicadores de medición del error a la desviación media absoluta (MAD) y el error porcentual absoluto medio (MAPE) (ver sección 2.1.1.2). Los datos para los pronósticos mensuales de los años 2015 al 2019 son las ventas internas mensuales de conservas de pescado en toneladas de los años 2010 al 2014 que se obtienen del Ministerio de la Producción (PRODUCE, 2010; 2011; 2012; 2013; 2014). Los pronósticos mensuales en toneladas se convierten a número de cajas de conservas de pescado para que sean utilizados en el plan agregado de producción.

En el módulo del plan agregado de producción se contempla un modelo de programación lineal entera que es adaptado al propuesto por Chopra y Meindl (2008) y que minimice el costo de la mano de obra en tiempo regular, costo de mano de obra en tiempo extra, costo de contratación y despido, costo de inventario y desabasto y el costo de materiales y subcontratación. Optimizando el modelo de programación lineal se obtienen el número de cajas de conservas de pescado para 60 periodos mensuales.

La implementación del módulo del programa maestro de producción es de acuerdo a como lo define Heizer y Render (2009) en que se desagrega el plan agregado de producción para establecer en un programa, qué artículos hacer y cuándo hacerlos. Aquí se propone trabajar el programa maestro de producción en periodos semanales, es decir se dividirá las cantidades mensuales de cajas de conservas de pescado del plan agregado de producción entre cuatro para obtener la producción semanal.

En el plan de requerimientos de materiales se desarrolló para cada artículo de la lista estructurada de materiales, 10 modelos de programación lineal entera mixta de 24 semanas cada una para obtener los costos totales mínimos del inventario para 240 semanas.

En los modelos de optimización del plan agregado de producción y del plan de requerimientos de materiales se utilizan el motor de solución COIN-OR<sup>1</sup> CBC que es un solucionador de ramificar y cortar para modelos de programación de enteros mixtos (MIP) de código abierto escrito en C ++ (Forrest y Lougee-Heimer, 2005).

Los costos del plan agregado de producción y del plan de requerimiento de materiales se agregan en el presupuesto de los costos de producción del estudio económico del proyecto de inversión.

Se calcula el valor actual neto, tasa interna de retorno, ratio beneficio costo, periodo de recuperación de la inversión e índice de rentabilidad económico y financiero del proyecto de acuerdo a las ecuaciones de la sección 2.1.6.

En la prueba que implementando el sistema de planeación de materiales mejora la toma de decisiones del inversionista, se parte que la mejora de la toma de decisiones ocurre cuando disminuye la incertidumbre, es en este punto en que se utilizó el concepto de incertidumbre dada por la Joint Committee for Guides in Metrology (JCGM, 2008) en donde indica que la incertidumbre puede medirse por medio de la desviación estándar y del error de medición (JCGM, 2008).

---

<sup>1</sup> Computational Infrastructure for Operations Research (COIN-OR)

En esta tesis se definió la medición del error como el valor absoluto de la diferencia del valor actual neto entre dos escenarios, ESCENARIO 2 y 1, y ESCENARIO 2 y 3.

En la contrastación de la hipótesis sobre la implementación de un sistema de planeación de materiales mejora la toma de decisiones de inversión en un proyecto industrial pesquero, se utilizaron pruebas estadísticas paramétricas y no paramétricas presentadas en la sección 1.12.4.

## **CAPÍTULO III**

### **IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA DE PLANEACIÓN DE MATERIALES EN EL ESTUDIO DE INGENIERÍA DEL PROYECTO DE INVERSIÓN**

#### **3.1. DEFINICIÓN TÉCNICA DEL PRODUCTO**

La presentación del producto se define como conservas de caballa de 170 gr de contenido neto, de los cuales contiene 120 gr de caballa y 50 gr de líquido de gobierno. El líquido de gobierno contiene 45.1 gr de aceite vegetal y 4.9 gr de sal.

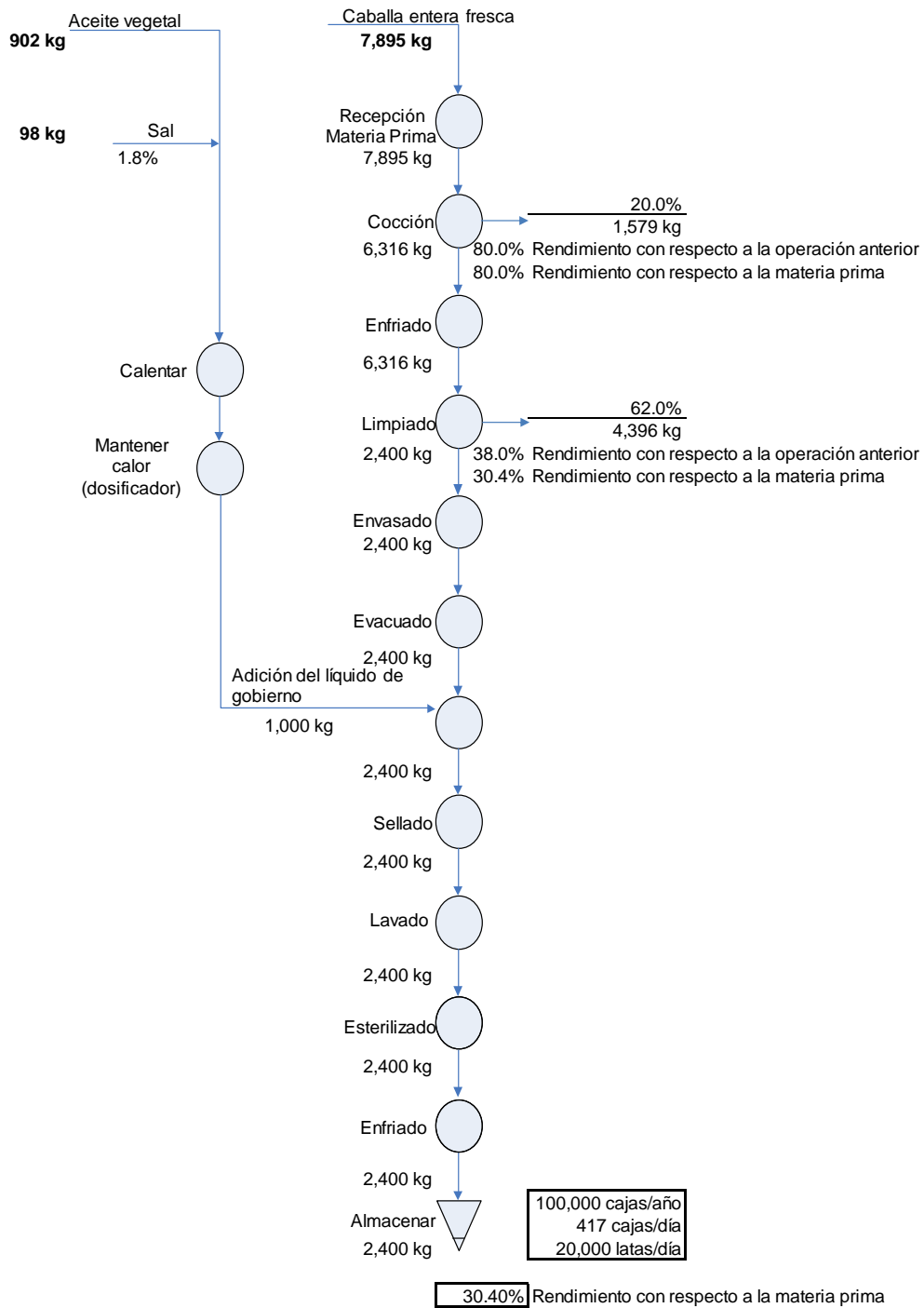
El envase son latas de ½ lb tuna (307 x 109) easy open de hojalata de dos piezas (cuerpo embutido y tapa) cuyo espesor del cuerpo es de 0.18 mm y el espesor de la tapa de 0.23 mm.

#### **3.2. DEFINICIÓN DEL PROCESO**

El proceso de producción de las conservas de caballa se muestra en la Figura 4 y es una adaptación al planteado por Ramos y Flores (2016), en donde se indica el requerimiento de 7,895 kg de caballa para una producción de 2,400 kg de pescado en las latas y una producción de 100,000 cajas por año en el diseño de la planta base.

**Figura 4**

*Diagrama de operaciones del proceso de las conservas de caballa*



Nota. Adaptado de Ramos y Flores (2016).

### **3.3. SISTEMA DE PLANEACIÓN DE MATERIALES**

El sistema de planeación de materiales propuesto para los ESCENARIOS 1 y 2, está compuesto de los siguientes módulos: (a) pronósticos de las ventas internas de conservas de pescado, (b) plan agregado de la producción, (c) programa maestro de producción, y (d) plan de requerimientos de materiales.

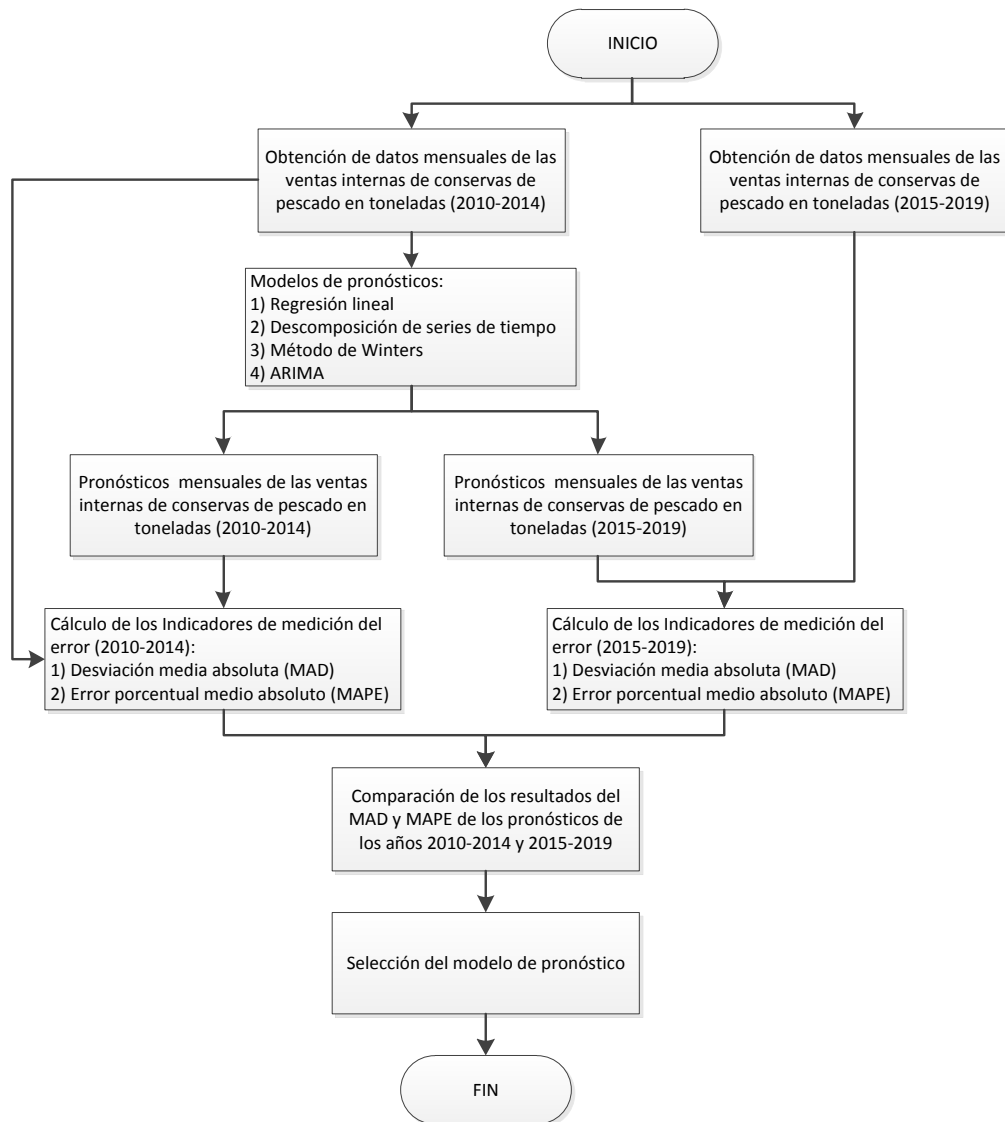
#### **3.3.1. PRONÓSTICOS DE LAS VENTAS INTERNAS DE CONSERVAS DE PESCADO**

En la selección del modelo de pronóstico para el ESCENARIO 1 se utilizó un método que compara los resultados de los indicadores de medición de error de los datos mensuales de las ventas internas de conservas de pescado de los años 2010 al 2014 y del 2015 al 2019, tal como se muestra en la Figura 5.

Se utilizaron los modelos de pronósticos: (a) regresión lineal, (b) descomposición de series de tiempo multiplicativo, (c) descomposición de series de tiempo aditivo, (d) método de Winters multiplicativo, (e) método de Winters aditivo, y (f) modelos ARIMA. Una vez que se obtienen los pronósticos de las ventas internas de conservas de pescado de los años 2010 al 2014 y del 2015 al 2019, se calcula la desviación media absoluta (MAD) y el error porcentual medio absoluto (MAPE) y se analizan los resultados entre los dos periodos de tiempo. La selección del modelo de pronóstico para el ESCENARIO 1 es en base al menor valor de los indicadores MAD y MAPE.

**Figura 5**

*Método utilizado en la selección del modelo de pronóstico*



En la Tabla 1 se muestran los datos mensuales de las ventas internas de conservas de pescado en toneladas ( $A_t$ ) del año 2010 al 2014 que se utilizaron en los modelos de pronósticos (ver también Figura 6).

**Tabla 1***Ventas internas de conservas de pescado en toneladas (2010-2014)*

MES-AÑO	$A_t$	MES-AÑO	$A_t$	MES-AÑO	$A_t$
ene-10	3,322	sep-11	5,998	may-13	3,478
feb-10	2,701	oct-11	7,442	jun-13	3,573
mar-10	4,958	nov-11	7,025	jul-13	5,787
abr-10	7,550	dic-11	5,349	ago-13	3,786
may-10	6,155	ene-12	6,709	sep-13	6,623
jun-10	6,493	feb-12	4,932	oct-13	4,815
jul-10	5,304	mar-12	7,847	nov-13	3,500
ago-10	4,221	abr-12	8,009	dic-13	1,947
sep-10	5,645	may-12	3,336	ene-14	2,381
oct-10	8,229	jun-12	5,810	feb-14	2,072
nov-10	9,999	jul-12	5,922	mar-14	3,105
dic-10	6,679	ago-12	4,419	abr-14	6,094
ene-11	6,537	sep-12	6,209	may-14	4,965
feb-11	6,625	oct-12	7,030	jun-14	3,273
mar-11	10,181	nov-12	3,628	jul-14	5,122
abr-11	9,014	dic-12	3,985	ago-14	3,674
may-11	8,833	ene-13	2,260	sep-14	4,719
jun-11	8,675	feb-13	3,031	oct-14	3,635
jul-11	9,068	mar-13	3,128	nov-14	3,180
ago-11	6,712	abr-13	4,062	dic-14	4,929

*Nota.* Datos mensuales del PRODUCE (2010-2014).

En el ESCENARIO 2 se utilizaron los datos mensuales de las ventas internas de conservas de pescado en toneladas  $A_t$  del año 2015 al 2019 en las proyecciones de ese escenario (Ver Tabla 2 y Figura 7).



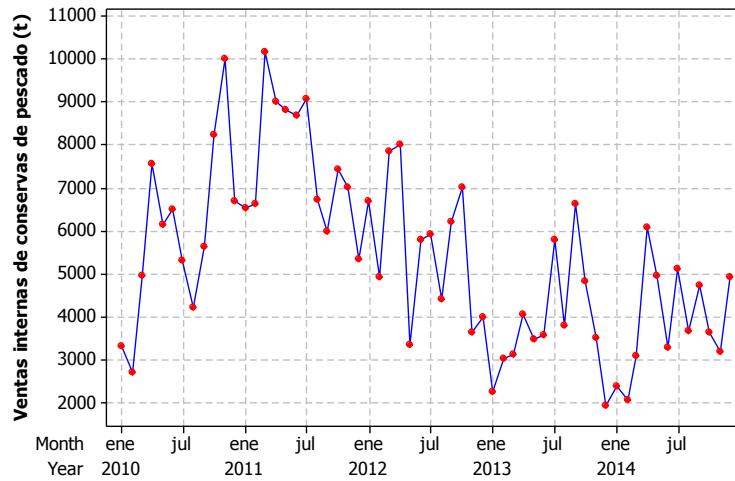
**Tabla 2***Ventas internas de conservas de pescado en toneladas (2015-2019)*

MES-AÑO	$A_t$	MES-AÑO	$A_t$	MES-AÑO	$A_t$
ene-15	2,925	sep-16	3,974	may-18	4,050
feb-15	3,404	oct-16	2,433	jun-18	2,840
mar-15	5,471	nov-16	3,230	jul-18	3,230
abr-15	4,749	dic-16	4,485	ago-18	3,110
may-15	4,720	ene-17	3,779	sep-18	3,860
jun-15	3,294	feb-17	8,526	oct-18	4,150
jul-15	3,316	mar-17	4,812	nov-18	4,180
ago-15	4,860	abr-17	4,852	dic-18	3,730
sep-15	5,080	may-17	4,247	ene-19	4,310
oct-15	7,397	jun-17	3,730	feb-19	3,160
nov-15	5,954	jul-17	4,702	mar-19	5,820
dic-15	2,808	ago-17	4,539	abr-19	5,860
ene-16	3,694	sep-17	3,483	may-19	5,780
feb-16	3,800	oct-17	4,376	jun-19	5,480
mar-16	4,537	nov-17	5,977	jul-19	4,790
abr-16	3,943	dic-17	2,968	ago-19	3,140
may-16	3,871	ene-18	2,910	sep-19	3,450
jun-16	4,134	feb-18	2,870	oct-19	4,790
jul-16	3,917	mar-18	5,130	nov-19	4,560
ago-16	4,637	abr-18	3,150	dic-19	5,400

*Nota.* Datos mensuales del PRODUCE (2015-2019).

**Figura 6**

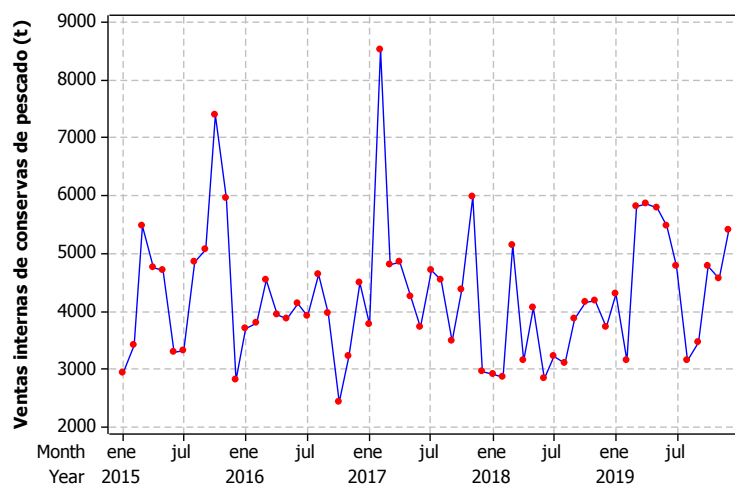
*Ventas internas de conservas de pescado en toneladas (2010-2014)*



*Nota.* Datos mensuales del PRODUCE (2010-2014).

**Figura 7**

*Ventas internas de conservas de pescado en toneladas (2015-2019)*



*Nota.* Datos mensuales del PRODUCE (2015-2019).

Los pronósticos mensuales de las ventas internas de conservas de pescado en toneladas  $F_t$  del año 2015 al 2019 se observan en el APÉNDICE C (Ver Tabla C1 a la Tabla C36), conjuntamente con su error absoluto y el error porcentual absoluto.

Los pronósticos con los modelos de regresión lineal, descomposición de series de tiempo y método de Winters fueron determinados con el programa Minitab (versión 16) y los modelos ARIMA con el programa ForecastX™ 6.0. Las salidas gráficas de los pronósticos de los modelos ARIMA y sus autocorrelaciones fueron realizadas con el programa Minitab 16.

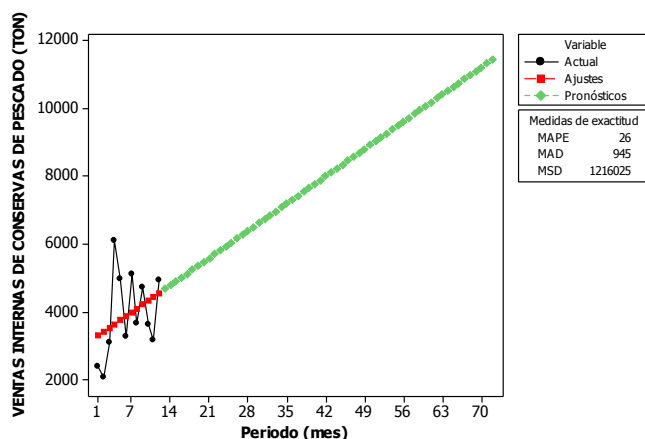
### 3.3.1.1. PRONÓSTICOS EN BASE A DATOS DE UN AÑO (2014)

Los pronósticos mensuales de los años 2015 al 2019, en base a los datos mensuales del año 2014, se muestran en la Figura 8 a la Figura 10.

En la Figura 8 se observa la gráfica de los pronósticos por el modelo de regresión lineal  $Y_t = 3183 + 115 t$  con los indicadores del error del pronóstico para el año 2014, con un MAPE de 26%, MAD de 945 y MSD de 1,216,025.

**Figura 8**

*Pronóstico por el modelo de regresión lineal (datos mensuales: 2014)*

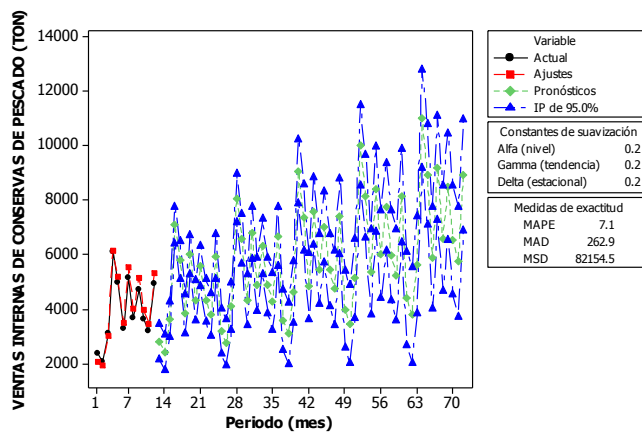


*Nota.* Datos mensuales del PRODUCE (2014).

Los pronósticos realizados por el método de Winters fueron con el modelo multiplicativo (ver Figura 9) y el modelo aditivo (ver Figura 10). Los indicadores del error del pronóstico para el modelo multiplicativo son de un MAPE de 7.1%, MAD de 262.9 y MSD de 82,154.5; y para el modelo aditivo son de un MAPE de 0%, MAD de 0.0 y MSD de 0.0.

**Figura 9**

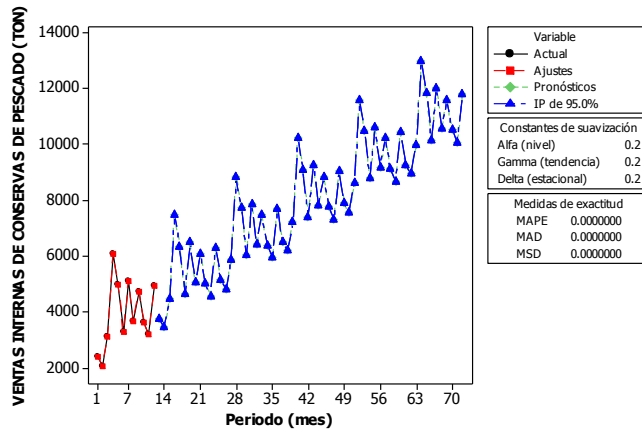
*Pronósticos por el método de Winters multiplicativo (datos mensuales: 2014)*



*Nota.* Datos mensuales del PRODUCE (2014).

**Figura 10**

*Pronósticos por el método de Winters aditivo (datos mensuales: 2014)*



*Nota.* Datos mensuales del PRODUCE (2014).

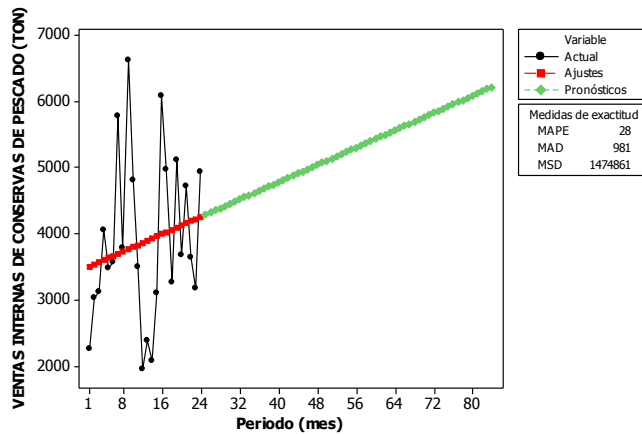
### 3.3.1.2. PRONÓSTICOS EN BASE A DATOS DE DOS AÑOS (2013-2014)

Los pronósticos mensuales de los años 2015 al 2019, en base a los datos mensuales de los años 2013 al 2014, se muestran en la Figura 11 a la Figura 17.

En la Figura 11 se observa la gráfica de los pronósticos por el modelo de regresión lineal  $Y_t = 3472 + 32.7 t$  con los indicadores del error del pronóstico de los años 2013 al 2014, con un MAPE de 28%, MAD de 981 y MSD de 1,474,861.

**Figura 11**

*Pronósticos por el modelo de regresión lineal (datos mensuales: 2013-2014)*

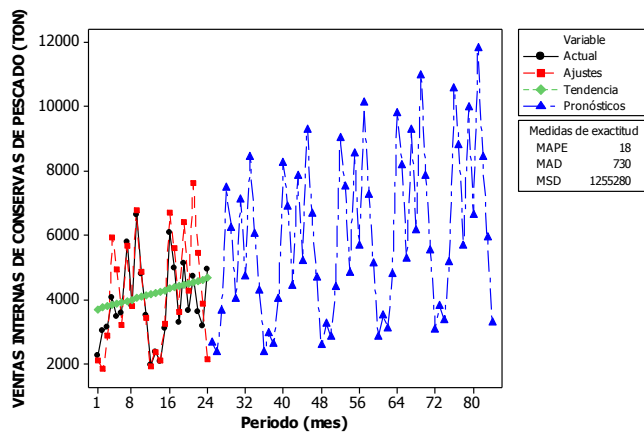


*Nota.* Datos mensuales del PRODUCE (2013-2014).

Los pronósticos por el método de descomposición de series de tiempo para los datos mensuales del 2013 al 2014 se dividió en: (a) modelo multiplicativo de tendencia y estacional, (b) modelo multiplicativo estacional, (c) modelo aditivo de tendencia y estacional, y (d) modelo aditivo estacional (ver Figura 12 a la Figura 15, respectivamente). Los indicadores del error del pronóstico para el modelo multiplicativo de tendencia y estacional son de un MAPE de 18%, MAD de 730 y MSD de 1,255,280; para el modelo multiplicativo estacional son de un MAPE de 16%, MAD de 656 y MSD de 1,167,632; para el modelo aditivo de tendencia y estacional son de un MAPE de 17%, MAD de 627 y MSD de 995,255; y del modelo aditivo estacional son de un MAPE de 15%, MAD de 588 y MSD de 1,005,377.

**Figura 12**

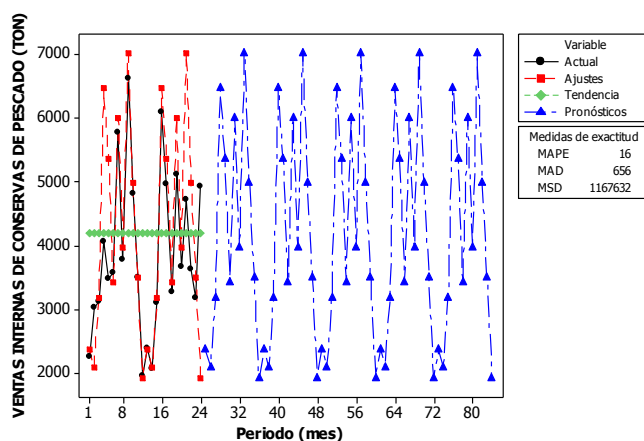
*Pronósticos por descomposición de series de tiempo multiplicativo-tendencia y estacional (datos mensuales: 2013-2014)*



*Nota.* Datos mensuales del PRODUCE (2013-2014).

**Figura 13**

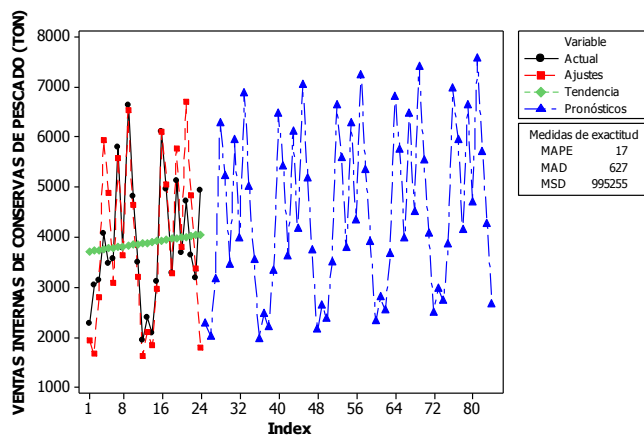
*Pronósticos por descomposición de series de tiempo multiplicativo-estacional (datos mensuales: 2013-2014)*



*Nota.* Datos mensuales del PRODUCE (2013-2014).

**Figura 14**

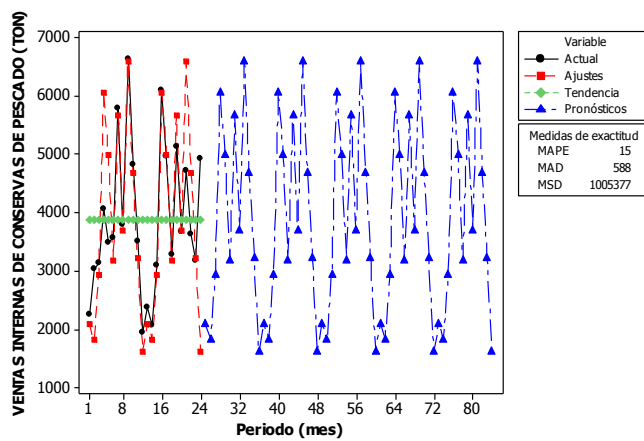
*Pronósticos por descomposición de series de tiempo aditivo-tendencia y estacional (datos mensuales: 2013-2014)*



*Nota.* Datos mensuales del PRODUCE (2013-2014).

**Figura 15**

*Pronósticos por descomposición de series de tiempo aditivo-estacional (datos mensuales: 2013-2014)*



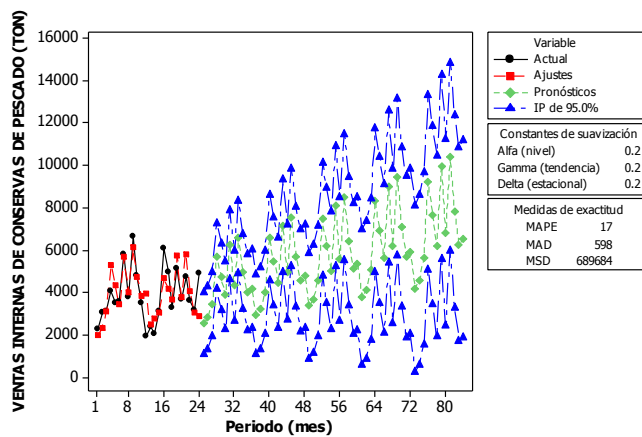
*Nota.* Datos mensuales del PRODUCE (2013-2014).



Los pronósticos realizados por el método de Winters fueron con el modelo multiplicativo (ver Figura 16) y el modelo aditivo (ver Figura 17). Los indicadores del error del pronóstico para el modelo multiplicativo son de un MAPE de 17%, MAD de 598 y MSD de 689,684; y para el modelo aditivo son de un MAPE de 20%, MAD de 665 y MSD de 758,387.

**Figura 16**

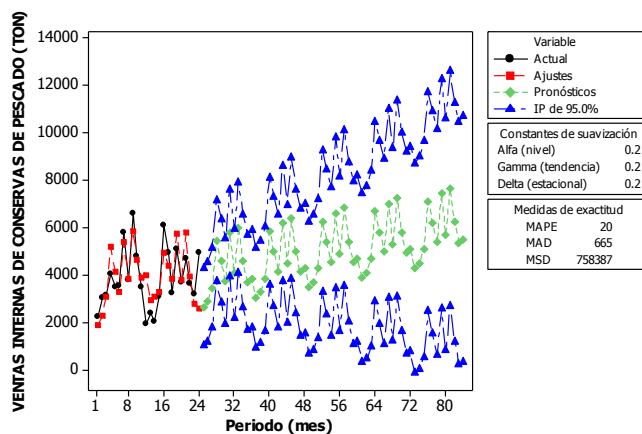
*Pronósticos por el método de Winters multiplicativo (datos mensuales: 2013-2014)*



*Nota.* Datos mensuales del PRODUCE (2013-2014).

**Figura 17**

*Pronósticos por el método de Winters aditivo (datos mensuales: 2013-2014)*



*Nota.* Datos mensuales del PRODUCE (2013-2014).

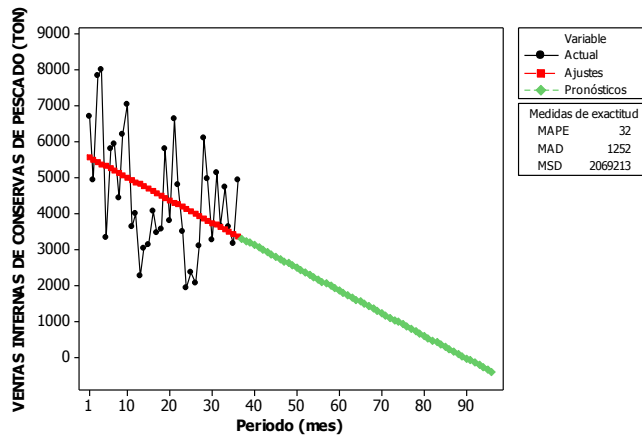
### 3.3.1.3. PRONÓSTICOS EN BASE A DATOS DE TRES AÑOS (2012-2014)

Los pronósticos mensuales de los años 2015 al 2019, en base a los datos mensuales de los años 2012 al 2014, se muestran en Figura 18 a la Figura 24.

En la Figura 18 se observa la gráfica de los pronósticos por el modelo de regresión lineal  $Y_t = 5634 - 62.832 t$  con los indicadores del error del pronóstico de los años 2012 al 2014, con un MAPE de 32%, MAD de 1,252 y MSD de 2,069,213.

**Figura 18**

*Pronósticos por el modelo de regresión lineal (datos mensuales: 2012-2014)*

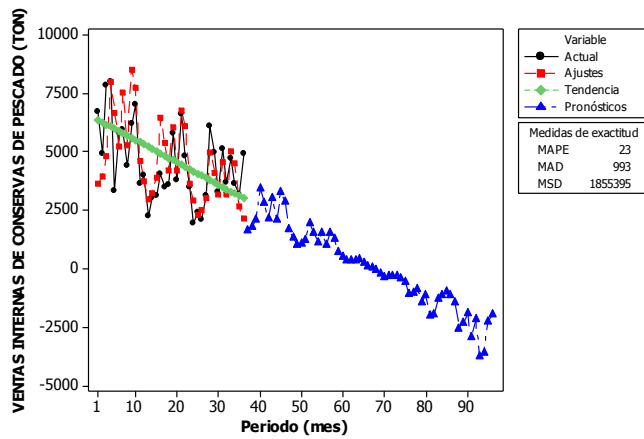


*Nota.* Datos mensuales del PRODUCE (2012-2014).

Los pronósticos por el método de descomposición de series de tiempo para los datos mensuales de los años 2012 al 2014 se dividió en: (a) modelo multiplicativo de tendencia y estacional, (b) modelo multiplicativo estacional, (c) modelo aditivo de tendencia y estacional, y (d) modelo aditivo estacional (ver Figura 19 a la Figura 22 respectivamente). Los indicadores del error del pronóstico para el modelo multiplicativo de tendencia y estacional son de un MAPE de 23%, MAD de 993 y MSD de 1,855,395; para el modelo multiplicativo estacional son de un MAPE de 26%, MAD de 1,137 y MSD de 2,341,875; para el modelo aditivo de tendencia y estacional son de un MAPE de 21%, MAD de 898 y MSD de 1,453,058; y del modelo aditivo estacional son de un MAPE de 24%, MAD de 1,037 y MSD de 2,093,195.

**Figura 19**

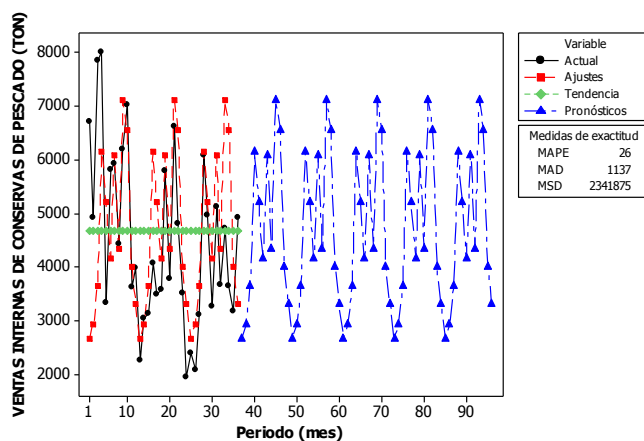
*Pronósticos por descomposición de series de tiempo multiplicativo-tendencia y estacional (datos mensuales: 2012-2014)*



*Nota.* Datos mensuales del PRODUCE (2012-2014).

**Figura 20**

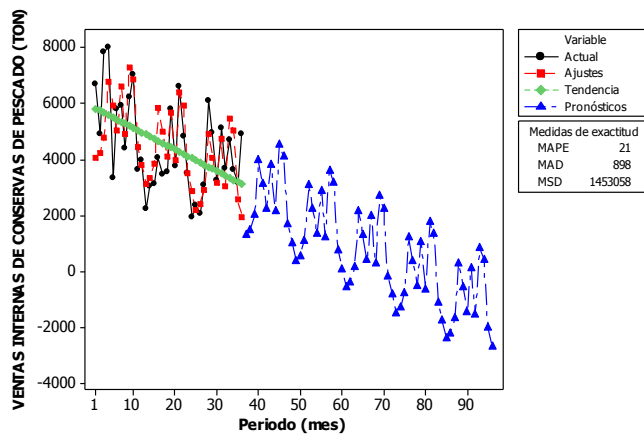
*Pronósticos por descomposición de series de tiempo multiplicativo-estacional (datos mensuales: 2012-2014)*



*Nota.* Datos mensuales del PRODUCE (2012-2014).

**Figura 21**

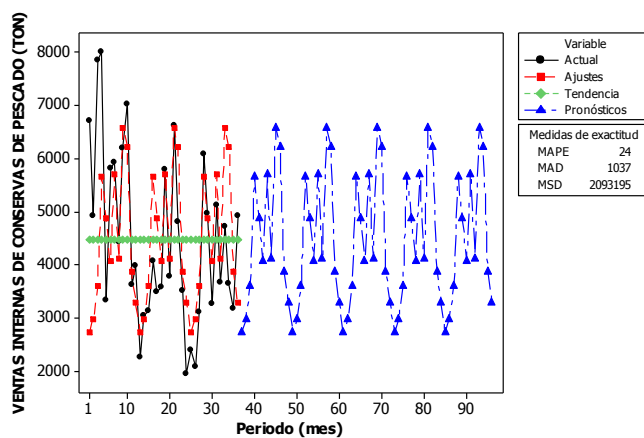
*Pronósticos por descomposición de series de tiempo aditivo-tendencia y estacional (datos mensuales: 2012-2014)*



*Nota.* Datos mensuales del PRODUCE (2012-2014).

**Figura 22**

*Pronósticos por descomposición de series de tiempo aditivo-estacional (datos mensuales: 2012-2014)*

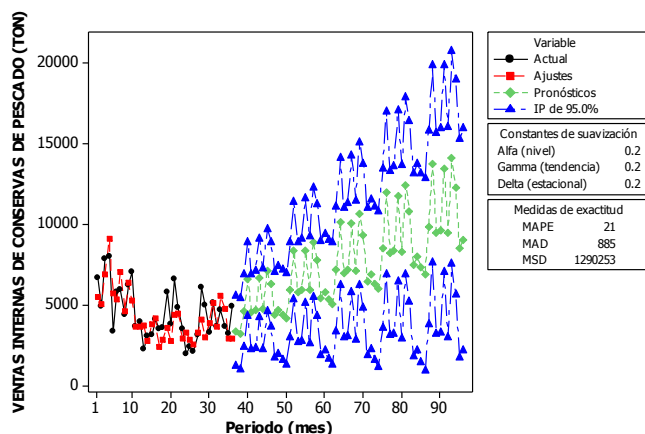


*Nota.* Datos mensuales del PRODUCE (2012-2014).

Los pronósticos realizados por el método de Winters fueron con el modelo multiplicativo (ver Figura 23) y el modelo aditivo (ver Figura 24). Los indicadores del error del pronóstico para el modelo multiplicativo son de un MAPE de 21%, MAD de 885 y MSD de 1,290,253; y para el modelo aditivo son de un MAPE de 22%, MAD de 884 y MSD de 1,238,247.

**Figura 23**

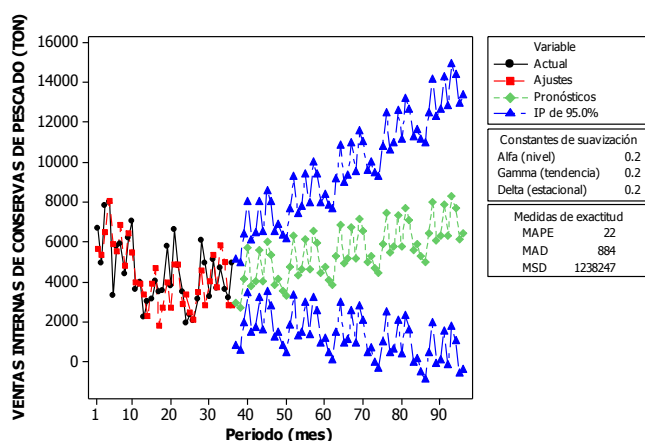
*Pronósticos por el método de Winters multiplicativo (datos mensuales: 2012-2014)*



*Nota.* Datos mensuales del PRODUCE (2012-2014).

**Figura 24**

*Pronósticos por el método de Winters aditivo (datos mensuales: 2012-2014)*



*Nota.* Datos mensuales del PRODUCE (2012-2014).

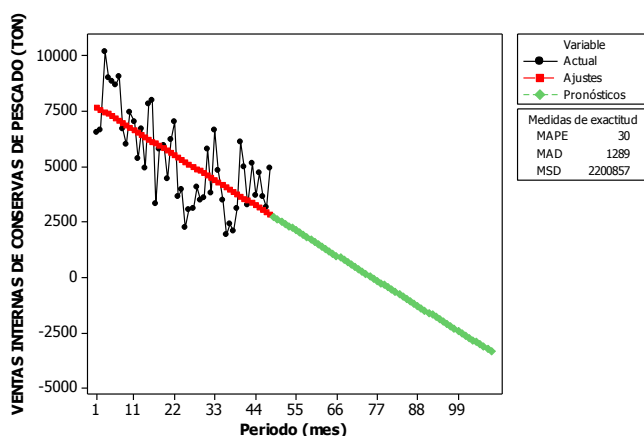
### 3.3.1.4. PRONÓSTICOS EN BASE A DATOS DE CUATRO AÑOS (2011-2014)

Los pronósticos mensuales de los años 2015 al 2019, en base a los datos mensuales de los años 2011 al 2014, se muestran en la Figura 25 a la Figura 31 y de la Figura 34 a la Figura 35.

En la Figura 25 se observa la gráfica de los pronósticos por el modelo de regresión lineal  $Y_t = 7784 - 103.057 t$  con los indicadores del error del pronóstico de los años 2011 al 2014, con un MAPE de 30%, MAD de 1,289 y MSD de 2,200,857.

**Figura 25**

*Pronósticos por el modelo de regresión lineal (datos mensuales: 2011-2014)*



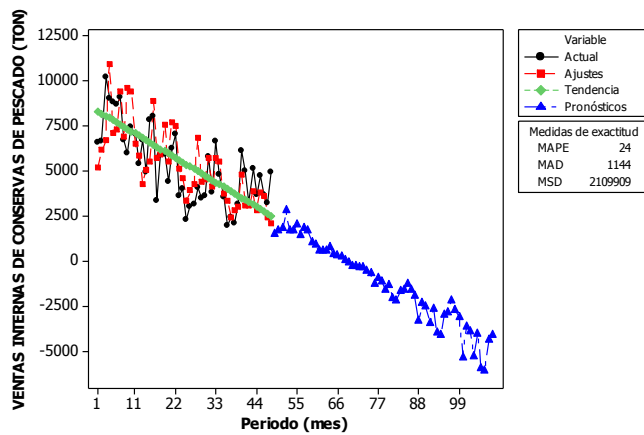
*Nota.* Datos mensuales del PRODUCE (2011-2014).

Los pronósticos por el método de descomposición de series de tiempo para los datos mensuales del 2011 al 2014 se dividió en: (a) modelo multiplicativo de tendencia y estacional, (b) modelo multiplicativo estacional, (c) modelo aditivo de tendencia y estacional, y (d) modelo aditivo estacional (ver la Figura 26 a la Figura 29 respectivamente). Los indicadores del error del pronóstico para el modelo multiplicativo de tendencia y estacional son de un MAPE de 24%, MAD de 1,144 y MSD de 2,109,909; para el modelo multiplicativo estacional son de un MAPE de 36%, MAD de 1,683 y MSD de 4,126,364; para el modelo aditivo de tendencia y estacional son de un MAPE de 20%, MAD de 923 y MSD de 1,598,532; y del

modelo aditivo estacional son de un MAPE de 35%, MAD de 1,629 y MSD de 3,814,349.

**Figura 26**

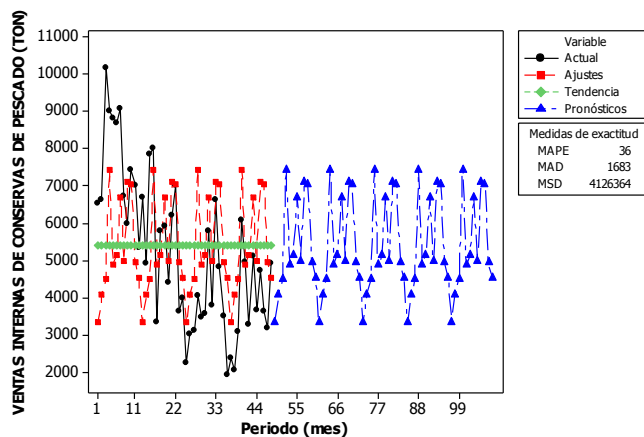
*Pronósticos por descomposición de series de tiempo multiplicativo-tendencia y estacional (datos mensuales: 2011-2014)*



*Nota.* Datos mensuales del PRODUCE (2011-2014).

**Figura 27**

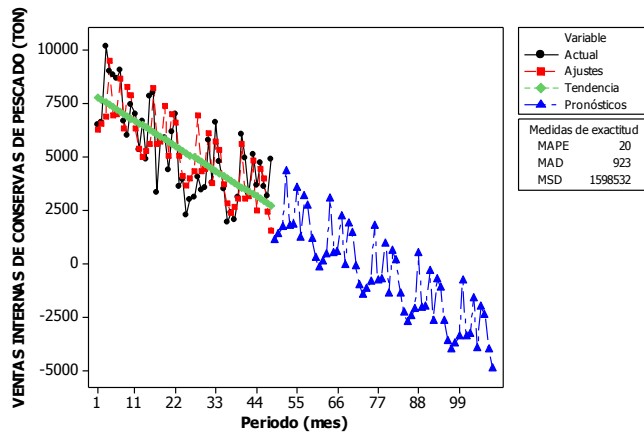
*Pronósticos por descomposición de series de tiempo multiplicativo-estacional (datos mensuales: 2011-2014)*



*Nota.* Datos mensuales del PRODUCE (2011-2014).

**Figura 28**

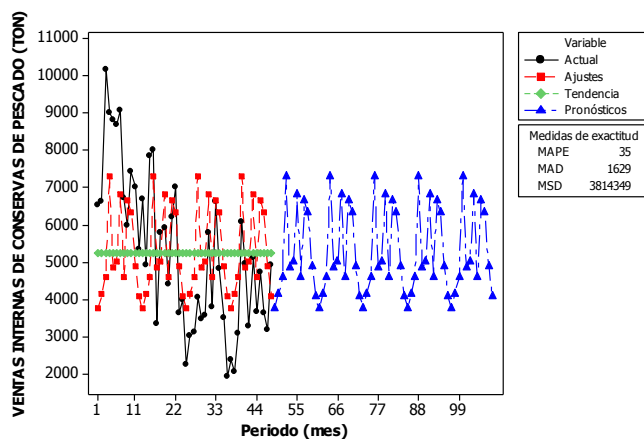
*Pronósticos por descomposición de series de tiempo aditivo-tendencia y estacional (datos mensuales: 2011-2014)*



*Nota.* Datos mensuales del PRODUCE (2011-2014).

**Figura 29**

*Pronósticos por descomposición de series de tiempo aditivo-estacional (datos mensuales: 2011-2014)*



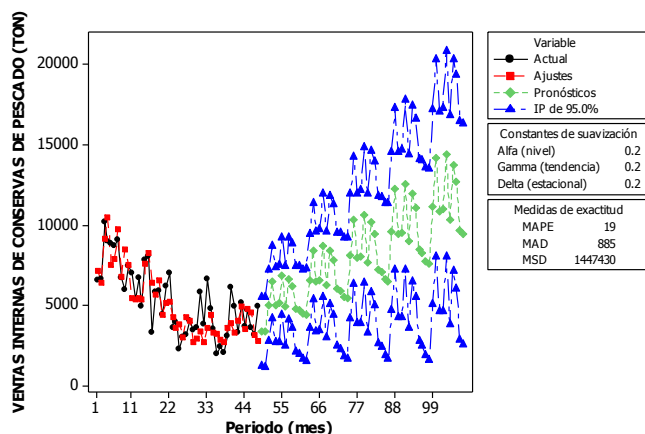
*Nota.* Datos mensuales del PRODUCE (2011-2014).



Los pronósticos realizados por el método de Winters fueron con el modelo multiplicativo (ver Figura 30) y el modelo aditivo (ver Figura 31). Los indicadores del error del pronóstico para el modelo multiplicativo son de un MAPE de 19%, MAD de 885 y MSD de 1,447,430; y para el modelo aditivo son de un MAPE de 19%, MAD de 897 y MSD de 1,373,883.

**Figura 30**

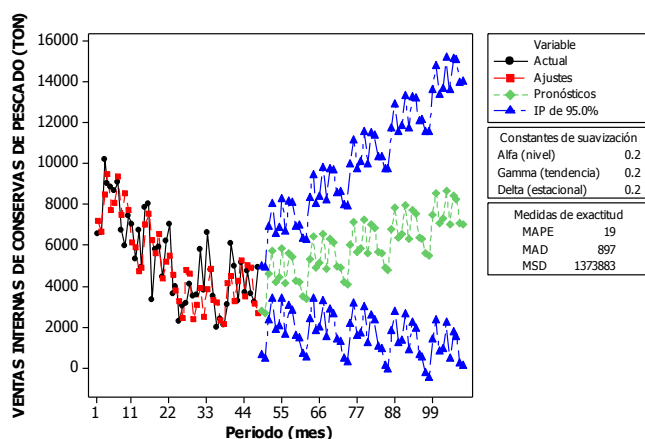
*Pronósticos por el método de Winters multiplicativo (datos mensuales: 2011-2014)*



*Nota.* Datos mensuales del PRODUCE (2011-2014).

**Figura 31**

*Pronósticos por el método de Winters aditivo (datos mensuales: 2011-2014)*

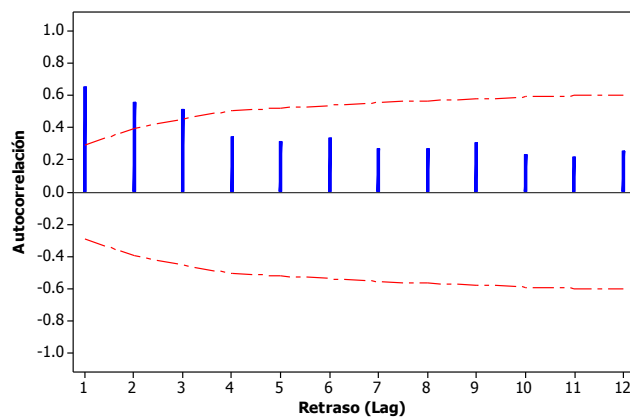


*Nota.* Datos mensuales del PRODUCE (2011-2014).

En la Figura 32 se muestra la gráfica de la función de autocorrelación—con un 5% de límites de significancia—para los modelos ARIMA con los datos mensuales de los años 2011 al 2014, en ella se observa un descenso lento a partir del tercer retraso (lag), eso significa que es una serie no estacionaria y se deben calcular sus diferencias para volver a la serie estacionaria.

### Figura 32

*Gráfica de la función de autocorrelación (datos mensuales: 2011-2014)*

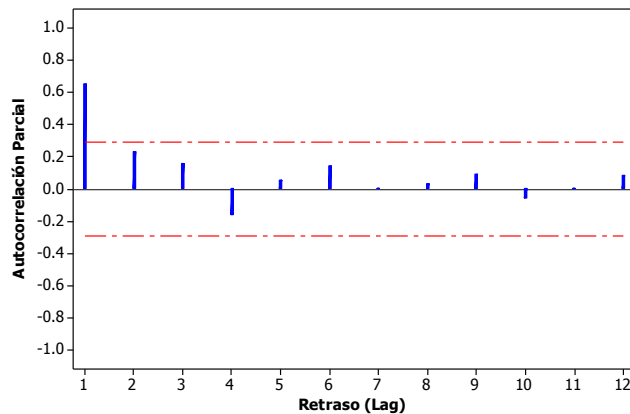


*Nota.* Datos mensuales del PRODUCE (2011-2014).

En la Figura 33 se muestra la gráfica de la función de autocorrelación parcial—con un 5% de límites de significancia—para los modelos ARIMA con los datos mensuales de los años 2011 al 2014, en ella se observa un descenso rápido a partir del primer retraso (lag), eso significa que un modelo autorregresivo AR de orden  $p = 1$  o AR(1) se ajustaría a la serie de datos.

**Figura 33**

*Gráfica de la función de autocorrelación parcial (datos mensuales: 2011-2014)*

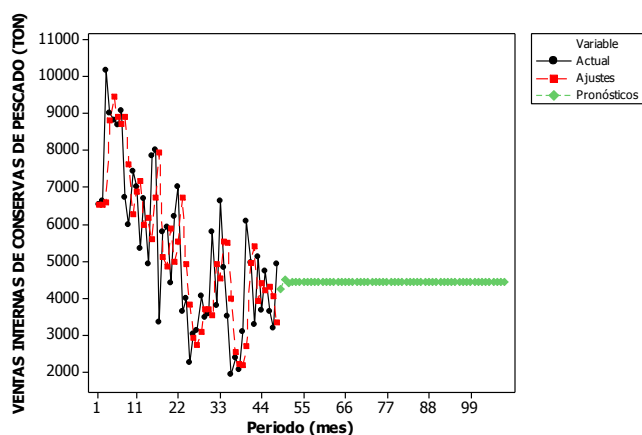


*Nota.* Datos mensuales del PRODUCE (2011-2014).

Con los datos mensuales de los años 2011 al 2014 y los resultados de la gráfica de la autocorrelación (ver Figura 32) y autocorrelación parcial (ver Figura 33) se establece el modelo ARIMA (1,1,0) no estacional (ver Figura 34) y el modelo ARIMA (0,0,0)(1,0,0) estacional 12 o de acuerdo a la notación descrita por Wilson y Keating (2007) como ARIMA (0,0,0)(1,0,0)<sup>12</sup> (ver Figura 35).

**Figura 34**

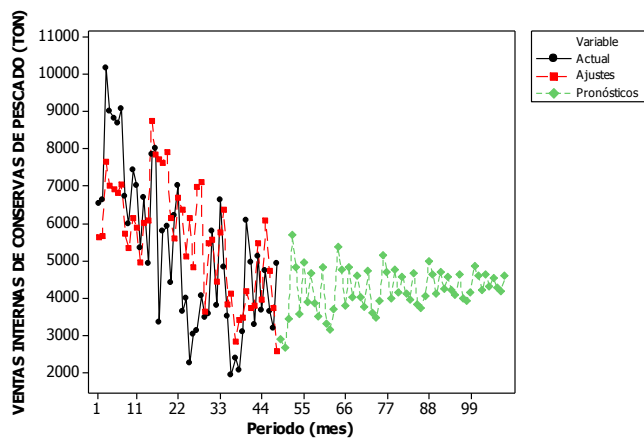
*Pronósticos por el modelo ARIMA (1,1,0) no estacional (datos mensuales: 2011-2014)*



*Nota.* Datos mensuales del PRODUCE (2011-2014).

**Figura 35**

*Pronósticos por el modelo ARIMA (0,0,0)(1,0,0) estacional 12 (datos mensuales: 2011-2014)*



*Nota.* Datos mensuales del PRODUCE (2011-2014).

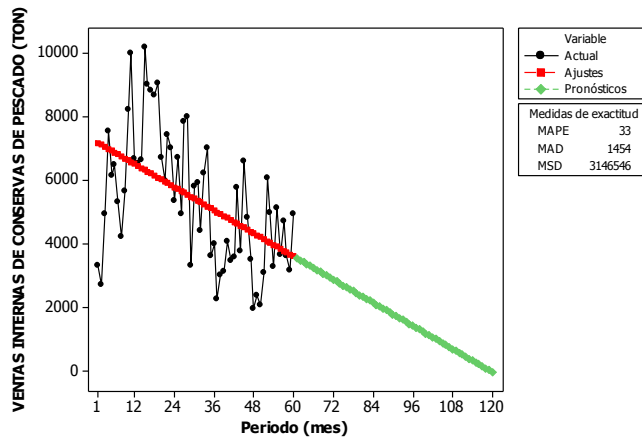
### 3.3.1.5. PRONÓSTICOS EN BASE A DATOS DE CINCO AÑOS (2010-2014)

Los pronósticos mensuales de los años 2015 al 2019, en base a los datos mensuales de los años 2010 al 2014, se muestran en la Figura 36 a la Figura 42 y en la Figura 45 a la Figura 47.

En la Figura 36 se observa la gráfica de los pronósticos por el modelo de regresión lineal  $Y_t = 7243 - 60.5949 t$  con los indicadores del error del pronóstico de los años 2010 al 2014, con un MAPE de 33%, MAD de 1,454 y MSD de 3,146,546.

**Figura 36**

*Pronósticos por el modelo de regresión lineal (datos mensuales: 2010-2014)*

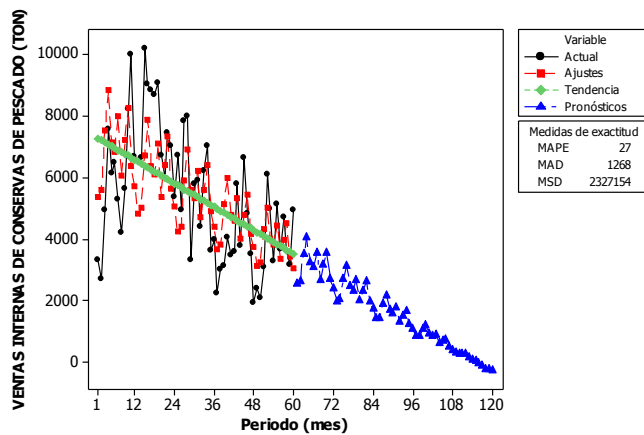


*Nota.* Datos mensuales del PRODUCE (2010-2014).

Los pronósticos por el método de descomposición de series de tiempo para los datos mensuales del 2010 al 2014 se dividió en: (a) modelo multiplicativo de tendencia y estacional, (b) modelo multiplicativo estacional, (c) modelo aditivo de tendencia y estacional, y (d) modelo aditivo estacional (ver Figura 37 a la Figura 40 respectivamente). Los indicadores del error del pronóstico para el modelo multiplicativo de tendencia y estacional son de un MAPE de 27%, MAD de 1,268 y MSD de 2,327,154; para el modelo multiplicativo estacional son de un MAPE de 34%, MAD de 1,568 y MSD de 3,531,017; para el modelo aditivo de tendencia y estacional son de un MAPE de 27%, MAD de 1,265 y MSD de 2,380,681; y del modelo aditivo estacional son de un MAPE de 35%, MAD de 1,587 y MSD de 3,524,673.

**Figura 37**

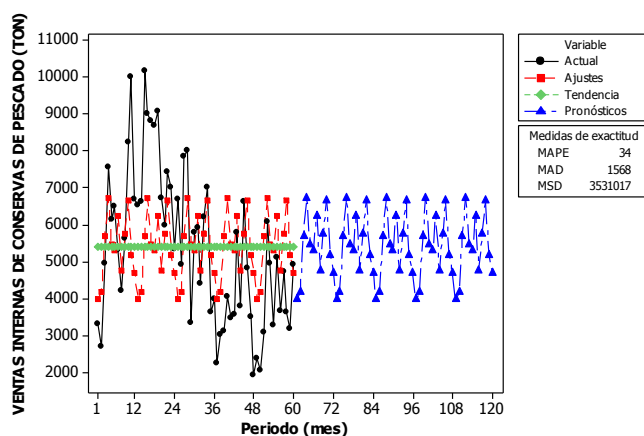
*Pronósticos por descomposición de series de tiempo multiplicativo-tendencia y estacional (datos mensuales: 2010-2014)*



*Nota.* Datos mensuales del PRODUCE (2010-2014).

**Figura 38**

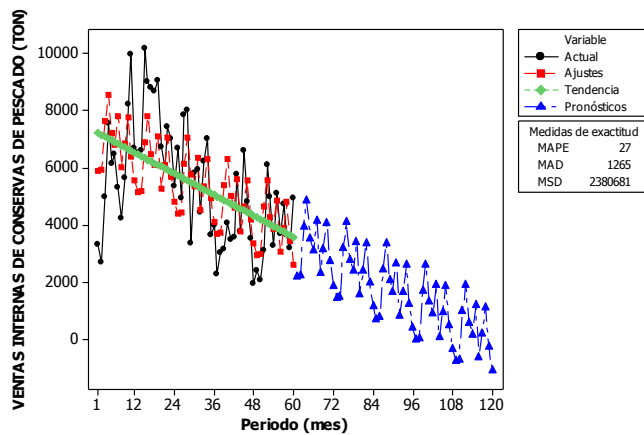
*Pronósticos por descomposición de series de tiempo multiplicativo-estacional (datos mensuales: 2010-2014)*



*Nota.* Datos mensuales del PRODUCE (2010-2014).

**Figura 39**

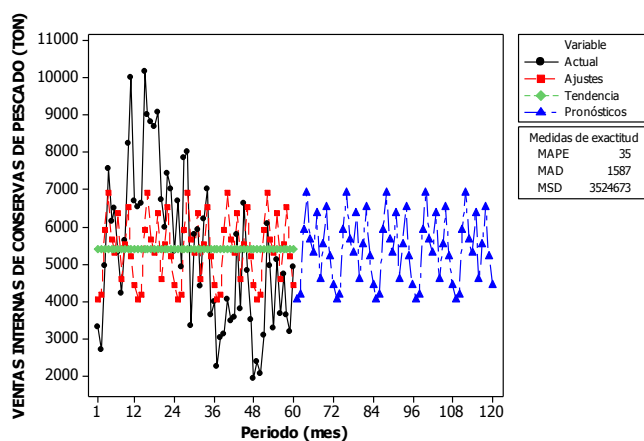
*Pronósticos por descomposición de series de tiempo aditivo-tendencia y estacional (datos mensuales: 2010-2014)*



*Nota.* Datos mensuales del PRODUCE (2010-2014).

**Figura 40**

*Pronósticos por descomposición de series de tiempo aditivo-estacional (datos mensuales: 2010-2014)*

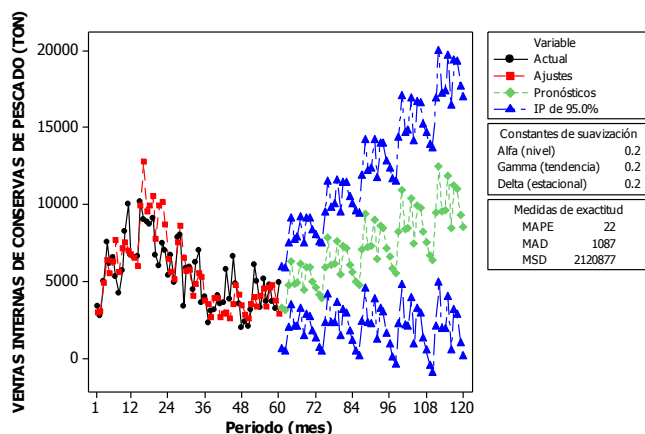


*Nota.* Datos mensuales del PRODUCE (2010-2014).

Los pronósticos realizados por el método de Winters fueron con el modelo multiplicativo (ver Figura 41) y el modelo aditivo (ver Figura 42). Los indicadores del error del pronóstico para el modelo multiplicativo son de un MAPE de 22%, MAD de 1,087 y MSD de 2,120,877; y para el modelo aditivo son de un MAPE de 23%, MAD de 1,107 y MSD de 1,979,665.

**Figura 41**

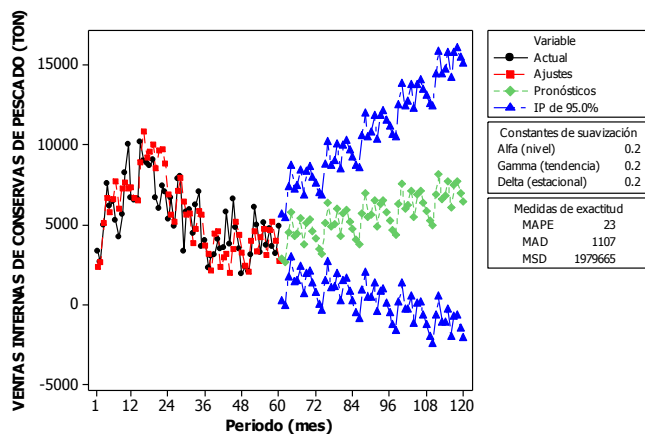
*Pronósticos por el método de Winters multiplicativo (datos mensuales: 2010-2014)*



*Nota.* Datos mensuales del PRODUCE (2010-2014).

**Figura 42**

*Pronósticos por el método de Winters aditivo (datos mensuales: 2010-2014)*



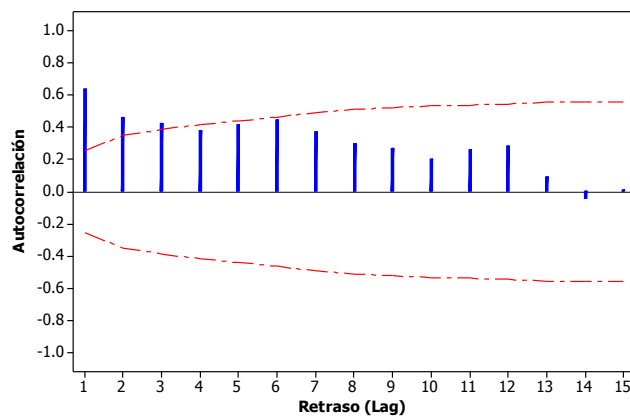
*Nota.* Datos mensuales del PRODUCE (2010-2014).



En la Figura 43 se muestra la gráfica de la función de autocorrelación—con un 5% de límites de significancia—para los modelos ARIMA con los datos mensuales de los años 2010 al 2014, en ella se observa un descenso lento a partir del tercer retraso (lag), eso significa que es una serie no estacionaria y se deben calcular sus diferencias para volver a la serie estacionaria.

**Figura 43**

*Gráfica de la función de autocorrelación (datos mensuales: 2010-2014)*

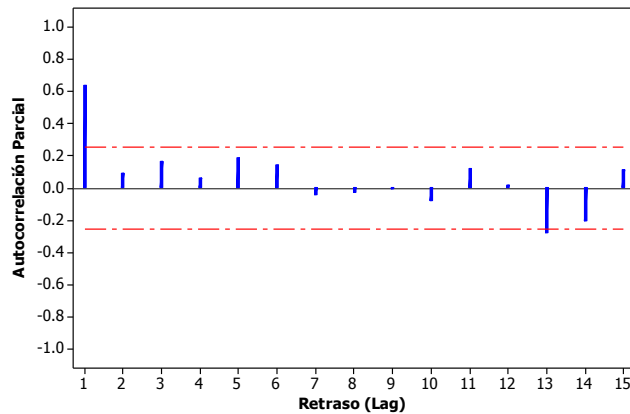


*Nota.* Datos mensuales del PRODUCE (2010-2014).

En la Figura 44 se muestra la gráfica de la función de autocorrelación parcial—con un 5% de límites de significancia—para los modelos ARIMA con los datos mensuales de los años 2010 al 2014, en ella se observa un descenso rápido a partir del primer retraso (lag), eso significa que un modelo autorregresivo AR de orden  $p = 1$  o AR(1) se ajustaría a la serie de datos.

**Figura 44**

*Gráfica de la función de autocorrelación parcial (datos mensuales: 2010-2014)*

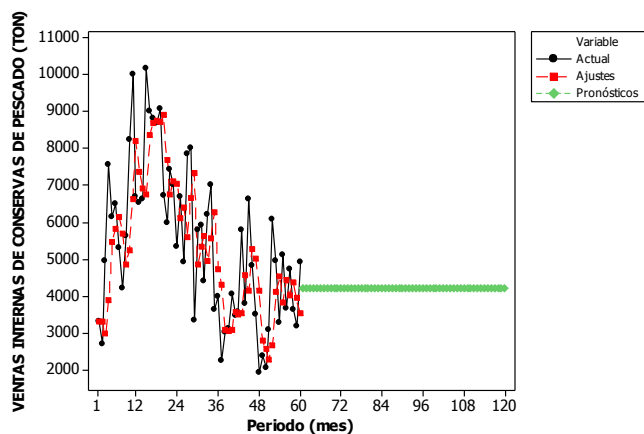


*Nota.* Datos mensuales del PRODUCE (2010-2014).

Con los datos mensuales de los años 2010 al 2014 y los resultados de la gráfica de la autocorrelación (ver Figura 43) y autocorrelación parcial (ver Figura 44) se establece el modelo ARIMA (0,1,1) no estacional (ver Figura 45) y los modelos ARIMA (0,0,0)(2,0,1)<sup>12</sup> (ver Figura 46) y ARIMA (0,0,0)(1,0,3)<sup>12</sup> (ver Figura 47).

**Figura 45**

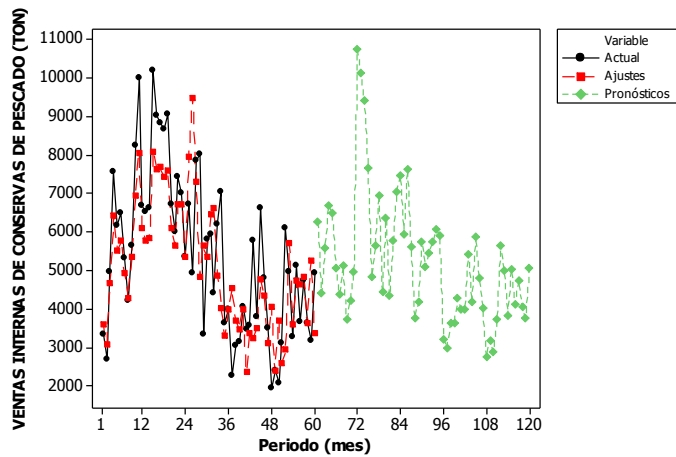
*Pronósticos por el modelo ARIMA (0,1,1) no estacional (datos mensuales: 2010-2014)*



*Nota.* Datos mensuales del PRODUCE (2010-2014).

**Figura 46**

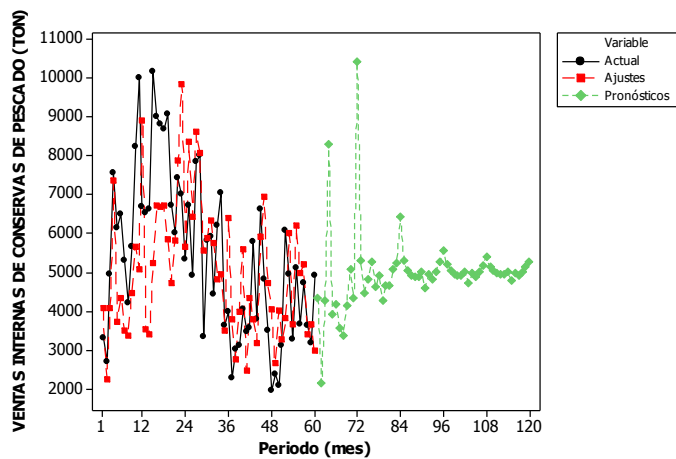
*Pronósticos por el modelo ARIMA (0,0,0)(2,0,1) estacional 12 (datos mensuales: 2010-2014)*



*Nota.* Datos mensuales del PRODUCE (2010-2014).

**Figura 47**

*Pronósticos por el modelo ARIMA (0,0,0)(1,0,3) estacional 12 (datos mensuales: 2010-2014)*



*Nota.* Datos mensuales del PRODUCE (2010-2014).

En la Tabla 3 y Tabla 4 se muestran las desviaciones medias absolutas (MAD) y los errores porcentuales absolutos medios (MAPE) respectivamente calculados con los datos mensuales  $A_t$  y pronósticos  $F_t$  entre los años 2010 al 2014. Se puede observar que los datos para el cálculo del pronóstico van en periodos de uno a cinco años.

En la Tabla 5 y Tabla 6 se muestran las desviaciones medias absolutas (MAD) y los errores porcentuales absolutos medios (MAPE) respectivamente calculados con los datos mensuales  $A_t$  y pronósticos  $F_t$  entre los años 2015 al 2019.

**Tabla 3**

*Desviación media absoluta (MAD) de los pronósticos entre los años 2010-2014*

PRONÓSTICO EN BASE A DATOS \ MODELO	DESCOMPOSICIÓN DE SERIES DE TIEMPO										ARIMA					
	REGRESIÓN LINEAL (RL)		MULTIPLICATIVO		ADITIVO		MÉTODO DE WINTERS		MÚLTIPLO			ESTAC 12				
	TEND.	Y EST.	TEND.	Y EST.	TEND.	Y EST.	TEND.	Y EST.	ADITIVO	ESTAC 12	ESTAC 12	ESTAC 12	NO ESTAC	NO ESTAC	NO ESTAC	
01 AÑO (2014)	945.0								262.9	0.0						
02 AÑOS (2013-2014)	981.0		730.0	656.0	627.0	588.0	598.0	598.0	598.0	665.0						
03 AÑOS (2012-2014)	1,252.0		993.0	1,137.0	898.0	1,037.0	885.0	885.0	885.0	884.0						
04 AÑOS (2011-2014)	1,289.0		1,144.0	1,683.0	923.0	1,629.0	885.0	885.0	885.0	897.0				1,386.2		1,741.7
05 AÑOS (2010-2014)	1,454.0		1,268.0	1,568.0	1,265.0	1,587.0	1,087.0	1,087.0	1,087.0	1,107.0	1,039.2	1,453.7	1,728.2			

**Tabla 4**

*Error porcentual absoluto medio (MAPE) de los pronósticos entre los años 2010-2014*

PRONÓSTICO EN BASE A DATOS \ MODELO	DESCOMPOSICIÓN DE SERIES DE TIEMPO					ARIMA								
	REGRESIÓN LINEAL (RL)	MULTPLICATIVO		ADITIVO		MÉTODO DE WINTERS								
		TEND. Y EST.	TEND. Y EST.	ESTACIONAL	TEND. Y EST.	ESTACIONAL	MULTIPLIC.	ADITIVO	ESTAC 12	ESTAC 12	ESTAC 12	NO ESTAC	NO ESTAC	
01 AÑO (2014)	26.00						7.10	0.00						(1,1,0)
02 AÑOS (2013-2014)	28.00	18.00	16.00	17.00	15.00	17.00	20.00							(0,1,1)
03 AÑOS (2012-2014)	32.00	23.00	26.00	21.00	24.00	21.00	22.00							(0,0,0)(1,0,3)
04 AÑOS (2011-2014)	30.00	24.00	36.00	20.00	35.00	19.00	19.00					33.12		
05 AÑOS (2010-2014)	33.00	27.00	34.00	27.00	35.00	22.00	23.00			21.81	28.20	25.84		

**Tabla 5**

*Desviación media absoluta (MAD) de los pronósticos entre los años 2015-2019*

PRONÓSTICO EN BASE A DATOS \ MODELO	DESCOMPOSICIÓN DE SERIES DE TIEMPO										ARIMA					
	REGRESIÓN LINEAL (RL)		MULTIPLICATIVO		ADITIVO		MÉTODO DE WINTERS		ADITIVO			ESTAC 12				
	TEND. Y EST.	ESTACIONAL	TEND. Y EST.	ESTACIONAL	TEND. Y EST.	ESTACIONAL	MULTIPLIC.	MULTIPLIC.	ADITIVO	ESTAC 12	ESTAC 12	ESTAC 12	ESTAC 12	NO ESTAC	NO ESTAC	
01 AÑO (2014)																
	3,898.6											2,176.3	4,022.8			
02 AÑOS (2013-2014)	1,341.6	2,446.8	1,633.6	1,592.5	1,619.4	1,946.8	1,425.8									
03 AÑOS (2012-2014)	2,830.1	4,227.7	1,446.3	3,540.0	1,306.9	3,674.3	1,722.7									
04 AÑOS (2011-2014)	4,578.9	5,566.6	1,589.0	4,823.7	1,465.6	4,056.2	2,044.7							966.4		896.8
05 AÑOS (2010-2014)	2,539.6	2,716.4	1,399.7	2,649.1	1,407.3	3,225.6	1,737.9							1,548.5	1,276.7	868.7

**Tabla 6**

*Error porcentual absoluto medio (MAPE) de los pronósticos entre los años 2015-2019*

PRONÓSTICO EN BASE A DATOS \ MODELO	DESCOMPOSICIÓN DE SERIES DE TIEMPO										ARIMA							
	REGRESIÓN LINEAL (RL)		MULTIPLICATIVO		ADITIVO		MÉTODO DE WINTERS		ESTAC 12		ESTAC 12		ESTAC 12		NO ESTAC		NO ESTAC	
	TEND. Y EST.	TEND. Y EST.	TEND. Y EST.	ESTACIONAL	TEND. Y EST.	ESTACIONAL	MULTIPLIC.	ADITIVO	ESTAC 12	ESTAC 12	ESTAC 12	ESTAC 12	ESTAC 12	NO ESTAC	NO ESTAC	NO ESTAC	NO ESTAC	NO ESTAC
01 AÑO (2014)	101.94							54.79	103.20									
02 AÑOS (2013-2014)	36.23	61.27	38.98	38.50	38.28	38.28	44.71	36.42										
03 AÑOS (2012-2014)	63.90	98.82	35.55	82.64	31.66	31.66	94.24	44.64										
04 AÑOS (2011-2014)	107.20	131.86	41.55	114.01	38.30	38.30	103.59	52.86					22.98					22.69
05 AÑOS (2010-2014)	56.78	61.45	37.32	61.24	37.23	37.23	82.39	44.97					41.04	34.60				20.86



Se diferenci6 el MAD y el MAPE de los pron6sticos entre los a6os 2010 y 2014 y de los a6os 2015 al 2019. Los pron6sticos entre los a6os 2010 y 2014 son de los datos hist6ricos para el proyecto, en cambio los pron6sticos de los a6os 2015 al 2019 son para el horizonte de evaluaci6n del proyecto.

La selecci6n del mejor m6todo de pron6stico se enfocará en el MAD y MAPE de los pron6sticos entre los a6os 2010 y 2014 porque se asumirá que se desconocen los datos reales de los a6os 2015 al 2019. El m6todo de pron6stico seleccionado es el de descomposici6n de series de tiempo aditivo estacional porque obtuvo el menor MAD igual a 588.0 (Ver Tabla 3) y un menor MAPE igual a 15.00% (Ver Tabla 4).

Se consider6 un porcentaje de participaci6n del 1.00 % de las ventas internas de conservas de pescado en toneladas, un peso de 10.08 kg por caja de 48 latas de conservas, 20 días de trabajo al mes, 8 horas de trabajo al día, 5 días de trabajo a la semana, 4 semanas de trabajo al mes y 12 meses de trabajo al a6o.

En la Tabla 7 se muestra el pron6stico de la producci6n de conservas de pescado del ESCENARIO 1 utilizando el modelo de descomposici6n de series de tiempo aditivo estacional para un periodo de 60 meses.

En la Tabla 8 se muestra el pron6stico de la producci6n de conservas de pescado del ESCENARIO 2 utilizando los datos mensuales reales de las ventas internas de conservas de pescado del a6o 2015 al 2019.

En la Tabla 9 se muestra el pron6stico de la producci6n de conservas de pescado del ESCENARIO 3 utilizando el modelo de regresi6n lineal para un periodo de 60 meses. Este pron6stico es el punto de partida para realizar el c6lculo de las instalaciones del proyecto porque es el escenario en que todo proyectista formula los proyectos de inversi6n utilizando la regresi6n lineal como modelo de pron6stico.

**Tabla 7**

*Pronóstico de la producción de conservas de pescado del ESCENARIO 1*

CONCEPTO \ MES	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Pronóstico de las ventas internas (ton)	2,097	1,821	2,938	6,055	4,989	3,186	5,667	3,701	6,579	4,687	3,226	1,623	2,097	1,821	2,938
Pronostico (participación = 1%) (ton)	20.97	18.21	29.38	60.55	49.89	31.86	56.67	37.01	65.79	46.87	32.26	16.23	20.97	18.21	29.38
Producción: cajas/mes	2,081	1,806	2,914	6,007	4,949	3,161	5,622	3,672	6,527	4,650	3,200	1,610	2,081	1,806	2,914
Producción: cajas/día	104	90	146	300	247	158	281	184	326	233	160	81	104	90	146
Producción: cajas/hora	13	11	18	38	31	20	35	23	41	29	20	10	13	11	18

CONCEPTO \ MES	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
Pronóstico de las ventas internas (ton)	6,055	4,989	3,186	5,667	3,701	6,579	4,687	3,226	1,623	2,097	1,821	2,938	6,055	4,989	3,186
Pronostico (participación = 1%) (ton)	60.55	49.89	31.86	56.67	37.01	65.79	46.87	32.26	16.23	20.97	18.21	29.38	60.55	49.89	31.86
Producción: cajas/mes	6,007	4,949	3,161	5,622	3,672	6,527	4,650	3,200	1,610	2,081	1,806	2,914	6,007	4,949	3,161
Producción: cajas/día	300	247	158	281	184	326	233	160	81	104	90	146	300	247	158
Producción: cajas/hora	38	31	20	35	23	41	29	20	10	13	11	18	38	31	20

CONCEPTO \ MES	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45
Pronóstico de las ventas internas (ton)	5,667	3,701	6,579	4,687	3,226	1,623	2,097	1,821	2,938	6,055	4,989	3,186	5,667	3,701	6,579
Pronostico (participación = 1%) (ton)	56.67	37.01	65.79	46.87	32.26	16.23	20.97	18.21	29.38	60.55	49.89	31.86	56.67	37.01	65.79
Producción: cajas/mes	5,622	3,672	6,527	4,650	3,200	1,610	2,081	1,806	2,914	6,007	4,949	3,161	5,622	3,672	6,527
Producción: cajas/día	281	184	326	233	160	81	104	90	146	300	247	158	281	184	326
Producción: cajas/hora	35	23	41	29	20	10	13	11	18	38	31	20	35	23	41

CONCEPTO \ MES	46	47	48	49	50	51	52	53	54	55	56	57	58	59	60
Pronóstico de las ventas internas (ton)	4,687	3,226	1,623	2,097	1,821	2,938	6,055	4,989	3,186	5,667	3,701	6,579	4,687	3,226	1,623
Pronostico (participación = 1%) (ton)	46.87	32.26	16.23	20.97	18.21	29.38	60.55	49.89	31.86	56.67	37.01	65.79	46.87	32.26	16.23
Producción: cajas/mes	4,650	3,200	1,610	2,081	1,806	2,914	6,007	4,949	3,161	5,622	3,672	6,527	4,650	3,200	1,610
Producción: cajas/día	233	160	81	104	90	146	300	247	158	281	184	326	233	160	81
Producción: cajas/hora	29	20	10	13	11	18	38	31	20	35	23	41	29	20	10

**Tabla 8**

*Pronósticos de la producción de conservas de pescado del ESCENARIO 2*

CONCEPTO \ MES	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Ventas internas real (ton)	2,925	3,404	5,471	4,749	4,720	3,294	3,316	4,860	5,080	7,397	5,954	2,808	3,694	3,800	4,537
Pronostico (participación = 1%) (ton)	29.25	34.04	54.71	47.49	47.20	32.94	33.16	48.60	50.80	73.97	59.54	28.08	36.94	38.00	45.37
Producción: cajas/mes	2,902	3,377	5,428	4,711	4,683	3,268	3,290	4,821	5,040	7,338	5,907	2,786	3,665	3,770	4,501
Producción: cajas/día	145	169	271	236	234	163	165	241	252	367	295	139	183	189	225
Producción: cajas/hora	18	21	34	30	29	20	21	30	32	46	37	17	23	24	28

CONCEPTO \ MES	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
Ventas internas real (ton)	3,943	3,871	4,134	3,917	4,637	3,974	2,433	3,230	4,485	3,779	8,526	4,812	4,852	4,247	3,730
Pronostico (participación = 1%) (ton)	39.43	38.71	41.34	39.17	46.37	39.74	24.33	32.30	44.85	37.79	85.26	48.12	48.52	42.47	37.30
Producción: cajas/mes	3,912	3,840	4,101	3,886	4,600	3,942	2,414	3,204	4,449	3,749	8,458	4,774	4,813	4,213	3,700
Producción: cajas/día	196	192	205	194	230	197	121	160	222	187	423	239	241	211	185
Producción: cajas/hora	25	24	26	24	29	25	15	20	28	23	53	30	30	26	23

CONCEPTO \ MES	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45
Ventas internas real (ton)	4,702	4,539	3,483	4,376	5,977	2,968	2,910	2,870	5,130	3,150	4,050	2,840	3,230	3,110	3,860
Pronostico (participación = 1%) (ton)	47.02	45.39	34.83	43.76	59.77	29.68	29.10	28.70	51.30	31.50	40.50	28.40	32.30	31.10	38.60
Producción: cajas/mes	4,665	4,503	3,455	4,341	5,930	2,944	2,887	2,847	5,089	3,125	4,018	2,817	3,204	3,085	3,829
Producción: cajas/día	233	225	173	217	297	147	144	142	254	156	201	141	160	154	191
Producción: cajas/hora	29	28	22	27	37	18	18	18	32	20	25	18	20	19	24

CONCEPTO \ MES	46	47	48	49	50	51	52	53	54	55	56	57	58	59	60
Ventas internas real (ton)	4,150	4,180	3,730	4,310	3,160	5,820	5,860	5,780	5,480	4,790	3,140	3,450	4,790	4,560	5,400
Pronostico (participación = 1%) (ton)	41.50	41.80	37.30	43.10	31.60	58.20	58.60	57.80	54.80	47.90	31.40	34.50	47.90	45.60	54.00
Producción: cajas/mes	4,117	4,147	3,700	4,276	3,135	5,774	5,813	5,734	5,437	4,752	3,115	3,423	4,752	4,524	5,357
Producción: cajas/día	206	207	185	214	157	289	291	287	272	238	156	171	238	226	268
Producción: cajas/hora	26	26	23	27	20	36	36	36	34	30	20	21	30	28	34

**Tabla 9**

*Pronósticos de la producción de conservas de pescado del ESCENARIO 3*

CONCEPTO \ MES	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Pronóstico de las ventas internas (ton)	4,290	4,322	4,355	4,388	4,421	4,453	4,486	4,519	4,551	4,584	4,617	4,650	4,682	4,715	4,748
Pronostico (participación = 1%) (ton)	42.90	43.22	43.55	43.88	44.21	44.53	44.86	45.19	45.51	45.84	46.17	46.50	46.82	47.15	47.48
Producción: cajas/mes	4,256	4,288	4,321	4,353	4,386	4,418	4,450	4,483	4,515	4,548	4,580	4,613	4,645	4,678	4,710
Producción: cajas/día	213	214	216	218	219	221	223	224	226	227	229	231	232	234	236
Producción: cajas/hora	27	27	27	27	27	28	28	28	28	28	28	29	29	29	30

CONCEPTO \ MES	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
Pronóstico de las ventas internas (ton)	4,781	4,813	4,846	4,879	4,911	4,944	4,977	5,010	5,042	5,075	5,108	5,140	5,173	5,206	5,239
Pronostico (participación = 1%) (ton)	47.81	48.13	48.46	48.79	49.11	49.44	49.77	50.10	50.42	50.75	51.08	51.40	51.73	52.06	52.39
Producción: cajas/mes	4,743	4,775	4,807	4,840	4,872	4,905	4,937	4,970	5,002	5,035	5,067	5,100	5,132	5,165	5,197
Producción: cajas/día	237	239	240	242	244	245	247	249	250	252	253	255	257	258	260
Producción: cajas/hora	30	30	30	30	31	31	31	31	31	32	32	32	32	32	33

CONCEPTO \ MES	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45
Pronóstico de las ventas internas (ton)	5,271	5,304	5,337	5,369	5,402	5,435	5,468	5,500	5,533	5,566	5,598	5,631	5,664	5,697	5,729
Pronostico (participación = 1%) (ton)	52.71	53.04	53.37	53.69	54.02	54.35	54.68	55.00	55.33	55.66	55.98	56.31	56.64	56.97	57.29
Producción: cajas/mes	5,229	5,262	5,294	5,327	5,359	5,392	5,424	5,457	5,489	5,522	5,554	5,586	5,619	5,651	5,684
Producción: cajas/día	261	263	265	266	268	270	271	273	274	276	278	279	281	283	284
Producción: cajas/hora	33	33	33	33	34	34	34	34	34	35	35	35	35	35	36

CONCEPTO \ MES	46	47	48	49	50	51	52	53	54	55	56	57	58	59	60
Pronóstico de las ventas internas (ton)	5,762	5,795	5,827	5,860	5,893	5,926	5,958	5,991	6,024	6,056	6,089	6,122	6,155	6,187	6,220
Pronostico (participación = 1%) (ton)	57.62	57.95	58.27	58.60	58.93	59.26	59.58	59.91	60.24	60.56	60.89	61.22	61.55	61.87	62.20
Producción: cajas/mes	5,716	5,749	5,781	5,814	5,846	5,879	5,911	5,943	5,976	6,008	6,041	6,073	6,106	6,138	6,171
Producción: cajas/día	286	287	289	291	292	294	296	297	299	300	302	304	305	307	309
Producción: cajas/hora	36	36	36	36	37	37	37	37	37	38	38	38	38	38	39

La producción máxima del ESCENARIO 1 es igual a su máximo pronóstico mensual igual a 326 cajas/día. Se consideró un porcentaje de la producción máxima en el ESCENARIO 1 del 94.5% para poder igualar a la capacidad de instalaciones del ESCENARIO 3 igual a 310 cajas/día (Ver Tabla 10).

**Tabla 10**

*Cálculo de la capacidad de instalaciones en los escenarios*

	ESCENARIO 1	ESCENARIO 2	ESCENARIO 3
Producción máxima (cajas/día)	326	326	309
Porcentaje de la producción máxima	94.5	94.5	100.0
Capacidad de instalaciones (cajas/día)	310	310	310
Capacidad de instalaciones (cajas/semana)	1,550	1,550	1,550
Capacidad de instalaciones (cajas/mes)	6,200	6,200	6,200
Capacidad de instalaciones (cajas/año)	74,400	74,400	74,400

### 3.3.2. PLAN AGREGADO DE PRODUCCIÓN

El plan agregado de producción (APP, aggregate production planning) se calculó para una capacidad de planta de 74,000 cajas/año y que fue mostrada en la Tabla 10.

El modelo de programación lineal entera del APP es una adaptación al propuesto por Chopra y Meindl (2008) en donde se definen las variables como sigue.

$W_t$  = tamaño de la fuerza de trabajo para el mes  $t$ ,  $t = 1, \dots, 60$ , donde  $W_t \in \mathbb{Z}^+$

$H_t$  = número de empleados contratados al inicio del mes  $t$ ,  $t = 1, \dots, 60$ , donde  $H_t \in \mathbb{Z}^+$

$L_t$  = número de empleados despedidos al inicio del mes  $t$ ,  $t = 1, \dots, 60$ , donde  $L_t \in \mathbb{Z}^+$

$P_t$  = número de cajas de conservas de pescado producidas en el mes  $t$ ,  $t = 1, \dots, 60$ , donde  $P_t \in \mathbb{Z}^+$



$I_t$  = inventario de cajas de conservas de pescado al final del mes  $t$ ,  $t = 1, \dots, 60$ , donde  $I_t \in \mathbb{Z}^+$

$S_t$  = número de cajas de conservas de pescado en desabasto al final del mes  $t$ ,  $t = 1, \dots, 60$ , donde  $S_t \in \mathbb{Z}^+$

$C_t$  = número de cajas de conservas de pescado subcontractadas para el mes  $t$ ,  $t = 1, \dots, 60$ , donde  $C_t \in \mathbb{Z}^+$

$O_t$  = número de horas de tiempo extra trabajadas durante el mes  $t$ ,  $t = 1, \dots, 60$ , donde  $O_t \in \mathbb{Z}^+$

$D_t$  = demanda de cajas de conservas de pescado durante el mes  $t$ ,  $t = 1, \dots, 60$ , donde  $D_t \in \mathbb{Z}^+$

La función objetivo consiste en minimizar la suma del costo de la mano de obra en tiempo regular, costo de mano de obra en tiempo extra, costo de contratación y despido, costo de inventario y desabasto y el costo de materiales y subcontractación (Ramos y Valdivia, 2020).

El costo de la mano de obra en tiempo regular se muestra en la Ecuación (73) igual a 1,744 soles (S/ 10.9/hora x 8 horas/día x 20 días/mes) por mes.

$$\text{Costo de mano de obra en tiempo regular} = \sum_{t=1}^{60} 1744W_t \quad (73)$$

El costo de mano de obra en tiempo extra es de 15 soles por hora y se presenta en la Ecuación (74).

$$\text{Costo de mano de obra en tiempo extra} = \sum_{t=1}^{60} 15O_t \quad (74)$$

En la Ecuación (75) se muestra el costo de contratación del personal de 400 soles por trabajador contratado más el costo de despedir de 1,000 soles por trabajador despedido.

$$\text{Costo de contratación y despido} = \sum_{t=1}^{60} 400H_t + \sum_{t=1}^{60} 1000L_t \quad (75)$$

El costo de mantener inventario es de 27.92 soles por caja por mes del inventario  $I_t$  y el costo de desabasto es de 55 soles por caja por mes del desabasto  $S_t$  tal como se muestra en la Ecuación (76).

$$\text{Costo de mantener inventario y desabasto} = \sum_{t=1}^{60} 27.92I_t + \sum_{t=1}^{60} 55S_t \quad (76)$$

Los costos de materiales es de 107.38 soles por caja de la producción de conservas  $P_t$  y el costo de subcontratación es de 135 soles por caja de la cantidad subcontratada  $C_t$  y se presentan en la Ecuación (77).

$$\text{Costo de materiales y subcontratación} = \sum_{t=1}^{60} 107.38P_t + \sum_{t=1}^{60} 135C_t \quad (77)$$

La función objetivo Z es de minimizar el costo total del APP que se presenta en la Ecuación (78).

$$\begin{aligned} \text{Minimizar } Z = & \sum_{t=1}^{60} 1744W_t + \sum_{t=1}^{60} 15O_t + \sum_{t=1}^{60} 400H_t + \sum_{t=1}^{60} 1000L_t + \sum_{t=1}^{60} 27.92I_t \\ & + \sum_{t=1}^{60} 55S_t + \sum_{t=1}^{60} 107.38P_t + \sum_{t=1}^{60} 135C_t \end{aligned} \quad (78)$$

Las restricciones del modelo del APP se presentan en la Ecuación (79) a la Ecuación (88) y que fueron planteadas por Ramos y Valdivia (2020) adaptadas de Chopra y Meindl (2008).

La fuerza de trabajo  $W_t$  es igual a la fuerza de trabajo  $W_{t-1}$  más los contratados  $H_t$  menos los despedidos  $L_t$  tal como se observa en la Ecuación (79).

$$W_t = W_{t-1} + H_t - L_t \quad \forall t = 1, \dots, 60 \quad (79)$$

En la Ecuación (80), la producción  $P_t$  no es mayor a la capacidad, en donde la producción de un trabajador en tiempo regular es igual a 177 cajas por mes y el tiempo de producción de una caja en tiempo extra igual a 1.013 horas.

$$P_t \leq 177W_t + \frac{O_t}{1.013} \quad \forall t = 1, \dots, 60 \quad (80)$$

El balance de inventario se muestra en la Ecuación (81).

$$I_{t-1} + P_t + C_t = D_t + S_{t-1} + I_t - S_t \quad \forall t = 1, \dots, 60 \quad (81)$$

El límite de tiempo extra por trabajador por mes es de 16 horas, tal como se plantea en la Ecuación (82).

$$O_t \leq 16W_t \quad \forall t = 1, \dots, 60 \quad (82)$$

En la Ecuación (83) se presenta la restricción de la fuerza de trabajo máxima por mes de 35 trabajadores para una participación del 1.00% de las ventas internas de conservas de pescado. Las fuerzas de trabajo máxima de 9, 18, 26, 43, 54, 60 y 71 trabajadores son para un 0.25%, 0.50%, 0.75%, 1.25%, 1.50%, 1.75% y 2.00% de participación de las ventas internas de conservas de pescado respectivamente.

$$W_t \leq 35 \quad \forall t = 1, \dots, 60 \quad (83)$$

La capacidad máxima por mes es de 6,200 cajas de conservas de pescado para una participación del 1.00% de las ventas internas de conservas de pescado y se muestra en la Ecuación (84). Las capacidades máximas de 1,600; 3,200; 4,800; 7,800; 9,400; 10,800 y 12,400 cajas mensuales son para un 0.25%, 0.50%, 0.75%, 1.25%, 1.50%, 1.75% y 2.00% de participación de las ventas internas de conservas de pescado respectivamente.

$$P_t \leq 6,200 \quad \forall t = 1, \dots, 60 \quad (84)$$

En la representación de la subcontratación máxima por mes, se consideran dos restricciones enteras binarias (Mateo y Lahoz, 2009; Hillier y Lieberman, 2010; Winston, 2006) y están dadas por la Ecuación (85) y Ecuación (86).

En la Ecuación (85), se asumió un valor de  $M$  muy alto igual a 20,000 cajas por mes.

$$C_t \leq M y_t \quad \forall t = 1, \dots, 60 \wedge y_t \in \{0,1\} \wedge M > 0 \quad (85)$$

En la Ecuación (86) se muestra que si existe subcontratación en un periodo mensual, el mínimo será de 500 cajas. La variable  $y_t$  es binaria, si  $y_t = 0$  significa que no hay subcontratación, si  $y_t = 1$  significa que hay subcontratación con un valor mínimo de 500 cajas.

$$500 - C_t \leq 500(1 - y_t) \quad \forall t = 1, \dots, 60 \wedge y_t \in \{0,1\} \quad (86)$$

El inventario final del último mes es representado por la Ecuación (87).

$$I_t \geq 0 \quad t = 60 \quad (87)$$

En la Ecuación (88) se plantea la restricción del desabasto del último mes.

$$S_t = 0 \quad t = 60 \quad (88)$$

El modelo del plan agregado de producción contiene 540 variables de decisión, de las cuales 480 son enteras y 60 binarias, además de 482 restricciones. Se corrió la solución del modelo del plan agregado de producción en el MS Excel® con el OpenSolver, con el motor de optimización de código abierto: COIN Branch and Cut (CBC), para el ESCENARIO 1 y 2 y los resultados de los dos escenarios se muestran en la Tabla 11 y Tabla 12, mostrando los valores de los contratados  $H_t$ , despedidos  $L_t$ , fuerza de trabajo a tiempo regular  $W_t$ , tiempo extra en horas  $O_t$ , inventario en cajas  $I_t$ , desabasto en cajas  $S_t$ , cajas subcontratadas  $C_t$ , y la producción total de cajas  $P_t$  para un periodo de sesenta meses. Las optimizaciones por cada escenario fueron de un tiempo estimado de 2 minutos con 30 segundos.

**Tabla 11***Plan agregado de producción del ESCENARIO 1*

MES	CANTIDAD								
	$H_t$	$L_t$	$W_t$	$O_t$	$I_t$	$S_t$	$C_t$	$P_t$	$D_t$
1	11	0	11	136	0	0	0	2,081	2,081
2	0	0	11	0	0	0	0	1,806	1,806
3	6	0	17	0	32	0	0	2,946	2,914
4	14	0	31	495	0	0	0	5,975	6,007
5	0	3	28	0	0	0	0	4,949	4,949
6	0	10	18	0	0	0	0	3,161	3,161
7	10	0	28	169	0	0	500	5,122	5,622
8	0	5	23	0	358	0	0	4,030	3,672
9	9	0	32	512	0	0	0	6,169	6,527
10	0	7	25	228	0	0	0	4,650	4,650
11	0	7	18	15	0	0	0	3,200	3,200
12	0	8	10	0	0	0	0	1,610	1,610
13	1	0	11	136	0	0	0	2,081	2,081
14	0	0	11	0	0	0	0	1,806	1,806
15	6	0	17	83	0	0	0	2,914	2,914
16	17	0	34	0	0	0	0	6,007	6,007
17	0	5	29	0	0	0	0	4,949	4,949
18	0	10	19	0	0	0	0	3,161	3,161
19	11	0	30	317	0	0	0	5,622	5,622
20	0	7	23	0	327	0	0	3,999	3,672
21	10	0	33	364	0	0	0	6,200	6,527
22	0	7	26	49	0	0	0	4,650	4,650
23	0	7	19	0	0	0	0	3,200	3,200
24	0	10	9	18	0	0	0	1,610	1,610
25	2	0	11	136	0	0	0	2,081	2,081
26	0	0	11	0	0	0	0	1,806	1,806
27	5	0	16	84	0	0	0	2,914	2,914
28	16	0	32	348	0	0	0	6,007	6,007
29	0	4	28	0	0	0	0	4,949	4,949
30	0	9	19	0	1	0	0	3,162	3,161

MES	CANTIDAD								
	$H_t$	$L_t$	$W_t$	$O_t$	$I_t$	$S_t$	$C_t$	$P_t$	$D_t$
31	11	0	30	316	0	0	0	5,621	5,622
32	0	6	24	0	327	0	0	3,999	3,672
33	9	0	33	364	0	0	0	6,200	6,527
34	0	7	26	49	0	0	0	4,650	4,650
35	0	8	18	84	68	0	0	3,268	3,200
36	0	10	8	128	0	0	0	1,542	1,610
37	3	0	11	136	0	0	0	2,081	2,081
38	0	0	11	0	1	0	0	1,807	1,806
39	5	0	16	83	0	0	0	2,913	2,914
40	16	0	32	348	0	0	0	6,007	6,007
41	0	4	28	0	0	0	0	4,949	4,949
42	0	10	18	0	0	0	0	3,161	3,161
43	12	0	30	317	0	0	0	5,622	5,622
44	0	7	23	0	358	0	0	4,030	3,672
45	9	0	32	512	0	0	0	6,169	6,527
46	0	7	25	228	0	0	0	4,650	4,650
47	0	7	18	15	0	0	0	3,200	3,200
48	0	9	9	18	0	0	0	1,610	1,610
49	2	0	11	136	0	0	0	2,081	2,081
50	0	0	11	0	0	0	0	1,806	1,806
51	5	0	16	84	0	0	0	2,914	2,914
52	13	0	29	378	0	0	501	5,506	6,007
53	0	1	28	0	0	0	0	4,949	4,949
54	0	10	18	0	0	0	0	3,161	3,161
55	10	0	28	169	0	0	500	5,122	5,622
56	0	5	23	0	357	0	0	4,029	3,672
57	10	0	33	334	0	0	0	6,170	6,527
58	0	8	25	228	0	0	0	4,650	4,650
59	0	7	18	15	0	0	0	3,200	3,200
60	0	9	9	18	0	0	0	1,610	1,610

*Nota.*  $H_t$  = número de contratados;  $L_t$  = número de despedidos;  $W_t$  = fuerza de trabajo;  $O_t$  = tiempo extra;  $I_t$  = inventario;  $S_t$  = desabasto;  $C_t$  = subcontrataciones;  $P_t$  = producción total;  $D_t$  = demanda.

**Tabla 12***Plan agregado de producción del ESCENARIO 2*

MES	CANTIDAD								
	$H_t$	$L_t$	$W_t$	$O_t$	$I_t$	$S_t$	$C_t$	$P_t$	$D_t$
1	17	0	17	0	0	0	0	2,902	2,902
2	3	0	20	0	0	0	0	3,377	3,377
3	9	0	29	368	0	0	0	5,428	5,428
4	0	2	27	0	0	0	0	4,711	4,711
5	0	0	27	0	0	0	0	4,683	4,683
6	0	8	19	0	0	0	0	3,268	3,268
7	0	0	19	0	0	0	0	3,290	3,290
8	9	0	28	0	0	0	0	4,821	4,821
9	7	0	35	0	1,138	0	0	6,178	5,040
10	0	0	35	22	0	0	0	6,200	7,338
11	0	1	34	0	0	0	0	5,907	5,907
12	0	18	16	0	0	0	0	2,786	2,786
13	5	0	21	0	0	0	0	3,665	3,665
14	1	0	22	0	0	0	0	3,770	3,770
15	2	0	24	365	0	0	0	4,501	4,501
16	0	1	23	0	0	0	0	3,912	3,912
17	0	0	23	0	0	0	0	3,840	3,840
18	0	0	23	218	0	0	0	4,101	4,101
19	0	0	23	0	0	0	0	3,886	3,886
20	2	0	25	365	0	0	0	4,600	4,600
21	0	1	24	0	0	0	0	3,942	3,942
22	0	8	16	0	0	0	0	2,414	2,414
23	5	0	21	0	0	0	0	3,204	3,204
24	13	0	34	0	0	0	0	4,449	4,449
25	0	0	34	456	2,258	0	0	6,007	3,749
26	1	0	35	472	0	0	0	6,200	8,458
27	0	5	30	0	0	0	0	4,774	4,774
28	0	0	30	6	0	0	0	4,813	4,813
29	0	3	27	0	0	0	0	4,213	4,213
30	0	3	24	0	0	0	0	3,700	3,700



MES	CANTIDAD								
	$H_t$	$L_t$	$W_t$	$O_t$	$I_t$	$S_t$	$C_t$	$P_t$	$D_t$
31	5	0	29	149	0	0	0	4,665	4,665
32	0	0	29	0	0	0	0	4,503	4,503
33	0	6	23	0	0	0	0	3,455	3,455
34	5	0	28	0	0	0	0	4,341	4,341
35	6	0	34	492	0	0	0	5,930	5,930
36	0	14	20	0	0	0	0	2,944	2,944
37	0	1	19	0	0	0	0	2,887	2,887
38	0	0	19	0	0	0	0	2,847	2,847
39	10	0	29	379	0	0	0	5,089	5,089
40	0	9	20	0	0	0	0	3,125	3,125
41	3	0	23	320	0	0	0	4,018	4,018
42	0	5	18	0	0	0	0	2,817	2,817
43	2	0	20	84	0	0	0	3,204	3,204
44	0	0	20	0	0	0	0	3,085	3,085
45	4	0	24	0	0	0	0	3,829	3,829
46	1	0	25	0	0	0	0	4,117	4,117
47	0	0	25	0	0	0	0	4,147	4,147
48	0	2	23	0	0	0	0	3,700	3,700
49	1	0	24	355	0	0	0	4,276	4,276
50	0	5	19	0	0	0	0	3,135	3,135
51	15	0	34	0	0	0	0	5,774	5,774
52	0	0	34	0	0	0	0	5,813	5,813
53	0	1	33	0	0	0	0	5,734	5,734
54	0	2	31	0	0	0	0	5,437	5,437
55	0	4	27	0	0	0	0	4,752	4,752
56	0	9	18	0	0	0	0	3,115	3,115
57	2	0	20	0	0	0	0	3,423	3,423
58	6	0	26	231	0	0	0	4,752	4,752
59	0	0	26	0	0	0	0	4,524	4,524
60	5	0	31	0	0	0	0	5,357	5,357

*Nota.*  $H_t$  = número de contratados;  $L_t$  = número de despedidos;  $W_t$  = fuerza de trabajo;  $O_t$  = tiempo extra;  $I_t$  = inventario;  $S_t$  = desabasto;  $C_t$  = subcontrataciones;  $P_t$  = producción total;  $D_t$  = demanda.

Los valores de la variable binaria  $y_t$  del ESCENARIO 1 y ESCENARIO 2 se encuentra en la Tabla 13. En el ESCENARIO 1 se tiene subcontratación de la producción en el mes siete, cincuenta y dos y cincuenta y cinco porque el valor de la variable binaria es de uno, en cambio en el ESCENARIO 2 no hay subcontratación porque todas las variables binarias equivalen a cero.

**Tabla 13**

*Valores de la variable binaria  $y_t$  del ESCENARIO 1 y ESCENARIO 2*

AÑO	MES											
1	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
$y_t$	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0

AÑO	MES											
2	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
$y_t$	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

AÑO	MES											
3	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36
$y_t$	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

AÑO	MES											
4	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48
$y_t$	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

AÑO	MES											
5	49	50	51	52	53	54	55	56	57	58	59	60
$y_t$	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0

AÑO	MES											
1	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
$y_t$	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

AÑO	MES											
2	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
$y_t$	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

AÑO	MES											
3	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36
$y_t$	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

AÑO	MES											
4	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48
$y_t$	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

AÑO	MES											
5	49	50	51	52	53	54	55	56	57	58	59	60
$y_t$	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

*Nota.* Panel (a): Variable binaria  $y_t$  del ESCENARIO 1, Panel (b): Variable binaria  $y_t$  del ESCENARIO 2.

Las decisiones sobre la fuerza de trabajo, resultado de la optimización del modelo de PAP, determina el número de contratos de personal, despidos, la fuerza de trabajo acumulada y el tiempo extra en horas de los cinco años del horizonte de evaluación en el ESCENARIO 1 y ESCENARIO 2 (ver Tabla 14 y Tabla 15).

**Tabla 14***Decisiones sobre la fuerza de trabajo del ESCENARIO 1*

CONCEPTO	AÑO 1	AÑO 2	AÑO 3	AÑO 4	AÑO 5	TOTAL
CONTRATOS ( $H_t$ )	50	45	43	45	40	223
DESPIDOS ( $L_t$ )	40	46	44	44	40	214
F. DE TRABAJO ( $W_t$ )	252	261	256	253	249	1,271
T. EXTRA ( $O_t$ )	1,555	967	1,509	1,657	1,362	7,050

**Tabla 15***Decisiones sobre la fuerza de trabajo del ESCENARIO 2*

CONCEPTO	AÑO 1	AÑO 2	AÑO 3	AÑO 4	AÑO 5	TOTAL
CONTRATOS ( $H_t$ )	45	28	17	20	29	139
DESPIDOS ( $L_t$ )	29	10	31	17	21	108
F. DE TRABAJO ( $W_t$ )	306	279	343	265	323	1,516
T. EXTRA ( $O_t$ )	390	948	1,575	783	586	4,282

Las decisiones anuales sobre el inventario, desabasto, subcontratación y la producción para el ESCENARIO 1 y ESCENARIO 2 se muestran en la Tabla 16 y Tabla 17.

**Tabla 16***Decisiones sobre la producción del ESCENARIO 1*

CONCEPTO	AÑO 1	AÑO 2	AÑO 3	AÑO 4	AÑO 5	TOTAL
INVENTARIO ( $I_t$ )	390	327	396	359	357	1,829
DESABASTO ( $S_t$ )	0	0	0	0	0	0
SUBCONTRATADOS ( $C_t$ )	500	0	0	0	1,001	1,501
PRODUCCIÓN ( $P_t$ )	45,699	46,199	46,199	46,199	45,198	229,494
DEMANDA ( $D_t$ )	46,199	46,199	46,199	46,199	46,199	230,995

**Tabla 17***Decisiones sobre la producción del ESCENARIO 2*

CONCEPTO	AÑO 1	AÑO 2	AÑO 3	AÑO 4	AÑO 5	TOTAL
INVENTARIO ( $I_t$ )	1,138	0	2,258	0	0	3,396
DESABASTO ( $S_t$ )	0	0	0	0	0	0
SUBCONTRATADOS ( $C_t$ )	0	0	0	0	0	0
PRODUCCIÓN ( $P_t$ )	53,551	46,284	55,545	42,865	56,092	254,337
DEMANDA ( $D_t$ )	53,551	46,284	55,545	42,865	56,092	254,337

Los costos mensuales en soles del plan agregado de producción del ESCENARIO 1 y ESCENARIO 2 sobre el número de contratados, número de despedidos, fuerza de trabajo, tiempo extra, inventario, desabasto, subcontrataciones y materiales se muestran en la Tabla 18 y Tabla 19.

**Tabla 18***Costos mensuales del plan agregado de producción del ESCENARIO 1*

MES	COSTO MENSUAL (S/)							
	$H_t$	$L_t$	$W_t$	$O_t$	$I_t$	$S_t$	$C_t$	$M_t$
1	4,400	0	19,184	2,040	0	0	0	223,459
2	0	0	19,184	0	0	0	0	193,929
3	2,400	0	29,648	0	893	0	0	316,343
4	5,600	0	54,064	7,425	0	0	0	641,598
5	0	3,000	48,832	0	0	0	0	531,426
6	0	10,000	31,392	0	0	0	0	339,429
7	4,000	0	48,832	2,535	0	0	67,500	550,002
8	0	5,000	40,112	0	9,995	0	0	432,743
9	3,600	0	55,808	7,680	0	0	0	662,430
10	0	7,000	43,600	3,420	0	0	0	499,319
11	0	7,000	31,392	225	0	0	0	343,617
12	0	8,000	17,440	0	0	0	0	172,882
13	400	0	19,184	2,040	0	0	0	223,459
14	0	0	19,184	0	0	0	0	193,929
15	2,400	0	29,648	1,245	0	0	0	312,906
16	6,800	0	59,296	0	0	0	0	645,034
17	0	5,000	50,576	0	0	0	0	531,426
18	0	10,000	33,136	0	0	0	0	339,429
19	4,400	0	52,320	4,755	0	0	0	603,693
20	0	7,000	40,112	0	9,129	0	0	429,414
21	4,000	0	57,552	5,460	0	0	0	665,758
22	0	7,000	45,344	735	0	0	0	499,319
23	0	7,000	33,136	0	0	0	0	343,617
24	0	10,000	15,696	270	0	0	0	172,882
25	800	0	19,184	2,040	0	0	0	223,459
26	0	0	19,184	0	0	0	0	193,929
27	2,000	0	27,904	1,260	0	0	0	312,906
28	6,400	0	55,808	5,220	0	0	0	645,034
29	0	4,000	48,832	0	0	0	0	531,426
30	0	9,000	33,136	0	28	0	0	339,537

COSTO MENSUAL (S/)								
MES	$H_t$	$L_t$	$W_t$	$O_t$	$I_t$	$S_t$	$C_t$	$M_t$
31	4,400	0	52,320	4,740	0	0	0	603,585
32	0	6,000	41,856	0	9,129	0	0	429,414
33	3,600	0	57,552	5,460	0	0	0	665,758
34	0	7,000	45,344	735	0	0	0	499,319
35	0	8,000	31,392	1,260	1,898	0	0	350,919
36	0	10,000	13,952	1,920	0	0	0	165,581
37	1,200	0	19,184	2,040	0	0	0	223,459
38	0	0	19,184	0	28	0	0	194,036
39	2,000	0	27,904	1,245	0	0	0	312,799
40	6,400	0	55,808	5,220	0	0	0	645,034
41	0	4,000	48,832	0	0	0	0	531,426
42	0	10,000	31,392	0	0	0	0	339,429
43	4,800	0	52,320	4,755	0	0	0	603,693
44	0	7,000	40,112	0	9,995	0	0	432,743
45	3,600	0	55,808	7,680	0	0	0	662,430
46	0	7,000	43,600	3,420	0	0	0	499,319
47	0	7,000	31,392	225	0	0	0	343,617
48	0	9,000	15,696	270	0	0	0	172,882
49	800	0	19,184	2,040	0	0	0	223,459
50	0	0	19,184	0	0	0	0	193,929
51	2,000	0	27,904	1,260	0	0	0	312,906
52	5,200	0	50,576	5,670	0	0	67,635	591,236
53	0	1,000	48,832	0	0	0	0	531,426
54	0	10,000	31,392	0	0	0	0	339,429
55	4,000	0	48,832	2,535	0	0	67,500	550,002
56	0	5,000	40,112	0	9,967	0	0	432,636
57	4,000	0	57,552	5,010	0	0	0	662,537
58	0	8,000	43,600	3,420	0	0	0	499,319
59	0	7,000	31,392	225	0	0	0	343,617
60	0	9,000	15,696	270	0	0	0	172,882

*Nota.*  $H_t$  = número de contratados;  $L_t$  = número de despedidos;  $W_t$  = fuerza de trabajo;  $O_t$  = tiempo extra;  $I_t$  = inventario;  $S_t$  = desabasto;  $C_t$  = subcontrataciones;  $M_t$  = materiales.

**Tabla 19***Costos mensuales del plan agregado de producción del ESCENARIO 2*

MES	COSTO MENSUAL (S/)							$M_t$
	$H_t$	$L_t$	$W_t$	$O_t$	$I_t$	$S_t$	$C_t$	
1	6,800	0	29,648	0	0	0	0	311,618
2	1,200	0	34,880	0	0	0	0	362,624
3	3,600	0	50,576	5,520	0	0	0	582,861
4	0	2,000	47,088	0	0	0	0	505,869
5	0	0	47,088	0	0	0	0	502,862
6	0	8,000	33,136	0	0	0	0	350,919
7	0	0	33,136	0	0	0	0	353,281
8	3,600	0	48,832	0	0	0	0	517,681
9	2,800	0	61,040	0	31,772	0	0	663,396
10	0	0	61,040	330	0	0	0	665,758
11	0	1,000	59,296	0	0	0	0	634,296
12	0	18,000	27,904	0	0	0	0	299,162
13	2,000	0	36,624	0	0	0	0	393,549
14	400	0	38,368	0	0	0	0	404,824
15	800	0	41,856	5,475	0	0	0	483,319
16	0	1,000	40,112	0	0	0	0	420,072
17	0	0	40,112	0	0	0	0	412,341
18	0	0	40,112	3,270	0	0	0	440,367
19	0	0	40,112	0	0	0	0	417,280
20	800	0	43,600	5,475	0	0	0	493,950
21	0	1,000	41,856	0	0	0	0	423,294
22	0	8,000	27,904	0	0	0	0	259,216
23	2,000	0	36,624	0	0	0	0	344,047
24	5,200	0	59,296	0	0	0	0	477,735
25	0	0	59,296	6,840	63,041	0	0	645,034
26	400	0	61,040	7,080	0	0	0	665,758
27	0	5,000	52,320	0	0	0	0	512,634
28	0	0	52,320	90	0	0	0	516,822
29	0	3,000	47,088	0	0	0	0	452,394
30	0	3,000	41,856	0	0	0	0	397,307

COSTO MENSUAL (S/)								
MES	$H_t$	$L_t$	$W_t$	$O_t$	$I_t$	$S_t$	$C_t$	$M_t$
31	2,000	0	50,576	2,235	0	0	0	500,930
32	0	0	50,576	0	0	0	0	483,534
33	0	6,000	40,112	0	0	0	0	370,999
34	2,000	0	48,832	0	0	0	0	466,138
35	2,400	0	59,296	7,380	0	0	0	636,766
36	0	14,000	34,880	0	0	0	0	316,128
37	0	1,000	33,136	0	0	0	0	310,007
38	0	0	33,136	0	0	0	0	305,712
39	4,000	0	50,576	5,685	0	0	0	546,459
40	0	9,000	34,880	0	0	0	0	335,564
41	1,200	0	40,112	4,800	0	0	0	431,454
42	0	5,000	31,392	0	0	0	0	302,491
43	800	0	34,880	1,260	0	0	0	344,047
44	0	0	34,880	0	0	0	0	331,269
45	1,600	0	41,856	0	0	0	0	411,160
46	400	0	43,600	0	0	0	0	442,085
47	0	0	43,600	0	0	0	0	445,306
48	0	2,000	40,112	0	0	0	0	397,307
49	400	0	41,856	5,325	0	0	0	459,159
50	0	5,000	33,136	0	0	0	0	336,638
51	6,000	0	59,296	0	0	0	0	620,014
52	0	0	59,296	0	0	0	0	624,202
53	0	1,000	57,552	0	0	0	0	615,719
54	0	2,000	54,064	0	0	0	0	583,827
55	0	4,000	47,088	0	0	0	0	510,272
56	0	9,000	31,392	0	0	0	0	334,490
57	800	0	34,880	0	0	0	0	367,563
58	2,400	0	45,344	3,465	0	0	0	510,272
59	0	0	45,344	0	0	0	0	485,789
60	2,000	0	54,064	0	0	0	0	575,237

*Nota.*  $H_t$  = número de contratados;  $L_t$  = número de despedidos;  $W_t$  = fuerza de trabajo;  $O_t$  = tiempo extra;  $I_t$  = inventario;  $S_t$  = desabasto;  $C_t$  = subcontrataciones;  $M_t$  = materiales.



Los costos anuales en soles del plan agregado de producción del ESCENARIO 1 y ESCENARIO 2 se presentan en la Tabla 20 y Tabla 21.

**Tabla 20**

*Costos anuales del plan agregado de producción del ESCENARIO 1*

CONCEPTO	AÑO 1	AÑO 2	AÑO 3	AÑO 4	AÑO 5	TOTAL
CONTRATADOS	20,000	18,000	17,200	18,000	16,000	89,200
DESPEDIDOS	40,000	46,000	44,000	44,000	40,000	214,000
TIEMPO REGULAR	439,488	455,184	446,464	441,232	434,256	2,216,624
TIEMPO EXTRA	23,325	14,505	22,635	24,855	20,430	105,750
INVENTARIO	10,888	9,129	11,056	10,023	9,967	51,064
DESABASTO	0	0	0	0	0	0
SUBCONTRATACIÓN	67,500	0	0	0	135,135	202,635
MATERIALES	4,907,177	4,960,867	4,960,867	4,960,867	4,853,379	24,643,156
<b>TOTAL</b>	<b>5,508,378</b>	<b>5,503,685</b>	<b>5,502,222</b>	<b>5,498,977</b>	<b>5,509,167</b>	<b>27,522,428</b>

**Tabla 21**

*Costos anuales del plan agregado de producción del ESCENARIO 2*

CONCEPTO	AÑO 1	AÑO 2	AÑO 3	AÑO 4	AÑO 5	TOTAL
CONTRATADOS	18,000	11,200	6,800	8,000	11,600	55,600
DESPEDIDOS	29,000	10,000	31,000	17,000	21,000	108,000
TIEMPO REGULAR	533,664	486,576	598,192	462,160	563,312	2,643,904
TIEMPO EXTRA	5,850	14,220	23,625	11,745	8,790	64,230
INVENTARIO	31,772	0	63,041	0	0	94,813
DESABASTO	0	0	0	0	0	0
SUBCONTRATACIÓN	0	0	0	0	0	0
MATERIALES	5,750,327	4,969,994	5,964,444	4,602,861	6,023,181	27,310,807
<b>TOTAL</b>	<b>6,368,613</b>	<b>5,491,990</b>	<b>6,687,102</b>	<b>5,101,766</b>	<b>6,627,883</b>	<b>30,277,353</b>

### **3.3.3. PROGRAMA MAESTRO DE PRODUCCIÓN**

En el programa maestro de producción se toma en cuenta que los meses tienen cuatro semanas, por lo tanto, en los cinco años se tendrán un total de 240 semanas.

La producción mensual del plan agregado de producción se dividió entre cuatro para determinar la producción semanal en el programa maestro de producción a excepción del primer mes en donde toda la producción se llevó a la cuarta semana.

El programa maestro de producción del ESCENARIO 1 y ESCENARIO 2 para las 240 semanas está en número de cajas de conservas de pescado (ver Tabla 22 y Tabla 23).



MES	31	32	33	34	35	36																			
SEMANA	121	122	123	124	125	126	127	128	129	130	131	132	133	134	135	136	137	138	139	140	141	142	143	144	
Nº CAJAS	1,166	1,166	1,166	1,166	1,126	1,126	1,126	1,126	864	864	864	864	864	1,085	1,085	1,085	1,483	1,483	1,483	1,483	1,483	736	736	736	736
MES	37	38	39	40	41	42																			
SEMANA	145	146	147	148	149	150	151	152	153	154	155	156	157	158	159	160	161	162	163	164	165	166	167	168	
Nº CAJAS	722	722	722	712	712	712	712	712	1,272	1,272	1,272	1,272	1,272	781	781	781	781	1,005	1,005	1,005	1,005	704	704	704	704
MES	43	44	45	46	47	48																			
SEMANA	169	170	171	172	173	174	175	176	177	178	179	180	181	182	183	184	185	186	187	188	189	190	191	192	
Nº CAJAS	801	801	801	771	771	771	771	771	957	957	957	957	1,029	1,029	1,029	1,029	1,037	1,037	1,037	1,037	925	925	925	925	
MES	49	50	51	52	53	54																			
SEMANA	193	194	195	196	197	198	199	200	201	202	203	204	205	206	207	208	209	210	211	212	213	214	215	216	
Nº CAJAS	1,069	1,069	1,069	1,069	784	784	784	784	1,444	1,444	1,444	1,444	1,444	1,453	1,453	1,453	1,434	1,434	1,434	1,434	1,359	1,359	1,359	1,359	
MES	55	56	57	58	59	60																			
SEMANA	217	218	219	220	221	222	223	224	225	226	227	228	229	230	231	232	233	234	235	236	237	238	239	240	
Nº CAJAS	1,188	1,188	1,188	1,188	779	779	779	779	856	856	856	856	1,188	1,188	1,188	1,188	1,131	1,131	1,131	1,131	1,339	1,339	1,339	1,339	

Nota. Número de cajas de conservas de pescado de 48 latas de envase de lata ½ lb tuna.

**Tabla 23**

*Programa maestro de producción del ESCENARIO 2*

MES	1	2	3	4	5	6
SEMANA	1	2	3	4	5	6
Nº CAJAS	0	0	0	2,081	452	452
	7	8	9	10	11	12
SEMANA	25	26	27	28	29	30
Nº CAJAS	1,281	1,281	1,281	1,008	1,008	1,008
	31	32	33	34	35	36
	37	38	39	40	41	42
	43	44	45	46	47	48
	49	50	51	52	53	54
	55	56	57	58	59	60
	61	62	63	64	65	66
	67	68	69	70	71	72
	73	74	75	76	77	78
	79	80	81	82	83	84
	85	86	87	88	89	90
	91	92	93	94	95	96
	97	98	99	100	101	102
	103	104	105	106	107	108
	109	110	111	112	113	114
	115	116	117	118	119	120
	121	122	123	124	125	126
	127	128	129	130	131	132
	133	134	135	136	137	138
	139	140	141	142	143	144
	145	146	147	148	149	150
	151	152	153	154	155	156
	157	158	159	160	161	162
	163	164	165	166	167	168
	169	170	171	172	173	174
	175	176	177	178	179	180
	181	182	183	184	185	186
	187	188	189	190	191	192
	193	194	195	196	197	198
	199	200	201	202	203	204
	205	206	207	208	209	210
	211	212	213	214	215	216
	217	218	219	220	221	222
	223	224	225	226	227	228
	229	230	231	232	233	234
	235	236	237	238	239	240
	241	242	243	244	245	246
	247	248	249	250	251	252
	253	254	255	256	257	258
	259	260	261	262	263	264
	265	266	267	268	269	270
	271	272	273	274	275	276
	277	278	279	280	281	282
	283	284	285	286	287	288
	289	290	291	292	293	294
	295	296	297	298	299	300
	301	302	303	304	305	306
	307	308	309	310	311	312
	313	314	315	316	317	318
	319	320	321	322	323	324
	325	326	327	328	329	330
	331	332	333	334	335	336
	337	338	339	340	341	342
	343	344	345	346	347	348
	349	350	351	352	353	354
	355	356	357	358	359	360
	361	362	363	364	365	366
	367	368	369	370	371	372
	373	374	375	376	377	378
	379	380	381	382	383	384
	385	386	387	388	389	390
	391	392	393	394	395	396
	397	398	399	400	401	402
	403	404	405	406	407	408
	409	410	411	412	413	414
	415	416	417	418	419	420
	421	422	423	424	425	426
	427	428	429	430	431	432
	433	434	435	436	437	438
	439	440	441	442	443	444
	445	446	447	448	449	450
	451	452	453	454	455	456
	457	458	459	460	461	462
	463	464	465	466	467	468
	469	470	471	472	473	474
	475	476	477	478	479	480
	481	482	483	484	485	486
	487	488	489	490	491	492
	493	494	495	496	497	498
	499	500	501	502	503	504
	505	506	507	508	509	510
	511	512	513	514	515	516
	517	518	519	520	521	522
	523	524	525	526	527	528
	529	530	531	532	533	534
	535	536	537	538	539	540
	541	542	543	544	545	546
	547	548	549	550	551	552
	553	554	555	556	557	558
	559	560	561	562	563	564
	565	566	567	568	569	570
	571	572	573	574	575	576
	577	578	579	580	581	582
	583	584	585	586	587	588
	589	590	591	592	593	594
	595	596	597	598	599	600
	601	602	603	604	605	606
	607	608	609	610	611	612
	613	614	615	616	617	618
	619	620	621	622	623	624
	625	626	627	628	629	630
	631	632	633	634	635	636
	637	638	639	640	641	642
	643	644	645	646	647	648
	649	650	651	652	653	654
	655	656	657	658	659	660
	661	662	663	664	665	666
	667	668	669	670	671	672
	673	674	675	676	677	678
	679	680	681	682	683	684
	685	686	687	688	689	690
	691	692	693	694	695	696
	697	698	699	700	701	702
	703	704	705	706	707	708
	709	710	711	712	713	714
	715	716	717	718	719	720
	721	722	723	724	725	726
	727	728	729	730	731	732
	733	734	735	736	737	738
	739	740	741	742	743	744
	745	746	747	748	749	750
	751	752	753	754	755	756
	757	758	759	760	761	762
	763	764	765	766	767	768
	769	770	771	772	773	774
	775	776	777	778	779	780
	781	782	783	784	785	786
	787	788	789	790	791	792
	793	794	795	796	797	798
	799	800	801	802	803	804
	805	806	807	808	809	810
	811	812	813	814	815	816
	817	818	819	820	821	822
	823	824	825	826	827	828
	829	830	831	832	833	834
	835	836	837	838	839	840
	841	842	843	844	845	846
	847	848	849	850	851	852
	853	854	855	856	857	858
	859	860	861	862	863	864
	865	866	867	868	869	870
	871	872	873	874	875	876
	877	878	879	880	881	882
	883	884	885	886	887	888
	889	890	891	892	893	894
	895	896	897	898	899	900
	901	902	903	904	905	906
	907	908	909	910	911	912
	913	914	915	916	917	918
	919	920	921	922	923	924
	925	926	927	928	929	930
	931	932	933	934	935	936
	937	938	939	940	941	942
	943	944	945	946	947	948
	949	950	951	952	953	954
	955	956	957	958	959	960
	961	962	963	964	965	966
	967	968	969	970	971	972
	973	974	975	976	977	978
	979	980	981	982	983	984
	985	986	987	988	989	990
	991	992	993	994	995	996
	997	998	999	1000	1001	1002

MES	31	32	33	34	35	36																			
SEMANA	121	122	123	124	125	126	127	128	129	130	131	132	133	134	135	136	137	138	139	140	141	142	143	144	
Nº CAJAS	1,405	1,405	1,405	1,405	1,000	1,000	1,000	1,000	1,550	1,550	1,550	1,163	1,163	1,163	1,163	1,163	817	817	817	817	817	817	386	386	386
MES	37	38	39	40	41	42																			
SEMANA	145	146	147	148	149	150	151	152	153	154	155	156	157	158	159	160	161	162	163	164	165	166	167	168	
Nº CAJAS	520	520	520	520	452	452	452	452	728	728	728	728	1,502	1,502	1,502	1,502	1,237	1,237	1,237	1,237	1,237	790	790	790	
MES	43	44	45	46	47	48																			
SEMANA	169	170	171	172	173	174	175	176	177	178	179	180	181	182	183	184	185	186	187	188	189	190	191	192	
Nº CAJAS	1,406	1,406	1,406	1,406	1,008	1,008	1,008	1,008	1,542	1,542	1,542	1,542	1,163	1,163	1,163	800	800	800	800	800	800	403	403	403	403
MES	49	50	51	52	53	54																			
SEMANA	193	194	195	196	197	198	199	200	201	202	203	204	205	206	207	208	209	210	211	212	213	214	215	216	
Nº CAJAS	520	520	520	520	452	452	452	452	729	729	729	729	1,377	1,377	1,377	1,377	1,237	1,237	1,237	1,237	1,237	790	790	790	
MES	55	56	57	58	59	60																			
SEMANA	217	218	219	220	221	222	223	224	225	226	227	228	229	230	231	232	233	234	235	236	237	238	239	240	
Nº CAJAS	1,281	1,281	1,281	1,281	1,007	1,007	1,007	1,007	1,543	1,543	1,543	1,543	1,163	1,163	1,163	800	800	800	800	800	800	403	403	403	403

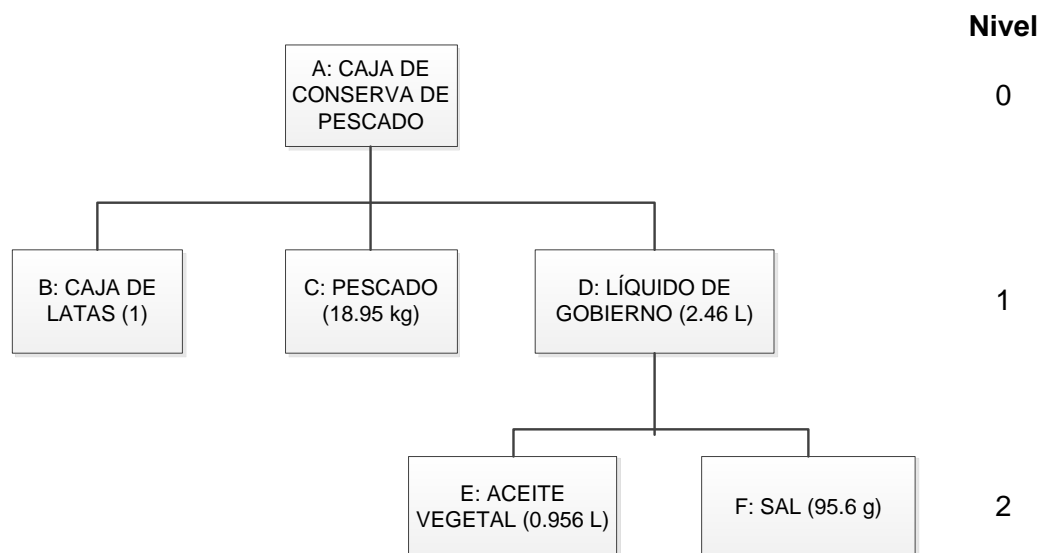
Nota. Número de cajas de conservas de pescado de 48 latas de envase de lata ½ lb tuna.

### 3.3.4. PLAN DE REQUERIMIENTOS DE MATERIALES

En la Figura 48 se muestra la lista estructurada de materiales para la elaboración de una caja de conservas de caballa en aceite vegetal. En la elaboración de una caja de conservas de caballa se requiere una caja de latas de 48 envases de ½ lb tuna, 18.95 kg de caballa y 2.46 L de líquido de gobierno. Un litro de líquido de gobierno requiere de 956 mL de aceite vegetal y 95.6 g de sal.

**Figura 48**

*Lista estructurada de materiales de la caja de conservas de pescado*



El plan de requerimiento de materiales (MRP) se planteó en base a los seis artículos de la lista estructurada de materiales de la Figura 48 para un periodo de 240 semanas.

Se construyó un modelo matemático de programación lineal entera mixta para cada artículo (Ramos et al., 2019), el cuál se detalla a continuación.

Las variables de decisión son las siguientes:

$Q_{it}$  = Cantidad a ordenar o preparar del artículo  $i$  en la semana  $t$ ,  $t = 1, \dots, 240$ , donde  $Q_t \in \mathbb{R}^+$

$I_{it}$  = Inventario final del artículo  $i$  en la semana  $t$ ,  $t = 1, \dots, 240$ , donde  $I_t \in \mathbb{R}^+$

$$X_{it} = \begin{cases} 1, & \text{si hay orden de compra o preparación del artículo } i \text{ en la semana } t \\ 0, & \text{de otra manera} \end{cases}$$

donde  $t = 1, \dots, 240$

Se consideró como variables reales positivas a la cantidad a ordenar o preparar  $X_{it}$  y al inventario final  $I_{it}$ .

El modelo de programación lineal se dividió en diez submodelos en cada semana inicial  $n = \{1, 25, 49, 73, 97, 121, 145, 169, 193, 217\}$  para cada artículo  $i$  que componen la lista estructurada de materiales, donde  $i = \{A, B, C, D, E, F\}$ .

La función objetivo consiste en minimizar los costos del inventario, que es igual a la suma de los costos de ordenar y los costos de mantener inventarios, tal como se muestra en la Ecuación (89).

$$\text{Minimizar } Z = S_i \sum_{t=n}^{n+23} X_{it} + H_i \sum_{t=n}^{n+23} I_{it} \quad (89)$$

Donde:

$S_i$  = costo de ordenar o preparar del artículo  $i$

$H_i$  = costo de mantener inventarios del artículo  $i$  por unidad por semana

$t$  = número de semana del horizonte de planeación de materiales

En las siguientes ecuaciones se detalla las restricciones del modelo matemático.

El balance de inventarios, la restricción de demanda, la restricciones binarias y las de no negatividad se plantean desde la Ecuación (90) a la Ecuación (94) respectivamente.

$$Q_{it} + I_{i(t-1)} - D_{it} = I_{it} \quad \forall \quad t = n, n+1, \dots, n+23 \quad (90)$$



Donde  $D_{it}$  es la demanda del artículo  $i$  en la semana  $t$ .

$$Q_{it} + I_{i(t-1)} \geq D_{it} \quad \forall t = n, n+1, \dots, n+23 \quad (91)$$

$$Q_{it} \leq X_{i(t+k)} \sum_{t=n+k}^{240} D_{it} \quad \forall t = n \wedge k = \{0, \dots, 23\} \quad (92)$$

$$Q_{it} \geq 0 \quad \forall t = n, n+1, \dots, n+23 \quad (93)$$

$$I_{it} \geq 0 \quad \forall t = n, n+1, \dots, n+23 \quad (94)$$

El modelo completo del sistema de MRP para cada escenario contiene 4,320 variables de decisión, de los cuales 2,880 son enteras y 1,440 son binarias, además de 4,320 restricciones.

Se utilizó el método algorítmico “divide y vencerás” (Peña, 2006; Lee et al., 2007) para subdividir el problema de optimización del sistema MRP de cada escenario en 60 submodelos de programación lineal entera mixta en periodos de 24 semanas utilizando como herramienta de optimización el OpenSolver que es un complemento del MS Excel®. El tiempo total estimado de optimización del sistema MRP en cada escenario fue de 28 minutos y 30 segundos.

De acuerdo a Peña (2006) el método “divide y vencerás” tiene el siguiente procedimiento: (1) descomponer en un conjunto de subproblemas  $p_1, \dots, p_n$ , con  $n \geq 1$ , del mismo tipo del problema original y de una fracción del mismo, (2) resolver los  $n$  subproblemas, y (3) obtener la solución del problema original combinando las soluciones  $s_1, \dots, s_n$  de los  $n$  subproblemas.

El plan de requerimiento de materiales del ESCENARIO 1 y ESCENARIO 2 para las primeras veinticuatro semanas se muestra en la Tabla 24 y Tabla 25, respectivamente. El plan de requerimientos de materiales de las 240 semanas para el ESCENARIO 1 y ESCENARIO 2 se encuentra en el APÉNDICE D (ver Tabla D1 a la Tabla D12).

**Tabla 24**

*Plan de requerimientos de materiales de las conservas de pescado del ESCENARIO 1 (semana: 1-24)*

A: CONSERVA DE PESCADO		PERIODO (SEMANA)																											
UNIDAD: CAJA/L = 1		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24				
Variable binaria (Xi)	0	0	0	1	1	1	0	1	0	1	0	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	0			
Demanda	2,081				452	452	452	452	452	737	737	737	737	1,494	1,494	1,494	1,494	1,494	1,237	1,237	1,237	1,237	1,237	790	790	790			
Inventario inicial	531				452			452		737		737		737										60	820	30	790		
Pedido	531	1,550			904			904		1,474		1,474		1,494	1,494	1,494	1,494	1,237	1,237	1,237	1,237	1,297	1,550			1,550			
Inventario final	531				452			452		737		737		737									60	820	30	790			
Liberación de la orden	531	1,550	904			904		1,474		1,474		1,494	1,494	1,494	1,494	1,237	1,237	1,237	1,297	1,550		1,550				1,281			
COSTO DE PREPARAR (S/)	=	750											0.670	C.T. DEL INVENTARIO (S/)														=	15.088
B: ENVASES																													
UNIDAD: CAJA/L = 1		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24				
Variable binaria (Xi)	0	1	1	0	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0			
Demanda	531	1,550	904			904		1,474		1,474		1,494	1,494	1,494	1,494	1,237	1,237	1,237	1,297	1,550		1,550			1,281				
Inventario inicial													1,494		1,494		1,237		1,237							1,281			
Pedido	531	2,454				904		1,474		1,474		2,988		1,494	2,731	2,474	2,474	2,847	2,847				1,550			1,281			
Inventario final												1,494		1,494		1,237		1,237		1,550						1,281			
Liberación de la orden	531	2,454			904		1,474		1,474		2,988		1,494	2,731	2,474	2,474	2,847	2,847				1,550				1,281			
COSTO DE ORDENAR (S/)	=	200											0.125	C.T. DEL INVENTARIO (S/)														=	3.203

C: PESCADO		PERIODO (SEMANA)																							
UNIDAD: t/L = 1		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
Variable binaria (Xi)	0	1	1	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	0	1
Demanda	10.1	29.4	17.1	17.1	17.1	27.9	27.9	27.9	27.9	28.3	28.3	28.3	28.3	28.3	28.3	28.3	28.3	28.3	28.3	28.3	28.3	28.3	28.3	28.3	28.3
Inventario inicial																									
Pedido	10.1	29.4	17.1	17.1	17.1	27.9	27.9	27.9	27.9	28.3	28.3	28.3	28.3	28.3	28.3	28.3	28.3	28.3	28.3	28.3	28.3	28.3	28.3	28.3	28.3
Inventario final																									
Liberación de la orden	10.1	29.4	17.1	17.1	17.1	27.9	27.9	27.9	27.9	28.3	28.3	28.3	28.3	28.3	28.3	28.3	28.3	28.3	28.3	28.3	28.3	28.3	28.3	28.3	28.3
COSTO DE ORDENAR (S) =	200	C.T. DEL INVENTARIO (S) = 3,400																							

D: LÍQUIDO DE GOBIERNO		PERIODO (SEMANA)																							
UNIDAD: m3/L = 0		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
Variable binaria (Xi)	0	1	1	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	0	1
Demanda	1.3	3.8	2.2	2.2	2.2	3.6	3.6	3.6	3.6	3.7	3.7	3.7	3.7	3.7	3.7	3.7	3.7	3.7	3.7	3.7	3.7	3.7	3.7	3.7	3.7
Inventario inicial																									
Pedido	1.3	3.8	2.2	2.2	2.2	3.6	3.6	3.6	3.6	3.7	3.7	3.7	3.7	3.7	3.7	3.7	3.7	3.7	3.7	3.7	3.7	3.7	3.7	3.7	3.7
Inventario final																									
Liberación de la orden	1.3	3.8	2.2	2.2	2.2	3.6	3.6	3.6	3.6	3.7	3.7	3.7	3.7	3.7	3.7	3.7	3.7	3.7	3.7	3.7	3.7	3.7	3.7	3.7	3.7
COSTO DE PREPARAR (S) =	50	C.T. DEL INVENTARIO (S) = 850																							

E: ACEITE VEGETAL		PERIODO (SEMANA)																							
UNIDAD: LATA/L = 1		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
Variable binaria (Xi)	0	1	0	0	0	1	0	1	0	1	0	0	1	0	1	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0
Demanda	69	203	118	118	118	193	193	193	193	195	195	195	195	195	195	195	195	162	162	162	170	203	203	167	167
Inventario inicial																									
Pedido	390	321	118	118	118	385	385	385	385	391	391	391	391	391	391	391	391	485	485	485	372	370	370	167	167
Inventario final																									
Liberación de la orden	390	321	118	118	118	385	385	385	385	391	391	391	391	391	391	391	391	485	485	485	372	370	370	167	167
COSTO DE ORDENAR (S) =	200	C.T. DEL INVENTARIO (S) = 2,589																							

F: SAL		PERIODO (SEMANA)																							
UNIDAD: SACO/L = 1		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
Variable binaria (Xi)	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Demanda	5	15	9	9	36	36	28	28	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	15	15	15	12
Inventario inicial																									
Pedido	64	59	45	36	36	28	28	14	14	14	14	14	145	145	145	145	145	145	145	145	145	145	145	145	145
Inventario final																									
Liberación de la orden	64	59	45	36	36	28	28	14	14	14	14	14	145	145	145	145	145	145	145	145	145	145	145	145	145
COSTO DE ORDENAR (S) =	100	C.T. DEL INVENTARIO (S) = 358																							

Nota. L = tiempo de entrega en semanas.

**Tabla 25**

**Plan de requerimientos de materiales de las conservas de pescado del ESCENARIO 2 (semana: 1-24)**

A: CONSERVA DE PESCADO		PERIODO (SEMANA)																								
UNIDAD: CAJA/L = 1		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	
Variable binaria (Xi)	0	0	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
Demanda			2,902	844	844	844	844	844	844	1,357	1,357	1,357	1,357	1,357	1,178	1,178	1,178	1,171	1,171	1,171	1,171	1,171	817	817	817	
Inventario inicial			1,352		138	844																	84	817		
Pedido			1,352	1,550	982	1,550			844	1,357	1,357	1,357	1,357	1,178	1,178	1,178	1,171	1,171	1,171	1,171	1,171	901	1,550	817		
Inventario final			1,352	138	844																	84	817			
Liberación de la orden			1,352	1,550	982	1,550			844	1,357	1,357	1,357	1,178	1,178	1,178	1,171	1,171	1,171	1,171	1,171	901	1,550	817	919		
COSTO DE PREPARAR (S/)	=	750	COSTO DE MANTENER (S/)																							
			= 0.670																							
			C.T. DEL INVENTARIO (S/)																							
			= 17,167																							
B: ENVASES		PERIODO (SEMANA)																								
UNIDAD: CAJA/L = 1		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	
Variable binaria (Xi)	0	1	1	0	1	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	
Demanda			1,352	1,550	982	1,550		844	1,357	1,357	1,357	1,178	1,178	1,178	1,178	1,171	1,171	1,171	1,171	1,171	901	1,550	817	919		
Inventario inicial			982					1,357		1,357		1,178	1,178	1,178	1,171	1,171	1,171	1,171	1,171	1,171	901	1,550	817	919		
Pedido			1,352	2,532	1,550		2,201	2,201	2,714	2,714	2,535	2,535	2,356	2,349	2,342	2,072	2,072	2,072	2,072	2,072	1,550	1,550	1,736	919		
Inventario final			982				1,357	1,357	1,357	1,178	1,178	1,178	1,171	1,171	1,171	1,171	1,171	1,171	1,171	1,171	901	1,550	817	919		
Liberación de la orden			1,352	2,532	1,550	2,201	2,201	2,714	2,714	2,535	2,535	2,356	2,349	2,342	2,072	2,072	2,072	2,072	2,072	2,072	1,550	1,736	919	1,550		
COSTO DE ORDENAR (S/)	=	200	COSTO DE MANTENER (S/)																							
			= 0.125																							
			C.T. DEL INVENTARIO (S/)																							
			= 3.677																							

C: PESCADO		PERIODO (SEMANA)																							
UNIDAD: t/L = 1		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
Variable binaria (Xi)	0	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1
Demanda	25.6	29.4	18.6	29.4	16.0	25.7	25.7	25.7	25.7	25.7	25.7	22.3	22.3	22.3	22.3	22.3	22.2	22.2	22.2	22.2	22.2	17.1	29.4	15.5	17.4
Inventario inicial	25.6	29.4	18.6	29.4	16.0	25.7	25.7	25.7	25.7	25.7	25.7	22.3	22.3	22.3	22.3	22.3	22.2	22.2	22.2	22.2	22.2	17.1	29.4	15.5	17.4
Pedido																									
Inventario final																									
Liberación de la orden	25.6	29.4	18.6	29.4	16.0	25.7	25.7	25.7	25.7	25.7	25.7	22.3	22.3	22.3	22.3	22.2	22.2	22.2	22.2	22.2	17.1	29.4	15.5	17.4	29.4
COSTO DE ORDENAR (S) =	200	COSTO DE MANTENER (S) = 19.79												C.T. DEL INVENTARIO (S) = 4,200											

D: LÍQUIDO DE GOBIERNO		PERIODO (SEMANA)																							
UNIDAD: m3/L = 0		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
Variable binaria (Xi)	0	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1
Demanda	3.3	3.8	2.4	3.8	2.1	3.3	3.3	3.3	3.3	3.3	3.3	2.9	2.9	2.9	2.9	2.9	2.9	2.9	2.9	2.9	2.9	2.2	3.8	2.0	2.3
Inventario inicial	3.3	3.8	2.4	3.8	2.1	3.3	3.3	3.3	3.3	3.3	3.3	2.9	2.9	2.9	2.9	2.9	2.9	2.9	2.9	2.9	2.9	2.2	3.8	2.0	2.3
Pedido																									
Inventario final																									
Liberación de la orden	3.3	3.8	2.4	3.8	2.1	3.3	3.3	3.3	3.3	3.3	3.3	2.9	2.9	2.9	2.9	2.9	2.9	2.9	2.9	2.9	2.2	3.8	2.0	2.3	
COSTO DE PREPARAR (S) =	50	COSTO DE MANTENER (S) = 24.08												C.T. DEL INVENTARIO (S) = 1,050											

E: ACEITE VEGETAL		PERIODO (SEMANA)																							
UNIDAD: LATA/L = 1		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
Variable binaria (Xi)	0	1	0	0	1	0	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0
Demanda	177	203	128	203	110	177	177	177	177	177	177	154	154	154	154	153	153	153	153	153	118	203	107	120	
Inventario inicial	331	128			110	110	177	177	177	177	177	154	154	154	154	153	153	153	153	153	203	203	227	120	
Pedido	508				313			355		355		308		308		306		306		320					
Inventario final	331	128			110	110	177	177	177	177	154	154	154	154	153	153	153	153	153	153	203	203	227	120	
Liberación de la orden	508				313			355		355		308		308		306		306		320					
COSTO DE ORDENAR (S) =	200	COSTO DE MANTENER (S) = 0.442												C.T. DEL INVENTARIO (S) = 2,872											

F: SAL		PERIODO (SEMANA)																							
UNIDAD: SACO/L = 1		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
Variable binaria (Xi)	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Demanda	13	15	9	15	8	13	13	13	13	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	8	15	8	9	
Inventario inicial	109	94	85	70	70	62	49	37	24	11	106	95	83	72	61	50	39	31	16	16	16	16	16	9	
Pedido	121										117														
Inventario final	109	94	85	70	70	62	49	37	24	11	106	95	83	72	61	50	39	31	16	16	16	16	9		
Liberación de la orden	121										117														
COSTO DE ORDENAR (S) =	100	COSTO DE MANTENER (S) = 0.156												C.T. DEL INVENTARIO (S) = 386											

Nota. L = tiempo de entrega en semanas.

### 3.4. PROGRAMA DE PRODUCCIÓN

Los programas de producción anuales en número de conservas de pescado por año de los tres escenarios incluyendo también la maquila anual se muestran desde la Tabla 26 a la Tabla 28.

**Tabla 26**

*Programa de producción del ESCENARIO 1*

CONCEPTO	VOLUMEN (CAJAS/AÑO)					TOTAL
	AÑO 1	AÑO 2	AÑO 3	AÑO 4	AÑO 5	
PRODUCCIÓN	45,709	46,208	46,208	46,204	45,208	229,537
MAQUILA	500	0	0	0	1,001	1,501
TOTAL	46,209	46,208	46,208	46,204	46,209	231,038

**Tabla 27**

*Programa de producción del ESCENARIO 2*

CONCEPTO	VOLUMEN (CAJAS/AÑO)					TOTAL
	AÑO 1	AÑO 2	AÑO 3	AÑO 4	AÑO 5	
PRODUCCIÓN	53,558	46,288	55,548	42,864	56,096	254,354
MAQUILA	0	0	0	0	0	0
TOTAL	53,558	46,288	55,548	42,864	56,096	254,354

**Tabla 28**

*Programa de producción del ESCENARIO 3*

CONCEPTO	VOLUMEN (CAJAS/AÑO)					TOTAL
	AÑO 1	AÑO 2	AÑO 3	AÑO 4	AÑO 5	
PRODUCCIÓN	53,211	57,884	62,559	67,232	71,906	312,792
MAQUILA	0	0	0	0	0	0
TOTAL	53,211	57,884	62,559	67,232	71,906	312,792

### 3.5. CAPACIDAD DE PLANTA

Las capacidades de instalaciones, capacidad de mano de obra directa (MOD), la producción total en los cinco años del horizonte de evaluación del proyecto y la subcontratación total (maquila) en los cinco años para los tres escenarios se presentan en la Tabla 29.

**Tabla 29**

*Capacidad de planta de los escenarios*

ESCENARIO	CAPACIDAD		CAPACIDAD (MOD)	PROD. TOTAL (5 AÑOS)	MAQUILA (5 AÑOS)	PROD + MAQUILA (5 AÑOS)
	CAJAS/DÍA	CAJAS/AÑO				
ESCENARIO 1	310	74,400	35	229,537	1,501	231,038
ESCENARIO 2	310	74,400	35	254,354	0	254,354
ESCENARIO 3	310	74,400	35	312,792	0	312,792

Además del cálculo de las capacidades de las instalaciones en los tres escenarios (ver Tabla 29) se hizo también el cálculo de la capacidad de planta con balance de materia para la planta base de 100,000 cajas/año (ver Tabla 30) para que a partir de allí se realicen la determinación de requerimientos de máquinas y equipos. Se calcularon las capacidades de producción según materia prima en cada operación multiplicando la producción de la máquina u operario en kg/h, el número de máquinas o personas, los días de trabajo por semana, las horas reales por turno, los turnos por día, el factor de utilización y el factor de eficiencia (Díaz, Jarufe y Noriega, 2007). La cantidad entrante de cada operación unitaria es el resultado del balance de materia que se presentó en la Figura 4. La capacidad mínima de producción es de 52 cajas/hora y considerando que se trabaja ocho horas al día, veinte días al mes y doce meses al año se llega aproximadamente a la capacidad de 100,000 cajas/año.

**Tabla 30**

*Cálculo de la capacidad de planta con balance de materia*

OPERACIÓN	CANTIDAD ENTRANTE POR DÍA	UNIDAD DE MEDIDA	PRODUCCIÓN DE LA MÁQUINA U OPERARIO (kg/hr)	NÚMERO DE MÁQUINAS O PERSONAS	DÍAS / SEMANA	HORAS REALES / TURNO	TURNOS / DÍA	FACTOR DE UTILIZACIÓN	FACTOR DE EFICIENCIA	FACTOR DE CAPACIDAD DE PRODUCCIÓN SEGÚN BALANCE DE MATERIA (kg/SEMANA)	FACTOR DE CONVERSIÓN	CAPACIDAD DE PRODUCCIÓN EN UNIDADES DE PRODUCTO TERMINADO (CAJAS/SEMANA)	CAPACIDAD DE PRODUCCIÓN EN UNIDADES DE PRODUCTO TERMINADO (CAJAS/HORA)
COCCIÓN	7,895	kg	2,835	1	5	4.7	1	1.00	1.00	66,150	0.0528	3,491	87
LIMPIADO	6,316	kg	84	25	5	3.0	1	1.00	1.00	31,500	0.0660	2,078	52
ENVASADO	2,400	kg	72	22	5	3.0	1	1.00	1.00	23,760	0.1736	4,125	103
EVACUADO	2,400	kg	619	1	5	3.9	1	1.00	1.00	12,000	0.1736	2,083	52
SELLADO	2,400	kg	432	1	5	5.6	1	1.00	1.00	12,000	0.1736	2,083	52
ESTERILIZADO	2,400	kg	220	2	5	6.0	1	1.00	1.00	13,196	0.1736	2,291	57



### 3.6. REQUERIMIENTOS DEL PROYECTO

En el proyecto de inversión se contemplan los requerimientos de máquinas y equipos de proceso, equipos y muebles de oficina, materiales directos, suministros y personal.

#### 3.6.1. REQUERIMIENTOS DE MÁQUINAS Y EQUIPOS DE PROCESO

En la Tabla 31 se detalla los requerimientos de máquinas y equipos, y su inversión que se requieren en la planta de producción de conservas de caballa.

**Tabla 31**

*Requerimientos de máquinas y equipos de proceso*

CONCEPTO	CANTIDAD	C.U. (S/)	INVERSIÓN (S/)
Mesa de envasado	1	23,600	23,600
Cinta transportadora	2	23,600	47,200
Cocinador estático	1	247,800	247,800
Marmita	2	38,940	77,880
Dosificador	1	33,040	33,040
Cerradora	1	224,200	224,200
Lavadora de latas	1	35,400	35,400
Autoclave	2	177,000	354,000
Caldero	1	342,200	342,200
Bomba	3	1,770	5,310
Balanza	1	3,304	3,304
Balanza electrónica	1	1,180	1,180
Carritos para autoclave	4	2,950	11,800
Carretilla hidráulica	1	1,180	1,180
Pallets	40	118	4,720
TOTAL			1,412,814

#### 3.6.2. REQUERIMIENTOS DE EQUIPOS Y MUEBLES DE OFICINA

Los requerimientos de equipos y muebles para las oficinas y su inversión se muestran en la Tabla 32.

**Tabla 32***Requerimientos de equipos y muebles de oficina*

CONCEPTO	CANTIDAD	C.U. (S/)	INVERSIÓN (S/)
<b>EQUIPOS DE OFICINA</b>			
Computadora	3	3,540	10,620
Impresora	3	944	2,832
Teléfono	3	236	708
Artículos de Oficina	Global	1,180	1,180
<b>SUBTOTAL</b>			<b>15,340</b>
<b>MUEBLES</b>			
Escritorio gerente y jefe	2	3,540	7,080
Escritorio secretaria	2	826	1,652
Mueble de recepción	1	1,180	1,180
Silla de gerente y jefe	2	826	1,652
Silla de secretaria	2	472	944
Estantes	3	472	1,416
Juego de Sofás	2	3,540	7,080
<b>SUBTOTAL</b>			<b>21,004</b>
<b>TOTAL</b>			<b>36,344</b>

**3.6.3. REQUERIMIENTO DE MATERIALES DIRECTOS**

Los requerimientos de caballa, aceite vegetal, sal y el número de latas por caja se muestran en la Tabla 33.

**Tabla 33***Requerimiento de materiales directos por caja*

CONCEPTO	CANTIDAD
CABALLA FRESCA	18.95 kg/caja
ACEITE VEGETAL	2.35 kg/caja
SAL	0.235 kg/caja
ENVASES	48 latas/caja

Los requerimientos anuales de caballa fresca, aceite vegetal en latas de 18 L, sacos de sal de 25 kg y envases en número de cajas en los tres escenarios se presentan desde la Tabla 34 a la Tabla 36.

**Tabla 34**

*Requerimientos de materiales directos del ESCENARIO 1*

CONCEPTO	AÑO 1	AÑO 2	AÑO 3	AÑO 4	AÑO 5
CABALLA FRESCA (toneladas)	886	876	876	875	837
ACEITE VEGETAL (latas de 18 L)	6,111	6,040	6,040	6,040	5,774
SAL (sacos de 25 kg)	440	435	435	435	416
ENVASES (cajas)	45,709	46,208	46,208	46,204	45,208

**Tabla 35**

*Requerimientos de materiales directos del ESCENARIO 2*

CONCEPTO	AÑO 1	AÑO 2	AÑO 3	AÑO 4	AÑO 5
CABALLA FRESCA (toneladas)	1,032	888	1,051	805	1,043
ACEITE VEGETAL (latas de 18 L)	7,121	6,127	7,254	5,554	7,193
SAL (sacos de 25 kg)	513	441	522	400	518
ENVASES (cajas)	53,558	46,288	55,548	42,864	56,096

**Tabla 36**

*Requerimientos de materiales directos del ESCENARIO 3*

CONCEPTO	AÑO 1	AÑO 2	AÑO 3	AÑO 4	AÑO 5
CABALLA FRESCA (toneladas)	1,008	1,097	1,185	1,274	1,362
ACEITE VEGETAL (latas de 18 L)	6,956	7,567	8,178	8,788	9,399
SAL (sacos de 25 kg)	501	545	589	633	677
ENVASES (cajas)	53,211	57,884	62,559	67,232	71,906

### 3.6.4. REQUERIMIENTO DE SUMINISTROS

Los requerimientos de agua, petróleo y energía eléctrica por caja de conservas se muestran en la Tabla 37.

**Tabla 37**

*Requerimiento de suministros por caja*

CONCEPTO	CANTIDAD	COSTO (S/)
AGUA	4.4619 L/caja	5.8340 /m3
PETRÓLEO	0.2479 gal/caja	7.67 /gal
ENERGÍA ELÉCTRICA	0.2148 kW.h/caja	0.6459 kW.h

Los requerimientos anuales de agua, petróleo y energía eléctrica en los tres escenarios se muestran desde la Tabla 38 a la Tabla 40.

**Tabla 38**

*Requerimiento de suministros del ESCENARIO 1*

CONCEPTO	AÑO 1	AÑO 2	AÑO 3	AÑO 4	AÑO 5
AGUA (m3)	204	206	206	206	202
PETRÓLEO (gal)	11,333	11,457	11,457	11,456	11,209
ENERGÍA ELÉCTRICA (kW.h)	9,820	9,928	9,928	9,927	9,713

**Tabla 39**

*Requerimiento de suministros del ESCENARIO 2*

CONCEPTO	AÑO 1	AÑO 2	AÑO 3	AÑO 4	AÑO 5
AGUA (m3)	239	207	248	191	250
PETRÓLEO (gal)	13,280	11,477	13,773	10,628	13,909
ENERGÍA ELÉCTRICA (kW.h)	11,507	9,945	11,934	9,209	12,052

**Tabla 40***Requerimiento de suministros del ESCENARIO 3*

CONCEPTO	AÑO 1	AÑO 2	AÑO 3	AÑO 4	AÑO 5
AGUA (m3)	237	258	279	300	321
PETRÓLEO (gal)	13,194	14,352	15,511	16,670	17,829
ENERGÍA ELÉCTRICA (kW.h)	11,432	12,436	13,441	14,445	15,449

**3.6.5. REQUERIMIENTO DE PERSONAL**

El requerimiento fijo de personal y su sueldo mensual, sin considerar el número de envasadores, se muestra en la Tabla 41.

**Tabla 41***Requerimiento de personal*

PERSONAL	CANTIDAD	SUELDO (\$/)
GERENTE GENERAL	1	12,000
GERENTE DE ÁREA	2	7,000
JEFE DE PLANTA	1	4,000
ASISTENTES	3	2,500
OPERARIOS	3	2,000
VIGILANTES	3	1,000

**3.7. ESTUDIO ECONÓMICO DEL PROYECTO**

El estudio económico del proyecto se compone de los siguientes estudios: (a) inversión y financiamiento, (b) presupuestos de ingresos, costos y gastos, (c) estados económicos y financieros, (d) evaluación económica y financiera y (e) análisis de sensibilidad unidimensional y bidimensional. El estudio económico del proyecto se implementó en una plantilla de MS Excel ® y se puede expresar matemáticamente (Ramos y Espinoza, 2019).

### 3.7.1. INVERSIÓN Y FINANCIAMIENTO

La inversión total del proyecto base para una capacidad de producción de 100,000 cajas por año se muestra en la Tabla 42.

La inversión total  $IT$  de la Ecuación (95) es igual a la inversión fija  $IF$  más el capital de trabajo  $CW$ .

$$IT = IF + CW \quad (95)$$

La inversión fija  $IF$  de la Ecuación (96) es igual a la inversión fija tangible  $IFT$  más la inversión fija intangible  $IFI$ .

$$IF = IFT + IFI \quad (96)$$

La Ecuación (97) nos permite calcular la inversión total  $I_1$  de un proyecto de capacidad de producción anual  $Q_1$  conociendo la inversión total del proyecto base  $I_2$ , su capacidad de producción anual  $Q_2$  y el factor costo de la capacidad  $X$ . El valor que se consideró del factor costo de capacidad  $X$  es de 0.6 (Díaz, Jarufe y Noriega, 2007).

$$I_1 = I_2 \left( \frac{Q_1}{Q_2} \right)^X \quad (97)$$

La capacidad de producción anual  $Q_1$  para los tres escenarios es de 74,400 cajas por año para un porcentaje de participación de las ventas internas de conservas de pescado del 1%.

Se calculó primero la inversión total del ESCENARIO 1 según la Ecuación (97) y se tomó el mismo resultado para el ESCENARIO 2 y ESCENARIO 3 (ver Tabla 43). El detalle de la inversión total se calculó con la proporción en porcentaje de la Tabla 42.

**Tabla 42***Inversión total del proyecto base*

CONCEPTO	INVERSIÓN (S/ PROY. BASE	PROPORCIÓN %
<b>INVERSIÓN FIJA</b>		
<b>INVERSIÓN FIJA TANGIBLE</b>		
Terreno	420,000	12.2
Obras civiles	644,694	18.8
Máquinas y equipos	1,412,814	41.1
Equipos de oficina	15,340	0.4
Muebles	21,004	0.6
<b>TOTAL INV. FIJA TANGIBLE</b>	<b>2,513,852</b>	<b>73.2</b>
<b>INVERSIÓN FIJA INTANGIBLE</b>		
Estudios previos	50,000	1.5
Sistemas de calidad	30,000	0.9
Estudio de impacto ambiental	50,000	1.5
Trámites	10,000	0.3
<b>TOTAL INV. FIJA INTANGIBLE</b>	<b>140,000</b>	<b>4.1</b>
<b>TOTAL INVERSIÓN FIJA</b>	<b>2,653,852</b>	<b>77.3</b>
<b>CAPITAL DE TRABAJO</b>		
Costos de producción	700,000	20.4
Gastos operativos	80,000	2.3
<b>TOTAL CAPITAL DE TRABAJO</b>	<b>780,000</b>	<b>22.7</b>
<b>INVERSIÓN TOTAL</b>	<b>3,433,852</b>	<b>100.0</b>

**Tabla 43***Inversión total de los escenarios del proyecto*

CONCEPTO	INVERSIÓN (S/)		
	ESCENARIO 1	ESCENARIO 2	ESCENARIO 3
<b>INVERSIÓN FIJA</b>			
<b>INVERSIÓN FIJA TANGIBLE</b>			
Terreno	351,717	351,717	351,717
Obras civiles	539,880	539,880	539,880
Máquinas y equipos	1,183,120	1,183,120	1,183,120
Equipos de oficina	12,846	12,846	12,846
Muebles	17,589	17,589	17,589
<b>TOTAL INV. FIJA TANGIBLE</b>	<b>2,105,152</b>	<b>2,105,152</b>	<b>2,105,152</b>
<b>INVERSIÓN FIJA INTANGIBLE</b>			
Estudios previos	41,871	41,871	41,871
Sistemas de calidad	25,123	25,123	25,123
Estudio de impacto ambiental	41,871	41,871	41,871
Otros gastos	8,374	8,374	8,374
<b>TOTAL INV. FIJA INTANGIBLE</b>	<b>117,239</b>	<b>117,239</b>	<b>117,239</b>
<b>TOTAL INVERSIÓN FIJA</b>	<b>2,222,391</b>	<b>2,222,391</b>	<b>2,222,391</b>
<b>CAPITAL DE TRABAJO</b>			
Costos de producción	586,195	586,195	586,195
Gastos operativos	66,994	66,994	66,994
<b>TOTAL CAPITAL DE TRABAJO</b>	<b>653,188</b>	<b>653,188</b>	<b>653,188</b>
<b>INVERSIÓN TOTAL</b>	<b>2,875,579</b>	<b>2,875,579</b>	<b>2,875,579</b>

La depreciación y amortización de los activos fijos se muestra en la Tabla 44 y es la misma para los tres escenarios porque tienen la misma inversión total.



**Tabla 44***Depreciación y amortización de los activos fijos*

DEPRECIACIÓN	DEPREC. (%)	VALOR (S/)	DEPR. ANUAL (S/)	V. LIQ. (S/)
Terreno	0	351,717	0	351,717
Edificio	5	458,985	22,949	344,239
Instalaciones	10	80,895	8,089	40,447
Maquinarias y Equipos	10	1,183,120	118,312	591,560
Equipos de Oficina	25	12,846	3,212	0
Muebles (oficinas administrativas)	10	17,589	1,759	8,795
<b>TOTAL DEPRECIACIÓN</b>		<b>2,105,152</b>	<b>154,321</b>	<b>1,336,758</b>
AMORTIZACIÓN	AMORT. (%)	VALOR (S/)	A. ANUAL (S/)	V. LIQ. (S/)
Intangibles	20	117,239	23,448	0
<b>TOTAL AMORTIZACIÓN</b>		<b>117,239</b>	<b>23,448</b>	<b>0</b>
<b>TOTAL DEPRECIACIÓN Y AMORTIZACIÓN</b>		<b>2,222,391</b>	<b>177,769</b>	<b>1,336,758</b>

El préstamo en la inversión fija y en el capital de trabajo se presenta en la Tabla 45 y es la misma en los tres escenarios.

**Tabla 45***Préstamo en la inversión total*

CONCEPTO	INVERSIÓN (S/)	PRÉSTAMO (%)	PRÉSTAMO (S/)
INVERSIÓN FIJA	2,222,391	50	1,111,195
CAPITAL DE TRABAJO	653,188	60	391,913
<b>TOTAL</b>	<b>2,875,579</b>		<b>1,503,108</b>

El servicio de la deuda de la inversión fija y capital de trabajo se muestra en la Tabla 46 y Tabla 47 respectivamente. La tasa del costo efectivo anual (TCEA) de la inversión fija es del 31% y del capital de trabajo es del 20.5%. La tasa nominal anual (TNA) se calcula con la Ecuación (98) y luego se calcula la tasa de interés trimestral dividiendo la TNA entre cuatro. La tasa de interés trimestral que se aplica

para el servicio de la deuda de la inversión fija y capital de trabajo es de 6.98% y 4.77% respectivamente.

$$TNA = m(\sqrt[m]{TCEA + 1} - 1) \quad (98)$$

**Tabla 46**

*Servicio de la deuda de la inversión fija*

AÑO	TRIMESTRE	EN SOLES (S/)				
		SALDO INICIAL	INTERÉS	AMORTIZACIÓN	CUOTA	SALDO FINAL
1	1	1,111,195	77,603	0	77,603	1,111,195
	2	1,111,195	77,603	0	77,603	1,111,195
	3	1,111,195	77,603	0	77,603	1,111,195
	4	1,111,195	77,603	36,083	113,686	1,075,112
2	1	1,075,112	75,083	38,603	113,686	1,036,509
	2	1,036,509	72,387	41,299	113,686	995,210
	3	995,210	69,503	44,183	113,686	951,026
	4	951,026	66,417	47,269	113,686	903,757
3	1	903,757	63,116	50,570	113,686	853,187
	2	853,187	59,584	54,102	113,686	799,085
	3	799,085	55,806	57,880	113,686	741,205
	4	741,205	51,764	61,922	113,686	679,283
4	1	679,283	47,439	66,247	113,686	613,036
	2	613,036	42,813	70,873	113,686	542,162
	3	542,162	37,863	75,823	113,686	466,339
	4	466,339	32,568	81,118	113,686	385,221
5	1	385,221	26,903	86,783	113,686	298,437
	2	298,437	20,842	92,844	113,686	205,593
	3	205,593	14,358	99,328	113,686	106,265
	4	106,265	7,421	106,265	113,686	0

**Tabla 47***Servicio de la deuda del capital de trabajo*

AÑO	TRIMESTRE	EN SOLES (S/)				
		SALDO INICIAL	INTERÉS	AMORTIZACIÓN	CUOTA	SALDO FINAL
1	1	391,913	18,704	0	18,704	391,913
	2	391,913	18,704	0	18,704	391,913
	3	391,913	18,704	0	18,704	391,913
	4	391,913	18,704	15,470	34,174	376,443
2	1	376,443	17,965	16,209	34,174	360,234
	2	360,234	17,192	16,982	34,174	343,252
	3	343,252	16,381	17,793	34,174	325,459
	4	325,459	15,532	18,642	34,174	306,818
3	1	306,818	14,642	19,531	34,174	287,286
	2	287,286	13,710	20,463	34,174	266,823
	3	266,823	12,734	21,440	34,174	245,383
	4	245,383	11,711	22,463	34,174	222,919
4	1	222,919	10,639	23,535	34,174	199,384
	2	199,384	9,515	24,658	34,174	174,726
	3	174,726	8,339	25,835	34,174	148,890
	4	148,890	7,106	27,068	34,174	121,822
5	1	121,822	5,814	28,360	34,174	93,462
	2	93,462	4,460	29,713	34,174	63,749
	3	63,749	3,042	31,132	34,174	32,617
	4	32,617	1,557	32,617	34,174	0

El programa de pago de intereses y amortización de la deuda de la Tabla 48 es el resultado de la suma de la suma de los intereses y amortización de la deuda anuales del servicio de la deuda de la inversión fija y del capital de trabajo.

**Tabla 48***Programa de pago de intereses y amortización de la deuda*

CONCEPTO	EN SOLES (S/)					TOTAL
	AÑO 1	AÑO 2	AÑO 3	AÑO 4	AÑO 5	
INTERESES	385,227	350,461	283,068	196,282	84,398	1,299,435
AMORTIZACIÓN	51,554	240,980	308,373	395,159	507,043	1,503,108
TOTAL	436,780	591,441	591,441	591,441	591,441	2,802,543

### 3.7.2. PRESUPUESTOS DE INGRESOS, COSTOS Y GASTOS

#### 3.7.2.1. PRESUPUESTO DE INGRESOS POR VENTA

El precio de venta de la caja de conservas de pescado es de S/ 185.00 y los costos de los materiales directos se encuentra en la Tabla 49.

**Tabla 49**

*Costos de los materiales directos*

CONCEPTO	VALOR (S/)
CABALLA FRESCA	3,800 /TONELADA
ACEITE VEGETAL	84.9 /LATA DE 18 L
SAL	30 /SACO DE 25 kg
ENVASES	24 /CAJA DE 48 LATAS

El presupuesto de ingresos por ventas de los tres escenarios considerando los derivados de la producción y maquila se presentan desde la Tabla 50 a la Tabla 52, siendo el resultado de multiplicar el número de cajas anuales de los programas de producción por el precio de venta de la caja de conservas de pescado.

En la Ecuación (99) se tiene las ventas netas  $VN_t$  igual a las ventas de las cajas producidas  $VP_t$  más las ventas de los productos de maquila  $VMAQ_t$ .

$$VN_t = VP_t + VMAQ_t \quad \forall t = 1, \dots, 5 \quad (99)$$

**Tabla 50**

*Presupuesto de ingresos por ventas del ESCENARIO 1*

CONCEPTO	EN SOLES (S/)				
	AÑO 1	AÑO 2	AÑO 3	AÑO 4	AÑO 5
PRODUCCIÓN	8,456,165	8,548,480	8,548,480	8,547,740	8,363,480
MAQUILA	92,500	0	0	0	185,185
TOTAL	8,548,665	8,548,480	8,548,480	8,547,740	8,548,665

**Tabla 51***Presupuesto de ingresos por ventas del ESCENARIO 2*

CONCEPTO	EN SOLES (S/)				
	AÑO 1	AÑO 2	AÑO 3	AÑO 4	AÑO 5
PRODUCCIÓN	9,908,230	8,563,280	10,276,380	7,929,840	10,377,760
MAQUILA	0	0	0	0	0
TOTAL	9,908,230	8,563,280	10,276,380	7,929,840	10,377,760

**Tabla 52***Presupuesto de ingresos por ventas del ESCENARIO 3*

CONCEPTO	EN SOLES (S/)				
	AÑO 1	AÑO 2	AÑO 3	AÑO 4	AÑO 5
PRODUCCIÓN	9,844,035	10,708,540	11,573,415	12,437,920	13,302,610
MAQUILA	0	0	0	0	0
TOTAL	9,844,035	10,708,540	11,573,415	12,437,920	13,302,610

**3.7.2.2. COSTO ANUAL DEL PERSONAL**

Los costos anuales del gerente general, gerentes de área (producción y ventas), asistentes, jefe de planta, operarios y vigilante se muestra en la Tabla 53.

**Tabla 53***Costo anual del personal*

CONCEPTO	EN SOLES (S/)					
	GER.	GER.	JEFE			
	GRAL.	ÁREA	ASIST.	PLANTA	OPERARIO	VIGILANTE
Sueldo Mensual	12,000	7,000	2,500	4,000	2,000	1,000
Sueldo Anual (12 meses)	144,000	84,000	30,000	48,000	24,000	12,000
Gratificaciones (2 meses)	24,000	14,000	5,000	8,000	4,000	2,000
Vacaciones (1 mes)	12,000	7,000	2,500	4,000	2,000	1,000
	180,000	105,000	37,500	60,000	30,000	15,000
SENATI (0.75%)	1,350	788	281	450	225	113
ESSALUD (9%)	16,200	9,450	3,375	5,400	2,700	1,350
	197,550	115,238	41,156	65,850	32,925	16,463
CTS	12,000	7,000	2,500	4,000	2,000	1,000
<b>COSTO ANUAL</b>	<b>209,550</b>	<b>122,238</b>	<b>43,656</b>	<b>69,850</b>	<b>34,925</b>	<b>17,463</b>

**3.7.2.3. PRESUPUESTO DE COSTOS DE PRODUCCIÓN**

Los presupuestos de costos de producción de los tres escenarios se presentan desde la Tabla 54 a la Tabla 56 e incluyen los costos de materiales directos, costos de mano de obra directa, costos indirectos de fabricación, costos de maquila y depreciación del área de producción.

Los costos de producción  $CP_t$  se presenta en la Ecuación (100) y es la suma de los costos de materiales directos  $CMD_t$ , costos de mano de obra directa, costos indirectos de fabricación  $CIF_t$ , costos de maquila  $CMAQ_t$  y la depreciación del área de producción  $DP_t$ .

$$CP_t = CMD_t + CMOD_t + CIF_t + CMAQ_t + DP_t \quad \forall t = 1, \dots, 5 \quad (100)$$

Los costos de los materiales directos  $CMD_t$  de la Ecuación (101) es la suma de los costos de la materia prima  $CMP_t$ , costos del aceite vegetal  $CAV_t$ , costos de la sal  $CSAL_t$  y los costos de los envases  $CENV_t$ .

$$CMD_t = CMP_t + CAV_t + CSAL_t + CENV_t \quad \forall t = 1, \dots, 5 \quad (101)$$

En la Ecuación (102) se tiene los costos de la mano de obra directa  $CMOD_t$  que es la suma de los costos del personal del proceso  $CPP_t$  más los costos del personal que envasan las conservas de pescado  $CPE_t$ .

$$CMOD_t = CPP_t + CPE_t \quad \forall t = 1, \dots, 5 \quad (102)$$

Los costos indirectos de fabricación  $CIF_t$  de la Ecuación (103) es la suma de los costos de mano de obra indirecta  $CMOI_t$ , costos de suministros  $CSUM_t$  y costos de inventarios  $CI_t$ .

$$CIF_t = CMOI_t + CSUM_t + CI_t \quad \forall t = 1, \dots, 5 \quad (103)$$

Los costos de mano de obra indirecta  $CMOI_t$  de la Ecuación (104) es la suma de los costos del gerente de producción  $CGP_t$ , costos del jefe de planta  $CJP_t$ , costos del asistente  $CAS_t$  y de los costos de los vigilantes  $CVIG_t$ .

$$CMOI_t = CGP_t + CJP_t + CAS_t + CVIG_t \quad \forall t = 1, \dots, 5 \quad (104)$$

En la Ecuación (105) se obtiene los costos de los suministros  $CSUM_t$  que es la suma de los costos del agua  $CAGUA_t$ , costos del petróleo  $CPETR_t$  y los costos de la energía eléctrica  $CEE_t$ .

$$CSUM_t = CAGUA_t + CPETR_t + CEE_t \quad \forall t = 1, \dots, 5 \quad (105)$$

En la Ecuación (106) se presenta los costos del inventario  $CI_t$  que es la suma de los costos de ordenar o preparar  $COP_t$  más los costos de mantener inventarios  $CMAN_t$ .

$$CI_t = COP_t + CMAN_t \quad \forall t = 1, \dots, 5 \quad (106)$$



**Tabla 54***Presupuesto de costos de producción del ESCENARIO 1*

CONCEPTO	EN SOLES (S/)				
	AÑO 1	AÑO 2	AÑO 3	AÑO 4	AÑO 5
<b>COSTOS DE MAT. DIRECTOS (MD)</b>					
Caballa fresca	3,365,928	3,326,976	3,326,976	3,326,688	3,180,096
Aceite vegetal	518,822	512,818	512,818	512,774	490,178
Sal	13,200	13,047	13,047	13,046	12,471
Envases	1,097,016	1,108,992	1,108,992	1,108,896	1,084,992
<b>TOTAL COSTOS DE MD</b>	<b>4,994,966</b>	<b>4,961,833</b>	<b>4,961,833</b>	<b>4,961,404</b>	<b>4,767,737</b>
<b>COSTOS DE MANO DE OBRA DIR. (MOD)</b>					
Personal contratado para proceso	104,775	104,775	104,775	104,775	104,775
Envasadores*	522,813	533,689	530,299	528,087	510,686
<b>TOTAL COSTOS MOD</b>	<b>627,588</b>	<b>638,464</b>	<b>635,074</b>	<b>632,862</b>	<b>615,461</b>
<b>COSTOS INDIRECTOS DE FABRIC. (CIF)</b>					
<b>MANO DE OBRA INDIR. (MOI)</b>					
Gerente de Producción	122,238	122,238	122,238	122,238	122,238
Jefe de Planta	69,850	69,850	69,850	69,850	69,850
Asistenta	43,656	43,656	43,656	43,656	43,656
Vigilante	52,388	52,388	52,388	52,388	52,388
<b>TOTAL COSTOS DE MOI</b>	<b>288,131</b>	<b>288,131</b>	<b>288,131</b>	<b>288,131</b>	<b>288,131</b>
<b>SUMINISTROS</b>					
Agua	1,190	1,203	1,203	1,203	1,177
Petróleo	86,928	87,877	87,877	87,869	85,975
Energía eléctrica	6,343	6,412	6,412	6,412	6,274
<b>TOTAL COSTOS DE SUMINISTROS</b>	<b>94,461</b>	<b>95,492</b>	<b>95,492</b>	<b>95,484</b>	<b>93,425</b>
<b>COSTOS DE INVENTARIOS</b>					
Ordenar / Preparar	44,850	44,400	44,800	44,400	44,150
Mantener inventarios	9,093	9,484	9,064	9,524	8,963
<b>TOTAL COSTOS DE INVENT.</b>	<b>53,943</b>	<b>53,884</b>	<b>53,864</b>	<b>53,924</b>	<b>53,113</b>
<b>TOTAL CIF</b>	<b>436,535</b>	<b>437,507</b>	<b>437,487</b>	<b>437,539</b>	<b>434,670</b>
<b>CONTRATO DE SERVICIOS</b>					
Maquila	67,500	0	0	0	135,135
<b>DEPRECIACIÓN</b>					
Depreciación área de producción	149,351	149,351	149,351	149,351	149,351
<b>TOTAL COSTOS DE PRODUCCIÓN</b>	<b>6,275,939</b>	<b>6,187,155</b>	<b>6,183,745</b>	<b>6,181,155</b>	<b>6,102,353</b>

*Nota.* \*(tiempo regular + horas extras + contrataciones + despidos)

**Tabla 55***Presupuesto de costos de producción del ESCENARIO 2*

CONCEPTO	EN SOLES (S/)				
	AÑO 1	AÑO 2	AÑO 3	AÑO 4	AÑO 5
<b>COSTOS DE MAT. DIRECTOS (MD)</b>					
Caballa fresca	3,922,128	3,374,928	3,995,280	3,059,208	3,961,944
Aceite vegetal	604,555	520,209	615,830	471,545	610,692
Sal	15,381	13,235	15,668	11,997	15,537
Envases	1,285,392	1,110,912	1,333,152	1,028,736	1,346,304
<b>TOTAL COSTOS DE MD</b>	<b>5,827,455</b>	<b>5,019,285</b>	<b>5,959,930</b>	<b>4,571,485</b>	<b>5,934,477</b>
<b>COSTOS DE MANO DE OBRA DIR. (MOD)</b>					
Personal contratado para proceso	104,775	104,775	104,775	104,775	104,775
Envasadores*	586,514	521,996	659,617	498,905	604,702
<b>TOTAL COSTOS MOD</b>	<b>691,289</b>	<b>626,771</b>	<b>764,392</b>	<b>603,680</b>	<b>709,477</b>
<b>COSTOS INDIRECTOS DE FABRIC. (CIF)</b>					
<b>MANO DE OBRA INDIR. (MOI)</b>					
Gerente de Producción	122,238	122,238	122,238	122,238	122,238
Jefe de Planta	69,850	69,850	69,850	69,850	69,850
Asistenta	43,656	43,656	43,656	43,656	43,656
Vigilante	52,388	52,388	52,388	52,388	52,388
<b>TOTAL COSTOS DE MOI</b>	<b>288,131</b>	<b>288,131</b>	<b>288,131</b>	<b>288,131</b>	<b>288,131</b>
<b>SUMINISTROS</b>					
Agua	1,394	1,205	1,446	1,116	1,460
Petróleo	101,855	88,029	105,639	81,517	106,681
Energía eléctrica	7,432	6,423	7,708	5,948	7,784
<b>TOTAL COSTOS DE SUMINISTROS</b>	<b>110,681</b>	<b>95,657</b>	<b>114,794</b>	<b>88,581</b>	<b>115,926</b>
<b>COSTOS DE INVENTARIOS</b>					
Ordenar / Preparar	50,450	52,400	54,000	45,400	51,750
Mantener inventarios	8,915	7,495	7,630	9,647	8,390
<b>TOTAL COSTOS DE INVENT.</b>	<b>59,365</b>	<b>59,895</b>	<b>61,630</b>	<b>55,047</b>	<b>60,140</b>
<b>TOTAL CIF</b>	<b>458,178</b>	<b>443,684</b>	<b>464,555</b>	<b>431,760</b>	<b>464,198</b>
<b>CONTRATO DE SERVICIOS</b>					
Maquila	0	0	0	0	0
<b>DEPRECIACIÓN</b>					
Depreciación área de producción	149,351	149,351	149,351	149,351	149,351
<b>TOTAL COSTOS DE PRODUCCIÓN</b>	<b>7,126,273</b>	<b>6,239,090</b>	<b>7,338,228</b>	<b>5,756,276</b>	<b>7,257,502</b>

*Nota.* \*(tiempo regular + horas extras + contrataciones + despidos)

**Tabla 56***Presupuesto de costos de producción del ESCENARIO 3*

CONCEPTO	EN SOLES (S/)				
	AÑO 1	AÑO 2	AÑO 3	AÑO 4	AÑO 5
<b>COSTOS DE MAT. DIRECTOS (MD)</b>					
Caballa fresca	3,831,192	4,167,648	4,504,248	4,840,704	5,177,232
Aceite vegetal	590,538	642,399	694,282	746,143	798,016
Sal	15,024	16,344	17,664	18,983	20,303
Envases	1,277,064	1,389,216	1,501,416	1,613,568	1,725,744
<b>TOTAL COSTOS DE MD</b>	<b>5,713,818</b>	<b>6,215,607</b>	<b>6,717,610</b>	<b>7,219,399</b>	<b>7,721,294</b>
<b>COSTOS DE MANO DE OBRA DIR. (MOD)</b>					
Personal contratado para proceso	104,775	104,775	104,775	104,775	104,775
Envasadores*	532,110	578,840	625,590	672,320	719,060
<b>TOTAL COSTOS MOD</b>	<b>636,885</b>	<b>683,615</b>	<b>730,365</b>	<b>777,095</b>	<b>823,835</b>
<b>COSTOS INDIRECTOS DE FABRIC. (CIF)</b>					
<b>MANO DE OBRA INDIR. (MOI)</b>					
Gerente de Producción	122,238	122,238	122,238	122,238	122,238
Jefe de Planta	69,850	69,850	69,850	69,850	69,850
Asistenta	43,656	43,656	43,656	43,656	43,656
Vigilante	52,388	52,388	52,388	52,388	52,388
<b>TOTAL COSTOS DE MOI</b>	<b>288,131</b>	<b>288,131</b>	<b>288,131</b>	<b>288,131</b>	<b>288,131</b>
<b>SUMINISTROS</b>					
Agua	1,385	1,507	1,628	1,750	1,872
Petróleo	101,195	110,082	118,973	127,860	136,748
Energía eléctrica	7,384	8,033	8,681	9,330	9,978
<b>TOTAL COSTOS DE SUMINISTROS</b>	<b>109,964</b>	<b>119,621</b>	<b>129,282</b>	<b>138,939</b>	<b>148,599</b>
<b>COSTOS DE INVENTARIOS</b>					
Ordenar / Preparar	0	0	0	0	0
Mantener inventarios	0	0	0	0	0
<b>TOTAL COSTOS DE INVENT.</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>
<b>TOTAL CIF</b>	<b>398,095</b>	<b>407,752</b>	<b>417,414</b>	<b>427,071</b>	<b>436,730</b>
<b>CONTRATO DE SERVICIOS</b>					
Maquila	0	0	0	0	0
<b>DEPRECIACIÓN</b>					
Depreciación área de producción	149,351	149,351	149,351	149,351	149,351
<b>TOTAL COSTOS DE PRODUCCIÓN</b>	<b>6,898,149</b>	<b>7,456,325</b>	<b>8,014,739</b>	<b>8,572,915</b>	<b>9,131,210</b>

*Nota.* \*(tiempo regular + horas extras + contrataciones + despidos)

#### 3.7.2.4. PRESUPUESTO DE GASTOS OPERATIVOS

El presupuesto de gastos operativos para los tres escenarios se muestra en la Tabla 57 e incluye los gastos administrativos y gastos de ventas.

En la Ecuación (107) se tiene los gastos operativos  $GO_t$  que es igual a la suma de los gastos administrativos  $GA_t$  más los gastos de ventas  $GV_t$ .

$$GO_t = GA_t + GV_t \quad \forall t = 1, \dots, 5 \quad (107)$$

Los gastos administrativos  $GA_t$  de la Ecuación (108) es la suma de los gastos del gerente general  $GGG_t$ , los gastos del asistente  $GAS_t$ , depreciación del área administrativa  $DA_t$  y la amortización de intangibles  $AM_t$ .

$$GA_t = GGG_t + GAS_t + DA_t + AM_t \quad \forall t = 1, \dots, 5 \quad (108)$$

Los gastos de ventas  $GV_t$  de la Ecuación (109) es la suma de los gastos del gerente de ventas  $GGV_t$ , los gastos del asistente  $GAS_t$ , gastos de ferias  $GFE_t$  y la depreciación del área de ventas  $DV_t$ .

$$GV_t = GGV_t + GAS_t + GFE_t + DV_t \quad \forall t = 1, \dots, 5 \quad (109)$$

**Tabla 57***Gastos operativos del proyecto*

CONCEPTO	EN SOLES (S/)				
	AÑO 1	AÑO 2	AÑO 3	AÑO 4	AÑO 5
<b>GASTOS ADMINISTRATIVOS</b>					
Gerente General	209,550	209,550	209,550	209,550	209,550
Asistente	43,656	43,656	43,656	43,656	43,656
Depreciación	2,485	2,485	2,485	2,485	2,485
Amortización de Intangibles	23,448	23,448	23,448	23,448	23,448
<b>TOTAL GASTOS ADMINISTRATIVOS</b>	<b>279,139</b>	<b>279,139</b>	<b>279,139</b>	<b>279,139</b>	<b>279,139</b>
<b>GASTOS DE VENTAS</b>					
Gerente de Ventas	122,238	122,238	122,238	122,238	122,238
Asistente	43,656	43,656	43,656	43,656	43,656
Ferías	20,000	20,000	20,000	20,000	20,000
Depreciación	2,485	2,485	2,485	2,485	2,485
<b>TOTAL GASTOS DE VENTAS</b>	<b>188,379</b>	<b>188,379</b>	<b>188,379</b>	<b>188,379</b>	<b>188,379</b>
<b>TOTAL GASTOS OPERATIVOS</b>	<b>467,518</b>	<b>467,518</b>	<b>467,518</b>	<b>467,518</b>	<b>467,518</b>

**3.7.2.5. PRESUPUESTO DE GASTOS FINANCIEROS**

Los gastos financieros del proyecto de la Tabla 58 vienen del programa de pago de intereses de la Tabla 48.

**Tabla 58***Gastos financieros del proyecto*

CONCEPTO	EN SOLES (S/)					TOTAL
	AÑO 1	AÑO 2	AÑO 3	AÑO 4	AÑO 5	
INTERESES	385,227	350,461	283,068	196,282	84,398	1,299,435
<b>TOTAL</b>	<b>385,227</b>	<b>350,461</b>	<b>283,068</b>	<b>196,282</b>	<b>84,398</b>	<b>1,299,435</b>

### 3.7.2.6. COSTO TOTAL DEL PROYECTO

Los costos totales de los tres escenarios se encuentran desde la Tabla 59 a la Tabla 61 e incluyen los costos de producción, gastos operativos y gastos financieros.

En la Ecuación (110) se presenta el costo total  $CT_t$  que es la suma de los costos de producción  $CP_t$ , gastos operativos  $GO_t$  y los gastos financieros  $GF_t$ .

$$CT_t = CP_t + GO_t + GF_t \quad \forall t = 1, \dots, 5 \quad (110)$$

**Tabla 59**

*Costo total del ESCENARIO 1*

CONCEPTO	EN SOLES (S/)				
	AÑO 1	AÑO 2	AÑO 3	AÑO 4	AÑO 5
PRODUCCIÓN	6,275,939	6,187,155	6,183,745	6,181,155	6,102,353
OPERATIVOS	467,518	467,518	467,518	467,518	467,518
FINANCIEROS	385,227	350,461	283,068	196,282	84,398
<b>COSTO TOTAL</b>	<b>7,128,684</b>	<b>7,005,134</b>	<b>6,934,331</b>	<b>6,844,955</b>	<b>6,654,269</b>

**Tabla 60**

*Costo total del ESCENARIO 2*

CONCEPTO	EN SOLES (S/)				
	AÑO 1	AÑO 2	AÑO 3	AÑO 4	AÑO 5
PRODUCCIÓN	7,126,273	6,239,090	7,338,228	5,756,276	7,257,502
OPERATIVOS	467,518	467,518	467,518	467,518	467,518
FINANCIEROS	385,227	350,461	283,068	196,282	84,398
<b>COSTO TOTAL</b>	<b>7,979,018</b>	<b>7,057,069</b>	<b>8,088,814</b>	<b>6,420,076</b>	<b>7,809,418</b>

**Tabla 61***Costo total del ESCENARIO 3*

CONCEPTO	EN SOLES (S/)				
	AÑO 1	AÑO 2	AÑO 3	AÑO 4	AÑO 5
PRODUCCIÓN	6,898,149	7,456,325	8,014,739	8,572,915	9,131,210
OPERATIVOS	467,518	467,518	467,518	467,518	467,518
FINANCIEROS	385,227	350,461	283,068	196,282	84,398
TOTAL	7,750,894	8,274,304	8,765,325	9,236,715	9,683,126

Los costos unitarios y variables unitarios de los tres escenarios en cada año del horizonte de evaluación del proyecto se muestran desde la Tabla 62 a la Tabla 64.

**Tabla 62***Costos unitarios y variables unitarios del ESCENARIO 1*

CONCEPTO	EN SOLES (S/)				
	AÑO 1	AÑO 2	AÑO 3	AÑO 4	AÑO 5
CU / LATA	3.2	3.0	3.0	3.0	2.9
CVU / LATA	2.6	2.5	2.5	2.5	2.5
CVU / CAJA	125.2	118.3	118.3	118.2	119.2

**Tabla 63***Costos unitarios y variables unitarios del ESCENARIO 2*

CONCEPTO	EN SOLES (S/)				
	AÑO 1	AÑO 2	AÑO 3	AÑO 4	AÑO 5
CU / LATA	3.1	3.2	3.0	3.1	2.9
CVU / LATA	2.6	2.6	2.6	2.6	2.5
CVU / CAJA	123.8	124.0	123.1	122.8	120.5

**Tabla 64***Costos unitarios y variables unitarios del ESCENARIO 3*

CONCEPTO	EN SOLES (S/)				
	AÑO 1	AÑO 2	AÑO 3	AÑO 4	AÑO 5
CU / LATA	2.9	2.9	2.8	2.7	2.7
CVU / LATA	2.4	2.4	2.4	2.4	2.4
CVU / CAJA	121.4	121.3	121.1	121.0	120.9

La estructura de costos fijos y variables de los tres escenarios se presentan desde la Tabla 65 a la Tabla 67.

Los costos fijos  $CF_t$  de la Ecuación (111) es igual a la suma de los costos indirectos de fabricación  $CMOI_t$ , depreciación del área de producción  $DP_t$ , gastos administrativos  $GA_t$ , gastos de ventas  $GV_t$ , gastos financieros  $GF_t$  y costos de inventarios  $CI_t$ .

$$CF_t = CMOI_t + DP_t + GA_t + GV_t + GF_t + CI_t \quad \forall t = 1, \dots, 5 \quad (111)$$

En la Ecuación (112) se tiene los costos variables  $CV_t$  que es igual a la suma de los costos de materiales directos  $CMD_t$ , costos de mano de obra directa  $CMOD_t$ , costos de los suministros  $CSUM_t$  y costos de maquila  $CMAQ_t$ .

$$CV_t = CMD_t + CMOD_t + CSUM_t + CMAQ_t \quad \forall t = 1, \dots, 5 \quad (112)$$

Los costos totales  $CT_t$  de la Ecuación (113) también se puede presentar como la suma de los costos fijos  $CF_t$  y los costos variables  $CV_t$  es por ello que debe ser igual al de la Ecuación (110).



$$CT_t = CF_t + CV_t \quad \forall t = 1, \dots, 5 \quad (113)$$

**Tabla 65**

*Estructura de costos fijos y variables del ESCENARIO 1*

CONCEPTO	EN SOLES (S/)				
	AÑO 1	AÑO 2	AÑO 3	AÑO 4	AÑO 5
<b>COSTOS FIJOS</b>					
Costos de MOI	288,131	288,131	288,131	288,131	288,131
Depreciación del área producción	149,351	149,351	149,351	149,351	149,351
Gastos administrativos	279,139	279,139	279,139	279,139	279,139
Gastos de ventas	188,379	188,379	188,379	188,379	188,379
Gastos financieros	385,227	350,461	283,068	196,282	84,398
Costos de inventarios	53,943	53,884	53,864	53,924	53,113
<b>TOTAL COSTOS FIJOS</b>	<b>1,344,170</b>	<b>1,309,345</b>	<b>1,241,932</b>	<b>1,155,206</b>	<b>1,042,511</b>
<b>COSTOS VARIABLES</b>					
Costos de materiales directos	4,994,966	4,961,833	4,961,833	4,961,404	4,767,737
Costos de MOD	627,588	638,464	635,074	632,862	615,461
Costos de suministro	94,461	95,492	95,492	95,484	93,425
Costos de maquila	67,500	0	0	0	135,135
<b>TOTAL COSTOS VARIABLES</b>	<b>5,784,515</b>	<b>5,695,789</b>	<b>5,692,399</b>	<b>5,689,749</b>	<b>5,611,759</b>
<b>COSTO TOTAL</b>	<b>7,128,684</b>	<b>7,005,134</b>	<b>6,934,331</b>	<b>6,844,955</b>	<b>6,654,269</b>

**Tabla 66***Estructura de costos fijos y variables del ESCENARIO 2*

CONCEPTO	EN SOLES (S/)				
	AÑO 1	AÑO 2	AÑO 3	AÑO 4	AÑO 5
<b>COSTOS FIJOS</b>					
Costos de MOI	288,131	288,131	288,131	288,131	288,131
Depreciación del área producción	149,351	149,351	149,351	149,351	149,351
Gastos administrativos	279,139	279,139	279,139	279,139	279,139
Gastos de ventas	188,379	188,379	188,379	188,379	188,379
Gastos financieros	385,227	350,461	283,068	196,282	84,398
Costos de inventarios	59,365	59,895	61,630	55,047	60,140
<b>TOTAL COSTOS FIJOS</b>	<b>1,349,592</b>	<b>1,315,356</b>	<b>1,249,699</b>	<b>1,156,329</b>	<b>1,049,538</b>
<b>COSTOS VARIABLES</b>					
Costos de materiales directos	5,827,455	5,019,285	5,959,930	4,571,485	5,934,477
Costos de MOD	691,289	626,771	764,392	603,680	709,477
Costos de suministro	110,681	95,657	114,794	88,581	115,926
Costos de maquila	0	0	0	0	0
<b>TOTAL COSTOS VARIABLES</b>	<b>6,629,426</b>	<b>5,741,713</b>	<b>6,839,116</b>	<b>5,263,747</b>	<b>6,759,880</b>
<b>COSTO TOTAL</b>	<b>7,979,018</b>	<b>7,057,069</b>	<b>8,088,814</b>	<b>6,420,076</b>	<b>7,809,418</b>

**Tabla 67***Estructura de costos fijos y variables del ESCENARIO 3*

CONCEPTO	EN SOLES (S/)				
	AÑO 1	AÑO 2	AÑO 3	AÑO 4	AÑO 5
<b>COSTOS FIJOS</b>					
Costos de MOI	288,131	288,131	288,131	288,131	288,131
Depreciación del área producción	149,351	149,351	149,351	149,351	149,351
Gastos administrativos	279,139	279,139	279,139	279,139	279,139
Gastos de ventas	188,379	188,379	188,379	188,379	188,379
Gastos financieros	385,227	350,461	283,068	196,282	84,398
Costos de inventarios	0	0	0	0	0
<b>TOTAL COSTOS FIJOS</b>	<b>1,290,227</b>	<b>1,255,461</b>	<b>1,188,068</b>	<b>1,101,282</b>	<b>989,398</b>
<b>COSTOS VARIABLES</b>					
Costos de materiales directos	5,713,818	6,215,607	6,717,610	7,219,399	7,721,294
Costos de MOD	636,885	683,615	730,365	777,095	823,835
Costos de suministro	109,964	119,621	129,282	138,939	148,599
Costos de maquila	0	0	0	0	0
<b>TOTAL COSTOS VARIABLES</b>	<b>6,460,667</b>	<b>7,018,843</b>	<b>7,577,257</b>	<b>8,135,433</b>	<b>8,693,728</b>
<b>COSTO TOTAL</b>	<b>7,750,894</b>	<b>8,274,304</b>	<b>8,765,325</b>	<b>9,236,715</b>	<b>9,683,126</b>

**3.7.2.7. PUNTO DE EQUILIBRIO**

El punto de equilibrio de los tres escenarios se muestra desde la Tabla 68 a la Tabla 70 e incluyen el valor en número de cajas y en valor monetario.

El punto de equilibrio en número de cajas  $PEQ_t$  de la Ecuación (114) está función de los costos fijos  $CF_t$ , precio de la caja de conservas de pescado  $p$  y los costos variables unitarios  $cvu_t$ .

$$PEQ_t = \frac{CF}{p-cvu} \quad \forall t = 1, \dots, 5 \quad (114)$$

El punto de equilibrio en unidades monetarias  $PEM_t$  es igual al  $PEQ_t$  multiplicado por el precio de la caja de conservas de pescado  $p$  en soles tal como se presenta en la Ecuación (115).

$$PEM_t = p\left(\frac{CF}{p-cvu}\right) = p(PEQ_t) \quad \forall t = 1, \dots, 5 \quad (115)$$

**Tabla 68**

*Punto de equilibrio del ESCENARIO 1*

CONCEPTO	PUNTO DE EQUILIBRIO				
	AÑO 1	AÑO 2	AÑO 3	AÑO 4	AÑO 5
PEQ (CAJAS)	22,471	19,640	18,609	17,298	15,836
PEM (S/)	4,157,102	3,633,446	3,442,737	3,200,176	2,929,588

*Nota.* PEQ = punto de equilibrio en cantidades, PEM = punto de equilibrio en valor monetario.

**Tabla 69**

*Punto de equilibrio del ESCENARIO 2*

CONCEPTO	PUNTO DE EQUILIBRIO				
	AÑO 1	AÑO 2	AÑO 3	AÑO 4	AÑO 5
PEQ (CAJAS)	22,045	21,579	20,196	18,591	16,273
PEM (S/)	4,078,337	3,992,024	3,736,220	3,439,303	3,010,562

*Nota.* PEQ = punto de equilibrio en cantidades, PEM = punto de equilibrio en valor monetario.

**Tabla 70**

*Punto de equilibrio del ESCENARIO 3*

CONCEPTO	PUNTO DE EQUILIBRIO				
	AÑO 1	AÑO 2	AÑO 3	AÑO 4	AÑO 5
PEQ (CAJAS)	20,292	19,696	18,599	17,209	15,436
PEM (S/)	3,753,963	3,643,702	3,440,806	3,183,660	2,855,697

*Nota.* PEQ = punto de equilibrio en cantidades, PEM = punto de equilibrio en valor monetario.

### 3.7.3. ESTADOS ECONÓMICOS Y FINANCIEROS

#### 3.7.3.1. ESTADO DE GANANCIAS Y PÉRDIDAS ECONÓMICO

Los estados de ganancias y pérdidas económicos de los tres escenarios se presentan desde la Tabla 71 a la Tabla 73, donde se utilizó una tasa de impuesto a la renta del 30% de la utilidad operativa.

Los costos de ventas son los costos de producción de la unidades vendidas y como se asume que todo lo producido en un año se vende el mismo año, entonces los costos de ventas equivale a los costos de producción.

En el estado de ganancias y pérdidas económico la utilidad bruta  $UB_t$ , es igual a la diferencia de las ventas netas  $VN_t$  y los costos de ventas  $CV_t$  tal como se aprecia en la Ecuación (116).

$$UB_t = VN_t - CV_t \quad \forall t = 1, \dots, 5 \quad (116)$$

La utilidad operativa  $UO_t$  de la Ecuación (117) es igual a la diferencia entre la utilidad bruta  $UB_t$  y los gastos operativos  $GO_t$ .

$$UO_t = UB_t - GO_t \quad \forall t = 1, \dots, 5 \quad (117)$$

En la Ecuación (118) se tiene la utilidad neta  $UN_t$  que es igual a la diferencia entre la utilidad operativa  $UO_t$  y el impuesto a la renta económico  $IMRE_t$ .

$$UN_t = UO_t - IMRE_t \quad \forall t = 1, \dots, 5 \quad (118)$$

**Tabla 71***Estado de ganancias y pérdidas económico del ESCENARIO 1*

CONCEPTO	EN SOLES (S/)				
	AÑO 1	AÑO 2	AÑO 3	AÑO 4	AÑO 5
VENTAS NETAS	8,548,665	8,548,480	8,548,480	8,547,740	8,548,665
COSTOS DE VENTAS	6,275,939	6,187,155	6,183,745	6,181,155	6,102,353
UTILIDAD BRUTA	2,272,726	2,361,325	2,364,735	2,366,585	2,446,312
GASTOS OPERATIVOS	467,518	467,518	467,518	467,518	467,518
UTILIDAD OPERATIVA	1,805,207	1,893,807	1,897,217	1,899,066	1,978,793
IMPUESTO A LA RENTA	541,562	568,142	569,165	569,720	593,638
UTILIDAD NETA	1,263,645	1,325,665	1,328,052	1,329,346	1,385,155

**Tabla 72***Estado de ganancias y pérdidas económico del ESCENARIO 2*

CONCEPTO	EN SOLES (S/)				
	AÑO 1	AÑO 2	AÑO 3	AÑO 4	AÑO 5
VENTAS NETAS	9,908,230	8,563,280	10,276,380	7,929,840	10,377,760
COSTOS DE VENTAS	7,126,273	6,239,090	7,338,228	5,756,276	7,257,502
UTILIDAD BRUTA	2,781,957	2,324,190	2,938,152	2,173,564	3,120,258
GASTOS OPERATIVOS	467,518	467,518	467,518	467,518	467,518
UTILIDAD OPERATIVA	2,314,439	1,856,672	2,470,634	1,706,046	2,652,740
IMPUESTO A LA RENTA	694,332	557,002	741,190	511,814	795,822
UTILIDAD NETA	1,620,107	1,299,670	1,729,444	1,194,232	1,856,918

**Tabla 73***Estado de ganancias y pérdidas económico del ESCENARIO 3*

CONCEPTO	EN SOLES (S/)				
	AÑO 1	AÑO 2	AÑO 3	AÑO 4	AÑO 5
VENTAS NETAS	9,844,035	10,708,540	11,573,415	12,437,920	13,302,610
COSTOS DE VENTAS	6,898,149	7,456,325	8,014,739	8,572,915	9,131,210
UTILIDAD BRUTA	2,945,886	3,252,215	3,558,676	3,865,005	4,171,400
GASTOS OPERATIVOS	467,518	467,518	467,518	467,518	467,518
UTILIDAD OPERATIVA	2,478,368	2,784,697	3,091,157	3,397,487	3,703,882
IMPUESTO A LA RENTA	743,510	835,409	927,347	1,019,246	1,111,165
UTILIDAD NETA	1,734,857	1,949,288	2,163,810	2,378,241	2,592,717

**3.7.3.2. ESTADO DE GANANCIAS Y PÉRDIDAS FINANCIERO**

Los estados de ganancias y pérdidas financiero de los tres escenarios se presentan desde la Tabla 74 a la Tabla 76, donde se utilizó una tasa de impuesto a la renta del 30% de la utilidad antes de impuesto.

En el estado de ganancias y pérdidas financiero la utilidad bruta  $UB_t$  y la utilidad operativa  $UO_t$  se calculan con las Ecuaciones (116) y (117).

La utilidad antes de impuestos  $UAI_t$  de la Ecuación (119) es igual a la diferencia entre la utilidad operativa  $UO_t$  y los gastos financieros  $GF_t$ .

$$UAI_t = UO_t - GF_t \quad \forall t = 1, \dots, 5 \quad (119)$$

En la Ecuación (120) se presenta la utilidad neta  $UN_t$  que es igual a la diferencia entre la utilidad antes de impuestos  $UAI_t$  y el impuesto a la renta financiero  $IMRF_t$ .

$$UN_t = UAI_t - IMRF_t \quad \forall t = 1, \dots, 5 \quad (120)$$

**Tabla 74***Estado de ganancias y pérdidas financiero del ESCENARIO 1*

CONCEPTO	EN SOLES (S/)				
	AÑO 1	AÑO 2	AÑO 3	AÑO 4	AÑO 5
VENTAS NETAS	8,548,665	8,548,480	8,548,480	8,547,740	8,548,665
COSTO DE VENTAS	6,275,939	6,187,155	6,183,745	6,181,155	6,102,353
UTILIDAD BRUTA	2,272,726	2,361,325	2,364,735	2,366,585	2,446,312
GASTOS OPERATIVOS	467,518	467,518	467,518	467,518	467,518
UTILIDAD OPERATIVA	1,805,207	1,893,807	1,897,217	1,899,066	1,978,793
GASTOS FINANCIERO	385,227	350,461	283,068	196,282	84,398
UTILIDAD ANTES DE IMPUESTOS	1,419,981	1,543,346	1,614,149	1,702,785	1,894,396
IMPUESTO A LA RENTA	425,994	463,004	484,245	510,835	568,319
UTILIDAD NETA	993,987	1,080,342	1,129,904	1,191,949	1,326,077

**Tabla 75***Estado de ganancias y pérdidas financiero del ESCENARIO 2*

CONCEPTO	EN SOLES (S/)				
	AÑO 1	AÑO 2	AÑO 3	AÑO 4	AÑO 5
VENTAS NETAS	9,908,230	8,563,280	10,276,380	7,929,840	10,377,760
COSTO DE VENTAS	7,126,273	6,239,090	7,338,228	5,756,276	7,257,502
UTILIDAD BRUTA	2,781,957	2,324,190	2,938,152	2,173,564	3,120,258
GASTOS OPERATIVOS	467,518	467,518	467,518	467,518	467,518
UTILIDAD OPERATIVA	2,314,439	1,856,672	2,470,634	1,706,046	2,652,740
GASTOS FINANCIERO	385,227	350,461	283,068	196,282	84,398
UTILIDAD ANTES DE IMPUESTOS	1,929,212	1,506,211	2,187,566	1,509,764	2,568,342
IMPUESTO A LA RENTA	578,764	451,863	656,270	452,929	770,503
UTILIDAD NETA	1,350,448	1,054,348	1,531,296	1,056,835	1,797,839



**Tabla 76***Estado de ganancias y pérdidas financiero del ESCENARIO 3*

CONCEPTO	EN SOLES (S/)				
	AÑO 1	AÑO 2	AÑO 3	AÑO 4	AÑO 5
VENTAS NETAS	9,844,035	10,708,540	11,573,415	12,437,920	13,302,610
COSTO DE VENTAS	6,898,149	7,456,325	8,014,739	8,572,915	9,131,210
UTILIDAD BRUTA	2,945,886	3,252,215	3,558,676	3,865,005	4,171,400
GASTOS OPERATIVOS	467,518	467,518	467,518	467,518	467,518
UTILIDAD OPERATIVA	2,478,368	2,784,697	3,091,157	3,397,487	3,703,882
GASTOS FINANCIERO	385,227	350,461	283,068	196,282	84,398
UTILIDAD ANTES DE IMPUESTOS	2,093,141	2,434,236	2,808,090	3,201,205	3,619,484
IMPUESTO A LA RENTA	627,942	730,271	842,427	960,362	1,085,845
UTILIDAD NETA	1,465,199	1,703,965	1,965,663	2,240,844	2,533,639

**3.7.3.3. FLUJO DE CAJA ECONÓMICO**

El flujo de caja económico de los tres escenarios se muestra desde la Tabla 77 a la Tabla 79. El monto del impuesto a la renta de este flujo de caja, equivale al del estado de ganancias y pérdidas económico.

El total de ingresos  $TI_t$  es igual a las ventas netas  $VN_t$  tal como se presenta en la Ecuación (121).

$$TI_t = VN_t \quad \forall \quad t = 1, \dots, 5 \quad (121)$$

El total de egresos  $TE_t$  en el año 0 ( $t = 0$ ) se presenta en la Ecuación (122) y es igual a la inversión fija  $IF$  más el capital de trabajo  $CW$ .

$$TE_t = IF + CW \quad \text{para } t = 0 \quad (122)$$

El total de egresos  $TE_t$  de los años 1 al 5 se muestra en la Ecuación (123) y está en función de los costos de producción  $CP_t$ , gastos operativos  $GO_t$ , depreciación y amortización de activos fijos  $DAA_t$  y el impuesto a la renta económico  $IMRE_t$ . La  $DAA_t$  vienen de la Tabla 44.

$$TE_t = CP_t + GO_t - DAA_t + IMRE_t \quad \forall t = 1, \dots, 5 \quad (123)$$

El flujo neto económico  $FNE_t$  para los años 0 al 5 se presenta en la Ecuación (124) y es igual a la diferencia entre el total de ingresos  $TI_t$  y el total de egresos  $TE_t$ .

$$FNE_t = TI_t - TE_t \quad \forall t = 0, \dots, 5 \quad (124)$$

### 3.7.3.4. FLUJO DE CAJA FINANCIERO

El flujo de caja financiero de los tres escenarios se muestra desde la Tabla 80 a la Tabla 82. El monto del impuesto a la renta de este flujo de caja, equivale al del estado de ganancias y pérdidas financiero.

El total de ingresos  $TI_t$  en el año 0 ( $t = 0$ ) es igual al préstamo total  $PT$  como se muestra en la Ecuación (125), y para los años 1 al 5 es igual a la Ecuación (121).

$$TI_t = PT \quad \text{para } t = 0 \quad (125)$$

El total de egresos  $TE_t$  en el año 0 ( $t = 0$ ) es la misma que la presentada en la Ecuación (122), y para los años 1 al 5 es igual a la Ecuación (126) donde está en función de los costos de la producción  $CP_t$ , gastos operativos  $GO_t$ , gastos financieros  $GF_t$ , amortización de la deuda  $A_t$ , depreciación y amortización de activos fijos  $DAA_t$ , e impuesto a la renta financiero  $IMRF_t$ .

$$TE_t = CP_t + GO_t + GF_t + A_t - DAA_t + IMRF_t \quad \forall t = 1, \dots, 5 \quad (126)$$

El flujo neto financiero  $FNF_t$  para los años 0 al 5 se presenta en la Ecuación (127) y es igual a la diferencia entre el total de ingresos  $TI_t$  y el total de egresos  $TE_t$ .

$$FNF_t = TI_t - TE_t \quad \forall t = 0, \dots, 5 \quad (127)$$

**Tabla 77**

*Flujo de caja económico del ESCENARIO 1*

CONCEPTO	EN SOLES (S/)					LIQUID.
	AÑO 0	AÑO 1	AÑO 2	AÑO 3	AÑO 4	
<b>INGRESOS</b>						
Ventas	0	8,548,665	8,548,480	8,548,480	8,547,740	8,548,665
Valor residual						1,336,758
Recuperación de capital trabajo						653,188
<b>TOTAL DE INGRESOS</b>	0	8,548,665	8,548,480	8,548,480	8,547,740	8,548,665
<b>EGRESOS</b>						
Inversión fija	2,222,391					
Capital de trabajo	653,188					
Costos de producción		6,275,939	6,187,155	6,183,745	6,181,155	6,102,353
Gastos operativos		467,518	467,518	467,518	467,518	467,518
(-) Depreciación y amortización		177,769	177,769	177,769	177,769	177,769
Impuesto a la renta		541,562	568,142	569,165	569,720	593,638
<b>TOTAL DE EGRESOS</b>	2,875,579	7,107,251	7,045,046	7,042,659	7,040,625	6,985,741
<b>FLUJO NETO ECONÓMICO</b>	-2,875,579	1,441,414	1,503,434	1,505,821	1,507,115	1,562,924
						1,989,946

**Tabla 78**

*Flujo de caja económico del ESCENARIO 2*

CONCEPTO	EN SOLES (S/)						
	AÑO 0	AÑO 1	AÑO 2	AÑO 3	AÑO 4	AÑO 5	LIQUID.
<b>INGRESOS</b>							
Ventas	0	9,908,230	8,563,280	10,276,380	7,929,840	10,377,760	
Valor residual							1,336,758
Recuperación de capital trabajo							653,188
<b>TOTAL DE INGRESOS</b>	0	9,908,230	8,563,280	10,276,380	7,929,840	10,377,760	1,989,946
<b>EGRESOS</b>							
Inversión fija	2,222,391						
Capital de trabajo	653,188						
Costos de producción		7,126,273	6,239,090	7,338,228	5,756,276	7,257,502	
Gastos operativos		467,518	467,518	467,518	467,518	467,518	
(-) Depreciación y amortización		177,769	177,769	177,769	177,769	177,769	
Impuesto a la renta		694,332	557,002	741,190	511,814	795,822	
<b>TOTAL DE EGRESOS</b>	2,875,579	8,110,354	7,085,841	8,369,167	6,557,839	8,343,073	
<b>FLUJO NETO ECONÓMICO</b>	-2,875,579	1,797,876	1,477,439	1,907,213	1,372,001	2,034,687	1,989,946

**Tabla 79**

*Flujo de caja económico del ESCENARIO 3*

CONCEPTO	EN SOLES (S/)					LIQUID.	
	AÑO 0	AÑO 1	AÑO 2	AÑO 3	AÑO 4		AÑO 5
<b>INGRESOS</b>							
Ventas	0	9,844,035	10,708,540	11,573,415	12,437,920	13,302,610	
Valor residual							1,336,758
Recuperación de capital trabajo							653,188
<b>TOTAL DE INGRESOS</b>	<b>0</b>	<b>9,844,035</b>	<b>10,708,540</b>	<b>11,573,415</b>	<b>12,437,920</b>	<b>13,302,610</b>	<b>1,989,946</b>
<b>EGRESOS</b>							
Inversión fija	2,222,391						
Capital de trabajo	653,188						
Costos de producción	6,898,149	7,456,325	8,014,739	8,572,915	9,131,210		
Gastos operativos	467,518	467,518	467,518	467,518	467,518	467,518	
(-) Depreciación y amortización	177,769	177,769	177,769	177,769	177,769	177,769	
Impuesto a la renta	743,510	835,409	927,347	1,019,246	1,111,165		
<b>TOTAL DE EGRESOS</b>	<b>2,875,579</b>	<b>7,931,409</b>	<b>8,581,483</b>	<b>9,231,836</b>	<b>9,881,910</b>	<b>10,532,124</b>	
<b>FLUJO NETO ECONÓMICO</b>	<b>-2,875,579</b>	<b>1,912,626</b>	<b>2,127,057</b>	<b>2,341,579</b>	<b>2,556,010</b>	<b>2,770,486</b>	<b>1,989,946</b>

**Tabla 80**

*Flujo de caja financiero del ESCENARIO 1*

CONCEPTO	EN SOLES (S/)					LIQUID.
	AÑO 0	AÑO 1	AÑO 2	AÑO 3	AÑO 4	
<b>INGRESOS</b>						
Ventas		8,548,665	8,548,480	8,548,480	8,547,740	8,548,665
Préstamo	1,503,108					
Valor residual						1,336,758
Recuperación de capital trabajo						653,188
<b>TOTAL DE INGRESOS</b>	<b>1,503,108</b>	<b>8,548,665</b>	<b>8,548,480</b>	<b>8,548,480</b>	<b>8,547,740</b>	<b>1,989,946</b>
<b>EGRESOS</b>						
Inversión fija	2,222,391					
Capital de trabajo	653,188					
Costos de producción		6,275,939	6,187,155	6,183,745	6,181,155	6,102,353
Gastos operativos		467,518	467,518	467,518	467,518	467,518
Gastos financieros		385,227	350,461	283,068	196,282	84,398
Amortización de la deuda		51,554	240,980	308,373	395,159	507,043
(-) Depreciación y amortización		177,769	177,769	177,769	177,769	177,769
Impuesto a la renta		425,994	463,004	484,245	510,835	568,319
<b>TOTAL DE EGRESOS</b>	<b>2,875,579</b>	<b>7,428,463</b>	<b>7,531,349</b>	<b>7,549,180</b>	<b>7,573,181</b>	<b>7,551,862</b>
<b>FLUJO NETO FINANCIERO</b>	<b>-1,372,471</b>	<b>1,120,202</b>	<b>1,017,131</b>	<b>999,300</b>	<b>974,559</b>	<b>1,989,946</b>

**Tabla 81**

*Flujo de caja financiero del ESCENARIO 2*

CONCEPTO	EN SOLES (S/)					LIQUID.
	AÑO 0	AÑO 1	AÑO 2	AÑO 3	AÑO 4	
<b>INGRESOS</b>						
Ventas		9,908,230	8,563,280	10,276,380	7,929,840	10,377,760
Préstamo	1,503,108					
Valor residual						1,336,758
Recuperación de capital trabajo						653,188
<b>TOTAL DE INGRESOS</b>	<b>1,503,108</b>	<b>9,908,230</b>	<b>8,563,280</b>	<b>10,276,380</b>	<b>7,929,840</b>	<b>10,377,760</b>
<b>EGRESOS</b>						
Inversión fija	2,222,391					
Capital de trabajo	653,188					
Costos de producción		7,126,273	6,239,090	7,338,228	5,756,276	7,257,502
Gastos operativos		467,518	467,518	467,518	467,518	467,518
Gastos financieros		385,227	350,461	283,068	196,282	84,398
Amortización de la deuda		51,554	240,980	308,373	395,159	507,043
(-) Depreciación y amortización		177,769	177,769	177,769	177,769	177,769
Impuesto a la renta		578,764	451,863	656,270	452,929	770,503
<b>TOTAL DE EGRESOS</b>	<b>2,875,579</b>	<b>8,431,566</b>	<b>7,572,143</b>	<b>8,875,688</b>	<b>7,090,395</b>	<b>8,909,195</b>
<b>FLUJO NETO FINANCIERO</b>	<b>-1,372,471</b>	<b>1,476,664</b>	<b>991,137</b>	<b>1,400,692</b>	<b>839,445</b>	<b>1,468,565</b>
						<b>1,989,946</b>



**Tabla 82**

*Flujo de caja financiero del ESCENARIO 3*

CONCEPTO	EN SOLES (S/)					LIQUID.	
	AÑO 0	AÑO 1	AÑO 2	AÑO 3	AÑO 4		AÑO 5
<b>INGRESOS</b>							
Ventas		9,844,035	10,708,540	11,573,415	12,437,920	13,302,610	
Préstamo	1,503,108						1,336,758
Valor residual							653,188
Recuperación de capital trabajo							
<b>TOTAL DE INGRESOS</b>	<b>1,503,108</b>	<b>9,844,035</b>	<b>10,708,540</b>	<b>11,573,415</b>	<b>12,437,920</b>	<b>13,302,610</b>	<b>1,989,946</b>
<b>EGRESOS</b>							
Inversión fija	2,222,391						
Capital de trabajo	653,188						
Costos de producción		6,898,149	7,456,325	8,014,739	8,572,915	9,131,210	
Gastos operativos		467,518	467,518	467,518	467,518	467,518	
Gastos financieros		385,227	350,461	283,068	196,282	84,398	
Amortización de la deuda		51,554	240,980	308,373	395,159	507,043	
(-) Depreciación y amortización		177,769	177,769	177,769	177,769	177,769	
Impuesto a la renta		627,942	730,271	842,427	960,362	1,085,845	
<b>TOTAL DE EGRESOS</b>	<b>2,875,579</b>	<b>8,252,621</b>	<b>9,067,786</b>	<b>9,738,356</b>	<b>10,414,466</b>	<b>11,098,245</b>	
<b>FLUJO NETO FINANCIERO</b>	<b>-1,372,471</b>	<b>1,591,414</b>	<b>1,640,754</b>	<b>1,835,059</b>	<b>2,023,454</b>	<b>2,204,365</b>	<b>1,989,946</b>

### 3.7.4. EVALUACIÓN ECONÓMICA Y FINANCIERA

#### 3.7.4.1. EVALUACIÓN ECONÓMICA DEL PROYECTO

En la Tabla 83 se muestran los flujos de caja netos económicos de los escenarios del proyecto para un horizonte de evaluación del proyecto de cinco años.

**Tabla 83**

*Flujos de caja netos económicos de los escenarios del proyecto*

ESCENARIO	FLUJO DE CAJA NETO ECONÓMICO (S/)					
	AÑO 0	AÑO 1	AÑO 2	AÑO 3	AÑO 4	AÑO 5
ESCENARIO 1	-2,875,579	1,441,414	1,503,434	1,505,821	1,507,115	1,562,924
ESCENARIO 2	-2,875,579	1,797,876	1,477,439	1,907,213	1,372,001	2,034,687
ESCENARIO 3	-2,875,579	1,912,626	2,127,057	2,341,579	2,556,010	2,770,486

El costo de capital promedio ponderado económico *CCPPE* (Ramos y Rodríguez, 2014) de la Tabla 84 se calculó con la Ecuación (128) y que está en función de la inversión total *IT*, capital social *CS*, costo de oportunidad de capital *COK*, préstamo para la inversión fija *Pif*, tasa del costo efectivo anual de la inversión fija *TCEAif*, préstamo para el capital de trabajo *Pcw* y la tasa del costo efectivo anual del capital de trabajo *TCEAcw*. Se consideró un *COK* del inversionista del 30%, una *TCEAif* del 31% y una *TCEAcw* del 20.5%. El *CCPPE* es la tasa de descuento *d* (Ramos y Rodríguez, 2014) presentada en la sección 2.1.6 de la página 50.

$$CCPPE = \frac{CS}{IT}(COK) + \frac{Pif}{IT}(TCEAif) + \frac{Pcw}{IT}(TCEAcw) \quad (128)$$

**Tabla 84***Costo de capital promedio ponderado económico*

CONCEPTO	INVERSIÓN (S/)	PROPORCIÓN (%)	C.C.ANUAL (%)	CCPPE (%)
Capital Social	1,372,471	47.73	30.00	14.32
Préstamo: Inversión Fija	1,111,195	38.64	31.00	11.98
Préstamo: Capital de Trabajo	391,913	13.63	20.50	2.79
<b>INVERSIÓN TOTAL</b>	<b>2,875,579</b>			<b>29.09</b>

La evaluación económica de los escenarios del proyecto de la Tabla 85 se realizó con el CCPPE de 29.09%, determinando el valor actual neto económico *VANE* con la Ecuación (68), la tasa interna de retorno económico *TIRE* con la Ecuación (69), el ratio beneficio-costo económico *B/CE* con la Ecuación (70), el periodo de recuperación de la inversión económico *PRIE* con la Ecuación (71) y el índice de rentabilidad económico *IRE* con la Ecuación (72).

**Tabla 85***Evaluación económica de los escenarios del proyecto*

ESCENARIO	CCPPE (%)	VANE (S/)	TIRE (%)	B/CE	PRIE (AÑOS)	IRE
ESCENARIO 1	29.09	821,793	43.09	1.04	3.29	0.286
ESCENARIO 2	29.09	1,351,849	51.94	1.06	2.67	0.470
ESCENARIO 3	29.09	2,664,058	69.01	1.11	2.11	0.926

**3.7.4.2. EVALUACIÓN FINANCIERA DEL PROYECTO**

En la Tabla 86 se muestran los flujos de caja netos financieros de los escenarios del proyecto para un horizonte de evaluación del proyecto de cinco años.

**Tabla 86***Flujos de caja netos financieros de los escenarios del proyecto*

ESCENARIO	FLUJO DE CAJA NETO FINANCIERO (S/)					
	AÑO 0	AÑO 1	AÑO 2	AÑO 3	AÑO 4	AÑO 5
ESCENARIO 1	-1,372,471	1,120,202	1,017,131	999,300	974,559	996,803
ESCENARIO 2	-1,372,471	1,476,664	991,137	1,400,692	839,445	1,468,565
ESCENARIO 3	-1,372,471	1,591,414	1,640,754	1,835,059	2,023,454	2,204,365

El cálculo del costo de capital promedio ponderado financiero *CCPPF* de la Tabla 87 es similar al del *CCPPE*, solo que en este caso, se multiplican los costos de capital anual de los préstamos por la diferencia entre 100% y el impuesto a la renta del 30% tal como se observa en la Ecuación (129). Al igual que con el *CCPPE*, el *CCPPF* es la tasa de descuento *d* presentada en la sección 2.1.6 de la página 50.

$$CCPPF = \frac{CS}{IT}(COK) + \frac{Pif}{IT}(TCEAif)(1 - 0.3) + \frac{Pcw}{IT}(TCEAcw)(1 - 0.3) \quad (129)$$

**Tabla 87***Costo de capital promedio ponderado financiero*

CONCEPTO	INVERSIÓN (S/)	PROPORCIÓN (%)	C.C.ANUAL (%)	CCPPF (%)
Capital Social	1,372,471	47.73	30.00	14.32
Préstamo: Inversión Fija	1,111,195	38.64	31.00	8.39
Préstamo: Capital de Trabajo	391,913	13.63	20.50	1.96
<b>INVERSIÓN TOTAL</b>	<b>2,875,579</b>			<b>24.66</b>

La evaluación económica de los escenarios del proyecto de la Tabla 88 se realizó con el *CCPPF* de 24.66%, determinando el valor actual neto financiero *VANF* con la Ecuación (68), la tasa interna de retorno financiero *TIRF* con la Ecuación (69), el ratio beneficio-costos financiero *B/CF* con la Ecuación (70), el

periodo de recuperación de la inversión financiero *PRIF* con la Ecuación (71) y el índice de rentabilidad financiero *IRF* con la Ecuación (72).

**Tabla 88**

*Evaluación financiera de los escenarios del proyecto*

ESCENARIO	CCPPF (%)	VANF (S/)	TIRF (%)	B/CF	PRIF (AÑOS)	IRF
ESCENARIO 1	24.66	1,431,173	71.78	1.06	1.72	0.498
ESCENARIO 2	24.66	2,008,352	90.55	1.08	1.29	0.698
ESCENARIO 3	24.66	3,477,355	119.24	1.12	1.09	1.209

### 3.7.5. ANÁLISIS DE SENSIBILIDAD UNIDIMENSIONAL

#### 3.7.5.1. ANÁLISIS DE SENSIBILIDAD UNIDIMENSIONAL ECONÓMICO

El análisis de sensibilidad unidimensional económico de los escenarios del proyecto se muestran desde la Tabla 89 a la Tabla 91. La variable utilizada fue el precio de la caja de conservas en soles con variaciones del 5% para un rango de variación del precio entre -15% y +15%. Se calculó el VANE a un CCPPE del 29.09%, el TIRE y el IRE.

**Tabla 89**

*Análisis de sensibilidad unidimensional económico del ESCENARIO 1*

PRECIO CAJA DE CONSERVAS		INDICADOR		
VARIACIÓN	PRECIO	VANE (29.09%)	TIRE (%)	IRE
(%)	(S/ POR CAJA)	(S/)		
-15	157.3	-1,402,952	1.75	-0.488
-10	166.5	-661,370	16.96	-0.230
-5	175.8	80,211	30.50	0.028
0	185.0	821,793	43.09	0.286
+5	194.3	1,563,375	55.09	0.544
+10	203.5	2,304,956	66.68	0.802
+15	212.8	3,046,538	77.99	1.059

**Tabla 90***Análisis de sensibilidad unidimensional económico del ESCENARIO 2*

PRECIO CAJA DE CONSERVAS		INDICADOR		
VARIACIÓN	PRECIO	VANE (29.09%)	TIRE (%)	IRE
(%)	(S/ POR CAJA)	(S/)		
-15	157.3	-1,098,958	8.24	-0.382
-10	166.5	-282,022	24.01	-0.098
-5	175.8	534,914	38.38	0.186
0	185.0	1,351,849	51.94	0.470
+5	194.3	2,168,785	65.01	0.754
+10	203.5	2,985,720	77.74	1.038
+15	212.8	3,802,656	90.26	1.322

**Tabla 91***Análisis de sensibilidad unidimensional económico del ESCENARIO 3*

PRECIO CAJA DE CONSERVAS		INDICADOR		
VARIACIÓN	PRECIO	VANE (29.09%)	TIRE (%)	IRE
(%)	(S/ POR CAJA)	(S/)		
-15	157.3	-236,112	25.13	-0.082
-10	166.5	730,611	40.76	0.254
-5	175.8	1,697,334	55.24	0.590
0	185.0	2,664,058	69.01	0.926
+5	194.3	3,630,781	82.31	1.263
+10	203.5	4,597,505	95.29	1.599
+15	212.8	5,564,228	108.04	1.935

**3.7.5.2. ANÁLISIS DE SENSIBILIDAD UNIDIMENSIONAL FINANCIERO**

El análisis de sensibilidad unidimensional financiero de los escenarios del proyecto se muestran desde la Tabla 92 a la Tabla 94. La variable utilizada fue el precio de la caja de conservas en soles con variaciones del 5% para un rango de variación del precio entre -15% y 15%. Se calculó el VANF a un CCPPF del 29.09%, el TIRF y el IRF.

**Tabla 92***Análisis de sensibilidad unidimensional financiero del ESCENARIO 1*

PRECIO CAJA DE CONSERVAS		INDICADOR		
VARIACIÓN	PRECIO	VANF (24.66%)	TIRF (%)	IRF
(%)	(S/ POR CAJA)	(S/)		
-15	157.3	-999,630	-24.33	-0.348
-10	166.5	-189,362	17.41	-0.066
-5	175.8	620,905	46.26	0.216
0	185.0	1,431,173	71.78	0.498
+5	194.3	2,241,440	95.84	0.779
+10	203.5	3,051,708	119.12	1.061
+15	212.8	3,861,975	141.95	1.343

**Tabla 93***Análisis de sensibilidad unidimensional financiero del ESCENARIO 2*

PRECIO CAJA DE CONSERVAS		INDICADOR		
VARIACIÓN	PRECIO	VANF (24.66%)	TIRF (%)	IRF
(%)	(S/ POR CAJA)	(S/)		
-15	157.3	-668,550	-3.57	-0.232
-10	166.5	223,751	32.86	0.078
-5	175.8	1,116,052	62.82	0.388
0	185.0	2,008,352	90.55	0.698
+5	194.3	2,900,653	117.25	1.009
+10	203.5	3,792,954	143.41	1.319
+15	212.8	4,685,255	169.25	1.629

**Tabla 94***Análisis de sensibilidad unidimensional financiero del ESCENARIO 3*

PRECIO CAJA DE CONSERVAS		INDICADOR		
VARIACIÓN	PRECIO	VANF (24.66%)	TIRF (%)	IRF
(%)	(S/ POR CAJA)	(S/)		
-15	157.3	292,586	33.94	0.102
-10	166.5	1,354,175	64.43	0.471
-5	175.8	2,415,765	92.41	0.840
0	185.0	3,477,355	119.24	1.209
+5	194.3	4,538,945	145.45	1.578
+10	203.5	5,600,535	171.31	1.948
+15	212.8	6,662,125	196.95	2.317

**3.7.6. ANÁLISIS DE SENSIBILIDAD BIDIMENSIONAL****3.7.6.1. ANÁLISIS DE SENSIBILIDAD BIDIMENSIONAL ECONÓMICO**

El análisis de sensibilidad bidimensional económico del VANE de los escenarios del proyecto se muestran desde la Tabla 95 a la Tabla 97. Las variables utilizadas fueron el precio de la caja de conservas en soles y el costo de la materia prima en soles por tonelada, con variaciones del 5% para un rango de variación entre -15% y 15%.

**3.7.6.2. ANÁLISIS DE SENSIBILIDAD BIDIMENSIONAL FINANCIERO**

El análisis de sensibilidad bidimensional financiero del VANF de los escenarios del proyecto se muestran desde la Tabla 98 a la Tabla 100. Las variables utilizadas fueron el precio de la caja de conservas en soles y el costo de la materia prima en soles por tonelada, con variaciones del 5% para un rango de variación entre -15% y 15%.



**Tabla 95****Análisis de sensibilidad bidimensional del valor actual neto económico del ESCENARIO 1**

PRECIO CAJA DE CONSERVAS		COSTO MATERIA PRIMA (VARIACIÓN EN % Y COSTO EN S/ POR TONELADA)						
VARIACIÓN	PRECIO	-15	-10	-5	0	+5	+10	+15
(%)	(S/ POR CAJA)	3,230.0	3,420.0	3,610.0	3,800.0	3,990.0	4,180.0	4,370.0
-15	157.3	-538,247	-826,482	-1,114,717	-1,402,952	-1,691,187	-1,979,422	-2,267,657
-10	166.5	203,335	-84,900	-373,135	-661,370	-949,605	-1,237,840	-1,526,075
-5	175.8	944,916	656,681	368,446	80,211	-208,024	-496,259	-784,494
0	185.0	1,686,498	1,398,263	1,110,028	821,793	533,558	245,323	-42,912
+5	194.3	2,428,080	2,139,845	1,851,610	1,563,375	1,275,140	986,904	698,669
+10	203.5	3,169,661	2,881,426	2,593,191	2,304,956	2,016,721	1,728,486	1,440,251
+15	212.8	3,911,243	3,623,008	3,334,773	3,046,538	2,758,303	2,470,068	2,181,833

**Tabla 96****Análisis de sensibilidad bidimensional del valor actual neto económico del ESCENARIO 2**

PRECIO CAJA DE CONSERVAS		COSTO MATERIA PRIMA (VARIACIÓN EN % Y COSTO EN S/ POR TONELADA)						
VARIACIÓN	PRECIO	-15	-10	-5	0	+5	+10	+15
(%)	(S/ POR CAJA)	3,230.0	3,420.0	3,610.0	3,800.0	3,990.0	4,180.0	4,370.0
-15	157.3	-140,586	-460,043	-779,500	-1,098,958	-1,418,415	-1,737,872	-2,057,329
-10	166.5	676,349	356,892	37,435	-282,022	-601,479	-920,936	-1,240,393
-5	175.8	1,493,285	1,173,828	854,371	534,914	215,456	-104,001	-423,458
0	185.0	2,310,220	1,990,763	1,671,306	1,351,849	1,032,392	712,935	393,478
+5	194.3	3,127,156	2,807,699	2,488,242	2,168,785	1,849,327	1,529,870	1,210,413
+10	203.5	3,944,091	3,624,634	3,305,177	2,985,720	2,666,263	2,346,806	2,027,349
+15	212.8	4,761,027	4,441,570	4,122,113	3,802,656	3,483,198	3,163,741	2,844,284

**Tabla 97****Análisis de sensibilidad bidimensional del valor actual neto económico del ESCENARIO 3**

PRECIO CAJA DE CONSERVAS		COSTO MATERIA PRIMA (VARIACIÓN EN % Y COSTO EN S/ POR TONELADA)						
VARIACIÓN	PRECIO	-15	-10	-5	0	+5	+10	+15
(%)	(S/ POR CAJA)	3,230.0	3,420.0	3,610.0	3,800.0	3,990.0	4,180.0	4,370.0
-15	157.3	892,603	516,364	140,126	-236,112	-612,351	-988,589	-1,364,827
-10	166.5	1,859,326	1,483,088	1,106,849	730,611	354,373	-21,866	-398,104
-5	175.8	2,826,049	2,449,811	2,073,573	1,697,334	1,321,096	944,858	568,620
0	185.0	3,792,773	3,416,534	3,040,296	2,664,058	2,287,820	1,911,581	1,535,343
+5	194.3	4,759,496	4,383,258	4,007,019	3,630,781	3,254,543	2,878,305	2,502,066
+10	203.5	5,726,219	5,349,981	4,973,743	4,597,505	4,221,266	3,845,028	3,468,790
+15	212.8	6,692,943	6,316,704	5,940,466	5,564,228	5,187,990	4,811,751	4,435,513

**Tabla 98***Análisis de sensibilidad bidimensional del valor actual neto financiero del ESCENARIO 1*

PRECIO CAJA DE CONSERVAS		COSTO MATERIA PRIMA (VARIACIÓN EN % Y COSTO EN S/ POR TONELADA)						
VARIACIÓN	PRECIO	-15	-10	-5	0	+5	+10	+15
(%)	(S/ POR CAJA)	3,230.0	3,420.0	3,610.0	3,800.0	3,990.0	4,180.0	4,370.0
-15	157.3	-55,438	-370,169	-684,899	-999,630	-1,314,360	-1,629,091	-1,943,821
-10	166.5	754,829	440,099	125,368	-189,362	-504,093	-818,823	-1,133,554
-5	175.8	1,565,097	1,250,366	935,636	620,905	306,175	-8,556	-323,286
0	185.0	2,375,364	2,060,634	1,745,903	1,431,173	1,116,442	801,712	486,981
+5	194.3	3,185,632	2,870,901	2,556,171	2,241,440	1,926,710	1,611,979	1,297,249
+10	203.5	3,995,899	3,681,168	3,366,438	3,051,708	2,736,977	2,422,247	2,107,516
+15	212.8	4,806,166	4,491,436	4,176,705	3,861,975	3,547,245	3,232,514	2,917,784

**Tabla 99****Análisis de sensibilidad bidimensional del valor actual neto financiero del ESCENARIO 2**

PRECIO CAJA DE CONSERVAS		COSTO MATERIA PRIMA (VARIACIÓN EN % Y COSTO EN S/ POR TONELADA)						
VARIACIÓN (%)	PRECIO (S/ POR CAJA)	-15	-10	-5	0	+5	+10	+15
-15	157.3	377,592	28,878	-319,836	-668,550	-1,017,264	-1,365,978	-1,714,693
-10	166.5	1,269,893	921,179	572,465	223,751	-124,963	-473,678	-822,392
-5	175.8	2,162,194	1,813,480	1,464,766	1,116,052	767,337	418,623	69,909
0	185.0	3,054,495	2,705,781	2,357,066	2,008,352	1,659,638	1,310,924	962,210
+5	194.3	3,946,796	3,598,081	3,249,367	2,900,653	2,551,939	2,203,225	1,854,511
+10	203.5	4,839,096	4,490,382	4,141,668	3,792,954	3,444,240	3,095,526	2,746,811
+15	212.8	5,731,397	5,382,683	5,033,969	4,685,255	4,336,540	3,987,826	3,639,112

**Tabla 100**

*Análisis de sensibilidad bidimensional del valor actual neto financiero del ESCENARIO 3*

PRECIO CAJA DE CONSERVAS		COSTO MATERIA PRIMA (VARIACIÓN EN % Y COSTO EN S/ POR TONELADA)						
VARIACIÓN	PRECIO	-15	-10	-5	0	+5	+10	+15
(%)	(S/ POR CAJA)	3,230.0	3,420.0	3,610.0	3,800.0	3,990.0	4,180.0	4,370.0
-15	157.3	1,532,063	1,118,904	705,745	292,586	-120,574	-533,733	-946,892
-10	166.5	2,593,653	2,180,494	1,767,335	1,354,175	941,016	527,857	114,697
-5	175.8	3,655,243	3,242,084	2,828,924	2,415,765	2,002,606	1,589,447	1,176,287
0	185.0	4,716,833	4,303,674	3,890,514	3,477,355	3,064,196	2,651,036	2,237,877
+5	194.3	5,778,423	5,365,263	4,952,104	4,538,945	4,125,786	3,712,626	3,299,467
+10	203.5	6,840,013	6,426,853	6,013,694	5,600,535	5,187,375	4,774,216	4,361,057
+15	212.8	7,901,602	7,488,443	7,075,284	6,662,125	6,248,965	5,835,806	5,422,647

## CAPÍTULO IV

### ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

#### 4.1. RESULTADOS DE LA INVESTIGACIÓN

Los resultados del valor actual neto económico (VANE) y financiero (VANF) de los tres escenarios a diferentes participaciones de las ventas internas de conservas de pescado desde 0.25% hasta 2.00% en intervalos de 0.25% y con cambios en la inversión total desde -20% hasta +20% en intervalos de 10% se presentan en la Tabla 101 a la Tabla 105. En la Tabla 103 el cambio en la inversión total es del 0%, es decir, los resultados del VANE y VANF a diferentes cambios de inversión, son con las inversiones totales que se determinaron directamente de la Ecuación (97).

**Tabla 101**

*Valor actual neto con cambio en la inversión total del -20%*

PARTICIP. (%)	VANE (S/)			PARTICIP. (%)	VANF (S/)		
	ESCENARIO 1	ESCENARIO 2	ESCENARIO 3		ESCENARIO 1	ESCENARIO 2	ESCENARIO 3
0.25	-1,216,567	-1,084,085	-704,499	0.25	-1,140,430	-995,916	-572,633
0.50	-484,443	-204,917	506,137	0.50	-242,434	62,480	856,360
0.75	379,402	808,404	1,812,407	0.75	780,736	1,248,231	2,371,406
1.00	1,370,472	1,900,528	3,212,737	1.00	1,924,912	2,502,091	3,971,094
1.25	2,315,742	3,003,136	4,601,306	1.25	3,021,044	3,770,189	5,560,189
1.50	3,251,624	4,121,030	6,015,732	1.50	4,102,326	5,050,873	7,172,571
1.75	4,275,860	5,293,007	7,483,640	1.75	5,269,974	6,379,883	8,833,056
2.00	5,330,834	6,362,025	8,931,846	2.00	6,474,672	7,595,853	10,475,836

*Nota.* VANE = valor actual neto económico, VANF = valor actual neto financiero.

**Tabla 102***Valor actual neto con cambio en la inversión total del –10%*

PARTICIP. (%)	VANE (S/)			PARTICIP. (%)	VANF (S/)		
	ESCENARIO 1	ESCENARIO 2	ESCENARIO 3		ESCENARIO 1	ESCENARIO 2	ESCENARIO 3
0.25	-1,338,276	-1,205,794	-826,209	0.25	-1,249,952	-1,105,439	-682,156
0.50	-668,920	-389,394	321,660	0.50	-408,439	-103,526	690,355
0.75	144,115	573,117	1,577,120	0.75	569,009	1,036,504	2,159,679
1.00	1,096,132	1,626,188	2,938,397	1.00	1,678,042	2,255,222	3,724,225
1.25	2,000,887	2,688,281	4,286,451	1.25	2,737,716	3,486,861	5,276,861
1.50	2,899,472	3,768,878	5,663,580	1.50	3,785,436	4,733,982	6,855,681
1.75	3,893,117	4,910,263	7,100,897	1.75	4,925,556	6,035,465	8,488,637
2.00	4,915,013	5,946,204	8,516,025	2.00	6,100,488	7,221,669	10,101,652

*Nota.* VANE = valor actual neto económico, VANF = valor actual neto financiero.**Tabla 103***Valor actual neto con cambio en la inversión total del 0%*

PARTICIP. (%)	VANE (S/)			PARTICIP. (%)	VANF (S/)		
	ESCENARIO 1	ESCENARIO 2	ESCENARIO 3		ESCENARIO 1	ESCENARIO 2	ESCENARIO 3
0.25	-1,459,986	-1,327,504	-947,919	0.25	-1,359,475	-1,214,961	-791,679
0.50	-853,398	-573,872	137,182	0.50	-574,445	-269,532	524,349
0.75	-91,172	337,830	1,341,833	0.75	357,281	824,776	1,947,951
1.00	821,793	1,351,849	2,664,058	1.00	1,431,173	2,008,352	3,477,355
1.25	1,686,033	2,373,427	3,971,596	1.25	2,454,388	3,203,533	4,993,533
1.50	2,547,320	3,416,727	5,311,428	1.50	3,468,545	4,417,092	6,538,790
1.75	3,510,374	4,527,520	6,718,154	1.75	4,581,137	5,691,046	8,144,218
2.00	4,499,192	5,530,383	8,100,204	2.00	5,726,304	6,847,485	9,727,468

*Nota.* VANE = valor actual neto económico, VANF = valor actual neto financiero.



**Tabla 104***Valor actual neto con cambio en la inversión total del +10%*

PARTICIP. (%)	VANE (S/)			PARTICIP. (%)	VANF (S/)		
	ESCENARIO 1	ESCENARIO 2	ESCENARIO 3		ESCENARIO 1	ESCENARIO 2	ESCENARIO 3
0.25	-1,581,696	-1,449,214	-1,069,628	0.25	-1,468,998	-1,324,484	-901,201
0.50	-1,037,875	-758,349	-47,295	0.50	-740,450	-435,537	358,344
0.75	-326,459	102,543	1,106,546	0.75	145,554	613,049	1,736,224
1.00	547,453	1,077,510	2,389,718	1.00	1,184,303	1,761,483	3,230,485
1.25	1,371,178	2,058,572	3,656,742	1.25	2,171,061	2,920,205	4,710,205
1.50	2,195,168	3,064,575	4,959,276	1.50	3,151,655	4,100,201	6,221,900
1.75	3,127,631	4,144,777	6,335,411	1.75	4,236,718	5,346,627	7,799,799
2.00	4,083,371	5,114,563	7,684,384	2.00	5,352,119	6,473,300	9,353,284

*Nota.* VANE = valor actual neto económico, VANF = valor actual neto financiero.**Tabla 105***Valor actual neto con cambio en la inversión total del +20%*

PARTICIP. (%)	VANE (S/)			PARTICIP. (%)	VANF (S/)		
	ESCENARIO 1	ESCENARIO 2	ESCENARIO 3		ESCENARIO 1	ESCENARIO 2	ESCENARIO 3
0.25	-1,703,405	-1,570,924	-1,191,338	0.25	-1,578,521	-1,434,007	-1,010,724
0.50	-1,222,352	-942,827	-231,773	0.50	-906,456	-601,543	192,338
0.75	-561,746	-132,744	871,259	0.75	-66,174	401,321	1,524,496
1.00	273,114	803,170	2,115,379	1.00	937,434	1,514,613	2,983,616
1.25	1,056,324	1,743,718	3,341,887	1.25	1,887,733	2,636,877	4,426,878
1.50	1,843,016	2,712,423	4,607,124	1.50	2,834,764	3,783,311	5,905,009
1.75	2,744,887	3,762,034	5,952,667	1.75	3,892,299	5,002,208	7,455,381
2.00	3,667,550	4,698,742	7,268,563	2.00	4,977,935	6,099,116	8,979,099

*Nota.* VANE = valor actual neto económico, VANF = valor actual neto financiero.

## 4.2. ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS

Los datos de la Tabla 101 a la Tabla 105 se utilizaron para determinar las estadísticas descriptivas—media, desviación estándar y error estándar de la media—del valor actual neto económico y financiero de los tres escenarios para cada cambio en la inversión (ver Tabla 106 y Tabla 107).

**Tabla 106***Estadísticas descriptivas del valor actual neto económico*

VANE	N	Media	StDev	SE media
Cambio en la inversión del -20%				
ESCENARIO 1	8	1,902,865	2,311,653	817,293
ESCENARIO 2	8	2,524,891	2,645,080	935,177
ESCENARIO 3	8	3,982,413	3,393,815	1,199,895
Cambio en la inversión del -10%				
ESCENARIO 1	8	1,617,692	2,211,964	782,047
ESCENARIO 2	8	2,239,718	2,545,224	899,873
ESCENARIO 3	8	3,697,240	3,293,850	1,164,552
Cambio en la inversión del 0%				
ESCENARIO 1	8	1,332,519	2,112,400	746,846
ESCENARIO 2	8	1,954,545	2,445,462	864,602
ESCENARIO 3	8	3,412,067	3,193,950	1,129,232
Cambio en la inversión del +10%				
ESCENARIO 1	8	1,047,346	2,012,981	711,696
ESCENARIO 2	8	1,669,372	2,345,808	829,368
ESCENARIO 3	8	3,126,894	3,094,123	1,093,938
Cambio en la inversión del +20%				
ESCENARIO 1	8	762,173	1,913,728	676,605
ESCENARIO 2	8	1,384,199	2,246,274	794,178
ESCENARIO 3	8	2,841,721	2,994,375	1,058,671

*Nota.* N = número de datos, StDev = desviación estándar, SE Media = error estándar de la media, VANE = valor actual neto económico.

**Tabla 107***Estadísticas descriptivas del valor actual neto financiero*

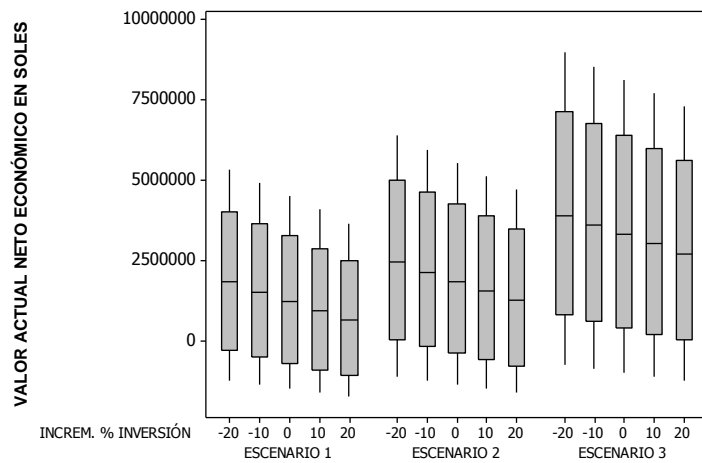
VANF	N	Media	StDev	SE media
Cambio en la inversión del -20%				
ESCENARIO 1	8	2,523,850	2,682,361	948,358
ESCENARIO 2	8	3,201,711	3,045,658	1,076,803
ESCENARIO 3	8	4,833,485	3,885,528	1,373,742
Cambio en la inversión del -10%				
ESCENARIO 1	8	2,267,232	2,592,510	916,591
ESCENARIO 2	8	2,945,092	2,955,688	1,044,994
ESCENARIO 3	8	4,576,867	3,795,491	1,341,909
Cambio en la inversión del 0%				
ESCENARIO 1	8	2,010,613	2,502,734	884,850
ESCENARIO 2	8	2,688,474	2,865,777	1,013,205
ESCENARIO 3	8	4,320,248	3,705,496	1,310,091
Cambio en la inversión del +10%				
ESCENARIO 1	8	1,753,995	2,413,041	853,139
ESCENARIO 2	8	2,431,855	2,775,930	981,440
ESCENARIO 3	8	4,063,630	3,615,546	1,278,289
Cambio en la inversión del +20%				
ESCENARIO 1	8	1,497,377	2,323,443	821,461
ESCENARIO 2	8	2,175,237	2,686,154	949,699
ESCENARIO 3	8	3,807,012	3,525,645	1,246,504

*Nota.* N = número de datos, StDev = desviación estándar, SE Media = error estándar de la media, VANF = valor actual neto financiero.

En la Tabla 106 y Tabla 107 se observa que la media, la desviación estándar y el error estándar de la media del VANE y VANF del ESCENARIO 1 es menor al de los ESCENARIOS 2 y 3, y la del ESCENARIO 2 es menor al del ESCENARIO 3, esto se comprueba en los diagramas de caja de la Figura 49 y Figura 50.

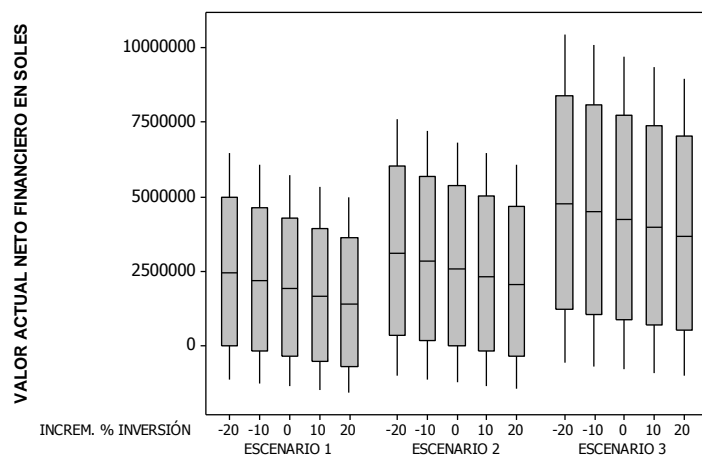
**Figura 49**

*Diagrama de caja del valor actual neto económico de los escenarios a diferente inversión*



**Figura 50**

*Diagrama de caja del valor actual neto financiero de los escenarios a diferente inversión*



Según la Ecuación (1), la incertidumbre se puede medir como el valor absoluto del error. Con esta conceptualización de la incertidumbre, esta se mide

como los valores absolutos de la diferencia del valor actual neto del ESCENARIO 2 con respecto a los ESCENARIOS 1 y 3, tal como se muestra en la Ecuación (130) y Ecuación (131).

$$|Error_i| = |VAN_{ESC\ 2} - VAN_{ESC\ 1}| \quad (130)$$

$$|Error_j| = |VAN_{ESC\ 2} - VAN_{ESC\ 3}| \quad (131)$$

donde  $i = \{1,3\} \wedge j = \{2,4\} \forall i \neq j$

Los valores absolutos de los errores del valor actual neto económico y financiero de los escenarios en cada participación de la demanda se muestran en la Tabla 108 los cuales resultaron las mismas en cada cambio en la inversión.

**Tabla 108**

*Valor absoluto del error del valor actual neto*

PARTICIPACIÓN (%)	Δ VANE		Δ VANF	
	Error 1	Error 2	Error 3	Error 4
0.25	132,482	379,585	144,514	423,283
0.50	279,526	711,054	304,913	793,881
0.75	429,003	1,004,002	467,495	1,123,175
1.00	530,056	1,312,209	577,180	1,469,003
1.25	687,394	1,598,170	749,145	1,790,000
1.50	869,407	1,894,701	948,546	2,121,699
1.75	1,017,147	2,190,633	1,109,909	2,453,172
2.00	1,031,191	2,569,821	1,121,181	2,879,983

*Nota.* Δ VANE = diferencia de los valores actuales netos económicos, Δ VANF = diferencia de los valores actuales netos financieros, |Error 1| = |VANE 2 – VANE 1|, |Error 2| = |VANE 2 – VANE 3|, |Error 3| = |VANF 2 – VANF 1|, |Error 4| = |VANF 2 – VANF 3|.

Las estadísticas descriptivas del valor absoluto del error del VAN se presentan en la Tabla 109 y Tabla 110 respectivamente.

**Tabla 109**

*Estadísticas descriptivas del valor absoluto de los errores del valor actual neto económico*

Variable	N	Media	Mediana	SE media	Desviación estándar	Varianza	CV
Error <sub>1</sub>	8	622,026	608,725	118,900	336,300	1.13098E+11	54.07
Error <sub>2</sub>	8	1,457,522	1,455,190	264,964	749,431	5.61647E+11	51.42

*Nota.* |Error 1| = |VANE 2 – VANE 1|, |Error 2| = |VANE 2 – VANE 3|, N = número de datos, SE Media = error estándar de la media, CV = coeficiente de variación.

**Tabla 110**

*Estadísticas descriptivas del valor absoluto de los errores del valor actual neto financiero*

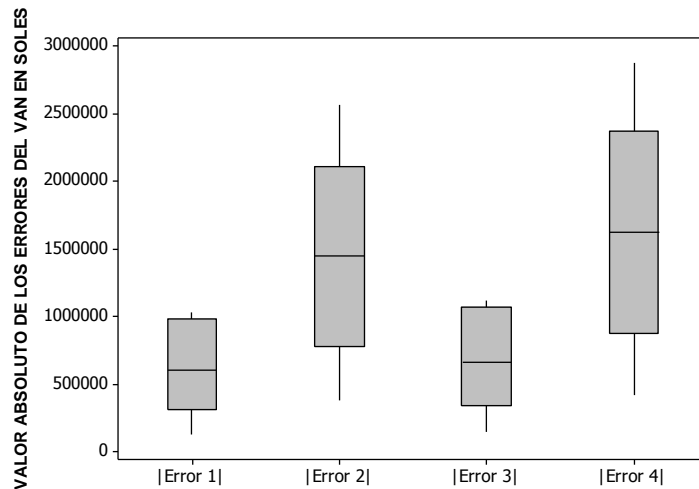
Variable	N	Media	Mediana	SE media	Desviación estándar	Varianza	CV
Error <sub>3</sub>	8	677,860	663,163	129,525	366,351	1.34213E+11	54.05
Error <sub>4</sub>	8	1,631,775	1,629,502	297,173	840,533	7.06495E+11	51.51

*Nota.* |Error 3| = |VANF 2 – VANF 1|, |Error 4| = |VANF 2 – VANF 3|, N = número de datos, SE Media = error estándar de la media, CV = coeficiente de variación.

Se presentó en la Tabla 109 y Tabla 110 que los estadísticos de posición (media y mediana) y de dispersión (error estándar de la media, desviación estándar, varianza y coeficiente de variación) (Box, Hunter y Hunter, 2008) son menores en el |Error 1| y |Error 3| con respecto al del |Error 2| y |Error 4| respectivamente. Esto se puede verificar en el diagrama de caja de la Figura 51.

**Figura 51**

*Diagrama de caja del valor absoluto del error del valor actual neto*



*Nota.*  $|Error\ 1| = |VANE\ 2 - VANE\ 1|$ ,  $|Error\ 2| = |VANE\ 2 - VANE\ 3|$ ,  $|Error\ 3| = |VANF\ 2 - VANF\ 1|$ ,  $|Error\ 4| = |VANF\ 2 - VANF\ 3|$ .

### 4.3. CONTRASTACIÓN DE LAS HIPÓTESIS

La contrastación de las hipótesis se realizó con las pruebas de comparación de medias y de varianzas del valor actual neto y del valor absoluto del error del valor actual neto entre dos escenarios.

#### 4.3.1. PRUEBAS DE COMPARACIÓN DE MEDIAS

Se realizaron dos pruebas de comparación de medias, la prueba de igualdad de medias del valor actual neto para probar si los tres escenarios son los mismos y la prueba para comparar los valores absolutos de los errores del valor actual neto de los escenarios para probar la hipótesis general que la implementación de un sistema de planeación de materiales mejora la toma de decisiones de inversión en un proyecto industrial pesquero. Se utilizaron pruebas paramétricas y no paramétricas para contrastar las hipótesis.

#### 4.3.1.1. PRUEBAS DE IGUALDAD DE MEDIAS DEL VALOR ACTUAL NETO

Las pruebas de igualdad de medias del valor actual neto permiten probar si los tres escenarios son los mismos y se utiliza la prueba paramétrica de  $T$  de Student para muestras pareadas (debe de cumplirse con el supuesto de normalidad) y la prueba no paramétrica de rangos con signo de Wilcoxon para muestras pareadas.

##### 4.3.1.1.1. PRUEBA PARAMÉTRICA DE IGUALDAD DE MEDIAS DEL VALOR ACTUAL NETO

La hipótesis a probar es la igualdad de medias del VAN entre dos escenarios y se muestra a continuación:

$$H_0: \mu_{VAN i} = \mu_{VAN j}$$

$$H_0: \mu_{VAN i} \neq \mu_{VAN j}$$

donde  $\mu_{VAN i}$  es la media del VAN del ESCENARIO  $i$  y  $\mu_{VAN j}$  es la media del VAN del ESCENARIO  $j$  para todo  $i \neq j$ .

La prueba paramétrica utilizada fue la prueba  $T$  de Student de igualdad de medias para muestras pareadas y requiere que los datos se distribuyan normalmente, aplicando la prueba de Ryan-Joiner en los datos del valor actual neto económico (ver Tabla 111) y financiero (ver Tabla 112) en los tres escenarios.

La hipótesis en la prueba de normalidad de Ryan-Joiner se planteó como:

$$H_0: \text{El VAN sigue una distribución normal } N(\mu, \sigma^2)$$

$$H_1: \text{El VAN no sigue una distribución normal } N(\mu, \sigma^2)$$



**Tabla 111***Prueba de normalidad de Ryan-Joiner del valor actual neto económico*

Escenario	N	p-valor a diferentes cambios en la inversión				
		-20%	-10%	0%	10%	20%
ESCENARIO 1	8	>0.100	>0.100	>0.100	>0.100	>0.100
ESCENARIO 2	8	>0.100	>0.100	>0.100	>0.100	>0.100
ESCENARIO 3	8	>0.100	>0.100	>0.100	>0.100	>0.100

Nota. N = número de datos.

**Tabla 112***Prueba de normalidad de Ryan-Joiner del valor actual neto financiero*

Escenario	N	p-valor a diferentes cambios en la inversión				
		-20%	-10%	0%	10%	20%
ESCENARIO 1	8	>0.100	>0.100	>0.100	>0.100	>0.100
ESCENARIO 2	8	>0.100	>0.100	>0.100	>0.100	>0.100
ESCENARIO 3	8	>0.100	>0.100	>0.100	>0.100	>0.100

Nota. N = número de datos.

De acuerdo a las pruebas de normalidad de Ryan-Joiner, con un  $\alpha = 0.05$ , se observa en todos los casos que  $p > 0.05$ , mayor al nivel de significancia y no existe evidencia estadística para rechazar la hipótesis nula  $H_0$ , es decir el VANE y el VANF se distribuyen normalmente (ver Tabla 111 y Tabla 112).

Se hizo la prueba de hipótesis de la igualdad de varianzas del VANE y VANF a diferentes cambios en la inversión con la prueba  $F$  paramétrica y la prueba no paramétrica de Levene.

La hipótesis en la prueba de igualdad de varianzas se planteó como:

$$H_0: \sigma_{VAN i}^2 = \sigma_{VAN j}^2$$

$$H_1: \sigma_{VAN i}^2 \neq \sigma_{VAN j}^2$$

donde  $\sigma_{VAN i}^2$  es la varianza del VAN del ESCENARIO  $i$  y  $\sigma_{VAN j}^2$  es la varianza del VAN del ESCENARIO  $j$  para todo  $i \neq j$ .

La prueba  $F (n_1-1, n_2-1)$ , con  $n_1-1$  grados de libertad en el numerador y  $n_2-1$  grados de libertad en el denominador, donde  $n_1 = n_2 = 8$  datos del VAN y un nivel de significancia  $\alpha = 0.05$ , nos dan valores  $p > 0.05$  indicando que no existe evidencia estadística para rechazar  $H_0$  de la igualdad de varianzas (ver Tabla 113 a la Tabla 117).

En la prueba no paramétrica de Levene, con  $K-1$  grados de libertad entre grupos y  $n-K$  grados de libertad dentro de grupos, donde  $K = 2$  grupos,  $n = 16$  datos del VAN entre los dos grupos que se comparan y un nivel de significancia  $\alpha = 0.05$ , nos da valores  $p > 0.05$ , también nos indica y corrobora los resultados de la prueba  $F$ , que no existe evidencia estadística para rechazar  $H_0$  de la igualdad de varianzas (ver Tabla 113 a la Tabla 117), es decir las varianzas del VANE y VANF son iguales entre los escenarios.

**Tabla 113**

*Pruebas de hipótesis de la igualdad de varianzas del valor actual neto con un cambio en la inversión del -20%*

Método	gl1	gl2	VANE		VANF	
			Estadístico de prueba	$p$	Estadístico de prueba	$p$
$H_0: \sigma_{VAN 1}^2 = \sigma_{VAN 2}^2$						
$H_1: \sigma_{VAN 1}^2 \neq \sigma_{VAN 2}^2$						
Prueba $F$	7	7	0.76	0.731	0.78	0.746
Prueba de Levene	1	14	0.22	0.649	0.19	0.668
$H_0: \sigma_{VAN 2}^2 = \sigma_{VAN 3}^2$						
$H_1: \sigma_{VAN 2}^2 \neq \sigma_{VAN 3}^2$						
Prueba $F$	7	7	0.61	0.527	0.61	0.536
Prueba de Levene	1	14	0.68	0.425	0.65	0.435
$H_0: \sigma_{VAN 1}^2 = \sigma_{VAN 3}^2$						
$H_1: \sigma_{VAN 1}^2 \neq \sigma_{VAN 3}^2$						
Prueba $F$	7	7	0.46	0.332	0.48	0.349
Prueba de Levene	1	14	1.57	0.230	1.47	0.245

*Nota.* VANE = valor actual neto económico, VANF = valor actual neto financiero,  $gl1$  = grados de libertad del numerador,  $gl2$  = grados de libertad del denominador,  $p$  =  $p$ -valor.

**Tabla 114**

*Pruebas de hipótesis de la igualdad de varianzas del valor actual neto con un cambio en la inversión del -10%*

Método	g/1	g/2	VANE		VANF	
			Estadístico de prueba	p	Estadístico de prueba	p
$H_0: \sigma_{VAN 1}^2 = \sigma_{VAN 2}^2$						
$H_1: \sigma_{VAN 1}^2 \neq \sigma_{VAN 2}^2$						
Prueba F	7	7	0.76	0.721	0.77	0.738
Prueba de Levene	1	14	0.23	0.635	0.21	0.658
$H_0: \sigma_{VAN 2}^2 = \sigma_{VAN 3}^2$						
$H_1: \sigma_{VAN 2}^2 \neq \sigma_{VAN 3}^2$						
Prueba F	7	7	0.60	0.513	0.61	0.525
Prueba de Levene	1	14	0.72	0.409	0.68	0.423
$H_0: \sigma_{VAN 1}^2 = \sigma_{VAN 3}^2$						
$H_1: \sigma_{VAN 1}^2 \neq \sigma_{VAN 3}^2$						
Prueba F	7	7	0.45	0.315	0.47	0.336
Prueba de Levene	1	14	1.69	0.215	1.55	0.233

*Nota.* VANE = valor actual neto económico, VANF = valor actual neto financiero, g/1 = grados de libertad del numerador, g/2 = grados de libertad del denominador, p = p-valor.

**Tabla 115**

*Pruebas de hipótesis de la igualdad de varianzas del valor actual neto con un cambio en la inversión del 0%*

Método	g/1	g/2	VANE		VANF	
			Estadístico de prueba	p	Estadístico de prueba	p
$H_0: \sigma_{VAN 1}^2 = \sigma_{VAN 2}^2$						
$H_1: \sigma_{VAN 1}^2 \neq \sigma_{VAN 2}^2$						
Prueba F	7	7	0.75	0.709	0.76	0.730
Prueba de Levene	1	14	0.26	0.621	0.22	0.647
$H_0: \sigma_{VAN 2}^2 = \sigma_{VAN 3}^2$						
$H_1: \sigma_{VAN 2}^2 \neq \sigma_{VAN 3}^2$						
Prueba F	7	7	0.59	0.498	0.60	0.514
Prueba de Levene	1	14	0.77	0.394	0.72	0.411
$H_0: \sigma_{VAN 1}^2 = \sigma_{VAN 3}^2$						
$H_1: \sigma_{VAN 1}^2 \neq \sigma_{VAN 3}^2$						
Prueba F	7	7	0.44	0.298	0.46	0.322
Prueba de Levene	1	14	1.81	0.200	1.64	0.221

*Nota.* VANE = valor actual neto económico, VANF = valor actual neto financiero, g/1 = grados de libertad del numerador, g/2 = grados de libertad del denominador, p = p-valor.

**Tabla 116**

*Pruebas de hipótesis de la igualdad de varianzas del valor actual neto con un cambio en la inversión del +10%*

Método	g/1	g/2	VANE		VANF	
			Estadístico de prueba	p	Estadístico de prueba	p
$H_0: \sigma_{VAN 1}^2 = \sigma_{VAN 2}^2$						
$H_1: \sigma_{VAN 1}^2 \neq \sigma_{VAN 2}^2$						
Prueba F	7	7	0.74	0.697	0.76	0.721
Prueba de Levene	1	14	0.28	0.606	0.23	0.636
$H_0: \sigma_{VAN 2}^2 = \sigma_{VAN 3}^2$						
$H_1: \sigma_{VAN 2}^2 \neq \sigma_{VAN 3}^2$						
Prueba F	7	7	0.57	0.482	0.59	0.502
Prueba de Levene	1	14	0.83	0.377	0.76	0.398
$H_0: \sigma_{VAN 1}^2 = \sigma_{VAN 3}^2$						
$H_1: \sigma_{VAN 1}^2 \neq \sigma_{VAN 3}^2$						
Prueba F	7	7	0.42	0.279	0.45	0.308
Prueba de Levene	1	14	1.95	0.185	1.74	0.209

*Nota.* VANE = valor actual neto económico, VANF = valor actual neto financiero, g/1 = grados de libertad del numerador, g/2 = grados de libertad del denominador, p = p-valor.

**Tabla 117**

*Pruebas de hipótesis de la igualdad de varianzas del valor actual neto con un cambio en la inversión del +20%*

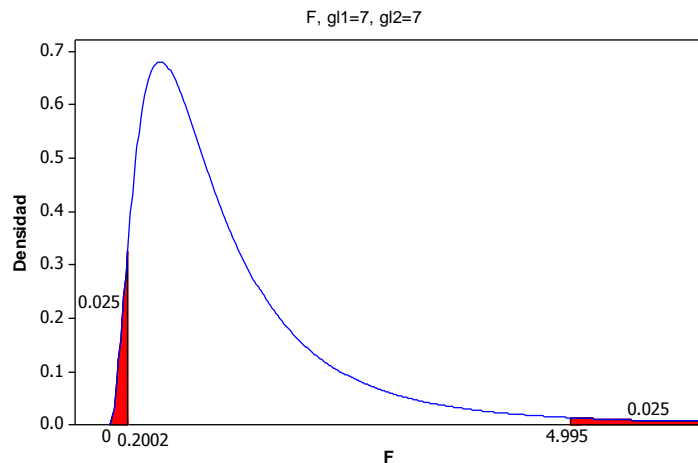
Método	g/1	g/2	VANE		VANF	
			Estadístico de prueba	p	Estadístico de prueba	p
$H_0: \sigma_{VAN 1}^2 = \sigma_{VAN 2}^2$						
$H_1: \sigma_{VAN 1}^2 \neq \sigma_{VAN 2}^2$						
Prueba F	7	7	0.73	0.683	0.75	0.712
Prueba de Levene	1	14	0.31	0.589	0.25	0.624
$H_0: \sigma_{VAN 2}^2 = \sigma_{VAN 3}^2$						
$H_1: \sigma_{VAN 2}^2 \neq \sigma_{VAN 3}^2$						
Prueba F	7	7	0.56	0.466	0.58	0.490
Prueba de Levene	1	14	0.89	0.361	0.80	0.385
$H_0: \sigma_{VAN 1}^2 = \sigma_{VAN 3}^2$						
$H_1: \sigma_{VAN 1}^2 \neq \sigma_{VAN 3}^2$						
Prueba F	7	7	0.41	0.260	0.43	0.294
Prueba de Levene	1	14	2.10	0.170	1.84	0.197

*Nota.* VANE = valor actual neto económico, VANF = valor actual neto financiero, g/1 = grados de libertad del numerador, g/2 = grados de libertad del denominador, p = p-valor.

El valor crítico  $F(0.05,7,7)$  de la cola superior (Montgomery, 2016) a un  $\alpha/2 = 0.025$ , con 7 grados de libertad en el numerador (g/1) y 7 grados de libertad en el denominador (g/2) es de 4.99 (ver APENDICE E - Tabla E2), y el valor crítico  $F(7,7)$  de la cola inferior (Montgomery, 2016) a un  $\alpha/2 = 0.025$ , es de 0.2002, por lo tanto como los valores de los estadístico de prueba F de la Tabla 113 a la Tabla 117 están dentro del rango [0.2002, 4.995] (ver Figura 52) se confirman los resultados de los valores p y no se rechaza  $H_0$ , de la igualdad de varianzas  $H_0: \sigma_{VAN 1}^2 = \sigma_{VAN 2}^2$ ,  $H_0: \sigma_{VAN 2}^2 = \sigma_{VAN 3}^2$  y  $H_0: \sigma_{VAN 1}^2 = \sigma_{VAN 3}^2$ .

**Figura 52**

*Función de densidad de probabilidad de la distribución F para la prueba de igualdad de varianzas*



El cálculo del valor crítico de la cola inferior (Montgomery, 2016) se realiza con la Ecuación (132) y resulta  $F_{0.975, 7, 7} = 1 / F_{0.025, 7, 7} = 1 / 4.99 = 0.2002$  (ver Figura 52).

$$F_{1-\alpha, gl1, gl2} = \frac{1}{F_{\alpha, gl2, gl1}} \quad (132)$$

Las pruebas de normalidad y de igualdad de varianzas del VAN confirman que se cumplen los supuestos para la prueba  $T$  de Student para la igualdad de medias de muestras pareadas.

Las hipótesis estadísticas de la igualdad de medias poblacionales del VAN también se puede representar como la diferencia igual a cero del VAN entre dos escenarios, tal como  $\mu_{VAN i} - \mu_{VAN j} = 0$  para todo  $i \neq j$ , entonces  $\mu_d = 0$  (ver sección 1.12.4.1 en la página 22).

Se compararon las medias del VAN entre los escenarios y se plantearon las siguientes hipótesis.

**DIFERENCIA DE MEDIAS DEL VALOR ACTUAL NETO ENTRE LOS ESCENARIOS 1 Y 2.** La hipótesis de la diferencia de medias del VAN igual a cero entre los ESCENARIOS 1 y 2 se presenta a continuación.

$$H_0: \mu_{VAN\ 1} - \mu_{VAN\ 2} = 0 \text{ ó } H_0: \mu_d = 0$$

$$H_1: \mu_{VAN\ 1} - \mu_{VAN\ 2} \neq 0 \text{ ó } H_1: \mu_d \neq 0$$

En la Tabla 118 se muestran los resultados de las pruebas de hipótesis de la diferencia de medias del VAN económico y financiero de los ESCENARIOS 1 y 2, con un  $\alpha = 0.05$  se tiene que el valor  $p < 0.05$ , lo que significa que hay evidencia estadística significativa para rechazar la hipótesis nula  $H_0$  y las medias del VANE y VANF son diferentes entre los dos escenarios.

**Tabla 118**

*Pruebas de hipótesis de la diferencia de medias del valor actual neto de los ESCENARIOS 1 y 2*

Variable respuesta	Estimación de la diferencia	95% IC de la diferencia	gl	t	p
Cambio en la inversión del -20%					
VANE	-622,026	(-903,179; -340,872)	7	-5.23	0.001
VANF	-677,860	(-984,137; -371,584)	7	-5.23	0.001
Cambio en la inversión del -10%					
VANE	-622,026	(-903,179; -340,872)	7	-5.23	0.001
VANF	-677,860	(-984,137; -371,584)	7	-5.23	0.001
Cambio en la inversión del 0%					
VANE	-622,026	(-903,179; -340,872)	7	-5.23	0.001
VANF	-677,860	(-984,137; -371,584)	7	-5.23	0.001
Cambio en la inversión del +10%					
VANE	-622,026	(-903,179; -340,872)	7	-5.23	0.001
VANF	-677,860	(-984,137; -371,584)	7	-5.23	0.001
Cambio en la inversión del +20%					
VANE	-622,026	(-903,179; -340,872)	7	-5.23	0.001
VANF	-677,860	(-984,137; -371,584)	7	-5.23	0.001

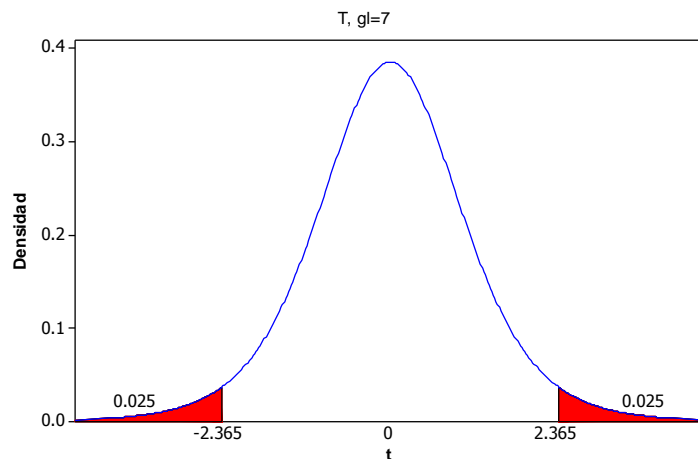
*Nota.* VANE = valor actual neto económico, VANF = valor actual neto financiero, *gl* = grados de libertad, *t* = *t*-valor, *p* = *p*-valor, IC = intervalo de confianza.



Según la Tabla 118 el estadístico de prueba  $t$  es igual a  $-5.23$  y se encuentra dentro de la región de rechazo que se observa en la Figura 53. El valor  $t$  con 7 grados de libertad a un  $\alpha = 0.025$  es igual a  $2.365$  y se obtiene del APENDICE E - Tabla E3.

**Figura 53**

*Función de densidad de probabilidad de la distribución T para la prueba de diferencia de medias del valor actual neto*



**DIFERENCIA DE MEDIAS DEL VALOR ACTUAL NETO ENTRE LOS ESCENARIOS 2 Y 3.** La hipótesis de la diferencia de medias del VAN igual a cero entre los ESCENARIOS 2 y 3 se presenta a continuación.

$$H_0: \mu_{VAN\ 2} - \mu_{VAN\ 3} = 0 \text{ ó } H_0: \mu_d = 0$$

$$H_1: \mu_{VAN\ 2} - \mu_{VAN\ 3} \neq 0 \text{ ó } H_1: \mu_d \neq 0$$

En la Tabla 119 se muestran los resultados de las pruebas de hipótesis de la diferencia de medias del VAN económico y financiero de los ESCENARIOS 2 y 3, con un  $\alpha = 0.05$  se tiene que el valor  $p < 0.05$ , lo que significa que hay evidencia estadística significativa para rechazar la hipótesis nula  $H_0$  y las medias del VANE y VANF son diferentes entre los dos escenarios. Lo anterior también se verifica con el estadístico de prueba  $t$  que se encuentra en la región de rechazo (ver Figura 53).

**Tabla 119**

*Pruebas de hipótesis de la diferencia de medias del valor actual neto de los ESCENARIOS 2 y 3*

Variable respuesta	Estimación de la diferencia	95% IC de la diferencia	gl	t	p
Cambio en la inversión del -20%					
VANE	-1,457,522	(-2,084,062; -830,982)	7	-5.50	0.001
VANF	-1,631,774	(-2,334,477; -929,071)	7	-5.49	0.001
Cambio en la inversión del -10%					
VANE	-1,457,522	(-2,084,062; -830,982)	7	-5.50	0.001
VANF	-1,631,774	(-2,334,477; -929,071)	7	-5.49	0.001
Cambio en la inversión del 0%					
VANE	-1,457,522	(-2,084,062; -830,982)	7	-5.50	0.001
VANF	-1,631,774	(-2,334,477; -929,071)	7	-5.49	0.001
Cambio en la inversión del +10%					
VANE	-1,457,522	(-2,084,062; -830,982)	7	-5.50	0.001
VANF	-1,631,774	(-2,334,477; -929,071)	7	-5.49	0.001
Cambio en la inversión del +20%					
VANE	-1,457,522	(-2,084,062; -830,982)	7	-5.50	0.001
VANF	-1,631,774	(-2,334,477; -929,071)	7	-5.49	0.001

*Nota.* VANE = valor actual neto económico, VANF = valor actual neto financiero, *gl* = grados de libertad, *t* = *t*-valor, *p* = *p*-valor, IC = intervalo de confianza.

**DIFERENCIA DE MEDIAS DEL VALOR ACTUAL NETO ENTRE LOS ESCENARIOS 1 Y 3.** La hipótesis de la diferencia de medias del VAN igual a cero entre los ESCENARIOS 1 y 3 se presenta a continuación.

$$H_0: \mu_{VAN\ 1} - \mu_{VAN\ 3} = 0 \text{ ó } H_0: \mu_d = 0$$

$$H_1: \mu_{VAN\ 1} - \mu_{VAN\ 3} \neq 0 \text{ ó } H_1: \mu_d \neq 0$$

En la Tabla 120 se muestran los resultados de las pruebas de hipótesis de la diferencia de medias del VAN económico y financiero de los ESCENARIOS 1 y 3, con un  $\alpha = 0.05$  se tiene que el valor  $p < 0.05$ , lo que significa que hay evidencia estadística significativa para rechazar la hipótesis nula  $H_0$  y las medias del VANE y VANF son diferentes entre los dos escenarios. Lo anterior también se verifica con el estadístico de prueba *t* que se encuentra en la región de rechazo (ver Figura 53).

**Tabla 120**

*Pruebas de hipótesis de la diferencia de medias del valor actual neto de los ESCENARIOS 1 y 3*

Variable respuesta	Estimación de la diferencia	95% IC de la diferencia	gl	t	p
Cambio en la inversión del -20%					
VANE	-2,079,548	(-2,985,277; -1,173,819)	7	-5.43	0.001
VANF	-2,309,635	(-3,316,340; -1,302,930)	7	-5.43	0.001
Cambio en la inversión del -10%					
VANE	-2,079,548	(-2,985,277; -1,173,819)	7	-5.43	0.001
VANF	-2,309,635	(-3,316,340; -1,302,930)	7	-5.43	0.001
Cambio en la inversión del 0%					
VANE	-2,079,548	(-2,985,277; -1,173,819)	7	-5.43	0.001
VANF	-2,309,635	(-3,316,340; -1,302,930)	7	-5.43	0.001
Cambio en la inversión del +10%					
VANE	-2,079,548	(-2,985,277; -1,173,819)	7	-5.43	0.001
VANF	-2,309,635	(-3,316,340; -1,302,930)	7	-5.43	0.001
Cambio en la inversión del +20%					
VANE	-2,079,548	(-2,985,277; -1,173,819)	7	-5.43	0.001
VANF	-2,309,635	(-3,316,340; -1,302,930)	7	-5.43	0.001

*Nota.* VANE = valor actual neto económico, VANF = valor actual neto financiero, *gl* = grados de libertad, *t* = *t*-valor, *p* = *p*-valor, IC = intervalo de confianza.

#### 4.3.1.1.2. PRUEBA NO PARAMÉTRICA DE IGUALDAD DE MEDIAS DEL VALOR ACTUAL NETO

La prueba no paramétrica que se utilizó es la de rangos con signo de Wilcoxon para muestras pareadas y se probó la siguiente hipótesis (ver sección 1.12.4.1 en la página 23):

$$H_0: \mu_d = 0$$

$$H_1: \mu_d \neq 0$$

donde  $\mu_d$  es la diferencia entre la media del VAN del ESCENARIO *i* y del VAN del ESCENARIO *j* para todo  $i \neq j$ .

El rango se determina numerando en orden ascendente los valores absolutos de la diferencia del VAN. En caso hayan más de dos diferencias iguales o empates, sus rangos son igual al promedio de ellos. Si la diferencia es cero, entonces se excluye de los rangos. Los signos se establecen de acuerdo al signo del resultado de las diferencias del VAN, tal como se presenta en la Tabla 121 a la Tabla 123.

**Tabla 121**

**Cálculo del rango y signo de las diferencias entre el valor actual neto de los ESCENARIOS 1 y 2**

PARTICIP. (%)	DIFERENCIA VANE 1 – VANE 2																									
	CAMBIO EN LA INVERSIÓN DEL -20%		CAMBIO EN LA INVERSIÓN DEL -10%		CAMBIO EN LA INVERSIÓN DEL 0%		CAMBIO EN LA INVERSIÓN DEL +10%		CAMBIO EN LA INVERSIÓN DEL +20%		CAMBIO EN LA INVERSIÓN DEL -20%		CAMBIO EN LA INVERSIÓN DEL -10%		CAMBIO EN LA INVERSIÓN DEL 0%		CAMBIO EN LA INVERSIÓN DEL +10%		CAMBIO EN LA INVERSIÓN DEL +20%							
	DIFERENCIA	RANGO	DIFERENCIA	RANGO	DIFERENCIA	RANGO	DIFERENCIA	RANGO	DIFERENCIA	RANGO	DIFERENCIA	RANGO	DIFERENCIA	RANGO	DIFERENCIA	RANGO	DIFERENCIA	RANGO	DIFERENCIA	RANGO	DIFERENCIA	RANGO	DIFERENCIA	RANGO	DIFERENCIA	RANGO
0.25	-132,482	1	-132,482	1	-132,482	1	-132,482	1	-132,482	1	-132,482	1	-132,482	1	-132,482	1	-132,482	1	-132,482	1	-132,482	1	-132,482	1	-132,482	1
0.50	-279,526	2	-279,526	2	-279,526	2	-279,526	2	-279,526	2	-279,526	2	-279,526	2	-279,526	2	-279,526	2	-279,526	2	-279,526	2	-279,526	2	-279,526	2
0.75	-429,003	3	-429,003	3	-429,003	3	-429,003	3	-429,003	3	-429,003	3	-429,003	3	-429,003	3	-429,003	3	-429,003	3	-429,003	3	-429,003	3	-429,003	3
1.00	-530,056	4	-530,056	4	-530,056	4	-530,056	4	-530,056	4	-530,056	4	-530,056	4	-530,056	4	-530,056	4	-530,056	4	-530,056	4	-530,056	4	-530,056	4
1.25	-687,394	5	-687,394	5	-687,394	5	-687,394	5	-687,394	5	-687,394	5	-687,394	5	-687,394	5	-687,394	5	-687,394	5	-687,394	5	-687,394	5	-687,394	5
1.50	-869,407	6	-869,407	6	-869,407	6	-869,407	6	-869,407	6	-869,407	6	-869,407	6	-869,407	6	-869,407	6	-869,407	6	-869,407	6	-869,407	6	-869,407	6
1.75	-1,017,147	7	-1,017,147	7	-1,017,147	7	-1,017,147	7	-1,017,147	7	-1,017,147	7	-1,017,147	7	-1,017,147	7	-1,017,147	7	-1,017,147	7	-1,017,147	7	-1,017,147	7	-1,017,147	7
2.00	-1,031,191	8	-1,031,191	8	-1,031,191	8	-1,031,191	8	-1,031,191	8	-1,031,191	8	-1,031,191	8	-1,031,191	8	-1,031,191	8	-1,031,191	8	-1,031,191	8	-1,031,191	8	-1,031,191	8

PARTICIP. (%)	DIFERENCIA VANF 1 – VANF 2																									
	CAMBIO EN LA INVERSIÓN DEL -20%		CAMBIO EN LA INVERSIÓN DEL -10%		CAMBIO EN LA INVERSIÓN DEL 0%		CAMBIO EN LA INVERSIÓN DEL +10%		CAMBIO EN LA INVERSIÓN DEL +20%		CAMBIO EN LA INVERSIÓN DEL -20%		CAMBIO EN LA INVERSIÓN DEL -10%		CAMBIO EN LA INVERSIÓN DEL 0%		CAMBIO EN LA INVERSIÓN DEL +10%		CAMBIO EN LA INVERSIÓN DEL +20%							
	DIFERENCIA	RANGO	DIFERENCIA	RANGO	DIFERENCIA	RANGO	DIFERENCIA	RANGO	DIFERENCIA	RANGO	DIFERENCIA	RANGO	DIFERENCIA	RANGO	DIFERENCIA	RANGO	DIFERENCIA	RANGO	DIFERENCIA	RANGO	DIFERENCIA	RANGO	DIFERENCIA	RANGO	DIFERENCIA	RANGO
0.25	-144,514	1	-144,514	1	-144,514	1	-144,514	1	-144,514	1	-144,514	1	-144,514	1	-144,514	1	-144,514	1	-144,514	1	-144,514	1	-144,514	1	-144,514	1
0.50	-304,913	2	-304,913	2	-304,913	2	-304,913	2	-304,913	2	-304,913	2	-304,913	2	-304,913	2	-304,913	2	-304,913	2	-304,913	2	-304,913	2	-304,913	2
0.75	-467,495	3	-467,495	3	-467,495	3	-467,495	3	-467,495	3	-467,495	3	-467,495	3	-467,495	3	-467,495	3	-467,495	3	-467,495	3	-467,495	3	-467,495	3
1.00	-577,180	4	-577,180	4	-577,180	4	-577,180	4	-577,180	4	-577,180	4	-577,180	4	-577,180	4	-577,180	4	-577,180	4	-577,180	4	-577,180	4	-577,180	4
1.25	-749,145	5	-749,145	5	-749,145	5	-749,145	5	-749,145	5	-749,145	5	-749,145	5	-749,145	5	-749,145	5	-749,145	5	-749,145	5	-749,145	5	-749,145	5
1.50	-948,546	6	-948,546	6	-948,546	6	-948,546	6	-948,546	6	-948,546	6	-948,546	6	-948,546	6	-948,546	6	-948,546	6	-948,546	6	-948,546	6	-948,546	6
1.75	-1,109,909	7	-1,109,909	7	-1,109,909	7	-1,109,909	7	-1,109,909	7	-1,109,909	7	-1,109,909	7	-1,109,909	7	-1,109,909	7	-1,109,909	7	-1,109,909	7	-1,109,909	7	-1,109,909	7
2.00	-1,121,181	8	-1,121,181	8	-1,121,181	8	-1,121,181	8	-1,121,181	8	-1,121,181	8	-1,121,181	8	-1,121,181	8	-1,121,181	8	-1,121,181	8	-1,121,181	8	-1,121,181	8	-1,121,181	8

**Tabla 122**

**Cálculo del rango y signo de las diferencias entre el valor actual neto de los ESCENARIOS 2 y 3**

PARTICIP. (%)	DIFERENCIA VANE 2 – VANE 3																						
	CAMBIO EN LA INVERSIÓN DEL -20%		CAMBIO EN LA INVERSIÓN DEL -10%		CAMBIO EN LA INVERSIÓN DEL 0%		CAMBIO EN LA INVERSIÓN DEL +10%		CAMBIO EN LA INVERSIÓN DEL +20%		CAMBIO EN LA INVERSIÓN DEL -20%		CAMBIO EN LA INVERSIÓN DEL -10%		CAMBIO EN LA INVERSIÓN DEL 0%		CAMBIO EN LA INVERSIÓN DEL +10%		CAMBIO EN LA INVERSIÓN DEL +20%				
	DIFERENCIA	RANGO	DIFERENCIA	RANGO	DIFERENCIA	RANGO	DIFERENCIA	RANGO	DIFERENCIA	RANGO	DIFERENCIA	RANGO	DIFERENCIA	RANGO	DIFERENCIA	RANGO	DIFERENCIA	RANGO	DIFERENCIA	RANGO	DIFERENCIA	RANGO	
0.25	-379,585	1	-	-379,585	1	-	-379,585	1	-	-379,585	1	-	-379,585	1	-	-379,585	1	-	-379,585	1	-	-379,585	1
0.50	-711,054	2	-	-711,054	2	-	-711,054	2	-	-711,054	2	-	-711,054	2	-	-711,054	2	-	-711,054	2	-	-711,054	2
0.75	-1,004,002	3	-	-1,004,002	3	-	-1,004,002	3	-	-1,004,002	3	-	-1,004,002	3	-	-1,004,002	3	-	-1,004,002	3	-	-1,004,002	3
1.00	-1,312,209	4	-	-1,312,209	4	-	-1,312,209	4	-	-1,312,209	4	-	-1,312,209	4	-	-1,312,209	4	-	-1,312,209	4	-	-1,312,209	4
1.25	-1,598,170	5	-	-1,598,170	5	-	-1,598,170	5	-	-1,598,170	5	-	-1,598,170	5	-	-1,598,170	5	-	-1,598,170	5	-	-1,598,170	5
1.50	-1,894,701	6	-	-1,894,701	6	-	-1,894,701	6	-	-1,894,701	6	-	-1,894,701	6	-	-1,894,701	6	-	-1,894,701	6	-	-1,894,701	6
1.75	-2,190,633	7	-	-2,190,633	7	-	-2,190,633	7	-	-2,190,633	7	-	-2,190,633	7	-	-2,190,633	7	-	-2,190,633	7	-	-2,190,633	7
2.00	-2,569,821	8	-	-2,569,821	8	-	-2,569,821	8	-	-2,569,821	8	-	-2,569,821	8	-	-2,569,821	8	-	-2,569,821	8	-	-2,569,821	8

PARTICIP. (%)	DIFERENCIA VANF 2 – VANF 3																						
	CAMBIO EN LA INVERSIÓN DEL -20%		CAMBIO EN LA INVERSIÓN DEL -10%		CAMBIO EN LA INVERSIÓN DEL 0%		CAMBIO EN LA INVERSIÓN DEL +10%		CAMBIO EN LA INVERSIÓN DEL +20%		CAMBIO EN LA INVERSIÓN DEL -20%		CAMBIO EN LA INVERSIÓN DEL -10%		CAMBIO EN LA INVERSIÓN DEL 0%		CAMBIO EN LA INVERSIÓN DEL +10%		CAMBIO EN LA INVERSIÓN DEL +20%				
	DIFERENCIA	RANGO	DIFERENCIA	RANGO	DIFERENCIA	RANGO	DIFERENCIA	RANGO	DIFERENCIA	RANGO	DIFERENCIA	RANGO	DIFERENCIA	RANGO	DIFERENCIA	RANGO	DIFERENCIA	RANGO	DIFERENCIA	RANGO	DIFERENCIA	RANGO	
0.25	-423,283	1	-	-423,283	1	-	-423,283	1	-	-423,283	1	-	-423,283	1	-	-423,283	1	-	-423,283	1	-	-423,283	1
0.50	-793,881	2	-	-793,881	2	-	-793,881	2	-	-793,881	2	-	-793,881	2	-	-793,881	2	-	-793,881	2	-	-793,881	2
0.75	-1,123,175	3	-	-1,123,175	3	-	-1,123,175	3	-	-1,123,175	3	-	-1,123,175	3	-	-1,123,175	3	-	-1,123,175	3	-	-1,123,175	3
1.00	-1,469,003	4	-	-1,469,003	4	-	-1,469,003	4	-	-1,469,003	4	-	-1,469,003	4	-	-1,469,003	4	-	-1,469,003	4	-	-1,469,003	4
1.25	-1,790,000	5	-	-1,790,000	5	-	-1,790,000	5	-	-1,790,000	5	-	-1,790,000	5	-	-1,790,000	5	-	-1,790,000	5	-	-1,790,000	5
1.50	-2,121,699	6	-	-2,121,699	6	-	-2,121,699	6	-	-2,121,699	6	-	-2,121,699	6	-	-2,121,699	6	-	-2,121,699	6	-	-2,121,699	6
1.75	-2,453,172	7	-	-2,453,172	7	-	-2,453,172	7	-	-2,453,172	7	-	-2,453,172	7	-	-2,453,172	7	-	-2,453,172	7	-	-2,453,172	7
2.00	-2,879,983	8	-	-2,879,983	8	-	-2,879,983	8	-	-2,879,983	8	-	-2,879,983	8	-	-2,879,983	8	-	-2,879,983	8	-	-2,879,983	8

**Tabla 123**

**Cálculo del rango y signo de las diferencias entre el valor actual neto de los ESCENARIOS 1 y 3**

PARTICIP. (%)	DIFERENCIA VANE 1 – VANE 3																							
	CAMBIO EN LA INVERSIÓN DEL –20%		CAMBIO EN LA INVERSIÓN DEL –10%		CAMBIO EN LA INVERSIÓN DEL 0%		CAMBIO EN LA INVERSIÓN DEL +10%		CAMBIO EN LA INVERSIÓN DEL +20%		CAMBIO EN LA INVERSIÓN DEL –20%		CAMBIO EN LA INVERSIÓN DEL –10%		CAMBIO EN LA INVERSIÓN DEL 0%		CAMBIO EN LA INVERSIÓN DEL +10%		CAMBIO EN LA INVERSIÓN DEL +20%					
	DIFERENCIA	RANGO	DIFERENCIA	RANGO	DIFERENCIA	RANGO	DIFERENCIA	RANGO	DIFERENCIA	RANGO	DIFERENCIA	RANGO	DIFERENCIA	RANGO	DIFERENCIA	RANGO	DIFERENCIA	RANGO	DIFERENCIA	RANGO	DIFERENCIA	RANGO		
0.25	-512,067	1	-512,067	1	-512,067	1	-512,067	1	-512,067	1	-512,067	1	-512,067	1	-512,067	1	-512,067	1	-512,067	1	-512,067	1	-512,067	1
0.50	-990,580	2	-990,580	2	-990,580	2	-990,580	2	-990,580	2	-990,580	2	-990,580	2	-990,580	2	-990,580	2	-990,580	2	-990,580	2	-990,580	2
0.75	-1,433,005	3	-1,433,005	3	-1,433,005	3	-1,433,005	3	-1,433,005	3	-1,433,005	3	-1,433,005	3	-1,433,005	3	-1,433,005	3	-1,433,005	3	-1,433,005	3	-1,433,005	3
1.00	-1,842,265	4	-1,842,265	4	-1,842,265	4	-1,842,265	4	-1,842,265	4	-1,842,265	4	-1,842,265	4	-1,842,265	4	-1,842,265	4	-1,842,265	4	-1,842,265	4	-1,842,265	4
1.25	-2,285,564	5	-2,285,564	5	-2,285,564	5	-2,285,564	5	-2,285,564	5	-2,285,564	5	-2,285,564	5	-2,285,564	5	-2,285,564	5	-2,285,564	5	-2,285,564	5	-2,285,564	5
1.50	-2,764,108	6	-2,764,108	6	-2,764,108	6	-2,764,108	6	-2,764,108	6	-2,764,108	6	-2,764,108	6	-2,764,108	6	-2,764,108	6	-2,764,108	6	-2,764,108	6	-2,764,108	6
1.75	-3,207,780	7	-3,207,780	7	-3,207,780	7	-3,207,780	7	-3,207,780	7	-3,207,780	7	-3,207,780	7	-3,207,780	7	-3,207,780	7	-3,207,780	7	-3,207,780	7	-3,207,780	7
2.00	-3,601,012	8	-3,601,012	8	-3,601,012	8	-3,601,012	8	-3,601,012	8	-3,601,012	8	-3,601,012	8	-3,601,012	8	-3,601,012	8	-3,601,012	8	-3,601,012	8	-3,601,012	8

PARTICIP. (%)	DIFERENCIA VANF 1 – VANF 3																							
	CAMBIO EN LA INVERSIÓN DEL –20%		CAMBIO EN LA INVERSIÓN DEL –10%		CAMBIO EN LA INVERSIÓN DEL 0%		CAMBIO EN LA INVERSIÓN DEL +10%		CAMBIO EN LA INVERSIÓN DEL +20%		CAMBIO EN LA INVERSIÓN DEL –20%		CAMBIO EN LA INVERSIÓN DEL –10%		CAMBIO EN LA INVERSIÓN DEL 0%		CAMBIO EN LA INVERSIÓN DEL +10%		CAMBIO EN LA INVERSIÓN DEL +20%					
	DIFERENCIA	RANGO	DIFERENCIA	RANGO	DIFERENCIA	RANGO	DIFERENCIA	RANGO	DIFERENCIA	RANGO	DIFERENCIA	RANGO	DIFERENCIA	RANGO	DIFERENCIA	RANGO	DIFERENCIA	RANGO	DIFERENCIA	RANGO	DIFERENCIA	RANGO	DIFERENCIA	RANGO
0.25	-567,797	1	-567,797	1	-567,797	1	-567,797	1	-567,797	1	-567,797	1	-567,797	1	-567,797	1	-567,797	1	-567,797	1	-567,797	1	-567,797	1
0.50	-1,098,794	2	-1,098,794	2	-1,098,794	2	-1,098,794	2	-1,098,794	2	-1,098,794	2	-1,098,794	2	-1,098,794	2	-1,098,794	2	-1,098,794	2	-1,098,794	2	-1,098,794	2
0.75	-1,590,670	3	-1,590,670	3	-1,590,670	3	-1,590,670	3	-1,590,670	3	-1,590,670	3	-1,590,670	3	-1,590,670	3	-1,590,670	3	-1,590,670	3	-1,590,670	3	-1,590,670	3
1.00	-2,046,182	4	-2,046,182	4	-2,046,182	4	-2,046,182	4	-2,046,182	4	-2,046,182	4	-2,046,182	4	-2,046,182	4	-2,046,182	4	-2,046,182	4	-2,046,182	4	-2,046,182	4
1.25	-2,539,145	5	-2,539,145	5	-2,539,145	5	-2,539,145	5	-2,539,145	5	-2,539,145	5	-2,539,145	5	-2,539,145	5	-2,539,145	5	-2,539,145	5	-2,539,145	5	-2,539,145	5
1.50	-3,070,245	6	-3,070,245	6	-3,070,245	6	-3,070,245	6	-3,070,245	6	-3,070,245	6	-3,070,245	6	-3,070,245	6	-3,070,245	6	-3,070,245	6	-3,070,245	6	-3,070,245	6
1.75	-3,563,081	7	-3,563,081	7	-3,563,081	7	-3,563,081	7	-3,563,081	7	-3,563,081	7	-3,563,081	7	-3,563,081	7	-3,563,081	7	-3,563,081	7	-3,563,081	7	-3,563,081	7
2.00	-4,001,164	8	-4,001,164	8	-4,001,164	8	-4,001,164	8	-4,001,164	8	-4,001,164	8	-4,001,164	8	-4,001,164	8	-4,001,164	8	-4,001,164	8	-4,001,164	8	-4,001,164	8

En la Tabla 124 se muestran los resultados de las pruebas de hipótesis de la diferencia igual a cero entre las medias del VAN económico y financiero de los ESCENARIOS 1 y 2 ( $i = 1 \wedge j = 2$ ), en donde el estadístico  $T$  es el menor valor entre las sumas de los rangos  $\Sigma R_+$  y  $\Sigma R_-$  y se compara con el valor crítico  $W$  de la prueba estadística  $T$  de rangos con signo de Wilcoxon (ver APÉNDICE E - Tabla E4). En este caso con  $n = 8$  y  $\alpha_{\text{dos-colas}} \leq 0.05$  se obtiene  $W = 3$  para todos los escenarios de cambio en la inversión, y al cumplirse que  $T \leq W$  se puede decir que hay suficiente evidencia estadística para rechazar  $H_0$  y las medias del VAN entre los ESCENARIOS 1 y 2 son diferentes.

**Tabla 124**

*Prueba de rangos con signo de Wilcoxon de la diferencia igual a cero entre las medias del valor actual neto de los ESCENARIOS 1 y 2*

Variable respuesta	$\Sigma R_+$	$\Sigma R_-$	$T$	$W$
Cambio en la inversión del -20%				
VANE	0	36	0	3
VANF	0	36	0	3
Cambio en la inversión del -10%				
VANE	0	36	0	3
VANF	0	36	0	3
Cambio en la inversión del 0%				
VANE	0	36	0	3
VANF	0	36	0	3
Cambio en la inversión del +10%				
VANE	0	36	0	3
VANF	0	36	0	3
Cambio en la inversión del +20%				
VANE	0	36	0	3
VANF	0	36	0	3

*Nota.* VANE = valor actual neto económico, VANF = valor actual neto financiero,  $\Sigma R_+$  = suma de rangos positivos,  $\Sigma R_-$  = suma de rangos negativos,  $T$  = estadístico  $T$ ,  $W$  = valor crítico de la prueba estadística  $T$  de rangos con signo de Wilcoxon.



En la Tabla 125 se muestran los resultados de las pruebas de hipótesis de la diferencia igual a cero entre las medias del VAN económico y financiero de los ESCENARIOS 2 y 3 ( $i = 2 \wedge j = 3$ ). Al igual que en los ESCENARIOS 1 y 2, en todos los escenarios de cambio en la inversión se cumple que  $T \leq W$  se puede decir que hay suficiente evidencia estadística para rechazar  $H_0$  y las medias del VAN entre los ESCENARIOS 2 y 3 son diferentes.

**Tabla 125**

*Prueba de rangos con signo de Wilcoxon de la diferencia igual a cero entre las medias del valor actual neto de los ESCENARIOS 2 y 3*

Variable respuesta	$\Sigma R_+$	$\Sigma R_-$	$T$	$W$
Cambio en la inversión del -20%				
VANE	0	36	0	3
VANF	0	36	0	3
Cambio en la inversión del -10%				
VANE	0	36	0	3
VANF	0	36	0	3
Cambio en la inversión del 0%				
VANE	0	36	0	3
VANF	0	36	0	3
Cambio en la inversión del +10%				
VANE	0	36	0	3
VANF	0	36	0	3
Cambio en la inversión del +20%				
VANE	0	36	0	3
VANF	0	36	0	3

*Nota.* VANE = valor actual neto económico, VANF = valor actual neto financiero,  $\Sigma R_+$  = suma de rangos positivos,  $\Sigma R_-$  = suma de rangos negativos,  $T$  = estadístico  $T$ ,  $W$  = valor crítico de la prueba estadística  $T$  de rangos con signo de Wilcoxon.

En la Tabla 126 se muestran los resultados de las pruebas de hipótesis de la diferencia igual a cero entre las medias del VAN económico y financiero de los ESCENARIOS 1 y 3 ( $i = 1 \wedge j = 3$ ). También se cumple en todos los escenarios de

cambio en la inversión que  $T \leq W$  y se puede decir que hay suficiente evidencia estadística para rechazar  $H_0$  y las medias del VAN entre los ESCENARIOS 1 y 3 son diferentes.

**Tabla 126**

*Prueba de rangos con signo de Wilcoxon de la diferencia igual a cero entre las medias del valor actual neto de los ESCENARIOS 1 y 3*

Variable respuesta	$\Sigma R_+$	$\Sigma R_-$	$T$	$W$
Cambio en la inversión del -20%				
VANE	0	36	0	3
VANF	0	36	0	3
Cambio en la inversión del -10%				
VANE	0	36	0	3
VANF	0	36	0	3
Cambio en la inversión del 0%				
VANE	0	36	0	3
VANF	0	36	0	3
Cambio en la inversión del +10%				
VANE	0	36	0	3
VANF	0	36	0	3
Cambio en la inversión del +20%				
VANE	0	36	0	3
VANF	0	36	0	3

*Nota.* VANE = valor actual neto económico, VANF = valor actual neto financiero,  $\Sigma R_+$  = suma de rangos positivos,  $\Sigma R_-$  = suma de rangos negativos,  $T$  = estadístico  $T$ ,  $W$  = valor crítico de la prueba estadística  $T$  de rangos con signo de Wilcoxon.

Estos resultados confirman los resultados de las pruebas paramétricas de la igualdad de medias del valor actual neto.

#### 4.3.1.2. PRUEBAS DE COMPARACIÓN DE MEDIAS DEL VALOR ABSOLUTO DEL ERROR DEL VALOR ACTUAL NETO

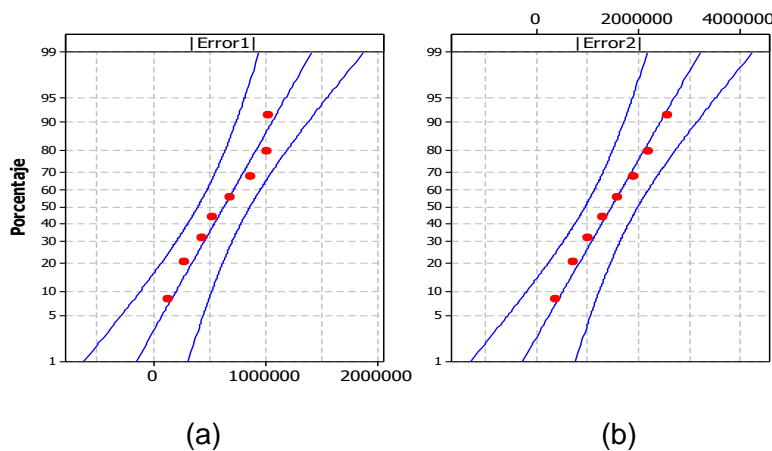
Las pruebas de comparación de medias del valor absoluto del error del valor actual neto permite probar la hipótesis que la implementación de un sistema de planeación de materiales mejora la toma de decisiones de inversión en un proyecto industrial pesquero y se utiliza la prueba paramétrica de  $T$  de Student para muestras pareadas (debe de cumplirse con el supuesto de normalidad) y la prueba no paramétrica de rangos con signo de Wilcoxon para muestras pareadas.

##### 4.3.1.2.1. PRUEBA PARAMÉTRICA DE COMPARACIÓN DE MEDIAS DEL VALOR ABSOLUTO DEL ERROR DEL VALOR ACTUAL NETO

Esta prueba requiere que se cumpla con el supuesto de normalidad y se utilizó la prueba de Anderson-Darling para el  $|Error 1|$  y  $|Error 2|$  con un nivel de confianza de 95%, tal como se muestra en la gráfica de probabilidad normal de la Figura 54 (a) y (b) respectivamente, cumpliendo con el supuesto de normalidad.

**Figura 54**

*Gráfica de probabilidad normal del valor absoluto del error del valor actual neto económico*



*Nota.* Panel (a): Gráfica de probabilidad normal del  $|Error 1|$ , Panel (b): Gráfica de probabilidad normal del  $|Error 2|$ ,  $|Error 1| = |VANE 2 - VANE 1|$ ,  $|Error 2| = |VANE 2 - VANE 3|$ .

Además de la prueba de Anderson-Darling, también se utilizaron las pruebas de Ryan-Joiner y Kolmogorov-Smirnov para la prueba de normalidad como se muestra en la Tabla 127. Con un  $\alpha = 0.05$  se obtuvieron valores de  $p > 0.05$ , lo que significa que no hay evidencia estadística para rechazar la hipótesis nula  $H_0$  y el  $|Error 1|$  y  $|Error 2|$  siguen una distribución normal  $N(\mu, \sigma^2)$ .

**Tabla 127**

*Prueba de normalidad del valor absoluto del error del valor actual neto económico*

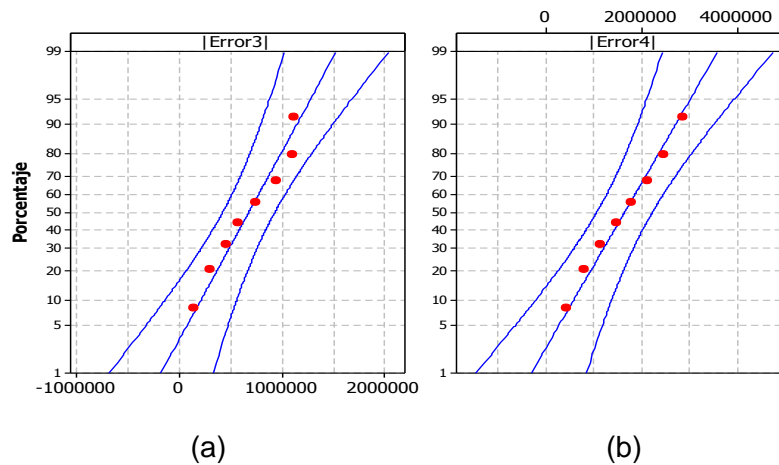
Método	N	Estadístico de prueba	$p$
$ Error 1 $			
Anderson-Darling	8	0.215	0.767
Ryan-Joiner	8	0.981	>0.100
Kolmogorov-Smirnov	8	0.144	>0.150
$ Error 2 $			
Anderson-Darling	8	0.118	0.980
Ryan-Joiner	8	0.997	>0.100
Kolmogorov-Smirnov	8	0.102	>0.150

*Nota.*  $|Error 1| = |VANE 2 - VANE 1|$ ,  $|Error 2| = |VANE 2 - VANE 3|$ , N = número de datos,  $p = p$ -valor.

Al igual que el  $|Error 1|$  y  $|Error 2|$  con el supuesto de normalidad, también se utilizó la prueba de Anderson-Darling para el  $|Error 3|$  y  $|Error 4|$  con un nivel de confianza de 95%, tal como se muestra en la gráfica de probabilidad normal de la Figura 55 (a) y (b) respectivamente, cumpliendo con el supuesto de normalidad.

**Figura 55**

*Gráfica de probabilidad normal del valor absoluto del error del valor actual neto financiero*



*Nota.* Panel (a): Gráfica de probabilidad normal del  $|Error\ 3|$ , Panel (b): Gráfica de probabilidad normal del  $|Error\ 4|$ ,  $|Error\ 3| = |VANF\ 2 - VANF\ 1|$ ,  $|Error\ 4| = |VANF\ 2 - VANF\ 3|$ .

Al igual que el  $|Error\ 1|$  y  $|Error\ 2|$ , también se utilizaron para el  $|Error\ 3|$  y  $|Error\ 4|$  las pruebas de Ryan-Joiner y Kolmogorov-Smirnov para la prueba de normalidad como se muestran en la Tabla 128. Con un  $\alpha = 0.05$  se obtuvieron valores de  $p > 0.05$ , lo que significa que no hay evidencia significativa para rechazar la hipótesis nula  $H_0$  y el  $|Error\ 3|$  y  $|Error\ 4|$  siguen una distribución normal  $N(\mu, \sigma^2)$ .

**Tabla 128***Prueba de normalidad del valor absoluto del error del valor actual neto financiero*

Método	N	Estadístico de prueba	<i>p</i>
<i> Error 3 </i>			
Anderson-Darling	8	0.219	0.754
Ryan-Joiner	8	0.981	>0.100
Kolmogorov-Smirnov	8	0.145	>0.150
<i> Error 4 </i>			
Anderson-Darling	8	0.118	0.980
Ryan-Joiner	8	0.997	>0.100
Kolmogorov-Smirnov	8	0.102	>0.150

*Nota.*  $|Error\ 3| = |VANF\ 2 - VANF\ 1|$ ,  $|Error\ 4| = |VANF\ 2 - VANF\ 3|$ , N = número de datos,  $p = p$ -valor.

Los resultados de la prueba de hipótesis de la igualdad de varianzas  $H_0: \sigma_{|Error\ 1|}^2 = \sigma_{|Error\ 2|}^2$  nos da en la prueba  $F$  un valor  $p > 0.05$  y en la prueba de Levene un  $p < 0.05$  para un nivel de significancia  $\alpha = 0.05$ , podría indicar una contradicción en los resultados, pero si consideramos que los errores siguen una distribución normal, entonces el resultado a seguir es el de la prueba  $F$  y como es mayor al valor  $\alpha$  entonces hay evidencia estadística para aceptar la hipótesis nula y aceptar que  $\sigma_{|Error\ 1|}^2 = \sigma_{|Error\ 2|}^2$  (ver Tabla 129).

En la misma Tabla 129 para la prueba de igualdad de varianzas  $H_0: \sigma_{|Error\ 3|}^2 = \sigma_{|Error\ 4|}^2$ , los resultados de la prueba  $F$  y de Levene nos da valores  $p < 0.05$ , lo que significa que hay evidencia estadística para rechazar la hipótesis nula y decir que  $\sigma_{|Error\ 3|}^2 \neq \sigma_{|Error\ 4|}^2$ .

**Tabla 129**

*Pruebas de hipótesis de la igualdad de varianzas del valor absoluto de los errores del valor actual neto*

Método	g/1	g/2	Estadístico de prueba	p
$H_0: \sigma_{ Error\ 1 }^2 = \sigma_{ Error\ 2 }^2$				
$H_1: \sigma_{ Error\ 1 }^2 \neq \sigma_{ Error\ 2 }^2$				
Prueba F	7	7	0.20	0.051
Prueba de Levene	1	14	5.13	0.040
$H_0: \sigma_{ Error\ 3 }^2 = \sigma_{ Error\ 4 }^2$				
$H_1: \sigma_{ Error\ 3 }^2 \neq \sigma_{ Error\ 4 }^2$				
Prueba F	7	7	0.19	0.044
Prueba de Levene	1	14	5.42	0.035

*Nota.*  $|Error\ 1| = |VANE\ 2 - VANE\ 1|$ ,  $|Error\ 2| = |VANE\ 2 - VANE\ 3|$ ,  $|Error\ 3| = |VANF\ 2 - VANF\ 1|$ ,  $|Error\ 4| = |VANF\ 2 - VANF\ 3|$ .

Las pruebas de normalidad del  $|Error\ i|$ , donde  $i = 1, \dots, 4$ , confirma que se cumple el supuesto de la prueba  $T$  de Student para la igualdad de medias de muestras pareadas.

En la Tabla 130 se muestran los resultados de la prueba  $T$  de Student para las hipótesis de las diferencias de medias y se observa que  $p < 0.05$  a un nivel de significancia  $\alpha = 0.05$ , por lo tanto hay evidencia estadística para rechazar las hipótesis nulas y aceptar las hipótesis alternantes  $H_1: \mu_{|Error\ 1|} - \mu_{|Error\ 2|} < 0$  y  $H_1: \mu_{|Error\ 3|} - \mu_{|Error\ 4|} < 0$ , esto quiere decir que  $\mu_{|Error\ 1|} < \mu_{|Error\ 2|}$  y  $\mu_{|Error\ 3|} < \mu_{|Error\ 4|}$ .

**Tabla 130**

*Pruebas de hipótesis de la diferencia de medias del valor absoluto de los errores del valor actual neto*

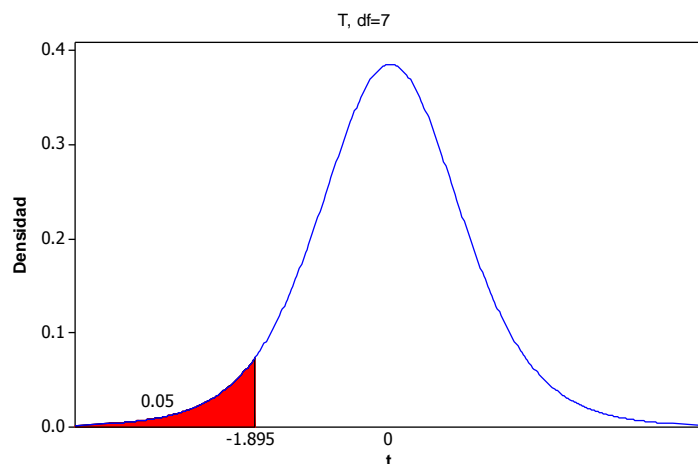
Método	gl	Estadístico de prueba	p-valor
$H_0: \mu_{ Error\ 1 } - \mu_{ Error\ 2 } \geq 0$			
$H_1: \mu_{ Error\ 1 } - \mu_{ Error\ 2 } < 0$			
Prueba T	7	-5.64	0.000
$H_0: \mu_{ Error\ 3 } - \mu_{ Error\ 4 } \geq 0$			
$H_1: \mu_{ Error\ 3 } - \mu_{ Error\ 4 } < 0$			
Prueba T	7	-5.61	0.000

*Nota.*  $|Error\ 1| = |VANE\ 2 - VANE\ 1|$ ,  $|Error\ 2| = |VANE\ 2 - VANE\ 3|$ ,  $|Error\ 3| = |VANF\ 2 - VANF\ 1|$ ,  $|Error\ 4| = |VANF\ 2 - VANF\ 3|$ .

Según la Tabla 130 el estadístico de prueba  $t$  se encuentra dentro de la región de rechazo, tal como se muestra en la Figura 56.

**Figura 56**

*Función de densidad de probabilidad de la distribución T para la prueba de diferencia de medias del valor absoluto de los errores del valor actual neto*





#### 4.3.1.2.2. PRUEBA NO PARAMÉTRICA DE COMPARACIÓN DE MEDIAS DEL VALOR ABSOLUTO DEL ERROR DEL VALOR ACTUAL NETO

La prueba no paramétrica que se utilizó es la de rangos con signo de Wilcoxon para muestras pareadas y se probó la siguiente hipótesis (ver sección 1.12.4.1 en la página 23):

$$H_0: \mu_d \geq 0$$

$$H_1: \mu_d < 0$$

donde  $\mu_d$  es la diferencia entre la media del  $|Error\ i|$  y del  $|Error\ j|$  para todo  $i \neq j$ .

El rango se determina numerando en orden ascendente los valores absolutos de la diferencia del  $|Error\ i|$  y  $|Error\ j|$ . En caso hayan más de dos diferencias iguales o empates, sus rangos son igual al promedio de ellos. Si la diferencia es cero, entonces se excluye de los rangos. Los signos se establecen de acuerdo al signo del resultado de las diferencias del VAN, tal como se presenta en la Tabla 131 y Tabla 132.

**Tabla 131**

*Cálculo del rango y signo del valor absoluto de los errores del valor actual neto económico*

PARTICIP. (%)	$ Error\ 1  -  Error\ 2 $		
	DIFERENCIA	RANGO	SIGNO
0.25	-247,103	1	-
0.50	-431,528	2	-
0.75	-574,999	3	-
1.00	-782,153	4	-
1.25	-910,776	5	-
1.50	-1,025,294	6	-
1.75	-1,173,486	7	-
2.00	-1,538,630	8	-

*Nota.*  $|Error\ 1| = |VANE\ 2 - VANE\ 1|$ ,  $|Error\ 2| = |VANE\ 2 - VANE\ 3|$ .

**Tabla 132**

*Cálculo del rango y signo del valor absoluto de los errores del valor actual neto financiero*

PARTICIP. (%)	Error 3  –  Error 4		
	DIFERENCIA	RANGO	SIGNO
0.25	-278,769	1	–
0.50	-488,968	2	–
0.75	-655,680	3	–
1.00	-891,823	4	–
1.25	-1,040,855	5	–
1.50	-1,173,153	6	–
1.75	-1,343,263	7	–
2.00	-1,758,802	8	–

*Nota.* |Error 3| = |VANF 2 – VANF 1|, |Error 4| = |VANF 2 – VANF 3|.

En la Tabla 133 se muestran los resultados de las pruebas de rangos con signo de Wilcoxon de la diferencia entre las medias del valor absoluto de los errores del valor actual neto, en donde el estadístico  $T$  es el menor valor entre las sumas de los rangos  $\Sigma R_+$  y  $\Sigma R_-$  y se compara con el valor crítico  $W$  de la prueba estadística  $T$  de rangos con signo de Wilcoxon (ver APÉNDICE E - Tabla E4). En este caso con  $n = 8$  y  $\alpha_{\text{una-cola}} \leq 0.05$  se obtiene  $W = 5$ , y como  $T \leq W$  se puede decir que hay evidencia estadística para rechazar  $H_0$  y se acepta que  $\mu_{|Error\ 1|} < \mu_{|Error\ 2|}$  y  $\mu_{|Error\ 3|} < \mu_{|Error\ 4|}$ , corroborando los resultados de la prueba paramétrica de  $T$  de Student para muestras pareadas.

**Tabla 133**

*Prueba de rangos con signo de Wilcoxon de la diferencia entre las medias del valor absoluto de los errores del valor actual neto*

Variable respuesta	$\Sigma R_+$	$\Sigma R_-$	$T$	$W$
	$ Error\ 1  -  Error\ 2 $			
VANE	0	36	0	5
	$ Error\ 3  -  Error\ 4 $			
VANF	0	36	0	5

*Nota.*  $|Error\ 1| = |VANE\ 2 - VANE\ 1|$ ,  $|Error\ 2| = |VANE\ 2 - VANE\ 3|$ ,  $|Error\ 3| = |VANF\ 2 - VANF\ 1|$ ,  $|Error\ 4| = |VANF\ 2 - VANF\ 3|$ .

#### **4.3.2. PRUEBAS DE COMPARACIÓN DE VARIANZAS**

Se realizaron dos pruebas de comparación de varianzas, las paramétricas con las pruebas  $F$  de Fisher-Snedecor y Morgan-Pitman, y la no paramétrica con la prueba de Levene.

La hipótesis a probar es la comparación de varianzas del valor absoluto del error del VAN:

$$H_0: \sigma_{|Error\ i|}^2 \geq \sigma_{|Error\ j|}^2$$

$$H_1: \sigma_{|Error\ i|}^2 < \sigma_{|Error\ j|}^2$$

donde  $\sigma_{|Error\ i|}^2$  es el valor absoluto del error del VAN del ESCENARIO  $i$  y  $\sigma_{|Error\ j|}^2$  es el valor absoluto del error del VAN del ESCENARIO  $j$  para todo  $i \neq j$ .

##### **4.3.2.1. PRUEBA PARAMÉTRICA DE COMPARACIÓN DE VARIANZAS**

Las pruebas paramétricas utilizadas fueron la prueba  $F$  de Fisher-Snedecor y la prueba de Morgan-Pitman.

**PRUEBA F DE FISHER-SNEDECOR.** En la prueba  $F$  se plantearon las siguientes hipótesis para el VANE:

$$H_0: \sigma_{|Error\ 1|}^2 \geq \sigma_{|Error\ 2|}^2$$

$$H_1: \sigma_{|Error\ 1|}^2 < \sigma_{|Error\ 2|}^2$$

donde  $\sigma_{|Error\ 1|}^2$  es la varianza del valor absoluto de la diferencia del VANE entre el ESCENARIO 2 y 1 y  $\sigma_{|Error\ 2|}^2$  es la varianza del valor absoluto de la diferencia del VANE entre el ESCENARIO 2 y 3.

Para el VANF se plantearon las siguientes hipótesis:

$$H_0: \sigma_{|Error\ 3|}^2 \geq \sigma_{|Error\ 4|}^2$$

$$H_1: \sigma_{|Error\ 3|}^2 < \sigma_{|Error\ 4|}^2$$

donde  $\sigma_{|Error\ 3|}^2$  es la varianza del valor absoluto de la diferencia del VANF entre el ESCENARIO 2 y 1 y  $\sigma_{|Error\ 4|}^2$  es la varianza del valor absoluto de la diferencia del VANF entre el ESCENARIO 2 y 3.

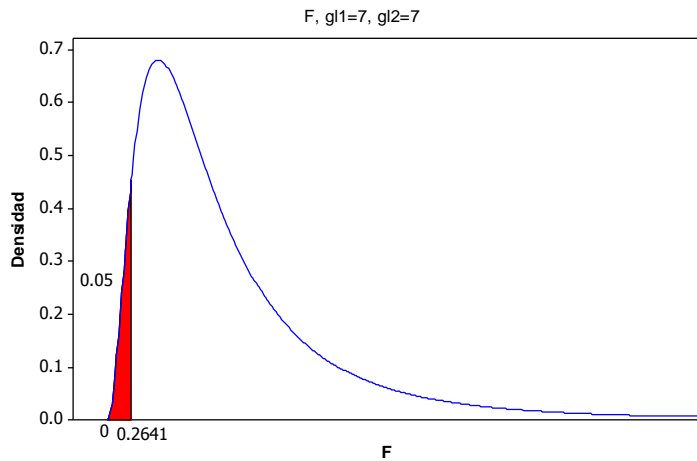
La prueba  $F$  requiere que se cumplan los supuestos de normalidad e igualdad de varianzas de  $|Error\ 1|$ ,  $|Error\ 2|$ ,  $|Error\ 3|$  y  $|Error\ 4|$ , las cuales fueron probadas y cumplen con el supuesto de normalidad (ver sección 4.3.1.2.1 en la página 214).

En la función de densidad de probabilidad de la distribución  $F$  de la Figura 57 con 7 grados de libertad del numerador ( $g/1$ ) y 7 grados de libertad del denominador ( $g/2$ ), se muestra la cola a la izquierda sombreada de rojo y que representa el nivel de significancia  $\alpha = 0.05$  y un valor de  $F = 0.2641$ .

El valor  $F = 0.2641$  de cola a la izquierda se calcula con la Ecuación (132) como  $F(0.95,7,7) = 1 / F(0.05,7,7) = 1 / 3.79 = 0.2641$ . El valor  $F(0.05,7,7) = 3.79$  se obtiene del APÉNDICE E - Tabla E1.

**Figura 57**

*Función de densidad de probabilidad de la distribución F para la prueba de comparación de varianzas*



El resultado de la prueba  $F$  se presenta en la Tabla 134 y el estadístico de prueba es menor que  $F = 0.2641$  por lo que existe evidencia estadística para rechazar la hipótesis nula  $H_0$  y se puede decir que  $\sigma_{|Error\ 1|}^2 < \sigma_{|Error\ 2|}^2$  y  $\sigma_{|Error\ 3|}^2 < \sigma_{|Error\ 4|}^2$ . El  $p$ -valor también lo confirma porque  $p < 0.05$  y se rechaza la hipótesis nula  $H_0$ .

**Tabla 134***Pruebas paramétricas de comparación de varianzas*

Método	g/1	g/2	Estadístico de prueba	p-valor
$H_0: \sigma_{ Error\ 1 }^2 \geq \sigma_{ Error\ 2 }^2$				
$H_1: \sigma_{ Error\ 1 }^2 < \sigma_{ Error\ 2 }^2$				
Prueba F	7	7	0.20	0.025
$H_0: \sigma_{ Error\ 3 }^2 \geq \sigma_{ Error\ 4 }^2$				
$H_1: \sigma_{ Error\ 3 }^2 < \sigma_{ Error\ 4 }^2$				
Prueba F	7	7	0.19	0.022

*Nota.*  $|Error\ 1| = |VANE\ 2 - VANE\ 1|$ ,  $|Error\ 2| = |VANE\ 2 - VANE\ 3|$ ,  $|Error\ 3| = |VANF\ 2 - VANF\ 1|$ ,  $|Error\ 4| = |VANF\ 2 - VANF\ 3|$ ,  $g/1$  = grados de libertad entre grupos o del numerador,  $g/2$  = grados de libertad dentro de grupos o del denominador.

**PRUEBA DE MORGAN-PITMAN.** Esta prueba paramétrica es para comparar las varianzas para muestras dependientes o pareadas.

Primero se prueba la dependencia con la prueba de correlación de Pearson. Las hipótesis para la prueba de correlación de Pearson son:

$H_0: \rho = 0$  (no hay dependencia)

$H_1: \rho \neq 0$  (hay dependencia)

En la Tabla 135 se observan los resultados de la prueba de correlación de Pearson para probar la existencia de correlación entre el  $|Error\ 1|$  y  $|Error\ 2|$ , y el  $|Error\ 3|$  y  $|Error\ 4|$ .

**Tabla 135***Prueba de correlación de Pearson*

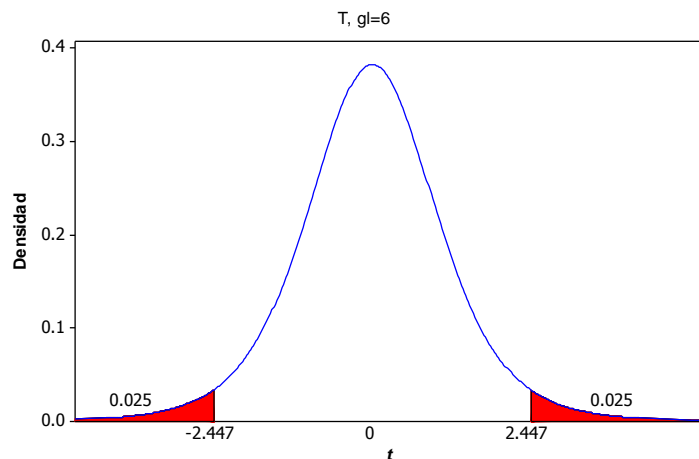
Método	<i>n</i>	<i>gl</i>	<i>r</i>	<i>T</i>	<i>t</i>	<i>p</i>
$H_0: \sigma_{ Error\ 1 }^2 = \sigma_{ Error\ 2 }^2$						
$H_1: \sigma_{ Error\ 1 }^2 \neq \sigma_{ Error\ 2 }^2$						
Prueba <i>T</i>	8	6	0.990	17.092	2.447	0.000
$H_0: \sigma_{ Error\ 3 }^2 = \sigma_{ Error\ 4 }^2$						
$H_1: \sigma_{ Error\ 3 }^2 \neq \sigma_{ Error\ 4 }^2$						
Prueba <i>T</i>	8	6	0.989	16.648	2.447	0.000

*Nota.*  $|Error\ 1| = |VANE\ 2 - VANE\ 1|$ ,  $|Error\ 2| = |VANE\ 2 - VANE\ 3|$ ,  $|Error\ 3| = |VANF\ 2 - VANF\ 1|$ ,  $|Error\ 4| = |VANF\ 2 - VANF\ 3|$ , *n* = número de pares, *gl* = grados de libertad, *r* = coeficiente de correlación de Pearson, *T* = estadístico de prueba, *t* = *t*-valor, *p* = *p*-valor.

De acuerdo a los resultados de la Tabla 135, se observa que el valor absoluto del estadístico de prueba *T* es mayor al *t*-valor (ver Figura 58) con lo que se rechaza la hipótesis  $H_0$  a un  $\alpha = 0.05$  y hay suficiente evidencia estadística para decir que hay relación de dependencia entre el  $|Error\ 1|$  y  $|Error\ 2|$ , y el  $|Error\ 3|$  y  $|Error\ 4|$ . El *p*-valor también lo corrobora por ser menor a  $\alpha = 0.05$ .

**Figura 58**

*Función de densidad de probabilidad de la distribución T para la prueba de correlación de Pearson*



Si las hipótesis para la prueba de comparar las varianzas se plantean como  $H_0: \sigma_i^2 \geq \sigma_j^2$  y  $H_1: \sigma_i^2 < \sigma_j^2$ , entonces para la prueba de Morgan-Pitman equivaldría a:

$$H_0: \rho_{uv} \geq 0$$

$$H_1: \rho_{uv} < 0$$

La demostración de las hipótesis alternas  $H_1: \sigma_i^2 < \sigma_j^2$  y  $H_1: \rho_{uv} < 0$  son equivalentes, se demuestra en el APÉNDICE B - Demostración B1.

Se calcularon  $U_i = X_{i1} - X_{i2}$  y  $V_i = X_{i1} + X_{i2}$  para el par  $i (U_i, V_i)$  tal como se presentan en la Tabla 136 y Tabla 137.



**Tabla 136***Cálculo de  $U_i$  y  $V_i$  para el |Error 1| y |Error 2|*

PARTICIPACIÓN (%)	Error 1	Error 2	$U_i$	$V_i$
0.25	132,482	379,585	-247,103	512,067
0.50	279,526	711,054	-431,528	990,580
0.75	429,003	1,004,002	-574,999	1,433,005
1.00	530,056	1,312,209	-782,153	1,842,265
1.25	687,394	1,598,170	-910,776	2,285,564
1.50	869,407	1,894,701	-1,025,294	2,764,108
1.75	1,017,147	2,190,633	-1,173,486	3,207,780
2.00	1,031,191	2,569,821	-1,538,630	3,601,012

Nota. |Error 1| = |VANE 2 – VANE 1|, |Error 2| = |VANE 2 – VANE 3|.

**Tabla 137***Cálculo de  $U_i$  y  $V_i$  para el |Error 3| y |Error 4|*

PARTICIPACIÓN (%)	Error 3	Error 4	$U_i$	$V_i$
0.25	144,514	423,283	-278,769	567,797
0.50	304,913	793,881	-488,968	1,098,794
0.75	467,495	1,123,175	-655,680	1,590,670
1.00	577,180	1,469,003	-891,823	2,046,183
1.25	749,145	1,790,000	-1,040,855	2,539,145
1.50	948,546	2,121,699	-1,173,153	3,070,245
1.75	1,109,909	2,453,172	-1,343,263	3,563,081
2.00	1,121,181	2,879,983	-1,758,802	4,001,164

Nota. |Error 3| = |VANF 2 – VANF 1|, |Error 4| = |VANF 2 – VANF 3|.

Los resultados de la prueba de Morgan-Pitman con un  $\alpha = 0.05$  se detalla en la Tabla 138 y se observa que  $T < t$  (ver Figura 59), por lo tanto hay suficiente evidencia estadística para rechazar  $H_0$  y se puede decir que  $\sigma_{|Error 1|}^2 < \sigma_{|Error 2|}^2$  y  $\sigma_{|Error 3|}^2 < \sigma_{|Error 4|}^2$ .

**Tabla 138**

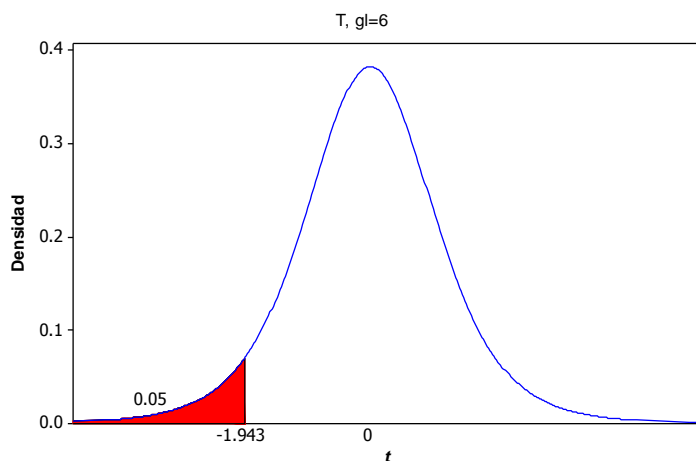
*Prueba de Morgan-Pitman*

Método	<i>n</i>	<i>gl</i>	<i>r</i>	<i>T</i>	<i>t</i>	<i>p</i>
$H_0: \sigma_{ Error\ 1 }^2 \geq \sigma_{ Error\ 2 }^2$						
$H_1: \sigma_{ Error\ 1 }^2 < \sigma_{ Error\ 2 }^2$						
Prueba <i>T</i>	8	6	-0.988	-15.365	-1.943	0.000
$H_0: \sigma_{ Error\ 3 }^2 \geq \sigma_{ Error\ 4 }^2$						
$H_1: \sigma_{ Error\ 3 }^2 < \sigma_{ Error\ 4 }^2$						
Prueba <i>T</i>	8	6	-0.988	-15.637	-1.943	0.000

*Nota.*  $|Error\ 1| = |VANE\ 2 - VANE\ 1|$ ,  $|Error\ 2| = |VANE\ 2 - VANE\ 3|$ ,  $|Error\ 3| = |VANF\ 2 - VANF\ 1|$ ,  $|Error\ 4| = |VANF\ 2 - VANF\ 3|$ , *n* = número de pares, *gl* = grados de libertad, *r* = coeficiente de correlación de Pearson, *T* = estadístico de prueba, *t* = *t*-valor, *p* = *p*-valor.

**Figura 59**

*Función de densidad de probabilidad de la distribución T para la prueba de Morgan-Pitman*



**4.3.2.2. PRUEBA NO PARAMÉTRICA DE COMPARACIÓN DE VARIANZAS**

La prueba no paramétrica de comparación de varianzas utilizada es la prueba de Levene y no requiere ningún supuesto.

En la Tabla 139 se presentan los resultados de las pruebas de hipótesis a un nivel de significancia  $\alpha = 0.05$  y se obtiene que el valor  $p < 0.05$  con lo que hay evidencia estadística para rechazar la hipótesis nula  $H_0$  y se puede decir que  $\sigma_{|Error\ 1|}^2 < \sigma_{|Error\ 2|}^2$  y  $\sigma_{|Error\ 3|}^2 < \sigma_{|Error\ 4|}^2$ .

**Tabla 139**

*Pruebas no paramétricas de comparación de varianzas*

Método	g/1	g/2	Estadístico de prueba	p
$H_0: \sigma_{ Error\ 1 }^2 \geq \sigma_{ Error\ 2 }^2$				
$H_1: \sigma_{ Error\ 1 }^2 < \sigma_{ Error\ 2 }^2$				
Prueba de Levene	1	14	5.13	0.020
$H_0: \sigma_{ Error\ 3 }^2 \geq \sigma_{ Error\ 4 }^2$				
$H_1: \sigma_{ Error\ 3 }^2 < \sigma_{ Error\ 4 }^2$				
Prueba de Levene	1	14	5.42	0.018

*Nota.*  $|Error\ 1| = |VANE\ 2 - VANE\ 1|$ ,  $|Error\ 2| = |VANE\ 2 - VANE\ 3|$ ,  $|Error\ 3| = |VANF\ 2 - VANF\ 1|$ ,  $|Error\ 4| = |VANF\ 2 - VANF\ 3|$ ,  $g/1$  = grados de libertad entre grupos o del numerador,  $g/2$  = grados de libertad dentro de grupos o del denominador,  $p$  =  $p$ -valor.

#### 4.4. DISCUSIÓN DE RESULTADOS

##### 4.4.1. DISCUSIÓN DE RESULTADOS DE LAS PRUEBAS ESTADÍSTICAS DE IGUALDAD DE MEDIAS DEL VALOR ACTUAL NETO

En la prueba paramétrica  $T$  de Student para la igualdad de medias de muestras pareadas se deben cumplir los supuestos de normalidad del VANE y VANF entre los escenarios. La prueba de normalidad de Ryan-Joiner de la Tabla 111, con un nivel de significancia  $\alpha = 0.05$ , nos muestra que el valor  $p > 0.100$ , significa que hay evidencia estadística para aceptar la hipótesis nula y se dice que el VANE sigue una distribución normal  $N(\mu, \sigma^2)$  a diferentes cambios en la inversión  $\Delta = 10\%$  en un rango de  $[-20\%, +20\%]$ . En la Tabla 112 se muestran los resultados de la prueba de normalidad de Ryan-Joiner para el VANF, y al igual que para el VANE, también

cumple con el supuesto de normalidad en cada escenario y cambios en la inversión porque el valor  $p > 0.100$ . En las pruebas de igualdad de varianzas del VAN con la prueba  $F$  de Fisher-Snedecor, con  $F(7, 7)$ , y la prueba de Levene, con  $F(1, 14)$ , se contrastan las siguientes hipótesis  $H_0: \sigma_{VAN 1}^2 = \sigma_{VAN 2}^2$ ,  $H_0: \sigma_{VAN 2}^2 = \sigma_{VAN 3}^2$  y  $H_0: \sigma_{VAN 1}^2 = \sigma_{VAN 3}^2$  a diferentes cambios de inversión  $\Delta = 10\%$  en el rango  $[-20\%, +20\%]$  y resultaron que el valor  $p > 0.05$  (ver Tabla 113 a la Tabla 117) por lo que hay evidencia estadística para aceptar las hipótesis nulas y afirmar que hay igualdad de varianzas entre el VAN de los escenarios.

Al cumplirse con los supuestos de normalidad del VAN, se utiliza la prueba  $T$  de Student para muestras pareadas y se contrasta las hipótesis nulas de las diferencias de medias del VAN entre los escenarios  $H_0: \mu_{VAN 1} - \mu_{VAN 2} = 0$ ,  $H_0: \mu_{VAN 2} - \mu_{VAN 3} = 0$  y  $H_0: \mu_{VAN 1} - \mu_{VAN 3} = 0$ , y se observa que el valor  $p < 0.05$  en las tres hipótesis por cada cambio en la inversión  $\Delta = 10\%$  dentro del rango  $[-20\%, +20\%]$  (ver Tabla 118 a la Tabla 120) y se obtiene que las medias del VANE y VANF de los tres escenarios son diferentes, es decir que vienen de diferentes poblaciones.

En la prueba no paramétrica de rangos con signo de Wilcoxon para muestras pareadas, para probar las medias del VANE y VANF entre los escenarios, también se prueban las hipótesis nulas  $H_0: \mu_{VAN 1} - \mu_{VAN 2} = 0$ ,  $H_0: \mu_{VAN 2} - \mu_{VAN 3} = 0$  y  $H_0: \mu_{VAN 1} - \mu_{VAN 3} = 0$ , es decir se pueden plantear las tres hipótesis como  $H_0: \mu_d = 0$ . Comparando el estadístico  $T$  y el valor crítico  $W$  de la prueba de rangos con signo de Wilcoxon, se observa en los resultados que el valor  $T < W$  en las tres hipótesis por cada cambio en la inversión  $\Delta = 10\%$  para el rango  $[-20\%, +20\%]$  (ver Tabla 124 a la Tabla 126). También se puede decir en esta prueba que las medias del VANE y VANF de los tres escenarios son diferentes, es decir que vienen de diferentes poblaciones, lo que corrobora los resultados de la prueba  $T$  de Student para muestras pareadas.

#### 4.4.2. DISCUSIÓN DE RESULTADOS DE LAS PRUEBAS ESTADÍSTICAS DE COMPARACIÓN DE MEDIAS DEL VALOR ABSOLUTO DEL ERROR DEL VALOR ACTUAL NETO

En la prueba paramétrica de comparación de medias del valor absoluto del error del valor actual neto se utiliza la prueba de Anderson-Darling para probar primero la normalidad del  $|Error\ 1|$  y  $|Error\ 2|$  (ver Figura 54), y del  $|Error\ 3|$  y  $|Error\ 4|$  (ver Figura 55), dando como resultado que siguen una distribución normal. También se utiliza para probar la normalidad las pruebas de Ryan-Joiner y Kolmogorov-Smirnov (ver Tabla 127 y Tabla 128) obteniéndose el mismo resultado que el de la prueba de Anderson-Darling. Por otro lado se demuestra en las pruebas de igualdad de varianzas, prueba  $F$  y de Levene, que  $\sigma_{|Error\ 1|}^2 = \sigma_{|Error\ 2|}^2$  y  $\sigma_{|Error\ 3|}^2 \neq \sigma_{|Error\ 4|}^2$  (ver Tabla 129).

Al demostrarse que el valor absoluto de los errores siguen una distribución normal, entonces se aplica la prueba  $T$  de Student para muestras pareadas y nos da como resultados que el valor  $p < 0.05$  para un  $\alpha = 0.05$ , lo que significa que hay evidencia estadística para rechazar las hipótesis nulas  $H_0: \mu_{|Error\ 1|} - \mu_{|Error\ 2|} \geq 0$  y  $H_0: \mu_{|Error\ 3|} - \mu_{|Error\ 4|} \geq 0$  y se aceptan las hipótesis alternantes  $H_1: \mu_{|Error\ 1|} - \mu_{|Error\ 2|} < 0$  y  $H_1: \mu_{|Error\ 3|} - \mu_{|Error\ 4|} < 0$ , es decir que  $\mu_{|Error\ 1|} < \mu_{|Error\ 2|}$  y  $\mu_{|Error\ 3|} < \mu_{|Error\ 4|}$  (ver Tabla 130).

En la prueba no paramétrica de rangos con signo de Wilcoxon para muestras pareadas se comparó las medias del valor absoluto del error del valor actual neto, se calcularon el estadístico  $T$  que es el menor valor entre la suma de los rangos  $\Sigma R_+$  y  $\Sigma R_-$  y comparando con el valor crítico  $W$  se obtuvo que  $T \leq W$  (ver Tabla 133), por lo que hay evidencia para rechazar  $H_0$  y se aceptan las hipótesis alternantes  $H_1$ , con lo que tenemos que  $\mu_{|Error\ 1|} < \mu_{|Error\ 2|}$  y  $\mu_{|Error\ 3|} < \mu_{|Error\ 4|}$ , lo que se confirman los resultados de la prueba  $T$  de Student para muestras pareadas.

#### 4.4.3. DISCUSIÓN DE RESULTADOS DE LAS PRUEBAS ESTADÍSTICAS DE COMPARACIÓN DE VARIANZAS DEL VALOR ABSOLUTO DE LOS ERRORES DEL VALOR ACTUAL NETO

Las pruebas de comparación de varianzas del valor absoluto del error del VAN entre escenarios se realizó con las pruebas paramétricas  $F$  de Fisher-Snedecor y prueba de Morgan-Pitman, y la prueba no paramétrica de Levene.

En la prueba paramétrica  $F$  de Fisher-Snedecor para comparar las varianzas, se probaron las hipótesis nulas  $H_0: \sigma_{|Error\ 1|}^2 \geq \sigma_{|Error\ 2|}^2$  y  $H_0: \sigma_{|Error\ 3|}^2 \geq \sigma_{|Error\ 4|}^2$ , en donde el  $|Error\ 1|$  es el valor absoluto de la diferencia del valor actual neto económico entre el ESCENARIO 2 y 1, el  $|Error\ 2|$  es el valor absoluto de la diferencia del valor actual neto económico entre el ESCENARIO 2 y 3, el  $|Error\ 3|$  es el valor absoluto de la diferencia del valor actual neto financiero entre el ESCENARIO 2 y 1 y el  $|Error\ 4|$  es el valor absoluto de la diferencia del valor actual neto financiero entre el ESCENARIO 2 y 3. Como requisito a la prueba  $F$ , se requiere hacer las pruebas de normalidad de Anderson-Darling, Ryan-Joiner y Kolmogorov-Smirnov de los valores absolutos de los errores del VAN a un nivel de significancia  $\alpha = 0.05$ , y se obtiene que el valor  $p > 0.05$  (ver Tabla 127 y Tabla 128), lo que quiere decir que siguen una distribución normal  $N(\mu, \sigma^2)$  y se puede aplicar la prueba  $F$ .

Los resultados de la prueba  $F(7, 7)$  con valores  $p < 0.05$  nos indica que hay evidencia estadística suficiente para rechazar las hipótesis nulas  $H_0$  y se aceptan las hipótesis alternantes  $H_1: \sigma_{|Error\ 1|}^2 < \sigma_{|Error\ 2|}^2$  y  $H_1: \sigma_{|Error\ 3|}^2 < \sigma_{|Error\ 4|}^2$  por lo que el valor absoluto de la diferencia del valor actual neto entre el ESCENARIO 2 y 1 es menor al valor absoluto de la diferencia del valor actual neto entre el ESCENARIO 2 y 3 (ver Tabla 134).

En la prueba paramétrica de Morgan-Pitman para comparar las varianzas para muestras dependientes o pareadas, se obtiene en la prueba de correlación de Pearson que el valor  $p < 0.05$  (ver Tabla 135) con lo que hay evidencia estadística para rechazar la hipótesis  $H_0: \rho = 0$  y se puede decir que hay dependencia entre  $|Error\ 1|$  y  $|Error\ 2|$ , y  $|Error\ 3|$  y  $|Error\ 4|$ . Una vez probada la dependencia entre los valores absolutos de los errores del VAN, se realiza la prueba de Morgan-Pitman

para contrastar la hipótesis  $H_0: \rho_{uv} \geq 0$  que equivale a  $H_0: \sigma_i^2 \geq \sigma_j^2$  y se tiene que  $p < 0.05$  (ver Tabla 138), lo que significa que hay evidencia estadística para rechazar la hipótesis nula y aceptar las hipótesis alternantes  $H_1: \sigma_{|Error\ 1|}^2 < \sigma_{|Error\ 2|}^2$  y  $H_1: \sigma_{|Error\ 3|}^2 < \sigma_{|Error\ 4|}^2$ , lo que se comprobaría los resultados de la prueba  $F$  de Fisher-Snedecor.

Aunque la prueba no paramétrica de Levene no es para muestras pareadas, también confirma los resultados de las pruebas paramétricas  $F$  y de Morgan-Pitman porque se obtienen valores  $p < 0.05$  y se aceptan las mismas hipótesis alternativas (ver Tabla 139).

## CONCLUSIONES

En la tesis doctoral se implementó un sistema de planeación de materiales que mejora la toma de decisiones de un proyecto de inversión industrial pesquero.

Lo más importante de la implementación del sistema de planeación de materiales fue probar que mejora la toma de decisiones al reducir la incertidumbre para el inversionista.

Lo que más ayudó al implementar el sistema de planeación de materiales en el proyecto de inversión industrial pesquero fue dividirlo en cuatro subsistemas utilizando una plantilla de MS Excel®: (a) pronóstico de la demanda, (b) plan agregado de producción (APP), (c) programa maestro de producción (MPS) y (d) plan de requerimientos de materiales (MRP). Estos subsistemas se interrelacionaron con el sistema económico y financiero del proyecto de inversión.

La dificultad que hubo en la tesis doctoral fue en la implementación del sistema de planeación de materiales en la plantilla de MS Excel® del proyecto de inversión, porque primero se construyó el modelo matemático de programación lineal del APP y del sistema MRP y luego se probó por ensayo y error las optimizaciones por cada escenario, las cuales fueron en total 16 corridas de optimización del APP y 960 del sistema MRP dando un tiempo total estimado de 8.13 horas en una laptop con procesador Intel Core i5 de segunda generación, 8 GB de memoria RAM y Windows 7 Professional de 64 bits como sistema operativo.

En los modelos de pronósticos, es importante diferenciar el análisis de los resultados del MAD y MAPE de los años 2010-2014 (datos históricos para el proyecto) con el de los años 2015-2019 (periodo futuro para el proyecto). Cuando se eligió como modelo de pronóstico el de descomposición de series de tiempo aditivo estacional para el ESCENARIO 1 fue porque obtuvo el menor MAD y MAPE



de los años 2010-2014, dejando de lado los resultados de estos indicadores en el periodo anual 2015-2019 en donde el modelo ARIMA (0,1,1) no estacional obtuvo mejores resultados, esto es porque cuando uno toma la decisión de invertir en un proyecto, que en esta tesis sería finalizando el año 2014, no se tendría la certeza de los valores reales de las ventas internas de conservas de pescado en los años 2015-2019.

El modelo de optimización del APP, que es una adaptación al de Chopra y Meindl (2008), permite calcular los costos del personal contratado y despedido, costos de tiempo regular y extra, costos de inventarios, desabasto, subcontratación y de materiales para los ESCENARIOS 1 y 2, el cual determina la mejor solución que minimiza los costos totales del APP y que se incluye en el presupuesto del costo de producción del proyecto.

El modelo de optimización del sistema MRP, utilizados en los ESCENARIOS 1 y 2, permitió calcular los costos de ordenar y de mantener inventarios, los cuales fueron incluidos en el presupuesto del costo de producción del proyecto. En el sistema MRP se considera periodos semanales, que en cinco años de evaluación del proyecto equivalen aproximadamente a 240 semanas, que fueron divididos en periodos de 24 semanas cuando se hicieron las optimizaciones, es decir por cada artículo se realizaron 10 optimizaciones, minimizando el tiempo de ejecución del programa OpenSolver en comparación a si se ejecutaba una sola optimización con las 240 semanas.

Los resultados de las pruebas de igualdad de medias en la prueba paramétrica  $T$  de Student para muestras pareadas de los tres escenarios nos da valores  $p < 0.05$ , rechazando las hipótesis nulas  $H_0: \mu_{VAN\ 1} - \mu_{VAN\ 2} = 0$ ,  $H_0: \mu_{VAN\ 2} - \mu_{VAN\ 3} = 0$  y  $H_0: \mu_{VAN\ 1} - \mu_{VAN\ 3} = 0$ , lo que significa que se aceptan las hipótesis alternantes y se puede decir sobre el VANE y VANF, que sus medias entre los escenarios son diferentes, tal como se presenta  $\mu_{VAN\ 1} \neq \mu_{VAN\ 2}$ ,  $\mu_{VAN\ 2} \neq \mu_{VAN\ 3}$  y  $\mu_{VAN\ 1} \neq \mu_{VAN\ 3}$ . La prueba no paramétrica de rangos con signo de Wilcoxon también nos muestra que el VANE y VANF entre tres escenarios son diferentes porque el estadístico  $T \leq W$ , esto significa que las muestras de los tres escenarios vienen de poblaciones diferentes y es porque son proyectos distintos, el proyecto del ESCENARIO 1 cuenta con un sistema MRP utilizando el pronóstico de la demanda con el modelo de menor MAD, el proyecto del ESCENARIO 2 cuenta

con un sistema MRP utilizando datos de la demanda real, y el proyecto del ESCENARIO 3 no cuenta con sistema MRP y utiliza el pronóstico de la demanda del modelo de tendencia lineal.

La prueba  $T$  de Student para muestras pareadas se aplica para comparar las medias del valor absoluto del error del valor actual neto y nos da valores  $p < 0.05$  para un nivel de significancia  $\alpha = 0.05$ , lo que significa que hay suficiente evidencia estadística para afirmar que  $\mu_{|Error\ 1|} < \mu_{|Error\ 2|}$  y  $\mu_{|Error\ 3|} < \mu_{|Error\ 4|}$ , es decir que se mejora la toma de decisiones en la inversión cuando se implementa un sistema de planeación de materiales en el proyecto de inversión industrial pesquero. La prueba no paramétrica de rangos con signo de Wilcoxon para muestras pareadas también confirma la conclusión dada por la prueba  $T$  de Student.

En la prueba  $F$  de Fisher-Snedecor para comparar las varianzas del valor absoluto de las diferencias del VAN entre escenarios, nos dan valores  $p < 0.05$  por lo que se rechaza la hipótesis nula y se aceptan las hipótesis  $H_1: \sigma_{|Error\ 1|}^2 < \sigma_{|Error\ 2|}^2$  y  $H_1: \sigma_{|Error\ 3|}^2 < \sigma_{|Error\ 4|}^2$ . La prueba paramétrica de Morgan-Pitman para muestras pareadas o dependientes, también nos da valores  $p < 0.05$ , lo que significa que hay suficiente evidencia estadística para rechazar la hipótesis nula y aceptar las hipótesis alternantes  $H_1: \sigma_{|Error\ 1|}^2 < \sigma_{|Error\ 2|}^2$  y  $H_1: \sigma_{|Error\ 3|}^2 < \sigma_{|Error\ 4|}^2$ . Con la prueba de Levene también se obtiene valores  $p < 0.05$ , confirmando los resultados de la prueba  $F$  y de Morgan-Pitman, por lo que la varianza es menor en el  $|Error\ 1|$  y  $|Error\ 3|$ , con respecto al del  $|Error\ 2|$  y  $|Error\ 4|$ , respectivamente.

## RECOMENDACIONES

En el proceso de la tesis doctoral, se tuvo un aprendizaje en el desarrollo, análisis y discusión de los resultados. Como se concluyó que se mejora la toma de decisiones cuando se implementa un sistema de planeación de materiales en el proyecto de inversión, se sugiere las siguientes recomendaciones:

- Implementar modelos de redes neuronales artificiales dentro de los modelos de pronósticos.
- Realizar la optimización del plan agregado de producción y del plan de requerimientos de materiales en una computadora de mayor rendimiento que una Corei5 y 8 GB de RAM para disminuir el tiempo de procesamiento en los cálculos y también con el motor de optimización GUROBI en el OpenSolver.
- Agregar en el sistema MRP las variables fecha de vencimiento de los alimentos, tiempo de entrega variable que dependa de la cantidad a pedir y capacidad de almacenaje de los artículos.
- Implementar un programa o plantilla en MS Excel® para formular y evaluar diferentes tipos de proyectos que automatice los módulos en los siguientes puntos: (a) elección del mejor modelo estadístico que minimice los errores de pronóstico, (b) agregar nuevas variables y restricciones en los modelos de APP y MRP, (c) en el análisis de sensibilidad considerar el cambio en el valor de las variables debido a escenarios muy pesimistas como el de una pandemia.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ARBOLEDA, G., 2014. *Proyectos: Identificación, formulación, evaluación y gerencia*. Segunda Ed. México: Alfaomega. ISBN 978-958-682-884-0.
- BACA, G., 2010. *Evaluación de proyectos*. Sexta Ed. México, D.F.: McGraw-Hill. ISBN 978-607-15-0260-5.
- BAGDONAVIČIUS, V., KRUOPIS, J. y NIKULIN, M.S., 2011. *Non-parametric Tests for Complete Data*. Primera Ed. Londres: ISTE y Wiley. ISBN 978-1-84821-269-5.
- BÓNA, K. y LÉNÁRT, B., 2014. Supporting demand planning process with Walsh-Fourier based techniques. *Periodica Polytechnica Transportation Engineering*, vol. 42, no. 2, pp. 97-102. ISSN 15873811. DOI 10.3311/PPtr.7225.
- BOTELHO DE SOUSA, T., SOARES CAMPAROTTI, C.E., MÜLLER GUERRINI, F., LUCAS DA SILVA, A. y AZZOLINI JÚNIOR, W., 2014. an Overview of the Advanced Planning and Scheduling Systems. *Independent Journal of Management & Production*, vol. 5, no. 4, pp. 1032-1049. ISSN 2236-269X. DOI 10.14807/ijmp.v5i4.239.
- BOWERMAN, B.L., O'CONNELL, R.T. y KOEHLER, A.B., 2007. *Pronósticos, series de tiempo y regresión*. Cuarta Ed. México, D.F.: Thomson. ISBN 978-970-686-606-6.
- BOX, G.E., HUNTER, J.S. y HUNTER, W.G., 2008. *Estadística para Investigadores: Diseño, innovación y descubrimiento*. Segunda Ed. Barcelona, España: Editorial Reverté. ISBN 978-84-291-5044-5.

- BREALEY, R.A., MYERS, S.C. y ALLEN, F., 2010. *Principios de Finanzas Corporativas*. Novena Ed. México, D.F.: McGraw-Hill. ISBN 978-970-10-7283-7.
- CARROLL, R.J. y SCHNEIDER, H., 1985. A note on Levene's tests for equality of variances. *Statistics & Probability Letters*, vol. 3, no. July, pp. 191-194.
- CHAPMAN, S.N., 2006. *Planificación y control de la producción*. Primera Ed. México: Pearson Educación. ISBN 970260771X.
- CHASE, R.B., JACOBS, F.R. y AQUILANO, N.J., 2009. *Administración de operaciones: producción y cadena de suministros*. Duodécima. México, D.F.: McGraw-Hill. ISBN 9789701070277.
- CHOPRA, S. y MEINDL, P., 2008. *Administración de la cadena de suministro. Estrategia, planeación y operación*. Tercera Ed. México: Pearson Educación. ISBN 978-970-26-1192-9.
- CORDER, G.W. y FOREMAN, D.I., 2014. *Nonparametric Statistics: a step-by-step approach*. Segunda Ed. New Jersey, Estados Unidos de América: John Wiley & Sons. ISBN 9781118840313.
- CRESPO, T. y GARCÍA, J.M., 1996. Sistemas de planificación y control de la fabricación: análisis comparativo. *Investigaciones Europeas de Dirección y Economía de la Empresa* [en línea], vol. 2, no. 1, pp. 101-124. Disponible en: <http://www.aedem-virtual.com/articulos/iedee/v02/021101.pdf>.
- DÍAZ-MADROÑERO, M., MULA, J. y JIMÉNEZ, M., 2014. Fuzzy goal programming for material requirements planning under uncertainty and integrity conditions. *International Journal of Production Research*, vol. 52, no. 23, pp. 6971-6988. ISSN 1366588X. DOI 10.1080/00207543.2014.920115.
- DÍAZ-MADROÑERO, M., MULA, J., JIMÉNEZ, M. y PEIDRO, D., 2017. A rolling horizon approach for material requirement planning under fuzzy lead times. *International Journal of Production Research*, vol. 55, no. 8, pp. 2197-2211. ISSN 1366588X. DOI 10.1080/00207543.2016.1223382.
- DÍAZ, B., JARUFE, B. y NORIEGA, M.T., 2007. *Disposición de planta*. Segunda Ed. Lima-Perú: Universidad de Lima - Fondo Editorial. ISBN 9789972451973.

- FORREST, J. y LOUGEE-HEIMER, R., 2005. CBC User Guide. [en línea].  
Disponible en: <https://www.coin-or.org/Cbc/>.
- FREUND, R.J. y WILSON, W.J., 2003. *Statistical methods*. Segunda Ed. California, Estados Unidos de América: Academic Press. ISBN 0-12-267651-3.
- GUTIÉRREZ, H. y SALAZAR, R., 2012. *Análisis y diseño de experimentos*. Tercera Ed. México D.F.: McGraw-Hill. ISBN 978-607-15-0725-9.
- HANKE, J.E. y WICHERN, D.W., 2006. *Pronósticos en los negocios*. Octava Ed. México: Pearson Educación. ISBN 970-26-0759-0.
- HEIZER, J. y RENDER, B., 2009. *Principios de Administración de Operaciones*. Séptima Ed. México: Pearson Educación. ISBN 978-607-442-099-9.
- HERNÁNDEZ, R., FERNÁNDEZ, C. y BAPTISTA, M.D.P., 2014. *Metodología de la investigación*. Sexta Ed. México D.F.: McGraw-Hill. ISBN 978-1-4562-2396-0.
- HETTMANSPERGER, T.P. y MCKEAN, J.W., 2010. *Robust nonparametric statistical methods*. Segunda Ed. Boca Ratón, Estados Unidos de América: CRC Press. ISBN 9781439809099.
- HILLIER, F.S. y LIEBERMAN, G.J., 2010. *Introducción a la Investigación de Operaciones*. Novena Ed. México: McGraw Hill. ISBN 978-607-15-0308-4.
- JCGM, 2008. *100:2008 Evaluation of measurement data — Guide to the expression of uncertainty in measurement* [en línea]. 2008. S.l.: s.n. Disponible en: <https://www.bipm.org/en/publications/guides>.
- JODLBAUER, H. y REITNER, S., 2012. Material and capacity requirements planning with dynamic lead times. *International Journal of Production Research*, vol. 50, no. 16, pp. 4477-4492. ISSN 00207543. DOI 10.1080/00207543.2011.603707.
- KRAJEWSKI, L.J., RITZMAN, L.P. y MALHOTRA, M.K., 2008. *Administración de operaciones*. Octava Ed. México: Pearson Educación. ISBN 978-970-26-1217-9.
- LEE, R.C.T., TSENG, S.S., CHANG, R.C. y TSAI, Y.T., 2007. *Introducción al diseño y análisis de algoritmos: Un enfoque estratégico*. Primera Ed. México D.F.:

McGraw-Hill. ISBN 978-970-10-6124-4.

MANIKAS, A., GUPTA, M. y BOYD, L., 2015. Experiential exercises with four production planning and control systems. *International Journal of Production Research*, vol. 53, no. 14, pp. 4206-4217. ISSN 1366588X. DOI 10.1080/00207543.2014.985393.

MARQUÉS-LEÓN, M., MEDINA-LEÓN, A., NEGRÍN-SOSA, E., NOGUEIRA-RIVERA, D. y HERNÁNDEZ-NARIÑO, A., 2014. Applications of Materials Requirements Planning Systems in Matanzas's Hospitals. *Ingeniería Industrial*, vol. 35, no. 3, pp. 358-370. ISSN 1815-5936.

MATEO, P.M. y LAHOZ, D., 2009. *Programación Lineal Entera* [en línea]. 2009. S.l.: Universidad de Zaragoza. Disponible en: <https://ocw.unizar.es/ocw/enseñanzas-tecnicas/modelos-de-investigacion-operativa/ficheros/OCWProgEntera.pdf>.

MCCORNACK, R.L., 1965. Extended Tables of the Wilcoxon Matched Pair Signed Rank Statistic. *Journal of the American Statistical Association* [en línea], vol. 60, no. 311, pp. 864-871. ISSN 0162-1459. DOI 10.1080/01621459.1965.10480835. Disponible en: <https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/01621459.1965.10480835>.

MÉNDEZ, R., 2012. *Formulación y Evaluación de Proyectos*. Séptima Ed. Bogotá D.C., Colombia: Icontec Internacional. ISBN 978-958-46-0357-9.

MONTGOMERY, D.C., 2016. *Diseño y Análisis de experimentos*. Segunda Ed. México, D.F.: Limusa. ISBN 968-18-6156-6.

O'NEILL, M.E. y MATHEWS, K., 2000. A weighted least squares approach to levene's test of homogeneity of variance m. *Austral. & New Zealand J. Statist*, vol. 42, no. 1, pp. 81-100.

OLADOKUN, V.O. y OLAGUNJU, F.T., 2015. A framework for the development of a manufacturing resources planning system. *International Journal of Engineering Research in Africa*, vol. 13, pp. 49-59. ISSN 16634144. DOI 10.4028/www.scientific.net/JERA.13.49.

OLAORE, R.A. y OLAYANJU, M., 2013. Purchasing Functions and MRP in

Foodservice Firms. *European Journal of Business and Management*, vol. 5, no. 13, pp. 107-113. ISSN 2222-2839.

PEÑA, R., 2006. *De Euclides a Java: Historia de los algoritmos y de los lenguajes de programación*. España: NIVOLA libros y ediciones. ISBN 978-84-96566-14-9.

PRODUCE, 2010. *Anuario Estadístico del Sector Producción 2010*. Lima-Perú: s.n.

PRODUCE, 2011. *Anuario Estadístico del Sector Producción 2011*. Lima-Perú: s.n.

PRODUCE, 2012. *Anuario Estadístico Pesquero y Acuícola 2012*. Lima-Perú: s.n.

PRODUCE, 2013. *Anuario Estadístico Pesquero y Acuícola 2013*. Lima-Perú: s.n.

PRODUCE, 2014. *Anuario Estadístico Pesquero y Acuícola 2014*. Lima-Perú: s.n.

PRODUCE, 2015. *Anuario Estadístico Pesquero y Acuícola 2015*. Lima-Perú: s.n.

PRODUCE, 2016. *Anuario Estadístico Pesquero y Acuícola 2016*. Lima-Perú: s.n.

PRODUCE, 2017. *Anuario Estadístico Pesquero y Acuícola 2017*. Lima-Perú: s.n.

PRODUCE, 2018. *Anuario Estadístico Pesquero y Acuícola 2018*. Lima-Perú: s.n.

PRODUCE, 2019. *Anuario Estadístico Pesquero y Acuícola 2019*. Lima-Perú: s.n.

RAM, B., NAGHSHINEH-POUR, M.R. y YU, X., 2006. Material requirements planning with flexible bills-of-material. *International Journal of Production Research*, vol. 44, no. 2, pp. 399-415. ISSN 1366-588X. DOI 10.1080/00207540500251505.

RAMOS, C.R., 2012. *Optimización y simulación Monte Carlo para un proyecto de inversión industrial pesquero* [en línea]. S.l.: Universidad Nacional de Ingeniería. Disponible en: <http://cybertesis.uni.edu.pe/handle/uni/3322>.

RAMOS, C.R. y ESPINOZA, P.C., 2019. Modelo de optimización con programación no lineal y simulación Monte Carlo de un proyecto industrial pesquero. *Selecciones Matemáticas*, vol. 6, no. 2, pp. 248-263. ISSN 2411-1783. DOI 10.17268/sel.mat.2019.02.11.

RAMOS, C.R. y FLORES, C.A., 2016. Reducción del tiempo de finalización del



- proyecto de una planta de conservas de pescado utilizando un modelo de programación lineal. *Anales Científicos de la UNALM*, vol. 77, no. 1, pp. 110-117. ISSN 2519-7398. DOI 10.21704/ac.v77i1.480.
- RAMOS, C.R. y RODRÍGUEZ, W.P., 2014. Cálculo del coeficiente Beta de una empresa industrial pesquera para la medida del riesgo sistemático. *Anales Científicos de la UNALM*, vol. 75, no. 1, pp. 7-14. ISSN 2519-7398. DOI 10.21704/ac.v75i1.930.
- RAMOS, C.R. y VALDIVIA, G.E., 2020. Optimización del plan agregado de producción en la elaboración de conservas de pescado por programación lineal entera binaria. *COINI 2020: XIII Congreso Internacional de Ingeniería Industrial*. Buenos Aires, Argentina: eduTecNe, pp. 611-624. ISBN 978-987-4998-74-3.
- RAMOS, C.R., VALDIVIA, G.E., ESPINOZA, P.C. y PORTURAS, R. del C., 2019. Optimización del tamaño de lote en la producción de conservas de pescado por programación lineal entera mixta. En: F. SALAZAR (ed.), *Memorias IV Congreso Internacional en Supply Chain Management en una Economía Global*, no. 4, pp. 1-9. ISSN 2539-4592.
- RAVITCH, S.M. y RIGGAN, M., 2017. *Reason & Rigor: How Conceptual Frameworks Guide Research*. Segunda Ed. California, Estados Unidos de América: SAGE Publications. ISBN 978-1-4833-4040-1.
- RELICH, M., WITKOWSKI, K., SANIUK, S. y ŠUJANOVÁ, J., 2014. Material demand forecasting: An ERP system perspective. *Applied Mechanics and Materials*, vol. 527, pp. 311-314. DOI 10.4028/www.scientific.net/AMM.527.311.
- ROJAS, C.A., SAAVEDRA, L.F. y OREJUELA, J.P., 2017. Scheduling of internal materials supply operations in a pre-milling type concentrate food plant. *Producción + Limpia*, vol. 12, no. 2, pp. 147-158. DOI 10.22507/pml.v12n2a12.
- ROSSI, T., POZZI, R., PERO, M. y CIGOLINI, R., 2017. Improving production planning through finite-capacity MRP. *International Journal of Production Research*, vol. 55, no. 2, pp. 377-391. DOI 10.1080/00207543.2016.1177235.

- SAPAG, N., SAPAG, R. y SAPAG, J.M., 2014. *Preparación y evaluación de proyectos*. Quinta Ed. México, D.F.: McGraw-Hill. ISBN 9786071511447.
- SLACK, N., CHAMBERS, S. y JOHNSTON, R., 2010. *Operation Management*. Sexta Ed. S.I.: Pearson Education. ISBN 978-0-273-73046-0.
- STADTLER, H. y KILGER, C., 2008. *Supply Chain Management and Advanced Planning*. Cuarta Ed. Berlin, Alemania: Springer. ISBN 978-3-540-74512-9.
- URIEL, E. y ALDÁS, J., 2005. *Análisis Multivariante Aplicado*. Primera Ed. Madrid - España: Thomson. ISBN 84-9732-372-6.
- WANG, C. y LIU, X.-B., 2013. Integrated production planning and control: A multi-objective optimization model. *Journal of Industrial Engineering and Management*, vol. 6, no. 4, pp. 815-830. ISSN 2013-0953. DOI 10.3926/jiem.771.
- WANG, C., LIU, X.-B., ZHAO, G.Z. y CHIN, K.O., 2014. Multi-objective integrated production planning model and simulation constrained doubly by resources and materials. *International Journal of Simulation Modelling*, vol. 13, no. 2, pp. 243-254. ISSN 1726-4529. DOI 10.2507/IJSIMM13(2)CO10.
- WILCOX, R.R., 2003. *Applying Contemporary Statistical Techniques*. Primera Ed. California, Estados Unidos de América: Elsevier Science. ISBN 0-12-754541-0.
- WILCOX, R.R., 2012. *Introduction to Robust Estimation and Hypothesis Testing*. Tercera Ed. California, Estados Unidos de América: Elsevier y Academic Press. ISBN 9780123869838.
- WILSON, J.H. y KEATING, B., 2007. *Pronósticos en los negocios*. Quinta Ed. México, D.F.: McGraw-Hill. ISBN 978-970-10-6157-2.
- WINSTON, W.L., 2006. *Investigación de Operaciones Aplicaciones y Algoritmos*. Cuarta Ed. México: Thomson. ISBN 970-686-362-1.
- YAZICI, E., BÜYÜKÖZKAN, G. y BASKAK, M., 2016. A New Extended MILP MRP Approach to Production Planning and Its Application in the Jewelry Industry. *Mathematical Problems in Engineering*, vol. 2016. ISSN 15635147. DOI 10.1155/2016/7915673.

## APÉNDICE

- APÉNDICE A.** Instrumento metodológico de la tesis doctoral
- APÉNDICE B.** Demostración de las hipótesis para la prueba paramétrica de Morgan-Pitman
- APÉNDICE C.** Pronósticos  $F_t$  de las ventas internas de conservas de pescado en toneladas y errores porcentuales absolutos mensuales del año 2015 al 2019
- APÉNDICE D.** Plan de requerimientos netos de materiales de la producción de conservas de pescado en aceite en periodos mensuales del año 2015 al 2019
- APÉNDICE E.** Tablas de las pruebas estadísticas utilizadas en la tesis doctoral

**APÉNDICE A.** Instrumento metodológico de la tesis doctoral

**Tabla A1**

*Matriz de consistencia de la tesis doctoral*

PROBLEMA	OBJETIVO	HIPÓTESIS	OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES			METODOLOGÍA
			VARIABLES	DIMENSIÓN	INDICADORES	
<b>PROBLEMA GENERAL (PG):</b>	<b>OBJETIVO GENERAL (OG):</b>	<b>HIPÓTESIS GENERAL (HG):</b>	<b>VARIABLE INDEPENDIENTE:</b>	<b>Modelo estadístico de pronóstico para las ventas internas de conservas de pescado (I<sub>11</sub>)</b>	<b>Pronósticos de las ventas internas de conservas de pescado (I<sub>11</sub>)</b>	<b>TIPO DE INVESTIGACIÓN:</b> Cuantitativo
<b>PG.</b> ¿De qué manera la implementación de un sistema de planeación de materiales mejora la toma de decisiones de inversión en un proyecto industrial pesquero?	<b>OG.</b> Implementar un sistema de planeación de materiales que mejore la toma de decisiones de inversión en un proyecto industrial pesquero.	<b>HG.</b> La implementación de un sistema de planeación de materiales mejora la toma de decisiones de inversión en un proyecto industrial pesquero	<b>X = Sistema de planeación de materiales</b>	<b>Modelo estadístico de pronóstico para las ventas internas de conservas de pescado (D<sub>1</sub>)</b>	<b>Desviación media absoluta de los pronósticos (I<sub>12</sub>)</b> <b>Error porcentual absoluto medio de los pronósticos (I<sub>13</sub>)</b>	<b>NIVEL DE INVESTIGACIÓN:</b> Explicativo
<b>PROBLEMAS ESPECÍFICOS (PE):</b>	<b>OBJETIVOS ESPECÍFICOS (OE):</b>	<b>HIPÓTESIS ESPECÍFICAS (HE):</b>				<b>TIPO DE HIPÓTESIS:</b> Causal bivariada
<b>PE1.</b> ¿De qué manera la implementación de	<b>OE1.</b> Implementar un modelo estadístico con menor error de	<b>HE1.</b> La implementación de un modelo		<b>Modelo de plan agregado de producción (D<sub>2</sub>)</b>	<b>Número de contratados y despedidos (I<sub>21</sub>)</b> <b>Fuerza de trabajo (I<sub>22</sub>)</b> <b>Tiempo extra (I<sub>23</sub>)</b> <b>Inventario (I<sub>24</sub>)</b> <b>Cantidad de desabasto (I<sub>25</sub>)</b>	<b>POBLACIÓN:</b> El universo de proyectos de inversión industrial pesquero

PROBLEMA	OBJETIVO	HIPÓTESIS	OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES		METODOLOGÍA			
			VARIABLES	INDICADORES				
<p>un modelo estadístico con menor error de pronóstico de las ventas internas de conservas de pescado, mejora la toma de decisiones en un proyecto de inversión industrial pesquero?</p> <p><b>PE2.</b> ¿De qué manera la implementación de un modelo de optimización del plan agregado de producción mejora la toma de decisiones en un proyecto de inversión industrial pesquero?</p>	<p>pronóstico de las ventas internas de conservas de pescado para mejorar la toma de decisiones en un proyecto de inversión industrial pesquero.</p> <p><b>OE2.</b> Implementar un modelo de optimización del plan agregado de producción para mejorar la toma de decisiones en un proyecto de inversión industrial pesquero.</p>	<p>estadístico con menor error de pronóstico de las ventas internas de conservas de pescado, mejora la toma de decisiones de inversión en un proyecto industrial pesquero.</p> <p><b>HE2.</b> La implementación de un modelo de optimización del plan agregado de producción mejora la toma de decisiones de inversión en un proyecto industrial pesquero.</p>	-	<p>Cantidad a producir y subcontratar (I<sub>26</sub>)</p> <p>Costo del plan agregado de producción (I<sub>27</sub>)</p>				
						<p>Modelo de plan de requerimiento de materiales (D<sub>3</sub>)</p>	-	<p>Requerimientos brutos de materiales (I<sub>31</sub>)</p> <p>Inventario proyectado (I<sub>32</sub>)</p> <p>Requerimientos netos (I<sub>33</sub>)</p> <p>Recepción planeada de la orden (I<sub>34</sub>)</p> <p>Liberación planeada de la orden (I<sub>35</sub>)</p> <p>Costo de ordenar o preparar inventario (I<sub>36</sub>)</p> <p>Costo de mantener inventario (I<sub>37</sub>)</p>

PROBLEMA	OBJETIVO	HIPÓTESIS	OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES		METODOLOGÍA
			VARIABLES	INDICADORES	
			DIMENSIÓN		
<b>PE3.</b> ¿De qué manera la implementación de un modelo de optimización del plan de requerimientos de materiales para mejorar la toma de decisiones en un proyecto de inversión industrial pesquero?	<b>OE3.</b> Implementar un modelo de optimización del plan de requerimientos de materiales para mejorar la toma de decisiones en un proyecto de inversión industrial pesquero.	<b>HE3.</b> La implementación de un modelo de optimización del plan de requerimiento de materiales mejora la toma de decisiones de inversión en un proyecto industrial pesquero.	<b>VARIABLE DEPENDIENTE:</b> Y = Mejora en la toma de decisiones de inversión en un proyecto industrial pesquero	Comparación de la rentabilidad del escenario real y del escenario de mejor pronóstico (D <sub>4</sub> )	Valor absoluto de la diferencia entre el valor actual neto del escenario real y del escenario de mejor pronóstico (I <sub>41</sub> )
			Comparación de la rentabilidad del escenario real y del escenario de pronóstico de regresión lineal (D <sub>5</sub> )	Comparación de la rentabilidad del escenario real y del escenario de pronóstico de regresión lineal (I <sub>51</sub> )	

**APÉNDICE B.** Demostración de las hipótesis para la prueba paramétrica de Morgan-Pitman



### **Demostración B1**

Si  $\rho_{UV} < 0$  entonces  $\sigma_X^2 < \sigma_Y^2$

La correlación  $\rho_{UV}$  se muestra en la Ecuación (i)

$$\rho_{UV} = \frac{S_{UV}}{S_U S_V} = \frac{\frac{\sum(U_i - \bar{U})(V_i - \bar{V})}{n-1}}{\sqrt{\frac{\sum(U_i - \bar{U})^2}{n-1}} \sqrt{\frac{\sum(V_i - \bar{V})^2}{n-1}}} \quad (i)$$

Si  $\rho_{UV} < 0$ , el numerador debe ser negativo, tal como se presenta en la Inecuación (ii).

$$\sum(U_i - \bar{U})(V_i - \bar{V}) < 0 \quad (ii)$$

Resolviendo la Inecuación (ii) se obtiene la Inecuación (iii).

$$\sum(U_i V_i - U_i \bar{V} - V_i \bar{U} + \bar{U} \bar{V}) < 0 \quad (iii)$$

Si reemplazamos  $U_i = X_i - Y_i$  y  $V_i = X_i + Y_i$  en la Inecuación (iii) se obtiene la Inecuación (iv)

$$\sum \left[ (X_i + Y_i)(X_i - Y_i) - (X_i + Y_i) \frac{\sum(X_i - Y_i)}{n} - (X_i - Y_i) \frac{\sum(X_i + Y_i)}{n} + \frac{\sum(X_i + Y_i) \sum(X_i - Y_i)}{n} \right] < 0 \quad (iv)$$

Resolviendo la Inecuación (iv), se obtiene la Inecuación (v) e Inecuación (vi).

$$\sum [X_i^2 - Y_i^2 - (X_i + Y_i)(\bar{X} - \bar{Y}) - (X_i - Y_i)(\bar{X} + \bar{Y}) + (\bar{X} + \bar{Y})(\bar{X} - \bar{Y})] < 0 \quad (\text{v})$$

$$\sum (X_i^2 - Y_i^2 - 2X_i\bar{X} + 2Y_i\bar{Y} + \bar{X}^2 - \bar{Y}^2) < 0 \quad (\text{vi})$$

Por otro lado, si  $\sigma_X^2 < \sigma_Y^2$  se obtiene la Inecuación (vii).

$$\frac{\sum (X_i - \bar{X})^2}{n - 1} < \frac{\sum (Y_i - \bar{Y})^2}{n - 1} \quad (\text{vii})$$

Simplificando la Inecuación (vii) se obtiene la Inecuación (viii).

$$\sum (X_i - \bar{X})^2 < \sum (Y_i - \bar{Y})^2 \quad (\text{viii})$$

Resolviendo la Inecuación (viii) se obtiene la Inecuación (ix) e Inecuación (x).

$$\sum (X_i^2 - 2X_i\bar{X} + \bar{X}^2) < \sum (Y_i^2 - 2Y_i\bar{Y} + \bar{Y}^2) \quad (\text{ix})$$

$$\sum (X_i^2 - Y_i^2 - 2X_i\bar{X} + 2Y_i\bar{Y} + \bar{X}^2 - \bar{Y}^2) < 0 \quad (\text{x})$$

A lo que se llega que la Inecuación (vi) e Inecuación (x) son iguales y se demuestra que si  $\rho_{UV} < 0$  entonces  $\sigma_X^2 < \sigma_Y^2$ .

**APÉNDICE C.** Pronósticos  $F_t$  de las ventas internas de conservas de pescado en toneladas y errores porcentuales absolutos mensuales del año 2015 al 2019

**Tabla C1**

*Error porcentual absoluto de los pronósticos por el modelo de regresión lineal (datos mensuales: 2014)*

MES-AÑO	A <sub>t</sub>	F <sub>t</sub>	ERROR	ERROR /A <sub>t</sub>	MES-AÑO	A <sub>t</sub>	F <sub>t</sub>	ERROR	ERROR /A <sub>t</sub>
ene-15	2,925	4,674.8	1,749.8	0.5982	jul-17	4,702	8,116.5	3,414.5	0.7262
feb-15	3,404	4,789.5	1,385.5	0.4070	ago-17	4,539	8,231.2	3,692.2	0.8134
mar-15	5,471	4,904.2	566.8	0.1036	sep-17	3,483	8,345.9	4,862.9	1.3962
abr-15	4,749	5,019.0	270.0	0.0568	oct-17	4,376	8,460.7	4,084.7	0.9334
may-15	4,720	5,133.7	413.7	0.0876	nov-17	5,977	8,575.4	2,598.4	0.4347
jun-15	3,294	5,248.4	1,954.4	0.5933	dic-17	2,968	8,690.1	5,722.1	1.9279
jul-15	3,316	5,363.1	2,047.1	0.6173	ene-18	2,910	8,804.8	5,894.8	2.0257
ago-15	4,860	5,477.9	617.9	0.1271	feb-18	2,870	8,919.6	6,049.6	2.1079
sep-15	5,080	5,592.6	512.6	0.1009	mar-18	5,130	9,034.3	3,904.3	0.7611
oct-15	7,397	5,707.3	1,689.7	0.2284	abr-18	3,150	9,149.0	5,999.0	1.9044
nov-15	5,954	5,822.0	132.0	0.0222	may-18	4,050	9,263.7	5,213.7	1.2873
dic-15	2,808	5,936.7	3,128.7	1.1142	jun-18	2,840	9,378.5	6,538.5	2.3023
ene-16	3,694	6,051.5	2,357.5	0.6382	jul-18	3,230	9,493.2	6,263.2	1.9391
feb-16	3,800	6,166.2	2,366.2	0.6227	ago-18	3,110	9,607.9	6,497.9	2.0894
mar-16	4,537	6,280.9	1,743.9	0.3844	sep-18	3,860	9,722.6	5,862.6	1.5188
abr-16	3,943	6,395.6	2,452.6	0.6220	oct-18	4,150	9,837.4	5,687.4	1.3704
may-16	3,871	6,510.4	2,639.4	0.6818	nov-18	4,180	9,952.1	5,772.1	1.3809
jun-16	4,134	6,625.1	2,491.1	0.6026	dic-18	3,730	10,066.8	6,336.8	1.6989
jul-16	3,917	6,739.8	2,822.8	0.7207	ene-19	4,310	10,181.5	5,871.5	1.3623
ago-16	4,637	6,854.5	2,217.5	0.4782	feb-19	3,160	10,296.3	7,136.3	2.2583
sep-16	3,974	6,969.3	2,995.3	0.7537	mar-19	5,820	10,411.0	4,591.0	0.7888
oct-16	2,433	7,084.0	4,651.0	1.9116	abr-19	5,860	10,525.7	4,665.7	0.7962
nov-16	3,230	7,198.7	3,968.7	1.2287	may-19	5,780	10,640.4	4,860.4	0.8409
dic-16	4,485	7,313.4	2,828.4	0.6306	jun-19	5,480	10,755.1	5,275.1	0.9626
ene-17	3,779	7,428.2	3,649.2	0.9656	jul-19	4,790	10,869.9	6,079.9	1.2693
feb-17	8,526	7,542.9	983.1	0.1153	ago-19	3,140	10,984.6	7,844.6	2.4983
mar-17	4,812	7,657.6	2,845.6	0.5914	sep-19	3,450	11,099.3	7,649.3	2.2172
abr-17	4,852	7,772.3	2,920.3	0.6019	oct-19	4,790	11,214.0	6,424.0	1.3411
may-17	4,247	7,887.1	3,640.1	0.8571	nov-19	4,560	11,328.8	6,768.8	1.4844
jun-17	3,730	8,001.8	4,271.8	1.1452	dic-19	5,400	11,443.5	6,043.5	1.1192

*Nota.* A<sub>t</sub> = venta interna en el periodo *t* (datos del PRODUCE); F<sub>t</sub> = pronóstico en el periodo *t*.

**Tabla C2**

*Error porcentual absoluto de los pronósticos por el método de Winters multiplicativo (datos mensuales: 2014)*

MES-AÑO	$A_t$	$F_t$	ERROR	ERROR / $A_t$	MES-AÑO	$A_t$	$F_t$	ERROR	ERROR / $A_t$
ene-15	2,925	2,791.3	133.7	0.0457	jul-17	4,702	7,590.1	2,888.1	0.6142
feb-15	3,404	2,417.8	986.2	0.2897	ago-17	4,539	5,453.8	914.8	0.2015
mar-15	5,471	3,614.2	1,856.8	0.3394	sep-17	3,483	7,022.3	3,539.3	1.0162
abr-15	4,749	7,088.9	2,339.9	0.4927	oct-17	4,376	5,425.7	1,049.7	0.2399
may-15	4,720	5,780.8	1,060.8	0.2247	nov-17	5,977	4,763.1	1,213.9	0.2031
jun-15	3,294	3,819.0	525.0	0.1594	dic-17	2,968	7,410.9	4,442.9	1.4969
jul-15	3,316	5,995.5	2,679.5	0.8081	ene-18	2,910	3,984.2	1,074.2	0.3691
ago-15	4,860	4,318.0	542.0	0.1115	feb-18	2,870	3,438.9	568.9	0.1982
sep-15	5,080	5,572.4	492.4	0.0969	mar-18	5,130	5,122.9	7.1	0.0014
oct-15	7,397	4,315.0	3,082.0	0.4167	abr-18	3,150	10,014.2	6,864.2	2.1791
nov-15	5,954	3,796.3	2,157.7	0.3624	may-18	4,050	8,139.2	4,089.2	1.0097
dic-15	2,808	5,919.3	3,111.3	1.1080	jun-18	2,840	5,359.6	2,519.6	0.8872
ene-16	3,694	3,189.0	505.0	0.1367	jul-18	3,230	8,387.4	5,157.4	1.5967
feb-16	3,800	2,758.1	1,041.9	0.2742	ago-18	3,110	6,021.7	2,911.7	0.9362
mar-16	4,537	4,117.1	419.9	0.0926	sep-18	3,860	7,747.3	3,887.3	1.0071
abr-16	3,943	8,064.0	4,121.0	1.0451	oct-18	4,150	5,981.0	1,831.0	0.4412
may-16	3,871	6,566.9	2,695.9	0.6964	nov-18	4,180	5,246.5	1,066.5	0.2551
jun-16	4,134	4,332.5	198.5	0.0480	dic-18	3,730	8,156.7	4,426.7	1.1868
jul-16	3,917	6,792.8	2,875.8	0.7342	ene-19	4,310	4,381.9	71.9	0.0167
ago-16	4,637	4,885.9	248.9	0.0537	feb-19	3,160	3,779.3	619.3	0.1960
sep-16	3,974	6,297.4	2,323.4	0.5847	mar-19	5,820	5,625.9	194.1	0.0334
oct-16	2,433	4,870.3	2,437.3	1.0018	abr-19	5,860	10,989.3	5,129.3	0.8753
nov-16	3,230	4,279.7	1,049.7	0.3250	may-19	5,780	8,925.3	3,145.3	0.5442
dic-16	4,485	6,665.1	2,180.1	0.4861	jun-19	5,480	5,873.1	393.1	0.0717
ene-17	3,779	3,586.6	192.4	0.0509	jul-19	4,790	9,184.7	4,394.7	0.9175
feb-17	8,526	3,098.5	5,427.5	0.6366	ago-19	3,140	6,589.6	3,449.6	1.0986
mar-17	4,812	4,620.0	192.0	0.0399	sep-19	3,450	8,472.2	5,022.2	1.4557
abr-17	4,852	9,039.1	4,187.1	0.8630	oct-19	4,790	6,536.4	1,746.4	0.3646
may-17	4,247	7,353.1	3,106.1	0.7314	nov-19	4,560	5,729.9	1,169.9	0.2566
jun-17	3,730	4,846.1	1,116.1	0.2992	dic-19	5,400	8,902.5	3,502.5	0.6486

*Nota.*  $A_t$  = venta interna en el periodo  $t$  (datos del PRODUCE);  $F_t$  = pronóstico en el periodo  $t$ . Valores de los parámetros del método de Winters: alfa (nivel) = 0.2; gamma (tendencia) = 0.2; delta (estacional) = 0.2.

**Tabla C3**

*Error porcentual absoluto de los pronósticos por el método de Winters aditivo (datos mensuales: 2014)*

MES-AÑO	$A_t$	$F_t$	ERROR	ERROR / $A_t$	MES-AÑO	$A_t$	$F_t$	ERROR	ERROR / $A_t$
ene-15	2,925	3,757.7	832.7	0.2847	jul-17	4,702	9,252.1	4,550.1	0.9677
feb-15	3,404	3,448.7	44.7	0.0131	ago-17	4,539	7,804.1	3,265.1	0.7193
mar-15	5,471	4,481.7	989.3	0.1808	sep-17	3,483	8,849.1	5,366.1	1.5407
abr-15	4,749	7,470.7	2,721.7	0.5731	oct-17	4,376	7,765.1	3,389.1	0.7745
may-15	4,720	6,341.7	1,621.7	0.3436	nov-17	5,977	7,310.1	1,333.1	0.2230
jun-15	3,294	4,649.7	1,355.7	0.4116	dic-17	2,968	9,059.1	6,091.1	2.0523
jul-15	3,316	6,498.7	3,182.7	0.9598	ene-18	2,910	7,887.7	4,977.7	1.7105
ago-15	4,860	5,050.7	190.7	0.0392	feb-18	2,870	7,578.7	4,708.7	1.6407
sep-15	5,080	6,095.7	1,015.7	0.1999	mar-18	5,130	8,611.7	3,481.7	0.6787
oct-15	7,397	5,011.7	2,385.3	0.3225	abr-18	3,150	11,600.7	8,450.7	2.6828
nov-15	5,954	4,556.7	1,397.3	0.2347	may-18	4,050	10,471.7	6,421.7	1.5856
dic-15	2,808	6,305.7	3,497.7	1.2456	jun-18	2,840	8,779.7	5,939.7	2.0914
ene-16	3,694	5,134.4	1,440.4	0.3899	jul-18	3,230	10,628.7	7,398.7	2.2906
feb-16	3,800	4,825.4	1,025.4	0.2698	ago-18	3,110	9,180.7	6,070.7	1.9520
mar-16	4,537	5,858.4	1,321.4	0.2912	sep-18	3,860	10,225.7	6,365.7	1.6491
abr-16	3,943	8,847.4	4,904.4	1.2438	oct-18	4,150	9,141.7	4,991.7	1.2028
may-16	3,871	7,718.4	3,847.4	0.9939	nov-18	4,180	8,686.7	4,506.7	1.0782
jun-16	4,134	6,026.4	1,892.4	0.4578	dic-18	3,730	10,435.7	6,705.7	1.7978
jul-16	3,917	7,875.4	3,958.4	1.0106	ene-19	4,310	9,264.4	4,954.4	1.1495
ago-16	4,637	6,427.4	1,790.4	0.3861	feb-19	3,160	8,955.4	5,795.4	1.8340
sep-16	3,974	7,472.4	3,498.4	0.8803	mar-19	5,820	9,988.4	4,168.4	0.7162
oct-16	2,433	6,388.4	3,955.4	1.6257	abr-19	5,860	12,977.4	7,117.4	1.2146
nov-16	3,230	5,933.4	2,703.4	0.8370	may-19	5,780	11,848.4	6,068.4	1.0499
dic-16	4,485	7,682.4	3,197.4	0.7129	jun-19	5,480	10,156.4	4,676.4	0.8534
ene-17	3,779	6,511.1	2,732.1	0.7230	jul-19	4,790	12,005.4	7,215.4	1.5063
feb-17	8,526	6,202.1	2,323.9	0.2726	ago-19	3,140	10,557.4	7,417.4	2.3622
mar-17	4,812	7,235.1	2,423.1	0.5036	sep-19	3,450	11,602.4	8,152.4	2.3630
abr-17	4,852	10,224.1	5,372.1	1.1072	oct-19	4,790	10,518.4	5,728.4	1.1959
may-17	4,247	9,095.1	4,848.1	1.1415	nov-19	4,560	10,063.4	5,503.4	1.2069
jun-17	3,730	7,403.1	3,673.1	0.9847	dic-19	5,400	11,812.4	6,412.4	1.1875

*Nota.*  $A_t$  = venta interna en el periodo  $t$  (datos del PRODUCE);  $F_t$  = pronóstico en el periodo  $t$ . Valores de los parámetros del método de Winters: alfa (nivel) = 0.2; gamma (tendencia) = 0.2; delta (estacional) = 0.2.

**Tabla C4**

*Error porcentual absoluto de los pronósticos por el modelo de regresión lineal  
(datos mensuales: 2013-2014)*

MES-AÑO	$A_t$	$F_t$	ERROR	ERROR / $A_t$	MES-AÑO	$A_t$	$F_t$	ERROR	ERROR / $A_t$
ene-15	2,925	4,289.8	1,364.8	0.4666	jul-17	4,702	5,271.3	569.3	0.1211
feb-15	3,404	4,322.5	918.5	0.2698	ago-17	4,539	5,304.0	765.0	0.1685
mar-15	5,471	4,355.2	1,115.8	0.2040	sep-17	3,483	5,336.7	1,853.7	0.5322
abr-15	4,749	4,387.9	361.1	0.0760	oct-17	4,376	5,369.4	993.4	0.2270
may-15	4,720	4,420.6	299.4	0.0634	nov-17	5,977	5,402.1	574.9	0.0962
jun-15	3,294	4,453.3	1,159.3	0.3520	dic-17	2,968	5,434.8	2,466.8	0.8311
jul-15	3,316	4,486.1	1,170.1	0.3529	ene-18	2,910	5,467.6	2,557.6	0.8789
ago-15	4,860	4,518.8	341.2	0.0702	feb-18	2,870	5,500.3	2,630.3	0.9165
sep-15	5,080	4,551.5	528.5	0.1040	mar-18	5,130	5,533.0	403.0	0.0786
oct-15	7,397	4,584.2	2,812.8	0.3803	abr-18	3,150	5,565.7	2,415.7	0.7669
nov-15	5,954	4,616.9	1,337.1	0.2246	may-18	4,050	5,598.4	1,548.4	0.3823
dic-15	2,808	4,649.6	1,841.6	0.6559	jun-18	2,840	5,631.1	2,791.1	0.9828
ene-16	3,694	4,682.4	988.4	0.2676	jul-18	3,230	5,663.9	2,433.9	0.7535
feb-16	3,800	4,715.1	915.1	0.2408	ago-18	3,110	5,696.6	2,586.6	0.8317
mar-16	4,537	4,747.8	210.8	0.0465	sep-18	3,860	5,729.3	1,869.3	0.4843
abr-16	3,943	4,780.5	837.5	0.2124	oct-18	4,150	5,762.0	1,612.0	0.3884
may-16	3,871	4,813.2	942.2	0.2434	nov-18	4,180	5,794.7	1,614.7	0.3863
jun-16	4,134	4,845.9	711.9	0.1722	dic-18	3,730	5,827.5	2,097.5	0.5623
jul-16	3,917	4,878.7	961.7	0.2455	ene-19	4,310	5,860.2	1,550.2	0.3597
ago-16	4,637	4,911.4	274.4	0.0592	feb-19	3,160	5,892.9	2,732.9	0.8648
sep-16	3,974	4,944.1	970.1	0.2441	mar-19	5,820	5,925.6	105.6	0.0181
oct-16	2,433	4,976.8	2,543.8	1.0455	abr-19	5,860	5,958.3	98.3	0.0168
nov-16	3,230	5,009.5	1,779.5	0.5509	may-19	5,780	5,991.0	211.0	0.0365
dic-16	4,485	5,042.2	557.2	0.1242	jun-19	5,480	6,023.8	543.8	0.0992
ene-17	3,779	5,075.0	1,296.0	0.3429	jul-19	4,790	6,056.5	1,266.5	0.2644
feb-17	8,526	5,107.7	3,418.3	0.4009	ago-19	3,140	6,089.2	2,949.2	0.9392
mar-17	4,812	5,140.4	328.4	0.0682	sep-19	3,450	6,121.9	2,671.9	0.7745
abr-17	4,852	5,173.1	321.1	0.0662	oct-19	4,790	6,154.6	1,364.6	0.2849
may-17	4,247	5,205.8	958.8	0.2258	nov-19	4,560	6,187.3	1,627.3	0.3569
jun-17	3,730	5,238.5	1,508.5	0.4044	dic-19	5,400	6,220.1	820.1	0.1519

*Nota.*  $A_t$  = venta interna en el periodo  $t$  (datos del PRODUCE);  $F_t$  = pronóstico en el periodo  $t$ .

**Tabla C5**

*Error porcentual absoluto de los pronósticos por descomposición de series de tiempo multiplicativo-tendencia y estacional (datos mensuales: 2013-2014)*

MES-AÑO	$A_t$	$F_t$	ERROR	ERROR / $A_t$	MES-AÑO	$A_t$	$F_t$	ERROR	ERROR / $A_t$
ene-15	2,925	2,668.0	257.0	0.0879	jul-17	4,702	8,559.4	3,857.4	0.8204
feb-15	3,404	2,361.4	1,042.6	0.3063	ago-17	4,539	5,690.8	1,151.8	0.2538
mar-15	5,471	3,647.0	1,824.0	0.3334	sep-17	3,483	10,133.4	6,650.4	1.9094
abr-15	4,749	7,467.2	2,718.2	0.5724	oct-17	4,376	7,256.5	2,880.5	0.6582
may-15	4,720	6,240.1	1,520.1	0.3221	nov-17	5,977	5,115.8	861.2	0.1441
jun-15	3,294	4,027.9	733.9	0.2228	dic-17	2,968	2,830.2	137.8	0.0464
jul-15	3,316	7,120.9	3,804.9	1.1474	ene-18	2,910	3,519.5	609.5	0.2095
ago-15	4,860	4,741.0	119.0	0.0245	feb-18	2,870	3,108.5	238.5	0.0831
sep-15	5,080	8,453.8	3,373.8	0.6641	mar-18	5,130	4,790.7	339.3	0.0661
oct-15	7,397	6,062.0	1,335.0	0.1805	abr-18	3,150	9,788.5	6,638.5	2.1075
nov-15	5,954	4,279.5	1,674.5	0.2812	may-18	4,050	8,163.4	4,113.4	1.0157
dic-15	2,808	2,370.6	437.4	0.1558	jun-18	2,840	5,258.8	2,418.8	0.8517
ene-16	3,694	2,951.8	742.2	0.2009	jul-18	3,230	9,278.7	6,048.7	1.8727
feb-16	3,800	2,610.5	1,189.5	0.3130	ago-18	3,110	6,165.7	3,055.7	0.9825
mar-16	4,537	4,028.3	508.7	0.1121	sep-18	3,860	10,973.2	7,113.2	1.8428
abr-16	3,943	8,240.9	4,297.9	1.0900	oct-18	4,150	7,853.7	3,703.7	0.8925
may-16	3,871	6,881.2	3,010.2	0.7776	nov-18	4,180	5,534.0	1,354.0	0.3239
jun-16	4,134	4,438.2	304.2	0.0736	dic-18	3,730	3,060.0	670.0	0.1796
jul-16	3,917	7,840.2	3,923.2	1.0016	ene-19	4,310	3,803.3	506.7	0.1176
ago-16	4,637	5,215.9	578.9	0.1248	feb-19	3,160	3,357.5	197.5	0.0625
sep-16	3,974	9,293.6	5,319.6	1.3386	mar-19	5,820	5,171.9	648.1	0.1114
oct-16	2,433	6,659.3	4,226.3	1.7371	abr-19	5,860	10,562.3	4,702.3	0.8024
nov-16	3,230	4,697.6	1,467.6	0.4544	may-19	5,780	8,804.5	3,024.5	0.5233
dic-16	4,485	2,600.4	1,884.6	0.4202	jun-19	5,480	5,669.1	189.1	0.0345
ene-17	3,779	3,235.7	543.3	0.1438	jul-19	4,790	9,998.0	5,208.0	1.0873
feb-17	8,526	2,859.5	5,666.5	0.6646	ago-19	3,140	6,640.6	3,500.6	1.1148
mar-17	4,812	4,409.5	402.5	0.0836	sep-19	3,450	11,813.0	8,363.0	2.4241
abr-17	4,852	9,014.7	4,162.7	0.8579	oct-19	4,790	8,451.0	3,661.0	0.7643
may-17	4,247	7,522.3	3,275.3	0.7712	nov-19	4,560	5,952.2	1,392.2	0.3053
jun-17	3,730	4,848.5	1,118.5	0.2999	dic-19	5,400	3,289.8	2,110.2	0.3908

*Nota.*  $A_t$  = venta interna en el periodo  $t$  (datos del PRODUCE);  $F_t$  = pronóstico en el periodo  $t$ .



**Tabla C6**

*Error porcentual absoluto de los pronósticos por descomposición de series de tiempo multiplicativo-estacional (datos mensuales: 2013-2014)*

MES-AÑO	$A_t$	$F_t$	ERROR	ERROR / $A_t$	MES-AÑO	$A_t$	$F_t$	ERROR	ERROR / $A_t$
ene-15	2,925	2,372.4	552.7	0.1889	jul-17	4,702	6,012.0	1,310.0	0.2786
feb-15	3,404	2,081.3	1,322.7	0.3886	ago-17	4,539	3,969.3	569.7	0.1255
mar-15	5,471	3,186.4	2,284.6	0.4176	sep-17	3,483	7,019.2	3,536.2	1.0153
abr-15	4,749	6,467.7	1,718.7	0.3619	oct-17	4,376	4,992.0	616.0	0.1408
may-15	4,720	5,358.6	638.6	0.1353	nov-17	5,977	3,495.4	2,481.6	0.4152
jun-15	3,294	3,429.5	135.5	0.0411	dic-17	2,968	1,920.6	1,047.4	0.3529
jul-15	3,316	6,012.0	2,696.0	0.8130	ene-18	2,910	2,372.4	537.7	0.1848
ago-15	4,860	3,969.3	890.7	0.1833	feb-18	2,870	2,081.3	788.7	0.2748
sep-15	5,080	7,019.2	1,939.2	0.3817	mar-18	5,130	3,186.4	1,943.6	0.3789
oct-15	7,397	4,992.0	2,405.0	0.3251	abr-18	3,150	6,467.7	3,317.7	1.0532
nov-15	5,954	3,495.4	2,458.6	0.4129	may-18	4,050	5,358.6	1,308.6	0.3231
dic-15	2,808	1,920.6	887.4	0.3160	jun-18	2,840	3,429.5	589.5	0.2076
ene-16	3,694	2,372.4	1,321.7	0.3578	jul-18	3,230	6,012.0	2,782.0	0.8613
feb-16	3,800	2,081.3	1,718.7	0.4523	ago-18	3,110	3,969.3	859.3	0.2763
mar-16	4,537	3,186.4	1,350.6	0.2977	sep-18	3,860	7,019.2	3,159.2	0.8185
abr-16	3,943	6,467.7	2,524.7	0.6403	oct-18	4,150	4,992.0	842.0	0.2029
may-16	3,871	5,358.6	1,487.6	0.3843	nov-18	4,180	3,495.4	684.6	0.1638
jun-16	4,134	3,429.5	704.5	0.1704	dic-18	3,730	1,920.6	1,809.4	0.4851
jul-16	3,917	6,012.0	2,095.0	0.5349	ene-19	4,310	2,372.4	1,937.7	0.4496
ago-16	4,637	3,969.3	667.7	0.1440	feb-19	3,160	2,081.3	1,078.7	0.3414
sep-16	3,974	7,019.2	3,045.2	0.7663	mar-19	5,820	3,186.4	2,633.6	0.4525
oct-16	2,433	4,992.0	2,559.0	1.0518	abr-19	5,860	6,467.7	607.7	0.1037
nov-16	3,230	3,495.4	265.4	0.0822	may-19	5,780	5,358.6	421.4	0.0729
dic-16	4,485	1,920.6	2,564.4	0.5718	jun-19	5,480	3,429.5	2,050.5	0.3742
ene-17	3,779	2,372.4	1,406.7	0.3722	jul-19	4,790	6,012.0	1,222.0	0.2551
feb-17	8,526	2,081.3	6,444.7	0.7559	ago-19	3,140	3,969.3	829.3	0.2641
mar-17	4,812	3,186.4	1,625.6	0.3378	sep-19	3,450	7,019.2	3,569.2	1.0346
abr-17	4,852	6,467.7	1,615.7	0.3330	oct-19	4,790	4,992.0	202.0	0.0422
may-17	4,247	5,358.6	1,111.6	0.2617	nov-19	4,560	3,495.4	1,064.6	0.2335
jun-17	3,730	3,429.5	300.5	0.0806	dic-19	5,400	1,920.6	3,479.4	0.6443

*Nota.*  $A_t$  = venta interna en el periodo  $t$  (datos del PRODUCE);  $F_t$  = pronóstico en el periodo  $t$ .

**Tabla C7**

*Error porcentual absoluto de los pronósticos por descomposición de series de tiempo aditivo-tendencia y estacional (datos mensuales: 2013-2014)*

MES-AÑO	$A_t$	$F_t$	ERROR	ERROR / $A_t$	MES-AÑO	$A_t$	$F_t$	ERROR	ERROR / $A_t$
ene-15	2,925	2,279.1	645.9	0.2208	jul-17	4,702	6,284.9	1,582.9	0.3366
feb-15	3,404	2,017.0	1,387.0	0.4075	ago-17	4,539	4,333.3	205.7	0.0453
mar-15	5,471	3,148.5	2,322.5	0.4245	sep-17	3,483	7,225.8	3,742.8	1.0746
abr-15	4,749	6,280.6	1,531.6	0.3225	oct-17	4,376	5,348.6	972.6	0.2223
may-15	4,720	5,228.6	508.6	0.1078	nov-17	5,977	3,901.5	2,075.5	0.3472
jun-15	3,294	3,440.2	146.2	0.0444	dic-17	2,968	2,313.6	654.4	0.2205
jul-15	3,316	5,936.1	2,620.1	0.7901	ene-18	2,910	2,802.3	107.7	0.0370
ago-15	4,860	3,984.5	875.5	0.1801	feb-18	2,870	2,540.2	329.8	0.1149
sep-15	5,080	6,877.0	1,797.0	0.3537	mar-18	5,130	3,671.8	1,458.3	0.2843
oct-15	7,397	4,999.8	2,397.2	0.3241	abr-18	3,150	6,803.8	3,653.8	1.1599
nov-15	5,954	3,552.7	2,401.3	0.4033	may-18	4,050	5,751.8	1,701.8	0.4202
dic-15	2,808	1,964.8	843.2	0.3003	jun-18	2,840	3,963.4	1,123.4	0.3956
ene-16	3,694	2,453.5	1,240.5	0.3358	jul-18	3,230	6,459.3	3,229.3	0.9998
feb-16	3,800	2,191.4	1,608.6	0.4233	ago-18	3,110	4,507.7	1,397.7	0.4494
mar-16	4,537	3,322.9	1,214.1	0.2676	sep-18	3,860	7,400.2	3,540.2	0.9171
abr-16	3,943	6,455.0	2,512.0	0.6371	oct-18	4,150	5,523.0	1,373.0	0.3308
may-16	3,871	5,403.0	1,532.0	0.3958	nov-18	4,180	4,075.9	104.1	0.0249
jun-16	4,134	3,614.6	519.4	0.1256	dic-18	3,730	2,488.0	1,242.0	0.3330
jul-16	3,917	6,110.5	2,193.5	0.5600	ene-19	4,310	2,976.7	1,333.3	0.3093
ago-16	4,637	4,158.9	478.1	0.1031	feb-19	3,160	2,714.6	445.4	0.1409
sep-16	3,974	7,051.4	3,077.4	0.7744	mar-19	5,820	3,846.2	1,973.8	0.3391
oct-16	2,433	5,174.2	2,741.2	1.1267	abr-19	5,860	6,978.2	1,118.2	0.1908
nov-16	3,230	3,727.1	497.1	0.1539	may-19	5,780	5,926.2	146.2	0.0253
dic-16	4,485	2,139.2	2,345.8	0.5230	jun-19	5,480	4,137.8	1,342.2	0.2449
ene-17	3,779	2,627.9	1,151.1	0.3046	jul-19	4,790	6,633.7	1,843.7	0.3849
feb-17	8,526	2,365.8	6,160.2	0.7225	ago-19	3,140	4,682.1	1,542.1	0.4911
mar-17	4,812	3,497.4	1,314.7	0.2732	sep-19	3,450	7,574.6	4,124.6	1.1955
abr-17	4,852	6,629.4	1,777.4	0.3663	oct-19	4,790	5,697.4	907.4	0.1894
may-17	4,247	5,577.4	1,330.4	0.3133	nov-19	4,560	4,250.3	309.7	0.0679
jun-17	3,730	3,789.0	59.0	0.0158	dic-19	5,400	2,662.4	2,737.6	0.5070

*Nota.*  $A_t$  = venta interna en el periodo  $t$  (datos del PRODUCE);  $F_t$  = pronóstico en el periodo  $t$ .

**Tabla C8**

*Error porcentual absoluto de los pronósticos por descomposición de series de tiempo aditivo-estacional (datos mensuales: 2013-2014)*

MES-AÑO	$A_t$	$F_t$	ERROR	ERROR/ $A_t$	MES-AÑO	$A_t$	$F_t$	ERROR	ERROR/ $A_t$
ene-15	2,925	2,097.4	827.6	0.2829	jul-17	4,702	5,667.2	965.2	0.2053
feb-15	3,404	1,820.8	1,583.2	0.4651	ago-17	4,539	3,701.1	837.9	0.1846
mar-15	5,471	2,937.8	2,533.2	0.4630	sep-17	3,483	6,579.0	3,096.0	0.8889
abr-15	4,749	6,055.3	1,306.3	0.2751	oct-17	4,376	4,687.3	311.3	0.0711
may-15	4,720	4,988.8	268.8	0.0569	nov-17	5,977	3,225.7	2,751.3	0.4603
jun-15	3,294	3,185.9	108.1	0.0328	dic-17	2,968	1,623.2	1,344.8	0.4531
jul-15	3,316	5,667.2	2,351.2	0.7090	ene-18	2,910	2,097.4	812.6	0.2792
ago-15	4,860	3,701.1	1,158.9	0.2385	feb-18	2,870	1,820.8	1,049.2	0.3656
sep-15	5,080	6,579.0	1,499.0	0.2951	mar-18	5,130	2,937.8	2,192.2	0.4273
oct-15	7,397	4,687.3	2,709.7	0.3663	abr-18	3,150	6,055.3	2,905.3	0.9223
nov-15	5,954	3,225.7	2,728.3	0.4582	may-18	4,050	4,988.8	938.8	0.2318
dic-15	2,808	1,623.2	1,184.8	0.4219	jun-18	2,840	3,185.9	345.9	0.1218
ene-16	3,694	2,097.4	1,596.6	0.4322	jul-18	3,230	5,667.2	2,437.2	0.7545
feb-16	3,800	1,820.8	1,979.2	0.5208	ago-18	3,110	3,701.1	591.1	0.1901
mar-16	4,537	2,937.8	1,599.2	0.3525	sep-18	3,860	6,579.0	2,719.0	0.7044
abr-16	3,943	6,055.3	2,112.3	0.5357	oct-18	4,150	4,687.3	537.3	0.1295
may-16	3,871	4,988.8	1,117.8	0.2888	nov-18	4,180	3,225.7	954.3	0.2283
jun-16	4,134	3,185.9	948.1	0.2293	dic-18	3,730	1,623.2	2,106.8	0.5648
jul-16	3,917	5,667.2	1,750.2	0.4468	ene-19	4,310	2,097.4	2,212.6	0.5134
ago-16	4,637	3,701.1	935.9	0.2018	feb-19	3,160	1,820.8	1,339.2	0.4238
sep-16	3,974	6,579.0	2,605.0	0.6555	mar-19	5,820	2,937.8	2,882.2	0.4952
oct-16	2,433	4,687.3	2,254.3	0.9266	abr-19	5,860	6,055.3	195.3	0.0333
nov-16	3,230	3,225.7	4.3	0.0013	may-19	5,780	4,988.8	791.2	0.1369
dic-16	4,485	1,623.2	2,861.8	0.6381	jun-19	5,480	3,185.9	2,294.1	0.4186
ene-17	3,779	2,097.4	1,681.6	0.4450	jul-19	4,790	5,667.2	877.2	0.1831
feb-17	8,526	1,820.8	6,705.2	0.7864	ago-19	3,140	3,701.1	561.1	0.1787
mar-17	4,812	2,937.8	1,874.2	0.3895	sep-19	3,450	6,579.0	3,129.0	0.9070
abr-17	4,852	6,055.3	1,203.3	0.2480	oct-19	4,790	4,687.3	102.7	0.0214
may-17	4,247	4,988.8	741.8	0.1747	nov-19	4,560	3,225.7	1,334.3	0.2926
jun-17	3,730	3,185.9	544.1	0.1459	dic-19	5,400	1,623.2	3,776.8	0.6994

*Nota.*  $A_t$  = venta interna en el periodo  $t$  (datos del PRODUCE);  $F_t$  = pronóstico en el periodo  $t$ .

**Tabla C9**

*Error porcentual absoluto de los pronósticos por el método de Winters multiplicativo  
(datos mensuales: 2013-2014)*

MES-AÑO	$A_t$	$F_t$	ERROR	ERROR/ $A_t$	MES-AÑO	$A_t$	$F_t$	ERROR	ERROR/ $A_t$
ene-15	2,925	1,088.1	1,836.9	0.6280	jul-17	4,702	5,240.6	538.6	0.1145
feb-15	3,404	1,321.5	2,082.5	0.6118	ago-17	4,539	2,675.6	1,863.4	0.4105
mar-15	5,471	1,960.0	3,511.0	0.6417	sep-17	3,483	5,539.9	2,056.9	0.5906
abr-15	4,749	4,172.5	576.5	0.1214	oct-17	4,376	3,382.7	993.3	0.2270
may-15	4,720	3,195.2	1,524.8	0.3231	nov-17	5,977	2,055.0	3,922.0	0.6562
jun-15	3,294	2,278.3	1,015.7	0.3084	dic-17	2,968	2,211.9	756.1	0.2548
jul-15	3,316	4,605.7	1,289.7	0.3889	ene-18	2,910	567.7	2,342.3	0.8049
ago-15	4,860	2,645.7	2,214.4	0.4556	feb-18	2,870	868.1	2,001.9	0.6975
sep-15	5,080	4,888.7	191.3	0.0377	mar-18	5,130	1,763.3	3,366.7	0.6563
oct-15	7,397	3,232.9	4,164.1	0.5629	abr-18	3,150	4,951.6	1,801.6	0.5719
nov-15	5,954	2,214.3	3,739.7	0.6281	may-18	4,050	3,480.7	569.3	0.1406
dic-15	2,808	2,350.9	457.1	0.1628	jun-18	2,840	2,111.8	728.2	0.2564
ene-16	3,694	1,074.2	2,619.8	0.7092	jul-18	3,230	5,436.2	2,206.2	0.6830
feb-16	3,800	1,319.3	2,480.7	0.6528	ago-18	3,110	2,576.5	533.5	0.1715
mar-16	4,537	2,033.4	2,503.6	0.5518	sep-18	3,860	5,758.8	1,898.8	0.4919
abr-16	3,943	4,561.8	618.8	0.1569	oct-18	4,150	3,357.7	792.3	0.1909
may-16	3,871	3,411.2	459.8	0.1188	nov-18	4,180	1,881.7	2,298.3	0.5498
jun-16	4,134	2,335.5	1,798.5	0.4350	dic-18	3,730	2,054.5	1,675.5	0.4492
jul-16	3,917	4,987.7	1,070.7	0.2733	ene-19	4,310	232.0	4,078.0	0.9462
ago-16	4,637	2,720.8	1,916.3	0.4133	feb-19	3,160	565.2	2,594.8	0.8211
sep-16	3,974	5,270.3	1,296.3	0.3262	mar-19	5,820	1,555.6	4,264.4	0.7327
oct-16	2,433	3,360.0	927.0	0.3810	abr-19	5,860	5,078.1	781.9	0.1334
nov-16	3,230	2,183.4	1,046.6	0.3240	may-19	5,780	3,451.0	2,329.0	0.4029
dic-16	4,485	2,326.9	2,158.1	0.4812	jun-19	5,480	1,939.2	3,540.8	0.6461
ene-17	3,779	863.4	2,915.6	0.7715	jul-19	4,790	5,603.2	813.2	0.1698
feb-17	8,526	1,133.4	7,392.6	0.8671	ago-19	3,140	2,450.4	689.6	0.2196
mar-17	4,812	1,935.5	2,876.5	0.5978	sep-19	3,450	5,952.0	2,502.0	0.7252
abr-17	4,852	4,791.5	60.5	0.0125	oct-19	4,790	3,308.2	1,481.8	0.3093
may-17	4,247	3,478.5	768.5	0.1809	nov-19	4,560	1,685.2	2,874.8	0.6304
jun-17	3,730	2,254.2	1,475.8	0.3957	dic-19	5,400	1,875.1	3,524.9	0.6528

*Nota.*  $A_t$  = venta interna en el periodo  $t$  (datos del PRODUCE);  $F_t$  = pronóstico en el periodo  $t$ . Valores de los parámetros del método de Winters: alfa (nivel) = 0.2; gamma (tendencia) = 0.2; delta (estacional) = 0.2.

**Tabla C10**

*Error porcentual absoluto de los pronósticos por el método de Winters aditivo (datos mensuales: 2013-2014)*

MES-AÑO	$A_t$	$F_t$	ERROR	ERROR / $A_t$	MES-AÑO	$A_t$	$F_t$	ERROR	ERROR / $A_t$
ene-15	2,925	2,656.8	268.2	0.0917	jul-17	4,702	6,608.4	1,906.4	0.4054
feb-15	3,404	2,875.1	528.9	0.1554	ago-17	4,539	4,901.6	362.6	0.0799
mar-15	5,471	3,460.5	2,010.5	0.3675	sep-17	3,483	6,825.9	3,342.9	0.9598
abr-15	4,749	5,450.3	701.3	0.1477	oct-17	4,376	5,406.1	1,030.1	0.2354
may-15	4,720	4,576.4	143.7	0.0304	nov-17	5,977	4,542.0	1,435.0	0.2401
jun-15	3,294	3,750.5	456.5	0.1386	dic-17	2,968	4,685.1	1,717.1	0.5785
jul-15	3,316	5,785.9	2,469.9	0.7449	ene-18	2,910	3,890.4	980.4	0.3369
ago-15	4,860	4,079.1	780.9	0.1607	feb-18	2,870	4,108.7	1,238.7	0.4316
sep-15	5,080	6,003.5	923.5	0.1818	mar-18	5,130	4,694.1	435.9	0.0850
oct-15	7,397	4,583.7	2,813.3	0.3803	abr-18	3,150	6,683.9	3,533.9	1.1219
nov-15	5,954	3,719.6	2,234.4	0.3753	may-18	4,050	5,810.0	1,760.0	0.4346
dic-15	2,808	3,862.7	1,054.7	0.3756	jun-18	2,840	4,984.2	2,144.2	0.7550
ene-16	3,694	3,068.0	626.0	0.1695	jul-18	3,230	7,019.6	3,789.6	1.1732
feb-16	3,800	3,286.3	513.7	0.1352	ago-18	3,110	5,312.8	2,202.8	0.7083
mar-16	4,537	3,871.7	665.3	0.1466	sep-18	3,860	7,237.1	3,377.1	0.8749
abr-16	3,943	5,861.5	1,918.5	0.4865	oct-18	4,150	5,817.3	1,667.3	0.4018
may-16	3,871	4,987.6	1,116.6	0.2884	nov-18	4,180	4,953.2	773.2	0.1850
jun-16	4,134	4,161.7	27.7	0.0067	dic-18	3,730	5,096.3	1,366.3	0.3663
jul-16	3,917	6,197.1	2,280.1	0.5821	ene-19	4,310	4,301.6	8.4	0.0019
ago-16	4,637	4,490.3	146.7	0.0316	feb-19	3,160	4,519.9	1,359.9	0.4303
sep-16	3,974	6,414.7	2,440.7	0.6142	mar-19	5,820	5,105.3	714.7	0.1228
oct-16	2,433	4,994.9	2,561.9	1.0530	abr-19	5,860	7,095.1	1,235.1	0.2108
nov-16	3,230	4,130.8	900.8	0.2789	may-19	5,780	6,221.2	441.2	0.0763
dic-16	4,485	4,273.9	211.1	0.0471	jun-19	5,480	5,395.4	84.6	0.0154
ene-17	3,779	3,479.2	299.8	0.0793	jul-19	4,790	7,430.8	2,640.8	0.5513
feb-17	8,526	3,697.5	4,828.5	0.5663	ago-19	3,140	5,724.0	2,584.0	0.8229
mar-17	4,812	4,282.9	529.1	0.1100	sep-19	3,450	7,648.4	4,198.4	1.2169
abr-17	4,852	6,272.7	1,420.7	0.2928	oct-19	4,790	6,228.5	1,438.5	0.3003
may-17	4,247	5,398.8	1,151.8	0.2712	nov-19	4,560	5,364.4	804.4	0.1764
jun-17	3,730	4,572.9	842.9	0.2260	dic-19	5,400	5,507.5	107.5	0.0199

*Nota.*  $A_t$  = venta interna en el periodo  $t$  (datos del PRODUCE);  $F_t$  = pronóstico en el periodo  $t$ . Valores de los parámetros del método de Winters: alfa (nivel) = 0.2; gamma (tendencia) = 0.2; delta (estacional) = 0.2.

**Tabla C11**

*Error porcentual absoluto de los pronósticos por el modelo de regresión lineal  
(datos mensuales: 2012-2014)*

MES-AÑO	$A_t$	$F_t$	ERROR	ERROR/ $A_t$	MES-AÑO	$A_t$	$F_t$	ERROR	ERROR/ $A_t$
ene-15	2,925	3,309.1	384.1	0.1313	jul-17	4,702	1,424.2	3,277.8	0.6971
feb-15	3,404	3,246.3	157.7	0.0463	ago-17	4,539	1,361.3	3,177.7	0.7001
mar-15	5,471	3,183.5	2,287.5	0.4181	sep-17	3,483	1,298.5	2,184.5	0.6272
abr-15	4,749	3,120.6	1,628.4	0.3429	oct-17	4,376	1,235.7	3,140.3	0.7176
may-15	4,720	3,057.8	1,662.2	0.3522	nov-17	5,977	1,172.8	4,804.2	0.8038
jun-15	3,294	2,995.0	299.0	0.0908	dic-17	2,968	1,110.0	1,858.0	0.6260
jul-15	3,316	2,932.1	383.9	0.1158	ene-18	2,910	1,047.2	1,862.8	0.6401
ago-15	4,860	2,869.3	1,990.7	0.4096	feb-18	2,870	984.3	1,885.7	0.6570
sep-15	5,080	2,806.5	2,273.5	0.4475	mar-18	5,130	921.5	4,208.5	0.8204
oct-15	7,397	2,743.6	4,653.4	0.6291	abr-18	3,150	858.7	2,291.3	0.7274
nov-15	5,954	2,680.8	3,273.2	0.5497	may-18	4,050	795.9	3,254.1	0.8035
dic-15	2,808	2,618.0	190.0	0.0677	jun-18	2,840	733.0	2,107.0	0.7419
ene-16	3,694	2,555.2	1,138.8	0.3083	jul-18	3,230	670.2	2,559.8	0.7925
feb-16	3,800	2,492.3	1,307.7	0.3441	ago-18	3,110	607.4	2,502.6	0.8047
mar-16	4,537	2,429.5	2,107.5	0.4645	sep-18	3,860	544.5	3,315.5	0.8589
abr-16	3,943	2,366.7	1,576.3	0.3998	oct-18	4,150	481.7	3,668.3	0.8839
may-16	3,871	2,303.8	1,567.2	0.4049	nov-18	4,180	418.9	3,761.1	0.8998
jun-16	4,134	2,241.0	1,893.0	0.4579	dic-18	3,730	356.0	3,374.0	0.9045
jul-16	3,917	2,178.2	1,738.8	0.4439	ene-19	4,310	293.2	4,016.8	0.9320
ago-16	4,637	2,115.3	2,521.7	0.5438	feb-19	3,160	230.4	2,929.6	0.9271
sep-16	3,974	2,052.5	1,921.5	0.4835	mar-19	5,820	167.5	5,652.5	0.9712
oct-16	2,433	1,989.7	443.3	0.1822	abr-19	5,860	104.7	5,755.3	0.9821
nov-16	3,230	1,926.8	1,303.2	0.4035	may-19	5,780	41.9	5,738.1	0.9928
dic-16	4,485	1,864.0	2,621.0	0.5844	jun-19	5,480	-21.0	5,501.0	1.0038
ene-17	3,779	1,801.2	1,977.8	0.5234	jul-19	4,790	-83.8	4,873.8	1.0175
feb-17	8,526	1,738.3	6,787.7	0.7961	ago-19	3,140	-146.6	3,286.6	1.0467
mar-17	4,812	1,675.5	3,136.5	0.6518	sep-19	3,450	-209.5	3,659.5	1.0607
abr-17	4,852	1,612.7	3,239.3	0.6676	oct-19	4,790	-272.3	5,062.3	1.0568
may-17	4,247	1,549.8	2,697.2	0.6351	nov-19	4,560	-335.1	4,895.1	1.0735
jun-17	3,730	1,487.0	2,243.0	0.6013	dic-19	5,400	-398.0	5,798.0	1.0737

*Nota.*  $A_t$  = venta interna en el periodo  $t$  (datos del PRODUCE);  $F_t$  = pronóstico en el periodo  $t$ .

**Tabla C12**

*Error porcentual absoluto de los pronósticos por descomposición de series de tiempo multiplicativo-tendencia y estacional (datos mensuales: 2012-2014)*

MES-AÑO	A <sub>t</sub>	F <sub>t</sub>	ERROR	ERROR /A <sub>t</sub>	MES-AÑO	A <sub>t</sub>	F <sub>t</sub>	ERROR	ERROR /A <sub>t</sub>
ene-15	2,925	1,652.3	1,272.7	0.4351	jul-17	4,702	42.4	4,659.6	0.9910
feb-15	3,404	1,760.6	1,643.5	0.4828	ago-17	4,539	-58.7	4,597.7	1.0129
mar-15	5,471	2,112.8	3,358.2	0.6138	sep-17	3,483	-241.7	3,724.7	1.0694
abr-15	4,749	3,440.0	1,309.0	0.2756	oct-17	4,376	-357.8	4,733.8	1.0818
may-15	4,720	2,806.8	1,913.2	0.4053	nov-17	5,977	-299.8	6,276.8	1.0502
jun-15	3,294	2,163.6	1,130.4	0.3432	dic-17	2,968	-315.3	3,283.3	1.1062
jul-15	3,316	3,038.3	277.7	0.0837	ene-18	2,910	-308.3	3,218.3	1.1059
ago-15	4,860	2,074.5	2,785.5	0.5732	feb-18	2,870	-399.7	3,269.7	1.1393
sep-15	5,080	3,251.1	1,828.9	0.3600	mar-18	5,130	-571.1	5,701.1	1.1113
oct-15	7,397	2,870.1	4,526.9	0.6120	abr-18	3,150	-1,089.7	4,239.7	1.3459
nov-15	5,954	1,665.7	4,288.3	0.7202	may-18	4,050	-1,029.5	5,079.5	1.2542
dic-15	2,808	1,308.3	1,499.7	0.5341	jun-18	2,840	-910.2	3,750.2	1.3205
ene-16	3,694	998.8	2,695.2	0.7296	jul-18	3,230	-1,455.6	4,685.6	1.4506
feb-16	3,800	1,040.5	2,759.5	0.7262	ago-18	3,110	-1,125.3	4,235.3	1.3618
mar-16	4,537	1,218.2	3,318.8	0.7315	sep-18	3,860	-1,988.0	5,848.0	1.5150
abr-16	3,943	1,930.1	2,012.9	0.5105	oct-18	4,150	-1,971.8	6,121.8	1.4751
may-16	3,871	1,528.1	2,342.9	0.6053	nov-18	4,180	-1,282.5	5,462.5	1.3068
jun-16	4,134	1,139.0	2,995.0	0.7245	dic-18	3,730	-1,127.0	4,857.0	1.3022
jul-16	3,917	1,540.4	2,376.7	0.6068	ene-19	4,310	-961.8	5,271.8	1.2232
ago-16	4,637	1,007.9	3,629.1	0.7826	feb-19	3,160	-1,119.8	4,279.8	1.3544
sep-16	3,974	1,504.7	2,469.3	0.6214	mar-19	5,820	-1,465.8	7,285.8	1.2519
oct-16	2,433	1,256.1	1,176.9	0.4837	abr-19	5,860	-2,599.6	8,459.6	1.4436
nov-16	3,230	683.0	2,547.0	0.7886	may-19	5,780	-2,308.2	8,088.2	1.3993
dic-16	4,485	496.5	3,988.5	0.8893	jun-19	5,480	-1,934.8	7,414.8	1.3531
ene-17	3,779	345.3	3,433.8	0.9086	jul-19	4,790	-2,953.6	7,743.6	1.6166
feb-17	8,526	320.4	8,205.6	0.9624	ago-19	3,140	-2,191.9	5,331.9	1.6981
mar-17	4,812	323.5	4,488.5	0.9328	sep-19	3,450	-3,734.4	7,184.4	2.0824
abr-17	4,852	420.2	4,431.8	0.9134	oct-19	4,790	-3,585.8	8,375.8	1.7486
may-17	4,247	249.3	3,997.7	0.9413	nov-19	4,560	-2,265.2	6,825.2	1.4968
jun-17	3,730	114.4	3,615.6	0.9693	dic-19	5,400	-1,938.8	7,338.8	1.3590

*Nota.* A<sub>t</sub> = venta interna en el periodo *t* (datos del PRODUCE); F<sub>t</sub> = pronóstico en el periodo *t*.

**Tabla C13**

*Error porcentual absoluto de los pronósticos por descomposición de series de tiempo multiplicativo-estacional (datos mensuales: 2012-2014)*

MES-AÑO	$A_t$	$F_t$	ERROR	ERROR / $A_t$	MES-AÑO	$A_t$	$F_t$	ERROR	ERROR / $A_t$
ene-15	2,925	2,659.8	265.2	0.0907	jul-17	4,702	6,096.7	1,394.7	0.2966
feb-15	3,404	2,930.7	473.3	0.1391	ago-17	4,539	4,341.0	198.0	0.0436
mar-15	5,471	3,641.2	1,829.8	0.3345	sep-17	3,483	7,107.7	3,624.7	1.0407
abr-15	4,749	6,145.3	1,396.3	0.2940	oct-17	4,376	6,568.8	2,192.8	0.5011
may-15	4,720	5,204.5	484.5	0.1027	nov-17	5,977	3,999.7	1,977.3	0.3308
jun-15	3,294	4,170.1	876.1	0.2660	dic-17	2,968	3,303.9	335.9	0.1132
jul-15	3,316	6,096.7	2,780.7	0.8386	ene-18	2,910	2,659.8	250.2	0.0860
ago-15	4,860	4,341.0	519.0	0.1068	feb-18	2,870	2,930.7	60.7	0.0211
sep-15	5,080	7,107.7	2,027.7	0.3991	mar-18	5,130	3,641.2	1,488.8	0.2902
oct-15	7,397	6,568.8	828.2	0.1120	abr-18	3,150	6,145.3	2,995.3	0.9509
nov-15	5,954	3,999.7	1,954.3	0.3282	may-18	4,050	5,204.5	1,154.5	0.2851
dic-15	2,808	3,303.9	495.9	0.1766	jun-18	2,840	4,170.1	1,330.1	0.4683
ene-16	3,694	2,659.8	1,034.2	0.2800	jul-18	3,230	6,096.7	2,866.7	0.8875
feb-16	3,800	2,930.7	869.3	0.2288	ago-18	3,110	4,341.0	1,231.0	0.3958
mar-16	4,537	3,641.2	895.8	0.1974	sep-18	3,860	7,107.7	3,247.7	0.8414
abr-16	3,943	6,145.3	2,202.3	0.5585	oct-18	4,150	6,568.8	2,418.8	0.5828
may-16	3,871	5,204.5	1,333.5	0.3445	nov-18	4,180	3,999.7	180.3	0.0431
jun-16	4,134	4,170.1	36.1	0.0087	dic-18	3,730	3,303.9	426.2	0.1142
jul-16	3,917	6,096.7	2,179.7	0.5565	ene-19	4,310	2,659.8	1,650.2	0.3829
ago-16	4,637	4,341.0	296.0	0.0638	feb-19	3,160	2,930.7	229.3	0.0726
sep-16	3,974	7,107.7	3,133.7	0.7885	mar-19	5,820	3,641.2	2,178.8	0.3744
oct-16	2,433	6,568.8	4,135.8	1.6999	abr-19	5,860	6,145.3	285.3	0.0487
nov-16	3,230	3,999.7	769.7	0.2383	may-19	5,780	5,204.5	575.5	0.0996
dic-16	4,485	3,303.9	1,181.2	0.2634	jun-19	5,480	4,170.1	1,309.9	0.2390
ene-17	3,779	2,659.8	1,119.2	0.2962	jul-19	4,790	6,096.7	1,306.7	0.2728
feb-17	8,526	2,930.7	5,595.3	0.6563	ago-19	3,140	4,341.0	1,201.0	0.3825
mar-17	4,812	3,641.2	1,170.8	0.2433	sep-19	3,450	7,107.7	3,657.7	1.0602
abr-17	4,852	6,145.3	1,293.3	0.2665	oct-19	4,790	6,568.8	1,778.8	0.3713
may-17	4,247	5,204.5	957.5	0.2255	nov-19	4,560	3,999.7	560.3	0.1229
jun-17	3,730	4,170.1	440.1	0.1180	dic-19	5,400	3,303.9	2,096.2	0.3882

*Nota.*  $A_t$  = venta interna en el periodo  $t$  (datos del PRODUCE);  $F_t$  = pronóstico en el periodo  $t$ .



**Tabla C14**

*Error porcentual absoluto de los pronósticos por descomposición de series de tiempo aditivo-tendencia y estacional (datos mensuales: 2012-2014)*

MES-AÑO	$A_t$	$F_t$	ERROR	ERROR / $A_t$	MES-AÑO	$A_t$	$F_t$	ERROR	ERROR / $A_t$
ene-15	2,925	1,290.5	1,634.5	0.5588	jul-17	4,702	1,972.7	2,729.3	0.5805
feb-15	3,404	1,476.6	1,927.4	0.5662	ago-17	4,539	293.5	4,245.5	0.9353
mar-15	5,471	2,011.2	3,459.8	0.6324	sep-17	3,483	2,688.3	794.7	0.2282
abr-15	4,749	3,997.4	751.6	0.1583	oct-17	4,376	2,256.5	2,119.5	0.4844
may-15	4,720	3,144.0	1,576.0	0.3339	nov-17	5,977	-173.1	6,150.1	1.0290
jun-15	3,294	2,258.1	1,035.9	0.3145	dic-17	2,968	-829.2	3,797.2	1.2794
jul-15	3,316	3,821.2	505.2	0.1523	ene-18	2,910	-1,482.2	4,392.2	1.5093
ago-15	4,860	2,141.9	2,718.1	0.5593	feb-18	2,870	-1,296.0	4,166.0	1.4516
sep-15	5,080	4,536.7	543.3	0.1069	mar-18	5,130	-761.5	5,891.5	1.1484
oct-15	7,397	4,104.9	3,292.1	0.4451	abr-18	3,150	1,224.8	1,925.2	0.6112
nov-15	5,954	1,675.4	4,278.7	0.7186	may-18	4,050	371.3	3,678.7	0.9083
dic-15	2,808	1,019.3	1,788.8	0.6370	jun-18	2,840	-514.5	3,354.5	1.1812
ene-16	3,694	366.3	3,327.7	0.9009	jul-18	3,230	1,048.5	2,181.5	0.6754
feb-16	3,800	552.4	3,247.6	0.8546	ago-18	3,110	-630.8	3,740.8	1.2028
mar-16	4,537	1,087.0	3,450.0	0.7604	sep-18	3,860	1,764.1	2,095.9	0.5430
abr-16	3,943	3,073.2	869.8	0.2206	oct-18	4,150	1,332.3	2,817.7	0.6790
may-16	3,871	2,219.8	1,651.2	0.4266	nov-18	4,180	-1,097.3	5,277.3	1.2625
jun-16	4,134	1,333.9	2,800.1	0.6773	dic-18	3,730	-1,753.4	5,483.4	1.4701
jul-16	3,917	2,896.9	1,020.1	0.2604	ene-19	4,310	-2,406.4	6,716.4	1.5583
ago-16	4,637	1,217.7	3,419.3	0.7374	feb-19	3,160	-2,220.2	5,380.2	1.7026
sep-16	3,974	3,612.5	361.5	0.0910	mar-19	5,820	-1,685.7	7,505.7	1.2896
oct-16	2,433	3,180.7	747.7	0.3073	abr-19	5,860	300.6	5,559.4	0.9487
nov-16	3,230	751.1	2,478.9	0.7674	may-19	5,780	-552.9	6,332.9	1.0957
dic-16	4,485	95.0	4,390.0	0.9788	jun-19	5,480	-1,438.7	6,918.7	1.2625
ene-17	3,779	-558.0	4,337.0	1.1476	jul-19	4,790	124.3	4,665.7	0.9741
feb-17	8,526	-371.8	8,897.8	1.0436	ago-19	3,140	-1,555.0	4,695.0	1.4952
mar-17	4,812	162.8	4,649.3	0.9662	sep-19	3,450	839.9	2,610.1	0.7566
abr-17	4,852	2,149.0	2,703.0	0.5571	oct-19	4,790	408.1	4,382.0	0.9148
may-17	4,247	1,295.6	2,951.5	0.6949	nov-19	4,560	-2,021.5	6,581.5	1.4433
jun-17	3,730	409.7	3,320.3	0.8902	dic-19	5,400	-2,677.6	8,077.6	1.4959

*Nota.*  $A_t$  = venta interna en el periodo  $t$  (datos del PRODUCE);  $F_t$  = pronóstico en el periodo  $t$ .

**Tabla C15**

*Error porcentual absoluto de los pronósticos por descomposición de series de tiempo aditivo-estacional (datos mensuales: 2012-2014)*

MES-AÑO	$A_t$	$F_t$	ERROR	ERROR / $A_t$	MES-AÑO	$A_t$	$F_t$	ERROR	ERROR / $A_t$
ene-15	2,925	2,715.3	209.7	0.0717	jul-17	4,702	5,708.1	1,006.1	0.2140
feb-15	3,404	2,978.5	425.5	0.1250	ago-17	4,539	4,105.9	433.2	0.0954
mar-15	5,471	3,590.1	1,881.0	0.3438	sep-17	3,483	6,577.7	3,094.7	0.8885
abr-15	4,749	5,653.3	904.3	0.1904	oct-17	4,376	6,222.9	1,846.9	0.4221
may-15	4,720	4,876.9	156.9	0.0332	nov-17	5,977	3,870.4	2,106.6	0.3525
jun-15	3,294	4,068.1	774.1	0.2350	dic-17	2,968	3,291.3	323.3	0.1089
jul-15	3,316	5,708.1	2,392.1	0.7214	ene-18	2,910	2,715.3	194.7	0.0669
ago-15	4,860	4,105.9	754.2	0.1552	feb-18	2,870	2,978.5	108.5	0.0378
sep-15	5,080	6,577.7	1,497.7	0.2948	mar-18	5,130	3,590.1	1,540.0	0.3002
oct-15	7,397	6,222.9	1,174.1	0.1587	abr-18	3,150	5,653.3	2,503.3	0.7947
nov-15	5,954	3,870.4	2,083.6	0.3500	may-18	4,050	4,876.9	826.9	0.2042
dic-15	2,808	3,291.3	483.3	0.1721	jun-18	2,840	4,068.1	1,228.1	0.4324
ene-16	3,694	2,715.3	978.7	0.2649	jul-18	3,230	5,708.1	2,478.1	0.7672
feb-16	3,800	2,978.5	821.5	0.2162	ago-18	3,110	4,105.9	995.9	0.3202
mar-16	4,537	3,590.1	947.0	0.2087	sep-18	3,860	6,577.7	2,717.7	0.7041
abr-16	3,943	5,653.3	1,710.3	0.4338	oct-18	4,150	6,222.9	2,072.9	0.4995
may-16	3,871	4,876.9	1,005.9	0.2599	nov-18	4,180	3,870.4	309.6	0.0741
jun-16	4,134	4,068.1	65.9	0.0160	dic-18	3,730	3,291.3	438.7	0.1176
jul-16	3,917	5,708.1	1,791.1	0.4573	ene-19	4,310	2,715.3	1,594.7	0.3700
ago-16	4,637	4,105.9	531.2	0.1145	feb-19	3,160	2,978.5	181.5	0.0574
sep-16	3,974	6,577.7	2,603.7	0.6552	mar-19	5,820	3,590.1	2,230.0	0.3832
oct-16	2,433	6,222.9	3,789.9	1.5577	abr-19	5,860	5,653.3	206.7	0.0353
nov-16	3,230	3,870.4	640.4	0.1983	may-19	5,780	4,876.9	903.1	0.1562
dic-16	4,485	3,291.3	1,193.7	0.2662	jun-19	5,480	4,068.1	1,412.0	0.2577
ene-17	3,779	2,715.3	1,063.7	0.2815	jul-19	4,790	5,708.1	918.1	0.1917
feb-17	8,526	2,978.5	5,547.5	0.6507	ago-19	3,140	4,105.9	965.9	0.3076
mar-17	4,812	3,590.1	1,222.0	0.2539	sep-19	3,450	6,577.7	3,127.7	0.9066
abr-17	4,852	5,653.3	801.3	0.1652	oct-19	4,790	6,222.9	1,432.9	0.2991
may-17	4,247	4,876.9	629.9	0.1483	nov-19	4,560	3,870.4	689.6	0.1512
jun-17	3,730	4,068.1	338.1	0.0906	dic-19	5,400	3,291.3	2,108.7	0.3905

*Nota.*  $A_t$  = venta interna en el periodo  $t$  (datos del PRODUCE);  $F_t$  = pronóstico en el periodo  $t$ .

**Tabla C16**

*Error porcentual absoluto de los pronósticos por el método de Winters multiplicativo (datos mensuales: 2012-2014)*

MES-AÑO	$A_t$	$F_t$	ERROR	ERROR / $A_t$	MES-AÑO	$A_t$	$F_t$	ERROR	ERROR / $A_t$
ene-15	2,925	3,376.8	451.8	0.1545	jul-17	4,702	10,040.4	5,338.4	1.1353
feb-15	3,404	3,223.7	180.3	0.0530	ago-17	4,539	7,127.1	2,588.1	0.5702
mar-15	5,471	4,640.4	830.6	0.1518	sep-17	3,483	10,641.9	7,158.9	2.0554
abr-15	4,749	6,577.3	1,828.3	0.3850	oct-17	4,376	9,291.1	4,915.1	1.1232
may-15	4,720	4,573.3	146.7	0.0311	nov-17	5,977	6,468.3	491.3	0.0822
jun-15	3,294	4,717.9	1,423.9	0.4323	dic-17	2,968	6,882.1	3,914.1	1.3188
jul-15	3,316	6,653.2	3,337.2	1.0064	ene-18	2,910	6,331.7	3,421.7	1.1758
ago-15	4,860	4,756.0	104.0	0.0214	feb-18	2,870	5,977.6	3,107.6	1.0828
sep-15	5,080	7,149.9	2,069.9	0.4075	mar-18	5,130	8,512.6	3,382.6	0.6594
oct-15	7,397	6,283.5	1,113.5	0.1505	abr-18	3,150	11,941.6	8,791.6	2.7910
nov-15	5,954	4,402.3	1,551.7	0.2606	may-18	4,050	8,220.6	4,170.6	1.0298
dic-15	2,808	4,712.8	1,904.8	0.6783	jun-18	2,840	8,398.9	5,558.9	1.9574
ene-16	3,694	4,361.8	667.8	0.1808	jul-18	3,230	11,734.1	8,504.1	2.6328
feb-16	3,800	4,141.7	341.7	0.0899	ago-18	3,110	8,312.6	5,202.6	1.6729
mar-16	4,537	5,931.1	1,394.1	0.3073	sep-18	3,860	12,387.8	8,527.8	2.2093
abr-16	3,943	8,365.4	4,422.4	1.1216	oct-18	4,150	10,794.9	6,644.9	1.6012
may-16	3,871	5,789.1	1,918.1	0.4955	nov-18	4,180	7,501.3	3,321.3	0.7946
jun-16	4,134	5,944.9	1,810.9	0.4381	dic-18	3,730	7,966.7	4,236.7	1.1358
jul-16	3,917	8,346.8	4,429.8	1.1309	ene-19	4,310	7,316.6	3,006.6	0.6976
ago-16	4,637	5,941.5	1,304.5	0.2813	feb-19	3,160	6,895.6	3,735.6	1.1822
sep-16	3,974	8,895.9	4,921.9	1.2385	mar-19	5,820	9,803.4	3,983.4	0.6844
oct-16	2,433	7,787.3	5,354.3	2.2007	abr-19	5,860	13,729.7	7,869.7	1.3430
nov-16	3,230	5,435.3	2,205.3	0.6828	may-19	5,780	9,436.3	3,656.3	0.6326
dic-16	4,485	5,797.5	1,312.5	0.2926	jun-19	5,480	9,625.9	4,145.9	0.7566
ene-17	3,779	5,346.7	1,567.7	0.4148	jul-19	4,790	13,427.7	8,637.7	1.8033
feb-17	8,526	5,059.7	3,466.3	0.4066	ago-19	3,140	9,498.1	6,358.1	2.0249
mar-17	4,812	7,221.9	2,409.9	0.5008	sep-19	3,450	14,133.8	10,683.8	3.0968
abr-17	4,852	10,153.5	5,301.5	1.0926	oct-19	4,790	12,298.7	7,508.7	1.5676
may-17	4,247	7,004.8	2,757.8	0.6494	nov-19	4,560	8,534.2	3,974.2	0.8715
jun-17	3,730	7,171.9	3,441.9	0.9228	dic-19	5,400	9,051.4	3,651.4	0.6762

*Nota.*  $A_t$  = venta interna en el periodo  $t$  (datos del PRODUCE);  $F_t$  = pronóstico en el periodo  $t$ . Valores de los parámetros del método de Winters: alfa (nivel) = 0.2; gamma (tendencia) = 0.2; delta (estacional) = 0.2.

**Tabla C17**

*Error porcentual absoluto de los pronósticos por el método de Winters aditivo (datos mensuales: 2012-2014)*

MES-AÑO	$A_t$	$F_t$	ERROR	ERROR / $A_t$	MES-AÑO	$A_t$	$F_t$	ERROR	ERROR / $A_t$
ene-15	2,925	2,975.8	50.8	0.0174	jul-17	4,702	6,746.7	2,044.7	0.4348
feb-15	3,404	2,720.3	683.7	0.2008	ago-17	4,539	5,195.6	656.6	0.1446
mar-15	5,471	4,157.0	1,314.0	0.2402	sep-17	3,483	7,164.0	3,681.0	1.0568
abr-15	4,749	5,730.0	981.0	0.2066	oct-17	4,376	6,539.1	2,163.1	0.4943
may-15	4,720	3,787.0	933.0	0.1977	nov-17	5,977	5,010.2	966.8	0.1618
jun-15	3,294	4,049.1	755.1	0.2292	dic-17	2,968	5,322.4	2,354.4	0.7933
jul-15	3,316	5,597.1	2,281.1	0.6879	ene-18	2,910	4,700.1	1,790.1	0.6152
ago-15	4,860	4,046.0	814.0	0.1675	feb-18	2,870	4,444.7	1,574.7	0.5487
sep-15	5,080	6,014.4	934.4	0.1839	mar-18	5,130	5,881.3	751.3	0.1465
oct-15	7,397	5,389.5	2,007.5	0.2714	abr-18	3,150	7,454.4	4,304.4	1.3665
nov-15	5,954	3,860.6	2,093.4	0.3516	may-18	4,050	5,511.3	1,461.3	0.3608
dic-15	2,808	4,172.9	1,364.9	0.4861	jun-18	2,840	5,773.4	2,933.4	1.0329
ene-16	3,694	3,550.6	143.4	0.0388	jul-18	3,230	7,321.4	4,091.4	1.2667
feb-16	3,800	3,295.1	504.9	0.1329	ago-18	3,110	5,770.3	2,660.3	0.8554
mar-16	4,537	4,731.8	194.8	0.0429	sep-18	3,860	7,738.8	3,878.8	1.0049
abr-16	3,943	6,304.8	2,361.8	0.5990	oct-18	4,150	7,113.9	2,963.9	0.7142
may-16	3,871	4,361.8	490.8	0.1268	nov-18	4,180	5,584.9	1,404.9	0.3361
jun-16	4,134	4,623.8	489.8	0.1185	dic-18	3,730	5,897.2	2,167.2	0.5810
jul-16	3,917	6,171.9	2,254.9	0.5757	ene-19	4,310	5,274.9	964.9	0.2239
ago-16	4,637	4,620.8	16.2	0.0035	feb-19	3,160	5,019.4	1,859.4	0.5884
sep-16	3,974	6,589.2	2,615.2	0.6581	mar-19	5,820	6,456.1	636.1	0.1093
oct-16	2,433	5,964.3	3,531.3	1.4514	abr-19	5,860	8,029.2	2,169.2	0.3702
nov-16	3,230	4,435.4	1,205.4	0.3732	may-19	5,780	6,086.1	306.1	0.0530
dic-16	4,485	4,747.6	262.6	0.0586	jun-19	5,480	6,348.2	868.2	0.1584
ene-17	3,779	4,125.4	346.4	0.0917	jul-19	4,790	7,896.2	3,106.2	0.6485
feb-17	8,526	3,869.9	4,656.1	0.5461	ago-19	3,140	6,345.1	3,205.1	1.0207
mar-17	4,812	5,306.5	494.5	0.1028	sep-19	3,450	8,313.6	4,863.6	1.4097
abr-17	4,852	6,879.6	2,027.6	0.4179	oct-19	4,790	7,688.7	2,898.7	0.6051
may-17	4,247	4,936.5	689.5	0.1624	nov-19	4,560	6,159.7	1,599.7	0.3508
jun-17	3,730	5,198.6	1,468.6	0.3937	dic-19	5,400	6,472.0	1,072.0	0.1985

*Nota.*  $A_t$  = venta interna en el periodo  $t$  (datos del PRODUCE);  $F_t$  = pronóstico en el periodo  $t$ . Valores de los parámetros del método de Winters: alfa (nivel) = 0.2; gamma (tendencia) = 0.2; delta (estacional) = 0.2.

**Tabla C18**

*Error porcentual absoluto de los pronósticos por el modelo de regresión lineal  
(datos mensuales: 2011-2014)*

MES-AÑO	$A_t$	$F_t$	ERROR	ERROR / $A_t$	MES-AÑO	$A_t$	$F_t$	ERROR	ERROR / $A_t$
ene-15	2,925	2,734.1	190.9	0.0652	jul-17	4,702	-357.6	5,059.6	1.0760
feb-15	3,404	2,631.1	772.9	0.2271	ago-17	4,539	-460.6	4,999.6	1.1015
mar-15	5,471	2,528.0	2,943.0	0.5379	sep-17	3,483	-563.7	4,046.7	1.1618
abr-15	4,749	2,425.0	2,324.0	0.4894	oct-17	4,376	-666.7	5,042.7	1.1524
may-15	4,720	2,321.9	2,398.1	0.5081	nov-17	5,977	-769.8	6,746.8	1.1288
jun-15	3,294	2,218.9	1,075.1	0.3264	dic-17	2,968	-872.8	3,840.8	1.2941
jul-15	3,316	2,115.8	1,200.2	0.3619	ene-18	2,910	-975.9	3,885.9	1.3354
ago-15	4,860	2,012.7	2,847.3	0.5859	feb-18	2,870	-1,079.0	3,949.0	1.3759
sep-15	5,080	1,909.7	3,170.3	0.6241	mar-18	5,130	-1,182.0	6,312.0	1.2304
oct-15	7,397	1,806.6	5,590.4	0.7558	abr-18	3,150	-1,285.1	4,435.1	1.4080
nov-15	5,954	1,703.6	4,250.4	0.7139	may-18	4,050	-1,388.1	5,438.1	1.3427
dic-15	2,808	1,600.5	1,207.5	0.4300	jun-18	2,840	-1,491.2	4,331.2	1.5251
ene-16	3,694	1,497.5	2,196.5	0.5946	jul-18	3,230	-1,594.2	4,824.2	1.4936
feb-16	3,800	1,394.4	2,405.6	0.6331	ago-18	3,110	-1,697.3	4,807.3	1.5458
mar-16	4,537	1,291.4	3,245.6	0.7154	sep-18	3,860	-1,800.4	5,660.4	1.4664
abr-16	3,943	1,188.3	2,754.7	0.6986	oct-18	4,150	-1,903.4	6,053.4	1.4587
may-16	3,871	1,085.2	2,785.8	0.7196	nov-18	4,180	-2,006.5	6,186.5	1.4800
jun-16	4,134	982.2	3,151.8	0.7624	dic-18	3,730	-2,109.5	5,839.5	1.5656
jul-16	3,917	879.1	3,037.9	0.7756	ene-19	4,310	-2,212.6	6,522.6	1.5134
ago-16	4,637	776.1	3,860.9	0.8326	feb-19	3,160	-2,315.6	5,475.6	1.7328
sep-16	3,974	673.0	3,301.0	0.8306	mar-19	5,820	-2,418.7	8,238.7	1.4156
oct-16	2,433	570.0	1,863.0	0.7657	abr-19	5,860	-2,521.8	8,381.8	1.4303
nov-16	3,230	466.9	2,763.1	0.8554	may-19	5,780	-2,624.8	8,404.8	1.4541
dic-16	4,485	363.8	4,121.2	0.9189	jun-19	5,480	-2,727.9	8,207.9	1.4978
ene-17	3,779	260.8	3,518.2	0.9310	jul-19	4,790	-2,830.9	7,620.9	1.5910
feb-17	8,526	157.7	8,368.3	0.9815	ago-19	3,140	-2,934.0	6,074.0	1.9344
mar-17	4,812	54.7	4,757.3	0.9886	sep-19	3,450	-3,037.0	6,487.0	1.8803
abr-17	4,852	-48.4	4,900.4	1.0100	oct-19	4,790	-3,140.1	7,930.1	1.6556
may-17	4,247	-151.4	4,398.4	1.0357	nov-19	4,560	-3,243.2	7,803.2	1.7112
jun-17	3,730	-254.5	3,984.5	1.0682	dic-19	5,400	-3,346.2	8,746.2	1.6197

*Nota.*  $A_t$  = venta interna en el periodo  $t$  (datos del PRODUCE);  $F_t$  = pronóstico en el periodo  $t$ .

**Tabla C19**

*Error porcentual absoluto de los pronósticos por descomposición de series de tiempo multiplicativo-tendencia y estacional (datos mensuales: 2011-2014)*

MES-AÑO	$A_t$	$F_t$	ERROR	ERROR / $A_t$	MES-AÑO	$A_t$	$F_t$	ERROR	ERROR / $A_t$
ene-15	2,925	1,479.6	1,445.5	0.4942	jul-17	4,702	-1,636.9	6,338.9	1.3481
feb-15	3,404	1,705.7	1,698.3	0.4989	ago-17	4,539	-1,336.0	5,875.0	1.2943
mar-15	5,471	1,781.4	3,689.6	0.6744	sep-17	3,483	-2,059.9	5,542.9	1.5914
abr-15	4,749	2,772.3	1,976.7	0.4162	oct-17	4,376	-2,208.1	6,584.1	1.5046
may-15	4,720	1,710.7	3,009.3	0.6376	nov-17	5,977	-1,659.0	7,636.0	1.2776
jun-15	3,294	1,680.5	1,613.5	0.4898	dic-17	2,968	-1,628.3	4,596.3	1.5486
jul-15	3,316	2,037.0	1,279.0	0.3857	ene-18	2,910	-1,279.2	4,189.2	1.4396
ago-15	4,860	1,406.1	3,453.9	0.7107	feb-18	2,870	-1,648.5	4,518.5	1.5744
sep-15	5,080	1,834.9	3,245.1	0.6388	mar-18	5,130	-1,924.1	7,054.1	1.3751
oct-15	7,397	1,662.0	5,735.0	0.7753	abr-18	3,150	-3,348.0	6,498.0	2.0628
nov-15	5,954	1,050.8	4,903.2	0.8235	may-18	4,050	-2,312.7	6,362.7	1.5710
dic-15	2,808	861.9	1,946.1	0.6931	jun-18	2,840	-2,548.1	5,388.1	1.8972
ene-16	3,694	560.0	3,134.1	0.8484	jul-18	3,230	-3,473.8	6,703.8	2.0755
feb-16	3,800	587.6	3,212.4	0.8454	ago-18	3,110	-2,707.1	5,817.1	1.8704
mar-16	4,537	546.2	3,990.8	0.8796	sep-18	3,860	-4,007.3	7,867.3	2.0382
abr-16	3,943	732.2	3,210.8	0.8143	oct-18	4,150	-4,143.1	8,293.1	1.9983
may-16	3,871	369.6	3,501.4	0.9045	nov-18	4,180	-3,013.9	7,193.9	1.7210
jun-16	4,134	271.0	3,863.0	0.9345	dic-18	3,730	-2,873.4	6,603.4	1.7703
jul-16	3,917	200.1	3,716.9	0.9489	ene-19	4,310	-2,198.8	6,508.8	1.5102
ago-16	4,637	35.1	4,601.9	0.9924	feb-19	3,160	-2,766.6	5,926.6	1.8755
sep-16	3,974	-112.5	4,086.5	1.0283	mar-19	5,820	-3,159.2	8,979.2	1.5428
oct-16	2,433	-273.0	2,706.0	1.1122	abr-19	5,860	-5,388.0	11,248.0	1.9195
nov-16	3,230	-304.1	3,534.1	1.0941	may-19	5,780	-3,653.8	9,433.8	1.6322
dic-16	4,485	-383.2	4,868.2	1.0854	jun-19	5,480	-3,957.6	9,437.6	1.7222
ene-17	3,779	-359.6	4,138.6	1.0952	jul-19	4,790	-5,310.8	10,100.8	2.1087
feb-17	8,526	-530.4	9,056.4	1.0622	ago-19	3,140	-4,078.1	7,218.1	2.2988
mar-17	4,812	-688.9	5,500.9	1.1432	sep-19	3,450	-5,954.7	9,404.7	2.7260
abr-17	4,852	-1,307.9	6,159.9	1.2696	oct-19	4,790	-6,078.1	10,868.1	2.2689
may-17	4,247	-971.6	5,218.6	1.2288	nov-19	4,560	-4,368.8	8,928.8	1.9581
jun-17	3,730	-1,138.5	4,868.5	1.3052	dic-19	5,400	-4,118.4	9,518.4	1.7627

*Nota.*  $A_t$  = venta interna en el periodo  $t$  (datos del PRODUCE);  $F_t$  = pronóstico en el periodo  $t$ .

**Tabla C20**

*Error porcentual absoluto de los pronósticos por descomposición de series de tiempo multiplicativo-estacional (datos mensuales: 2011-2014)*

MES-AÑO	A <sub>t</sub>	F <sub>t</sub>	ERROR	ERROR /A <sub>t</sub>	MES-AÑO	A <sub>t</sub>	F <sub>t</sub>	ERROR	ERROR /A <sub>t</sub>
ene-15	2,925	3,357.1	432.1	0.1477	jul-17	4,702	6,705.9	2,003.9	0.4262
feb-15	3,404	4,081.6	677.6	0.1991	ago-17	4,539	5,005.2	466.2	0.1027
mar-15	5,471	4,509.0	962.0	0.1758	sep-17	3,483	7,109.2	3,626.2	1.0411
abr-15	4,749	7,447.5	2,698.5	0.5682	oct-17	4,376	7,064.0	2,688.0	0.6143
may-15	4,720	4,896.0	176.0	0.0373	nov-17	5,977	4,946.2	1,030.8	0.1725
jun-15	3,294	5,145.6	1,851.6	0.5621	dic-17	2,968	4,545.3	1,577.3	0.5314
jul-15	3,316	6,705.9	3,389.9	1.0223	ene-18	2,910	3,357.1	447.1	0.1536
ago-15	4,860	5,005.2	145.2	0.0299	feb-18	2,870	4,081.6	1,211.6	0.4221
sep-15	5,080	7,109.2	2,029.2	0.3994	mar-18	5,130	4,509.0	621.0	0.1211
oct-15	7,397	7,064.0	333.0	0.0450	abr-18	3,150	7,447.5	4,297.5	1.3643
nov-15	5,954	4,946.2	1,007.8	0.1693	may-18	4,050	4,896.0	846.0	0.2089
dic-15	2,808	4,545.3	1,737.3	0.6187	jun-18	2,840	5,145.6	2,305.6	0.8118
ene-16	3,694	3,357.1	337.0	0.0912	jul-18	3,230	6,705.9	3,475.9	1.0761
feb-16	3,800	4,081.6	281.6	0.0741	ago-18	3,110	5,005.2	1,895.2	0.6094
mar-16	4,537	4,509.0	28.0	0.0062	sep-18	3,860	7,109.2	3,249.2	0.8418
abr-16	3,943	7,447.5	3,504.5	0.8888	oct-18	4,150	7,064.0	2,914.0	0.7022
may-16	3,871	4,896.0	1,025.0	0.2648	nov-18	4,180	4,946.2	766.2	0.1833
jun-16	4,134	5,145.6	1,011.6	0.2447	dic-18	3,730	4,545.3	815.3	0.2186
jul-16	3,917	6,705.9	2,788.9	0.7120	ene-19	4,310	3,357.1	953.0	0.2211
ago-16	4,637	5,005.2	368.2	0.0794	feb-19	3,160	4,081.6	921.6	0.2916
sep-16	3,974	7,109.2	3,135.2	0.7889	mar-19	5,820	4,509.0	1,311.0	0.2253
oct-16	2,433	7,064.0	4,631.0	1.9034	abr-19	5,860	7,447.5	1,587.5	0.2709
nov-16	3,230	4,946.2	1,716.2	0.5313	may-19	5,780	4,896.0	884.1	0.1529
dic-16	4,485	4,545.3	60.3	0.0134	jun-19	5,480	5,145.6	334.5	0.0610
ene-17	3,779	3,357.1	422.0	0.1117	jul-19	4,790	6,705.9	1,915.9	0.4000
feb-17	8,526	4,081.6	4,444.4	0.5213	ago-19	3,140	5,005.2	1,865.2	0.5940
mar-17	4,812	4,509.0	303.0	0.0630	sep-19	3,450	7,109.2	3,659.2	1.0606
abr-17	4,852	7,447.5	2,595.5	0.5349	oct-19	4,790	7,064.0	2,274.0	0.4747
may-17	4,247	4,896.0	649.0	0.1528	nov-19	4,560	4,946.2	386.2	0.0847
jun-17	3,730	5,145.6	1,415.6	0.3795	dic-19	5,400	4,545.3	854.7	0.1583

*Nota.* A<sub>t</sub> = venta interna en el periodo *t* (datos del PRODUCE); F<sub>t</sub> = pronóstico en el periodo *t*.

**Tabla C21**

*Error porcentual absoluto de los pronósticos por descomposición de series de tiempo aditivo-tendencia y estacional (datos mensuales: 2011-2014)*

MES-AÑO	A <sub>t</sub>	F <sub>t</sub>	ERROR	ERROR /A <sub>t</sub>	MES-AÑO	A <sub>t</sub>	F <sub>t</sub>	ERROR	ERROR /A <sub>t</sub>
ene-15	2,925	1,126.0	1,799.0	0.6150	jul-17	4,702	962.0	3,740.0	0.7954
feb-15	3,404	1,408.8	1,995.2	0.5861	ago-17	4,539	-1,368.7	5,907.7	1.3015
mar-15	5,471	1,751.5	3,719.5	0.6799	sep-17	3,483	589.7	2,893.3	0.8307
abr-15	4,749	4,366.0	383.0	0.0806	oct-17	4,376	170.0	4,206.0	0.9611
may-15	4,720	1,786.8	2,933.2	0.6214	nov-17	5,977	-1,399.1	7,376.1	1.2341
jun-15	3,294	1,864.6	1,429.4	0.4339	dic-17	2,968	-2,304.6	5,272.6	1.7765
jul-15	3,316	3,540.9	224.9	0.0678	ene-18	2,910	-2,742.2	5,652.2	1.9423
ago-15	4,860	1,210.1	3,649.9	0.7510	feb-18	2,870	-2,459.4	5,329.4	1.8569
sep-15	5,080	3,168.5	1,911.5	0.3763	mar-18	5,130	-2,116.7	7,246.7	1.4126
oct-15	7,397	2,748.8	4,648.2	0.6284	abr-18	3,150	497.8	2,652.2	0.8420
nov-15	5,954	1,179.8	4,774.2	0.8019	may-18	4,050	-2,081.4	6,131.4	1.5139
dic-15	2,808	274.2	2,533.8	0.9023	jun-18	2,840	-2,003.6	4,843.6	1.7055
ene-16	3,694	-163.4	3,857.4	1.0442	jul-18	3,230	-327.4	3,557.4	1.1014
feb-16	3,800	119.4	3,680.6	0.9686	ago-18	3,110	-2,658.1	5,768.1	1.8547
mar-16	4,537	462.1	4,074.9	0.8982	sep-18	3,860	-699.7	4,559.7	1.1813
abr-16	3,943	3,076.6	866.4	0.2197	oct-18	4,150	-1,119.4	5,269.4	1.2697
may-16	3,871	497.4	3,373.6	0.8715	nov-18	4,180	-2,688.5	6,868.5	1.6432
jun-16	4,134	575.2	3,558.8	0.8609	dic-18	3,730	-3,594.0	7,324.0	1.9635
jul-16	3,917	2,251.4	1,665.6	0.4252	ene-19	4,310	-4,031.6	8,341.6	1.9354
ago-16	4,637	-79.3	4,716.3	1.0171	feb-19	3,160	-3,748.8	6,908.8	2.1863
sep-16	3,974	1,879.1	2,094.9	0.5272	mar-19	5,820	-3,406.2	9,226.2	1.5853
oct-16	2,433	1,459.4	973.6	0.4002	abr-19	5,860	-791.6	6,651.6	1.1351
nov-16	3,230	-109.7	3,339.7	1.0339	may-19	5,780	-3,370.8	9,150.8	1.5832
dic-16	4,485	-1,015.2	5,500.2	1.2264	jun-19	5,480	-3,293.0	8,773.0	1.6009
ene-17	3,779	-1,452.8	5,231.8	1.3844	jul-19	4,790	-1,616.8	6,406.8	1.3375
feb-17	8,526	-1,170.0	9,696.0	1.1372	ago-19	3,140	-3,947.5	7,087.5	2.2572
mar-17	4,812	-827.3	5,639.3	1.1719	sep-19	3,450	-1,989.2	5,439.2	1.5766
abr-17	4,852	1,787.2	3,064.8	0.6317	oct-19	4,790	-2,408.8	7,198.8	1.5029
may-17	4,247	-792.0	5,039.0	1.1865	nov-19	4,560	-3,977.9	8,537.9	1.8723
jun-17	3,730	-714.2	4,444.2	1.1915	dic-19	5,400	-4,883.4	10,283.4	1.9043

*Nota.* A<sub>t</sub> = venta interna en el periodo *t* (datos del PRODUCE); F<sub>t</sub> = pronóstico en el periodo *t*.



**Tabla C22**

*Error porcentual absoluto de los pronósticos por descomposición de series de tiempo aditivo-estacional (datos mensuales: 2011-2014)*

MES-AÑO	$A_t$	$F_t$	ERROR	ERROR / $A_t$	MES-AÑO	$A_t$	$F_t$	ERROR	ERROR / $A_t$
ene-15	2,925	3,758.6	833.6	0.2850	jul-17	4,702	6,818.1	2,116.1	0.4500
feb-15	3,404	4,148.8	744.8	0.2188	ago-17	4,539	4,594.8	55.8	0.0123
mar-15	5,471	4,598.9	872.1	0.1594	sep-17	3,483	6,660.7	3,177.7	0.9123
abr-15	4,749	7,320.9	2,571.9	0.5416	oct-17	4,376	6,348.4	1,972.4	0.4507
may-15	4,720	4,849.2	129.2	0.0274	nov-17	5,977	4,886.8	1,090.2	0.1824
jun-15	3,294	5,034.4	1,740.4	0.5284	dic-17	2,968	4,088.7	1,120.7	0.3776
jul-15	3,316	6,818.1	3,502.1	1.0561	ene-18	2,910	3,758.6	848.6	0.2916
ago-15	4,860	4,594.8	265.2	0.0546	feb-18	2,870	4,148.8	1,278.8	0.4456
sep-15	5,080	6,660.7	1,580.7	0.3112	mar-18	5,130	4,598.9	531.1	0.1035
oct-15	7,397	6,348.4	1,048.6	0.1418	abr-18	3,150	7,320.9	4,170.9	1.3241
nov-15	5,954	4,886.8	1,067.2	0.1792	may-18	4,050	4,849.2	799.2	0.1973
dic-15	2,808	4,088.7	1,280.7	0.4561	jun-18	2,840	5,034.4	2,194.4	0.7727
ene-16	3,694	3,758.6	64.6	0.0175	jul-18	3,230	6,818.1	3,588.1	1.1109
feb-16	3,800	4,148.8	348.8	0.0918	ago-18	3,110	4,594.8	1,484.8	0.4774
mar-16	4,537	4,598.9	61.9	0.0137	sep-18	3,860	6,660.7	2,800.7	0.7256
abr-16	3,943	7,320.9	3,377.9	0.8567	oct-18	4,150	6,348.4	2,198.4	0.5297
may-16	3,871	4,849.2	978.2	0.2527	nov-18	4,180	4,886.8	706.8	0.1691
jun-16	4,134	5,034.4	900.4	0.2178	dic-18	3,730	4,088.7	358.7	0.0962
jul-16	3,917	6,818.1	2,901.1	0.7406	ene-19	4,310	3,758.6	551.4	0.1279
ago-16	4,637	4,594.8	42.2	0.0091	feb-19	3,160	4,148.8	988.8	0.3129
sep-16	3,974	6,660.7	2,686.7	0.6761	mar-19	5,820	4,598.9	1,221.1	0.2098
oct-16	2,433	6,348.4	3,915.4	1.6093	abr-19	5,860	7,320.9	1,460.9	0.2493
nov-16	3,230	4,886.8	1,656.8	0.5129	may-19	5,780	4,849.2	930.8	0.1610
dic-16	4,485	4,088.7	396.3	0.0884	jun-19	5,480	5,034.4	445.6	0.0813
ene-17	3,779	3,758.6	20.4	0.0054	jul-19	4,790	6,818.1	2,028.1	0.4234
feb-17	8,526	4,148.8	4,377.2	0.5134	ago-19	3,140	4,594.8	1,454.8	0.4633
mar-17	4,812	4,598.9	213.1	0.0443	sep-19	3,450	6,660.7	3,210.7	0.9306
abr-17	4,852	7,320.9	2,468.9	0.5088	oct-19	4,790	6,348.4	1,558.4	0.3254
may-17	4,247	4,849.2	602.2	0.1418	nov-19	4,560	4,886.8	326.8	0.0717
jun-17	3,730	5,034.4	1,304.4	0.3497	dic-19	5,400	4,088.7	1,311.3	0.2428

*Nota.*  $A_t$  = venta interna en el periodo  $t$  (datos del PRODUCE);  $F_t$  = pronóstico en el periodo  $t$ .

**Tabla C23**

*Error porcentual absoluto de los pronósticos por el método de Winters multiplicativo (datos mensuales: 2011-2014)*

MES-AÑO	A <sub>t</sub>	F <sub>t</sub>	ERROR	ERROR /A <sub>t</sub>	MES-AÑO	A <sub>t</sub>	F <sub>t</sub>	ERROR	ERROR /A <sub>t</sub>
ene-15	2,925	3,368.7	443.7	0.1517	jul-17	4,702	10,622.2	5,920.2	1.2591
feb-15	3,404	3,351.9	52.1	0.0153	ago-17	4,539	7,633.1	3,094.1	0.6817
mar-15	5,471	5,005.6	465.4	0.0851	sep-17	3,483	10,188.8	6,705.8	1.9253
abr-15	4,749	6,454.4	1,705.4	0.3591	oct-17	4,376	9,456.2	5,080.2	1.1609
may-15	4,720	5,015.8	295.8	0.0627	nov-17	5,977	7,224.9	1,247.9	0.2088
jun-15	3,294	5,122.2	1,828.2	0.5550	dic-17	2,968	7,084.3	4,116.3	1.3869
jul-15	3,316	6,826.0	3,510.0	1.0585	ene-18	2,910	6,632.5	3,722.5	1.2792
ago-15	4,860	4,945.2	85.2	0.0175	feb-18	2,870	6,514.4	3,644.4	1.2698
sep-15	5,080	6,652.8	1,572.8	0.3096	mar-18	5,130	9,607.8	4,477.8	0.8729
oct-15	7,397	6,221.2	1,175.8	0.1590	abr-18	3,150	12,240.8	9,090.8	2.8860
nov-15	5,954	4,788.0	1,166.0	0.1958	may-18	4,050	9,403.3	5,353.3	1.3218
dic-15	2,808	4,728.0	1,920.0	0.6838	jun-18	2,840	9,496.4	6,656.4	2.3438
ene-16	3,694	4,456.6	762.6	0.2064	jul-18	3,230	12,520.3	9,290.3	2.8763
feb-16	3,800	4,406.1	606.1	0.1595	ago-18	3,110	8,977.0	5,867.0	1.8865
mar-16	4,537	6,539.7	2,002.7	0.4414	sep-18	3,860	11,956.7	8,096.7	2.0976
abr-16	3,943	8,383.2	4,440.2	1.1261	oct-18	4,150	11,073.6	6,923.6	1.6683
may-16	3,871	6,478.3	2,607.3	0.6735	nov-18	4,180	8,443.4	4,263.4	1.0200
jun-16	4,134	6,580.3	2,446.3	0.5918	dic-18	3,730	8,262.5	4,532.5	1.2151
jul-16	3,917	8,724.1	4,807.1	1.2272	ene-19	4,310	7,720.5	3,410.5	0.7913
ago-16	4,637	6,289.1	1,652.1	0.3563	feb-19	3,160	7,568.6	4,408.6	1.3951
sep-16	3,974	8,420.8	4,446.8	1.1190	mar-19	5,820	11,141.8	5,321.8	0.9144
oct-16	2,433	7,838.7	5,405.7	2.2218	abr-19	5,860	14,169.7	8,309.7	1.4180
nov-16	3,230	6,006.5	2,776.5	0.8596	may-19	5,780	10,865.8	5,085.8	0.8799
dic-16	4,485	5,906.1	1,421.1	0.3169	jun-19	5,480	10,954.5	5,474.5	0.9990
ene-17	3,779	5,544.6	1,765.6	0.4672	jul-19	4,790	14,418.3	9,628.3	2.0101
feb-17	8,526	5,460.3	3,065.7	0.3596	ago-19	3,140	10,320.9	7,180.9	2.2869
mar-17	4,812	8,073.7	3,261.7	0.6778	sep-19	3,450	13,724.7	10,274.7	2.9782
abr-17	4,852	10,312.0	5,460.0	1.1253	oct-19	4,790	12,691.1	7,901.1	1.6495
may-17	4,247	7,940.8	3,693.8	0.8697	nov-19	4,560	9,661.8	5,101.8	1.1188
jun-17	3,730	8,038.3	4,308.3	1.1550	dic-19	5,400	9,440.6	4,040.6	0.7483

*Nota.* A<sub>t</sub> = venta interna en el periodo *t* (datos del PRODUCE); F<sub>t</sub> = pronóstico en el periodo *t*. Valores de los parámetros del método de Winters: alfa (nivel) = 0.2; gamma (tendencia) = 0.2; delta (estacional) = 0.2.

**Tabla C24**

*Error porcentual absoluto de los pronósticos por el método de Winters aditivo (datos mensuales: 2011-2014)*

MES-AÑO	$A_t$	$F_t$	ERROR	ERROR / $A_t$	MES-AÑO	$A_t$	$F_t$	ERROR	ERROR / $A_t$
ene-15	2,925	2,791.7	133.3	0.0456	jul-17	4,702	7,255.2	2,553.2	0.5430
feb-15	3,404	2,672.7	731.3	0.2148	ago-17	4,539	5,590.0	1,051.0	0.2315
mar-15	5,471	4,625.8	845.2	0.1545	sep-17	3,483	7,020.3	3,537.3	1.0156
abr-15	4,749	5,709.1	960.1	0.2022	oct-17	4,376	6,866.0	2,490.0	0.5690
may-15	4,720	4,224.2	495.8	0.1050	nov-17	5,977	5,662.2	314.8	0.0527
jun-15	3,294	4,447.3	1,153.3	0.3501	dic-17	2,968	5,627.0	2,659.0	0.8959
jul-15	3,316	5,829.9	2,513.9	0.7581	ene-18	2,910	4,929.6	2,019.6	0.6940
ago-15	4,860	4,164.7	695.3	0.1431	feb-18	2,870	4,810.6	1,940.6	0.6762
sep-15	5,080	5,595.1	515.1	0.1014	mar-18	5,130	6,763.7	1,633.7	0.3185
oct-15	7,397	5,440.7	1,956.3	0.2645	abr-18	3,150	7,847.0	4,697.0	1.4911
nov-15	5,954	4,237.0	1,717.0	0.2884	may-18	4,050	6,362.1	2,312.1	0.5709
dic-15	2,808	4,201.7	1,393.7	0.4963	jun-18	2,840	6,585.2	3,745.2	1.3187
ene-16	3,694	3,504.3	189.7	0.0514	jul-18	3,230	7,967.8	4,737.8	1.4668
feb-16	3,800	3,385.3	414.7	0.1091	ago-18	3,110	6,302.6	3,192.6	1.0266
mar-16	4,537	5,338.5	801.5	0.1767	sep-18	3,860	7,733.0	3,873.0	1.0034
abr-16	3,943	6,421.7	2,478.7	0.6286	oct-18	4,150	7,578.6	3,428.6	0.8262
may-16	3,871	4,936.9	1,065.9	0.2753	nov-18	4,180	6,374.9	2,194.9	0.5251
jun-16	4,134	5,159.9	1,025.9	0.2482	dic-18	3,730	6,339.6	2,609.6	0.6996
jul-16	3,917	6,542.5	2,625.5	0.6703	ene-19	4,310	5,642.2	1,332.2	0.3091
ago-16	4,637	4,877.3	240.3	0.0518	feb-19	3,160	5,523.2	2,363.2	0.7478
sep-16	3,974	6,307.7	2,333.7	0.5872	mar-19	5,820	7,476.4	1,656.4	0.2846
oct-16	2,433	6,153.3	3,720.3	1.5291	abr-19	5,860	8,559.6	2,699.6	0.4607
nov-16	3,230	4,949.6	1,719.6	0.5324	may-19	5,780	7,074.8	1,294.8	0.2240
dic-16	4,485	4,914.3	429.3	0.0957	jun-19	5,480	7,297.8	1,817.8	0.3317
ene-17	3,779	4,216.9	437.9	0.1159	jul-19	4,790	8,680.4	3,890.4	0.8122
feb-17	8,526	4,097.9	4,428.1	0.5194	ago-19	3,140	7,015.2	3,875.2	1.2341
mar-17	4,812	6,051.1	1,239.1	0.2575	sep-19	3,450	8,445.6	4,995.6	1.4480
abr-17	4,852	7,134.4	2,282.4	0.4704	oct-19	4,790	8,291.2	3,501.2	0.7309
may-17	4,247	5,649.5	1,402.5	0.3302	nov-19	4,560	7,087.5	2,527.5	0.5543
jun-17	3,730	5,872.6	2,142.6	0.5744	dic-19	5,400	7,052.2	1,652.2	0.3060

*Nota.*  $A_t$  = venta interna en el periodo  $t$  (datos del PRODUCE);  $F_t$  = pronóstico en el periodo  $t$ . Valores de los parámetros del método de Winters: alfa (nivel) = 0.2; gamma (tendencia) = 0.2; delta (estacional) = 0.2.

**Tabla C25**

*Error porcentual absoluto de los pronósticos por el modelo ARIMA (1,1,0) no estacional (datos mensuales: 2011-2014)*

MES-AÑO	A <sub>t</sub>	F <sub>t</sub>	ERROR	ERROR /A <sub>t</sub>	MES-AÑO	A <sub>t</sub>	F <sub>t</sub>	ERROR	ERROR /A <sub>t</sub>
ene-15	2,925	4,260.9	1,335.9	0.4567	jul-17	4,702	4,445.6	256.4	0.0545
feb-15	3,404	4,516.1	1,112.1	0.3267	ago-17	4,539	4,445.6	93.4	0.0206
mar-15	5,471	4,418.6	1,052.4	0.1924	sep-17	3,483	4,445.6	962.6	0.2764
abr-15	4,749	4,455.9	293.1	0.0617	oct-17	4,376	4,445.6	69.6	0.0159
may-15	4,720	4,441.7	278.3	0.0590	nov-17	5,977	4,445.6	1,531.4	0.2562
jun-15	3,294	4,447.1	1,153.1	0.3501	dic-17	2,968	4,445.6	1,477.6	0.4978
jul-15	3,316	4,445.0	1,129.0	0.3405	ene-18	2,910	4,445.6	1,535.6	0.5277
ago-15	4,860	4,445.8	414.2	0.0852	feb-18	2,870	4,445.6	1,575.6	0.5490
sep-15	5,080	4,445.5	634.5	0.1249	mar-18	5,130	4,445.6	684.4	0.1334
oct-15	7,397	4,445.6	2,951.4	0.3990	abr-18	3,150	4,445.6	1,295.6	0.4113
nov-15	5,954	4,445.6	1,508.4	0.2533	may-18	4,050	4,445.6	395.6	0.0977
dic-15	2,808	4,445.6	1,637.6	0.5832	jun-18	2,840	4,445.6	1,605.6	0.5653
ene-16	3,694	4,445.6	751.6	0.2035	jul-18	3,230	4,445.6	1,215.6	0.3763
feb-16	3,800	4,445.6	645.6	0.1699	ago-18	3,110	4,445.6	1,335.6	0.4294
mar-16	4,537	4,445.6	91.4	0.0201	sep-18	3,860	4,445.6	585.6	0.1517
abr-16	3,943	4,445.6	502.6	0.1275	oct-18	4,150	4,445.6	295.6	0.0712
may-16	3,871	4,445.6	574.6	0.1484	nov-18	4,180	4,445.6	265.6	0.0635
jun-16	4,134	4,445.6	311.6	0.0754	dic-18	3,730	4,445.6	715.6	0.1918
jul-16	3,917	4,445.6	528.6	0.1349	ene-19	4,310	4,445.6	135.6	0.0315
ago-16	4,637	4,445.6	191.4	0.0413	feb-19	3,160	4,445.6	1,285.6	0.4068
sep-16	3,974	4,445.6	471.6	0.1187	mar-19	5,820	4,445.6	1,374.4	0.2362
oct-16	2,433	4,445.6	2,012.6	0.8272	abr-19	5,860	4,445.6	1,414.4	0.2414
nov-16	3,230	4,445.6	1,215.6	0.3763	may-19	5,780	4,445.6	1,334.4	0.2309
dic-16	4,485	4,445.6	39.4	0.0088	jun-19	5,480	4,445.6	1,034.4	0.1888
ene-17	3,779	4,445.6	666.6	0.1764	jul-19	4,790	4,445.6	344.4	0.0719
feb-17	8,526	4,445.6	4,080.4	0.4786	ago-19	3,140	4,445.6	1,305.6	0.4158
mar-17	4,812	4,445.6	366.4	0.0761	sep-19	3,450	4,445.6	995.6	0.2886
abr-17	4,852	4,445.6	406.4	0.0838	oct-19	4,790	4,445.6	344.4	0.0719
may-17	4,247	4,445.6	198.6	0.0468	nov-19	4,560	4,445.6	114.4	0.0251
jun-17	3,730	4,445.6	715.6	0.1918	dic-19	5,400	4,445.6	954.4	0.1767

*Nota.* A<sub>t</sub> = venta interna en el periodo *t* (datos del PRODUCE); F<sub>t</sub> = pronóstico en el periodo *t*.

**Tabla C26**

*Error porcentual absoluto de los pronósticos por el modelo ARIMA (0,0,0)(1,0,0) estacional 12 (datos mensuales: 2011-2014)*

MES-AÑO	A <sub>t</sub>	F <sub>t</sub>	ERROR	ERROR /A <sub>t</sub>	MES-AÑO	A <sub>t</sub>	F <sub>t</sub>	ERROR	ERROR /A <sub>t</sub>
ene-15	2,925	2,915.6	9.4	0.0032	jul-17	4,702	4,754.0	52.0	0.0111
feb-15	3,404	2,684.8	719.2	0.2113	ago-17	4,539	4,151.1	387.9	0.0855
mar-15	5,471	3,456.2	2,014.8	0.3683	sep-17	3,483	4,586.2	1,103.2	0.3167
abr-15	4,749	5,688.1	939.1	0.1977	oct-17	4,376	4,134.9	241.1	0.0551
may-15	4,720	4,845.1	125.1	0.0265	nov-17	5,977	3,945.4	2,031.6	0.3399
jun-15	3,294	3,581.6	287.6	0.0873	dic-17	2,968	4,673.6	1,705.6	0.5747
jul-15	3,316	4,962.3	1,646.3	0.4965	ene-18	2,910	3,835.3	925.3	0.3180
ago-15	4,860	3,881.0	979.0	0.2014	feb-18	2,870	3,739.3	869.3	0.3029
sep-15	5,080	4,661.4	418.6	0.0824	mar-18	5,130	4,060.4	1,069.6	0.2085
oct-15	7,397	3,851.9	3,545.1	0.4793	abr-18	3,150	4,989.7	1,839.7	0.5840
nov-15	5,954	3,512.2	2,441.8	0.4101	may-18	4,050	4,638.7	588.7	0.1454
dic-15	2,808	4,818.2	2,010.2	0.7159	jun-18	2,840	4,112.6	1,272.6	0.4481
ene-16	3,694	3,314.7	379.3	0.1027	jul-18	3,230	4,687.5	1,457.5	0.4512
feb-16	3,800	3,142.4	657.6	0.1730	ago-18	3,110	4,237.3	1,127.3	0.3625
mar-16	4,537	3,718.4	818.6	0.1804	sep-18	3,860	4,562.2	702.2	0.1819
abr-16	3,943	5,385.0	1,442.0	0.3657	oct-18	4,150	4,225.2	75.2	0.0181
may-16	3,871	4,755.5	884.5	0.2285	nov-18	4,180	4,083.7	96.3	0.0230
jun-16	4,134	3,812.1	321.9	0.0779	dic-18	3,730	4,627.5	897.5	0.2406
jul-16	3,917	4,843.0	926.0	0.2364	ene-19	4,310	4,001.5	308.5	0.0716
ago-16	4,637	4,035.7	601.3	0.1297	feb-19	3,160	3,929.8	769.8	0.2436
sep-16	3,974	4,618.3	644.3	0.1621	mar-19	5,820	4,169.6	1,650.4	0.2836
oct-16	2,433	4,013.9	1,580.9	0.6498	abr-19	5,860	4,863.5	996.5	0.1701
nov-16	3,230	3,760.2	530.2	0.1642	may-19	5,780	4,601.4	1,178.6	0.2039
dic-16	4,485	4,735.4	250.4	0.0558	jun-19	5,480	4,208.6	1,271.4	0.2320
ene-17	3,779	3,612.8	166.2	0.0440	jul-19	4,790	4,637.8	152.2	0.0318
feb-17	8,526	3,484.1	5,041.9	0.5914	ago-19	3,140	4,301.7	1,161.7	0.3700
mar-17	4,812	3,914.2	897.8	0.1866	sep-19	3,450	4,544.3	1,094.3	0.3172
abr-17	4,852	5,158.7	306.7	0.0632	oct-19	4,790	4,292.6	497.4	0.1038
may-17	4,247	4,688.6	441.6	0.1040	nov-19	4,560	4,187.0	373.0	0.0818
jun-17	3,730	3,984.1	254.1	0.0681	dic-19	5,400	4,593.0	807.0	0.1494

*Nota.* A<sub>t</sub> = venta interna en el periodo *t* (datos del PRODUCE); F<sub>t</sub> = pronóstico en el periodo *t*.

**Tabla C27**

*Error porcentual absoluto de los pronósticos por el modelo de regresión lineal  
(datos mensuales: 2010-2014)*

MES-AÑO	$A_t$	$F_t$	ERROR	ERROR / $A_t$	MES-AÑO	$A_t$	$F_t$	ERROR	ERROR / $A_t$
ene-15	2,925	3,546.7	621.7	0.2125	jul-17	4,702	1,728.8	2,973.2	0.6323
feb-15	3,404	3,486.1	82.1	0.0241	ago-17	4,539	1,668.2	2,870.8	0.6325
mar-15	5,471	3,425.5	2,045.5	0.3739	sep-17	3,483	1,607.7	1,875.3	0.5384
abr-15	4,749	3,364.9	1,384.1	0.2914	oct-17	4,376	1,547.1	2,828.9	0.6465
may-15	4,720	3,304.3	1,415.7	0.2999	nov-17	5,977	1,486.5	4,490.5	0.7513
jun-15	3,294	3,243.7	50.3	0.0153	dic-17	2,968	1,425.9	1,542.1	0.5196
jul-15	3,316	3,183.1	132.9	0.0401	ene-18	2,910	1,365.3	1,544.7	0.5308
ago-15	4,860	3,122.5	1,737.5	0.3575	feb-18	2,870	1,304.7	1,565.3	0.5454
sep-15	5,080	3,061.9	2,018.1	0.3973	mar-18	5,130	1,244.1	3,885.9	0.7575
oct-15	7,397	3,001.3	4,395.7	0.5942	abr-18	3,150	1,183.5	1,966.5	0.6243
nov-15	5,954	2,940.7	3,013.3	0.5061	may-18	4,050	1,122.9	2,927.1	0.7227
dic-15	2,808	2,880.1	72.1	0.0257	jun-18	2,840	1,062.3	1,777.7	0.6260
ene-16	3,694	2,819.6	874.4	0.2367	jul-18	3,230	1,001.7	2,228.3	0.6899
feb-16	3,800	2,759.0	1,041.0	0.2740	ago-18	3,110	941.1	2,168.9	0.6974
mar-16	4,537	2,698.4	1,838.6	0.4053	sep-18	3,860	880.5	2,979.5	0.7719
abr-16	3,943	2,637.8	1,305.2	0.3310	oct-18	4,150	819.9	3,330.1	0.8024
may-16	3,871	2,577.2	1,293.8	0.3342	nov-18	4,180	759.3	3,420.7	0.8183
jun-16	4,134	2,516.6	1,617.4	0.3912	dic-18	3,730	698.7	3,031.3	0.8127
jul-16	3,917	2,456.0	1,461.0	0.3730	ene-19	4,310	638.1	3,671.9	0.8519
ago-16	4,637	2,395.4	2,241.6	0.4834	feb-19	3,160	577.5	2,582.5	0.8172
sep-16	3,974	2,334.8	1,639.2	0.4125	mar-19	5,820	516.9	5,303.1	0.9112
oct-16	2,433	2,274.2	158.8	0.0653	abr-19	5,860	456.4	5,403.6	0.9221
nov-16	3,230	2,213.6	1,016.4	0.3147	may-19	5,780	395.8	5,384.2	0.9315
dic-16	4,485	2,153.0	2,332.0	0.5200	jun-19	5,480	335.2	5,144.8	0.9388
ene-17	3,779	2,092.4	1,686.6	0.4463	jul-19	4,790	274.6	4,515.4	0.9427
feb-17	8,526	2,031.8	6,494.2	0.7617	ago-19	3,140	214.0	2,926.0	0.9319
mar-17	4,812	1,971.2	2,840.8	0.5904	sep-19	3,450	153.4	3,296.6	0.9555
abr-17	4,852	1,910.6	2,941.4	0.6062	oct-19	4,790	92.8	4,697.2	0.9806
may-17	4,247	1,850.0	2,397.0	0.5644	nov-19	4,560	32.2	4,527.8	0.9929
jun-17	3,730	1,789.4	1,940.6	0.5203	dic-19	5,400	-28.4	5,428.4	1.0053

*Nota.*  $A_t$  = venta interna en el periodo  $t$  (datos del PRODUCE);  $F_t$  = pronóstico en el periodo  $t$ .

**Tabla C28**

*Error porcentual absoluto de los pronósticos por descomposición de series de tiempo multiplicativo-tendencia y estacional (datos mensuales: 2010-2014)*

MES-AÑO	A <sub>t</sub>	F <sub>t</sub>	ERROR	ERROR /A <sub>t</sub>	MES-AÑO	A <sub>t</sub>	F <sub>t</sub>	ERROR	ERROR /A <sub>t</sub>
ene-15	2,925	2,554.6	370.4	0.1266	jul-17	4,702	1,793.6	2,908.4	0.6185
feb-15	3,404	2,636.6	767.4	0.2255	ago-17	4,539	1,314.7	3,224.3	0.7104
mar-15	5,471	3,509.1	1,961.9	0.3586	sep-17	3,483	1,519.1	1,963.9	0.5638
abr-15	4,749	4,071.7	677.3	0.1426	oct-17	4,376	1,677.1	2,698.9	0.6167
may-15	4,720	3,252.9	1,467.1	0.3108	nov-17	5,977	1,241.8	4,735.2	0.7922
jun-15	3,294	3,088.2	205.8	0.0625	dic-17	2,968	1,071.3	1,896.7	0.6390
jul-15	3,316	3,562.1	246.1	0.0742	ene-18	2,910	862.2	2,047.8	0.7037
ago-15	4,860	2,666.5	2,193.5	0.4513	feb-18	2,870	857.1	2,012.9	0.7013
sep-15	5,080	3,151.1	1,928.9	0.3797	mar-18	5,130	1,095.5	4,034.5	0.7864
oct-15	7,397	3,563.2	3,833.8	0.5183	abr-18	3,150	1,216.6	1,933.4	0.6138
nov-15	5,954	2,706.9	3,247.1	0.5454	may-18	4,050	926.7	3,123.3	0.7712
dic-15	2,808	2,400.7	407.3	0.1450	jun-18	2,840	835.0	2,005.0	0.7060
ene-16	3,694	1,990.5	1,703.5	0.4612	jul-18	3,230	909.4	2,320.6	0.7185
feb-16	3,800	2,043.4	1,756.6	0.4623	ago-18	3,110	638.8	2,471.2	0.7946
mar-16	4,537	2,704.6	1,832.4	0.4039	sep-18	3,860	703.2	3,156.8	0.8178
abr-16	3,943	3,120.0	823.0	0.2087	oct-18	4,150	734.1	3,415.9	0.8231
may-16	3,871	2,477.5	1,393.5	0.3600	nov-18	4,180	509.2	3,670.8	0.8782
jun-16	4,134	2,337.1	1,796.9	0.4347	dic-18	3,730	406.6	3,323.4	0.8910
jul-16	3,917	2,677.9	1,239.1	0.3163	ene-19	4,310	298.1	4,011.9	0.9308
ago-16	4,637	1,990.6	2,646.4	0.5707	feb-19	3,160	264.0	2,896.0	0.9165
sep-16	3,974	2,335.1	1,638.9	0.4124	mar-19	5,820	291.0	5,529.0	0.9500
oct-16	2,433	2,620.2	187.2	0.0769	abr-19	5,860	265.0	5,595.0	0.9548
nov-16	3,230	1,974.4	1,255.6	0.3887	may-19	5,780	151.3	5,628.7	0.9738
dic-16	4,485	1,736.0	2,749.0	0.6129	jun-19	5,480	83.9	5,396.1	0.9847
ene-17	3,779	1,426.4	2,352.6	0.6226	jul-19	4,790	25.1	4,764.9	0.9948
feb-17	8,526	1,450.3	7,075.7	0.8299	ago-19	3,140	-37.1	3,177.1	1.0118
mar-17	4,812	1,900.1	2,911.9	0.6051	sep-19	3,450	-112.8	3,562.8	1.0327
abr-17	4,852	2,168.3	2,683.7	0.5531	oct-19	4,790	-209.0	4,999.0	1.0436
may-17	4,247	1,702.1	2,544.9	0.5992	nov-19	4,560	-223.4	4,783.4	1.0490
jun-17	3,730	1,586.1	2,143.9	0.5748	dic-19	5,400	-258.1	5,658.1	1.0478

*Nota.* A<sub>t</sub> = venta interna en el periodo *t* (datos del PRODUCE); F<sub>t</sub> = pronóstico en el periodo *t*.

**Tabla C29**

*Error porcentual absoluto de los pronósticos por descomposición de series de tiempo multiplicativo-estacional (datos mensuales: 2010-2014)*

MES-AÑO	$A_t$	$F_t$	ERROR	ERROR / $A_t$	MES-AÑO	$A_t$	$F_t$	ERROR	ERROR / $A_t$
ene-15	2,925	3,988.5	1,063.5	0.3636	jul-17	4,702	6,251.7	1,549.7	0.3296
feb-15	3,404	4,193.6	789.6	0.2319	ago-17	4,539	4,778.7	239.7	0.0528
mar-15	5,471	5,688.0	217.0	0.0397	sep-17	3,483	5,769.0	2,286.0	0.6563
abr-15	4,749	6,728.5	1,979.5	0.4168	oct-17	4,376	6,667.4	2,291.4	0.5236
may-15	4,720	5,482.2	762.2	0.1615	nov-17	5,977	5,179.4	797.6	0.1334
jun-15	3,294	5,310.2	2,016.2	0.6121	dic-17	2,968	4,699.5	1,731.5	0.5834
jul-15	3,316	6,251.7	2,935.7	0.8853	ene-18	2,910	3,988.5	1,078.5	0.3706
ago-15	4,860	4,778.7	81.3	0.0167	feb-18	2,870	4,193.6	1,323.6	0.4612
sep-15	5,080	5,769.0	689.0	0.1356	mar-18	5,130	5,688.0	558.0	0.1088
oct-15	7,397	6,667.4	729.6	0.0986	abr-18	3,150	6,728.5	3,578.5	1.1360
nov-15	5,954	5,179.4	774.6	0.1301	may-18	4,050	5,482.2	1,432.2	0.3536
dic-15	2,808	4,699.5	1,891.5	0.6736	jun-18	2,840	5,310.2	2,470.2	0.8698
ene-16	3,694	3,988.5	294.5	0.0797	jul-18	3,230	6,251.7	3,021.7	0.9355
feb-16	3,800	4,193.6	393.6	0.1036	ago-18	3,110	4,778.7	1,668.7	0.5366
mar-16	4,537	5,688.0	1,151.0	0.2537	sep-18	3,860	5,769.0	1,909.0	0.4946
abr-16	3,943	6,728.5	2,785.5	0.7064	oct-18	4,150	6,667.4	2,517.4	0.6066
may-16	3,871	5,482.2	1,611.2	0.4162	nov-18	4,180	5,179.4	999.4	0.2391
jun-16	4,134	5,310.2	1,176.2	0.2845	dic-18	3,730	4,699.5	969.5	0.2599
jul-16	3,917	6,251.7	2,334.7	0.5960	ene-19	4,310	3,988.5	321.5	0.0746
ago-16	4,637	4,778.7	141.7	0.0306	feb-19	3,160	4,193.6	1,033.6	0.3271
sep-16	3,974	5,769.0	1,795.0	0.4517	mar-19	5,820	5,688.0	132.0	0.0227
oct-16	2,433	6,667.4	4,234.4	1.7404	abr-19	5,860	6,728.5	868.5	0.1482
nov-16	3,230	5,179.4	1,949.4	0.6035	may-19	5,780	5,482.2	297.8	0.0515
dic-16	4,485	4,699.5	214.5	0.0478	jun-19	5,480	5,310.2	169.8	0.0310
ene-17	3,779	3,988.5	209.5	0.0554	jul-19	4,790	6,251.7	1,461.7	0.3052
feb-17	8,526	4,193.6	4,332.4	0.5081	ago-19	3,140	4,778.7	1,638.7	0.5219
mar-17	4,812	5,688.0	876.0	0.1821	sep-19	3,450	5,769.0	2,319.0	0.6722
abr-17	4,852	6,728.5	1,876.5	0.3867	oct-19	4,790	6,667.4	1,877.4	0.3919
may-17	4,247	5,482.2	1,235.2	0.2908	nov-19	4,560	5,179.4	619.4	0.1358
jun-17	3,730	5,310.2	1,580.2	0.4236	dic-19	5,400	4,699.5	700.5	0.1297

*Nota.*  $A_t$  = venta interna en el periodo  $t$  (datos del PRODUCE);  $F_t$  = pronóstico en el periodo  $t$ .



**Tabla C30**

*Error porcentual absoluto de los pronósticos por descomposición de series de tiempo aditivo-tendencia y estacional (datos mensuales: 2010-2014)*

MES-AÑO	$A_t$	$F_t$	ERROR	ERROR / $A_t$	MES-AÑO	$A_t$	$F_t$	ERROR	ERROR / $A_t$
ene-15	2,925	2,184.5	740.5	0.2532	jul-17	4,702	2,646.1	2,055.9	0.4372
feb-15	3,404	2,231.5	1,172.5	0.3444	ago-17	4,539	818.8	3,720.2	0.8196
mar-15	5,471	3,924.5	1,546.5	0.2827	sep-17	3,483	1,663.9	1,819.1	0.5223
abr-15	4,749	4,838.4	89.4	0.0188	oct-17	4,376	2,598.7	1,777.3	0.4061
may-15	4,720	3,528.6	1,191.4	0.2524	nov-17	5,977	1,225.0	4,752.0	0.7951
jun-15	3,294	3,121.2	172.8	0.0525	dic-17	2,968	382.8	2,585.2	0.8710
jul-15	3,316	4,128.4	812.4	0.2450	ene-18	2,910	-38.9	2,948.9	1.0134
ago-15	4,860	2,301.1	2,558.9	0.5265	feb-18	2,870	8.1	2,861.9	0.9972
sep-15	5,080	3,146.2	1,933.8	0.3807	mar-18	5,130	1,701.1	3,428.9	0.6684
oct-15	7,397	4,081.0	3,316.0	0.4483	abr-18	3,150	2,615.0	535.0	0.1698
nov-15	5,954	2,707.2	3,246.8	0.5453	may-18	4,050	1,305.2	2,744.8	0.6777
dic-15	2,808	1,865.1	942.9	0.3358	jun-18	2,840	897.8	1,942.2	0.6839
ene-16	3,694	1,443.3	2,250.7	0.6093	jul-18	3,230	1,905.0	1,325.0	0.4102
feb-16	3,800	1,490.4	2,309.6	0.6078	ago-18	3,110	77.7	3,032.3	0.9750
mar-16	4,537	3,183.4	1,353.6	0.2984	sep-18	3,860	922.8	2,937.2	0.7609
abr-16	3,943	4,097.2	154.2	0.0391	oct-18	4,150	1,857.6	2,292.4	0.5524
may-16	3,871	2,787.4	1,083.6	0.2799	nov-18	4,180	483.8	3,696.2	0.8842
jun-16	4,134	2,380.1	1,753.9	0.4243	dic-18	3,730	-358.3	4,088.3	1.0961
jul-16	3,917	3,387.2	529.8	0.1352	ene-19	4,310	-780.0	5,090.0	1.1810
ago-16	4,637	1,560.0	3,077.0	0.6636	feb-19	3,160	-733.0	3,893.0	1.2320
sep-16	3,974	2,405.0	1,569.0	0.3948	mar-19	5,820	960.0	4,860.0	0.8351
oct-16	2,433	3,339.9	906.9	0.3727	abr-19	5,860	1,873.8	3,986.2	0.6802
nov-16	3,230	1,966.1	1,263.9	0.3913	may-19	5,780	564.1	5,215.9	0.9024
dic-16	4,485	1,123.9	3,361.1	0.7494	jun-19	5,480	156.7	5,323.3	0.9714
ene-17	3,779	702.2	3,076.8	0.8142	jul-19	4,790	1,163.9	3,626.1	0.7570
feb-17	8,526	749.3	7,776.7	0.9121	ago-19	3,140	-663.4	3,803.4	1.2113
mar-17	4,812	2,442.2	2,369.8	0.4925	sep-19	3,450	181.6	3,268.4	0.9473
abr-17	4,852	3,356.1	1,495.9	0.3083	oct-19	4,790	1,116.5	3,673.5	0.7669
may-17	4,247	2,046.3	2,200.7	0.5182	nov-19	4,560	-257.3	4,817.3	1.0564
jun-17	3,730	1,638.9	2,091.1	0.5606	dic-19	5,400	-1,099.4	6,499.4	1.2036

*Nota.*  $A_t$  = venta interna en el periodo  $t$  (datos del PRODUCE);  $F_t$  = pronóstico en el periodo  $t$ .

**Tabla C31**

*Error porcentual absoluto de los pronósticos por descomposición de series de tiempo aditivo-estacional (datos mensuales: 2010-2014)*

MES-AÑO	A <sub>t</sub>	F <sub>t</sub>	ERROR	ERROR /A <sub>t</sub>	MES-AÑO	A <sub>t</sub>	F <sub>t</sub>	ERROR	ERROR /A <sub>t</sub>
ene-15	2,925	4,068.2	1,143.2	0.3908	jul-17	4,702	6,382.6	1,680.6	0.3574
feb-15	3,404	4,177.0	773.0	0.2271	ago-17	4,539	4,617.1	78.1	0.0172
mar-15	5,471	5,931.7	460.7	0.0842	sep-17	3,483	5,523.9	2,040.9	0.5860
abr-15	4,749	6,907.3	2,158.3	0.4545	oct-17	4,376	6,520.5	2,144.5	0.4901
may-15	4,720	5,659.3	939.3	0.1990	nov-17	5,977	5,208.5	768.5	0.1286
jun-15	3,294	5,313.7	2,019.7	0.6131	dic-17	2,968	4,428.1	1,460.1	0.4920
jul-15	3,316	6,382.6	3,066.6	0.9248	ene-18	2,910	4,068.2	1,158.2	0.3980
ago-15	4,860	4,617.1	242.9	0.0500	feb-18	2,870	4,177.0	1,307.0	0.4554
sep-15	5,080	5,523.9	443.9	0.0874	mar-18	5,130	5,931.7	801.7	0.1563
oct-15	7,397	6,520.5	876.5	0.1185	abr-18	3,150	6,907.3	3,757.3	1.1928
nov-15	5,954	5,208.5	745.5	0.1252	may-18	4,050	5,659.3	1,609.3	0.3974
dic-15	2,808	4,428.1	1,620.1	0.5770	jun-18	2,840	5,313.7	2,473.7	0.8710
ene-16	3,694	4,068.2	374.2	0.1013	jul-18	3,230	6,382.6	3,152.6	0.9760
feb-16	3,800	4,177.0	377.0	0.0992	ago-18	3,110	4,617.1	1,507.1	0.4846
mar-16	4,537	5,931.7	1,394.7	0.3074	sep-18	3,860	5,523.9	1,663.9	0.4311
abr-16	3,943	6,907.3	2,964.3	0.7518	oct-18	4,150	6,520.5	2,370.5	0.5712
may-16	3,871	5,659.3	1,788.3	0.4620	nov-18	4,180	5,208.5	1,028.5	0.2461
jun-16	4,134	5,313.7	1,179.7	0.2854	dic-18	3,730	4,428.1	698.1	0.1872
jul-16	3,917	6,382.6	2,465.6	0.6295	ene-19	4,310	4,068.2	241.8	0.0561
ago-16	4,637	4,617.1	19.9	0.0043	feb-19	3,160	4,177.0	1,017.0	0.3218
sep-16	3,974	5,523.9	1,549.9	0.3900	mar-19	5,820	5,931.7	111.7	0.0192
oct-16	2,433	6,520.5	4,087.5	1.6800	abr-19	5,860	6,907.3	1,047.3	0.1787
nov-16	3,230	5,208.5	1,978.5	0.6125	may-19	5,780	5,659.3	120.7	0.0209
dic-16	4,485	4,428.1	56.9	0.0127	jun-19	5,480	5,313.7	166.3	0.0303
ene-17	3,779	4,068.2	289.2	0.0765	jul-19	4,790	6,382.6	1,592.6	0.3325
feb-17	8,526	4,177.0	4,349.0	0.5101	ago-19	3,140	4,617.1	1,477.1	0.4704
mar-17	4,812	5,931.7	1,119.7	0.2327	sep-19	3,450	5,523.9	2,073.9	0.6011
abr-17	4,852	6,907.3	2,055.3	0.4236	oct-19	4,790	6,520.5	1,730.5	0.3613
may-17	4,247	5,659.3	1,412.3	0.3325	nov-19	4,560	5,208.5	648.5	0.1422
jun-17	3,730	5,313.7	1,583.7	0.4246	dic-19	5,400	4,428.1	971.9	0.1800

*Nota.* A<sub>t</sub> = venta interna en el periodo *t* (datos del PRODUCE); F<sub>t</sub> = pronóstico en el periodo *t*.

**Tabla C32**

*Error porcentual absoluto de los pronósticos por el método de Winters multiplicativo (datos mensuales: 2010-2014)*

MES-AÑO	$A_t$	$F_t$	ERROR	ERROR / $A_t$	MES-AÑO	$A_t$	$F_t$	ERROR	ERROR / $A_t$
ene-15	2,925	3,261.0	336.0	0.1149	jul-17	4,702	9,000.2	4,298.2	0.9141
feb-15	3,404	3,127.6	276.4	0.0812	ago-17	4,539	6,454.9	1,915.9	0.4221
mar-15	5,471	4,715.2	755.8	0.1382	sep-17	3,483	8,596.5	5,113.5	1.4681
abr-15	4,749	6,275.3	1,526.3	0.3214	oct-17	4,376	8,465.1	4,089.1	0.9344
may-15	4,720	4,865.2	145.2	0.0308	nov-17	5,977	7,171.5	1,194.5	0.1999
jun-15	3,294	4,942.8	1,648.8	0.5006	dic-17	2,968	6,575.3	3,607.3	1.2154
jul-15	3,316	6,149.8	2,833.8	0.8546	ene-18	2,910	5,825.2	2,915.2	1.0018
ago-15	4,860	4,437.2	422.8	0.0870	feb-18	2,870	5,534.5	2,664.5	0.9284
sep-15	5,080	5,943.9	863.9	0.1701	mar-18	5,130	8,267.7	3,137.7	0.6116
oct-15	7,397	5,886.3	1,510.7	0.2042	abr-18	3,150	10,906.4	7,756.4	2.4624
nov-15	5,954	5,014.2	939.8	0.1579	may-18	4,050	8,383.6	4,333.6	1.0700
dic-15	2,808	4,621.8	1,813.8	0.6459	jun-18	2,840	8,446.9	5,606.9	1.9743
ene-16	3,694	4,115.7	421.7	0.1142	jul-18	3,230	10,425.4	7,195.4	2.2277
feb-16	3,800	3,929.9	129.9	0.0342	ago-18	3,110	7,463.7	4,353.7	1.3999
mar-16	4,537	5,899.3	1,362.3	0.3003	sep-18	3,860	9,922.7	6,062.7	1.5707
abr-16	3,943	7,819.0	3,876.0	0.9830	oct-18	4,150	9,754.5	5,604.5	1.3505
may-16	3,871	6,038.0	2,167.0	0.5598	nov-18	4,180	8,250.2	4,070.2	0.9737
jun-16	4,134	6,110.9	1,976.9	0.4782	dic-18	3,730	7,552.1	3,822.1	1.0247
jul-16	3,917	7,575.0	3,658.0	0.9339	ene-19	4,310	6,680.0	2,370.0	0.5499
ago-16	4,637	5,446.1	809.1	0.1745	feb-19	3,160	6,336.8	3,176.8	1.0053
sep-16	3,974	7,270.2	3,296.2	0.8294	mar-19	5,820	9,451.9	3,631.9	0.6240
oct-16	2,433	7,175.7	4,742.7	1.9493	abr-19	5,860	12,450.1	6,590.1	1.1246
nov-16	3,230	6,092.8	2,862.8	0.8863	may-19	5,780	9,556.4	3,776.4	0.6534
dic-16	4,485	5,598.6	1,113.6	0.2483	jun-19	5,480	9,615.0	4,135.0	0.7546
ene-17	3,779	4,970.5	1,191.5	0.3153	jul-19	4,790	11,850.6	7,060.6	1.4740
feb-17	8,526	4,732.2	3,793.8	0.4450	ago-19	3,140	8,472.6	5,332.6	1.6983
mar-17	4,812	7,083.5	2,271.5	0.4721	sep-19	3,450	11,249.0	7,799.0	2.2606
abr-17	4,852	9,362.7	4,510.7	0.9297	oct-19	4,790	11,043.9	6,253.9	1.3056
may-17	4,247	7,210.8	2,963.8	0.6979	nov-19	4,560	9,328.9	4,768.9	1.0458
jun-17	3,730	7,278.9	3,548.9	0.9514	dic-19	5,400	8,528.9	3,128.9	0.5794

*Nota.*  $A_t$  = venta interna en el periodo  $t$  (datos del PRODUCE);  $F_t$  = pronóstico en el periodo  $t$ . Valores de los parámetros del método de Winters: alfa (nivel) = 0.2; gamma (tendencia) = 0.2; delta (estacional) = 0.2.

**Tabla C33**

*Error porcentual absoluto de los pronósticos por el método de Winters aditivo (datos mensuales: 2010-2014)*

MES-AÑO	$A_t$	$F_t$	ERROR	ERROR / $A_t$	MES-AÑO	$A_t$	$F_t$	ERROR	ERROR / $A_t$
ene-15	2,925	2,915.2	9.8	0.0034	jul-17	4,702	6,564.7	1,862.7	0.3962
feb-15	3,404	2,634.4	769.6	0.2261	ago-17	4,539	4,920.4	381.4	0.0840
mar-15	5,471	4,529.5	941.5	0.1721	sep-17	3,483	6,299.0	2,816.0	0.8085
abr-15	4,749	5,807.4	1,058.4	0.2229	oct-17	4,376	6,520.7	2,144.7	0.4901
may-15	4,720	4,283.6	436.4	0.0925	nov-17	5,977	5,810.7	166.3	0.0278
jun-15	3,294	4,458.6	1,164.6	0.3536	dic-17	2,968	5,305.0	2,337.0	0.7874
jul-15	3,316	5,391.1	2,075.1	0.6258	ene-18	2,910	4,675.6	1,765.6	0.6067
ago-15	4,860	3,746.9	1,113.1	0.2290	feb-18	2,870	4,394.8	1,524.8	0.5313
sep-15	5,080	5,125.4	45.4	0.0089	mar-18	5,130	6,289.9	1,159.9	0.2261
oct-15	7,397	5,347.1	2,049.9	0.2771	abr-18	3,150	7,567.8	4,417.8	1.4025
nov-15	5,954	4,637.1	1,316.9	0.2212	may-18	4,050	6,044.0	1,994.0	0.4924
dic-15	2,808	4,131.4	1,323.4	0.4713	jun-18	2,840	6,219.0	3,379.0	1.1898
ene-16	3,694	3,502.0	192.0	0.0520	jul-18	3,230	7,151.5	3,921.5	1.2141
feb-16	3,800	3,221.2	578.8	0.1523	ago-18	3,110	5,507.2	2,397.2	0.7708
mar-16	4,537	5,116.3	579.3	0.1277	sep-18	3,860	6,885.8	3,025.8	0.7839
abr-16	3,943	6,394.2	2,451.2	0.6217	oct-18	4,150	7,107.5	2,957.5	0.7126
may-16	3,871	4,870.4	999.4	0.2582	nov-18	4,180	6,397.5	2,217.5	0.5305
jun-16	4,134	5,045.4	911.4	0.2205	dic-18	3,730	5,891.8	2,161.8	0.5796
jul-16	3,917	5,977.9	2,060.9	0.5261	ene-19	4,310	5,262.4	952.4	0.2210
ago-16	4,637	4,333.7	303.3	0.0654	feb-19	3,160	4,981.6	1,821.6	0.5764
sep-16	3,974	5,712.2	1,738.2	0.4374	mar-19	5,820	6,876.7	1,056.7	0.1816
oct-16	2,433	5,933.9	3,500.9	1.4389	abr-19	5,860	8,154.6	2,294.6	0.3916
nov-16	3,230	5,223.9	1,993.9	0.6173	may-19	5,780	6,630.8	850.8	0.1472
dic-16	4,485	4,718.2	233.2	0.0520	jun-19	5,480	6,805.8	1,325.8	0.2419
ene-17	3,779	4,088.8	309.8	0.0820	jul-19	4,790	7,738.3	2,948.3	0.6155
feb-17	8,526	3,808.0	4,718.0	0.5534	ago-19	3,140	6,094.0	2,954.0	0.9408
mar-17	4,812	5,703.1	891.1	0.1852	sep-19	3,450	7,472.6	4,022.6	1.1660
abr-17	4,852	6,981.0	2,129.0	0.4388	oct-19	4,790	7,694.3	2,904.3	0.6063
may-17	4,247	5,457.2	1,210.2	0.2850	nov-19	4,560	6,984.3	2,424.3	0.5316
jun-17	3,730	5,632.2	1,902.2	0.5100	dic-19	5,400	6,478.6	1,078.6	0.1997

*Nota.*  $A_t$  = venta interna en el periodo  $t$  (datos del PRODUCE);  $F_t$  = pronóstico en el periodo  $t$ . Valores de los parámetros del método de Winters: alfa (nivel) = 0.2; gamma (tendencia) = 0.2; delta (estacional) = 0.2.

**Tabla C34**

*Error porcentual absoluto de los pronósticos por el modelo ARIMA (0,1,1) no estacional (datos mensuales: 2010-2014)*

MES-AÑO	$A_t$	$F_t$	ERROR	ERROR / $A_t$	MES-AÑO	$A_t$	$F_t$	ERROR	ERROR / $A_t$
ene-15	2,925	4,203.9	1,278.9	0.4372	jul-17	4,702	4,203.9	498.1	0.1059
feb-15	3,404	4,203.9	799.9	0.2350	ago-17	4,539	4,203.9	335.1	0.0738
mar-15	5,471	4,203.9	1,267.1	0.2316	sep-17	3,483	4,203.9	720.9	0.2070
abr-15	4,749	4,203.9	545.1	0.1148	oct-17	4,376	4,203.9	172.1	0.0393
may-15	4,720	4,203.9	516.1	0.1093	nov-17	5,977	4,203.9	1,773.1	0.2967
jun-15	3,294	4,203.9	909.9	0.2762	dic-17	2,968	4,203.9	1,235.9	0.4164
jul-15	3,316	4,203.9	887.9	0.2678	ene-18	2,910	4,203.9	1,293.9	0.4446
ago-15	4,860	4,203.9	656.1	0.1350	feb-18	2,870	4,203.9	1,333.9	0.4648
sep-15	5,080	4,203.9	876.1	0.1725	mar-18	5,130	4,203.9	926.1	0.1805
oct-15	7,397	4,203.9	3,193.1	0.4317	abr-18	3,150	4,203.9	1,053.9	0.3346
nov-15	5,954	4,203.9	1,750.1	0.2939	may-18	4,050	4,203.9	153.9	0.0380
dic-15	2,808	4,203.9	1,395.9	0.4971	jun-18	2,840	4,203.9	1,363.9	0.4802
ene-16	3,694	4,203.9	509.9	0.1380	jul-18	3,230	4,203.9	973.9	0.3015
feb-16	3,800	4,203.9	403.9	0.1063	ago-18	3,110	4,203.9	1,093.9	0.3517
mar-16	4,537	4,203.9	333.1	0.0734	sep-18	3,860	4,203.9	343.9	0.0891
abr-16	3,943	4,203.9	260.9	0.0662	oct-18	4,150	4,203.9	53.9	0.0130
may-16	3,871	4,203.9	332.9	0.0860	nov-18	4,180	4,203.9	23.9	0.0057
jun-16	4,134	4,203.9	69.9	0.0169	dic-18	3,730	4,203.9	473.9	0.1271
jul-16	3,917	4,203.9	286.9	0.0732	ene-19	4,310	4,203.9	106.1	0.0246
ago-16	4,637	4,203.9	433.1	0.0934	feb-19	3,160	4,203.9	1,043.9	0.3303
sep-16	3,974	4,203.9	229.9	0.0579	mar-19	5,820	4,203.9	1,616.1	0.2777
oct-16	2,433	4,203.9	1,770.9	0.7279	abr-19	5,860	4,203.9	1,656.1	0.2826
nov-16	3,230	4,203.9	973.9	0.3015	may-19	5,780	4,203.9	1,576.1	0.2727
dic-16	4,485	4,203.9	281.1	0.0627	jun-19	5,480	4,203.9	1,276.1	0.2329
ene-17	3,779	4,203.9	424.9	0.1124	jul-19	4,790	4,203.9	586.1	0.1224
feb-17	8,526	4,203.9	4,322.1	0.5069	ago-19	3,140	4,203.9	1,063.9	0.3388
mar-17	4,812	4,203.9	608.1	0.1264	sep-19	3,450	4,203.9	753.9	0.2185
abr-17	4,852	4,203.9	648.1	0.1336	oct-19	4,790	4,203.9	586.1	0.1224
may-17	4,247	4,203.9	43.1	0.0101	nov-19	4,560	4,203.9	356.1	0.0781
jun-17	3,730	4,203.9	473.9	0.1271	dic-19	5,400	4,203.9	1,196.1	0.2215

*Nota.*  $A_t$  = venta interna en el periodo  $t$  (datos del PRODUCE);  $F_t$  = pronóstico en el periodo  $t$ .

**Tabla C35**

*Error porcentual absoluto de los pronósticos por el modelo ARIMA (0,0,0)(2,0,1) estacional 12 (datos mensuales: 2010-2014)*

MES-AÑO	A <sub>t</sub>	F <sub>t</sub>	ERROR	ERROR /A <sub>t</sub>	MES-AÑO	A <sub>t</sub>	F <sub>t</sub>	ERROR	ERROR /A <sub>t</sub>
ene-15	2,925	6,256.6	3,331.6	1.1390	jul-17	4,702	5,080.9	378.9	0.0806
feb-15	3,404	4,407.9	1,003.9	0.2949	ago-17	4,539	5,443.5	904.5	0.1993
mar-15	5,471	5,585.7	114.7	0.0210	sep-17	3,483	5,742.0	2,259.0	0.6486
abr-15	4,749	6,697.7	1,948.7	0.4103	oct-17	4,376	6,050.6	1,674.6	0.3827
may-15	4,720	6,489.8	1,769.8	0.3750	nov-17	5,977	5,896.9	80.1	0.0134
jun-15	3,294	5,071.8	1,777.8	0.5397	dic-17	2,968	3,220.0	252.0	0.0849
jul-15	3,316	4,389.0	1,073.0	0.3236	ene-18	2,910	2,982.2	72.2	0.0248
ago-15	4,860	5,108.2	248.2	0.0511	feb-18	2,870	3,633.1	763.1	0.2659
sep-15	5,080	3,733.9	1,346.1	0.2650	mar-18	5,130	3,640.6	1,489.4	0.2903
oct-15	7,397	4,220.8	3,176.2	0.4294	abr-18	3,150	4,274.6	1,124.6	0.3570
nov-15	5,954	4,964.0	990.0	0.1663	may-18	4,050	4,000.8	49.2	0.0121
dic-15	2,808	10,738.9	7,930.9	2.8244	jun-18	2,840	3,999.9	1,159.9	0.4084
ene-16	3,694	10,139.4	6,445.4	1.7448	jul-18	3,230	5,410.6	2,180.6	0.6751
feb-16	3,800	9,398.4	5,598.4	1.4733	ago-18	3,110	4,184.8	1,074.8	0.3456
mar-16	4,537	7,657.0	3,120.0	0.6877	sep-18	3,860	5,881.0	2,021.0	0.5236
abr-16	3,943	4,845.2	902.2	0.2288	oct-18	4,150	4,794.3	644.3	0.1553
may-16	3,871	5,640.2	1,769.2	0.4570	nov-18	4,180	4,013.0	167.0	0.0400
jun-16	4,134	6,956.0	2,822.0	0.6826	dic-18	3,730	2,751.4	978.6	0.2623
jul-16	3,917	4,443.1	526.1	0.1343	ene-19	4,310	3,185.4	1,124.6	0.2609
ago-16	4,637	6,347.9	1,710.9	0.3690	feb-19	3,160	2,891.0	269.0	0.0851
sep-16	3,974	4,353.6	379.6	0.0955	mar-19	5,820	3,728.6	2,091.4	0.3594
oct-16	2,433	5,772.4	3,339.4	1.3725	abr-19	5,860	5,655.1	204.9	0.0350
nov-16	3,230	7,040.7	3,810.7	1.1798	may-19	5,780	4,987.0	793.0	0.1372
dic-16	4,485	7,463.4	2,978.4	0.6641	jun-19	5,480	3,836.9	1,643.1	0.2998
ene-17	3,779	5,941.4	2,162.4	0.5722	jul-19	4,790	5,012.3	222.3	0.0464
feb-17	8,526	7,611.4	914.6	0.1073	ago-19	3,140	4,117.3	977.3	0.3112
mar-17	4,812	5,599.7	787.7	0.1637	sep-19	3,450	4,741.4	1,291.4	0.3743
abr-17	4,852	3,757.8	1,094.2	0.2255	oct-19	4,790	4,063.1	726.9	0.1518
may-17	4,247	4,189.3	57.7	0.0136	nov-19	4,560	3,767.3	792.7	0.1738
jun-17	3,730	5,755.2	2,025.2	0.5430	dic-19	5,400	5,054.4	345.6	0.0640

*Nota.* A<sub>t</sub> = venta interna en el periodo *t* (datos del PRODUCE); F<sub>t</sub> = pronóstico en el periodo *t*.

**Tabla C36**

*Error porcentual absoluto de los pronósticos por el modelo ARIMA (0,0,0)(1,0,3) estacional 12 (datos mensuales: 2010-2014)*

MES-AÑO	A <sub>t</sub>	F <sub>t</sub>	ERROR	ERROR /A <sub>t</sub>	MES-AÑO	A <sub>t</sub>	F <sub>t</sub>	ERROR	ERROR /A <sub>t</sub>
ene-15	2,925	4,332.0	1,407.0	0.4810	jul-17	4,702	4,601.7	100.3	0.0213
feb-15	3,404	2,157.2	1,246.8	0.3663	ago-17	4,539	4,963.8	424.8	0.0936
mar-15	5,471	4,276.9	1,194.1	0.2183	sep-17	3,483	4,820.0	1,337.0	0.3839
abr-15	4,749	8,309.9	3,560.9	0.7498	oct-17	4,376	5,021.9	645.9	0.1476
may-15	4,720	3,934.6	785.4	0.1664	nov-17	5,977	5,265.5	711.5	0.1190
jun-15	3,294	4,172.7	878.7	0.2668	dic-17	2,968	5,564.1	2,596.1	0.8747
jul-15	3,316	3,559.5	243.5	0.0734	ene-18	2,910	5,208.1	2,298.1	0.7897
ago-15	4,860	3,377.2	1,482.8	0.3051	feb-18	2,870	5,047.0	2,177.0	0.7585
sep-15	5,080	4,158.7	921.3	0.1814	mar-18	5,130	4,950.3	179.7	0.0350
oct-15	7,397	5,093.3	2,303.7	0.3114	abr-18	3,150	4,915.7	1,765.7	0.5606
nov-15	5,954	4,342.6	1,611.4	0.2706	may-18	4,050	4,915.1	865.1	0.2136
dic-15	2,808	10,436.7	7,628.7	2.7168	jun-18	2,840	5,009.4	2,169.4	0.7639
ene-16	3,694	5,296.4	1,602.4	0.4338	jul-18	3,230	4,720.0	1,490.0	0.4613
feb-16	3,800	4,463.9	663.9	0.1747	ago-18	3,110	4,977.7	1,867.7	0.6005
mar-16	4,537	4,835.0	298.0	0.0657	sep-18	3,860	4,876.0	1,016.0	0.2632
abr-16	3,943	5,284.6	1,341.6	0.3403	oct-18	4,150	5,018.5	868.5	0.2093
may-16	3,871	4,641.9	770.9	0.1992	nov-18	4,180	5,188.0	1,008.0	0.2412
jun-16	4,134	4,903.2	769.2	0.1861	dic-18	3,730	5,392.8	1,662.8	0.4458
jul-16	3,917	4,275.9	358.9	0.0916	ene-19	4,310	5,148.3	838.3	0.1945
ago-16	4,637	4,654.6	17.6	0.0038	feb-19	3,160	5,036.0	1,876.0	0.5937
sep-16	3,974	4,651.6	677.6	0.1705	mar-19	5,820	4,968.1	851.9	0.1464
oct-16	2,433	5,089.7	2,656.7	1.0919	abr-19	5,860	4,943.8	916.2	0.1563
nov-16	3,230	5,232.8	2,002.8	0.6201	may-19	5,780	4,943.3	836.7	0.1448
dic-16	4,485	6,417.0	1,932.0	0.4308	jun-19	5,480	5,009.7	470.3	0.0858
ene-17	3,779	5,294.5	1,515.5	0.4010	jul-19	4,790	4,804.8	14.8	0.0031
feb-17	8,526	5,062.6	3,463.4	0.4062	ago-19	3,140	4,987.4	1,847.4	0.5883
mar-17	4,812	4,924.9	112.9	0.0235	sep-19	3,450	4,915.7	1,465.7	0.4249
abr-17	4,852	4,876.0	24.0	0.0050	oct-19	4,790	5,016.0	226.0	0.0472
may-17	4,247	4,875.1	628.1	0.1479	nov-19	4,560	5,134.4	574.4	0.1260
jun-17	3,730	5,009.0	1,279.0	0.3429	dic-19	5,400	5,275.7	124.3	0.0230

*Nota.* A<sub>t</sub> = venta interna en el periodo *t* (datos del PRODUCE); F<sub>t</sub> = pronóstico en el periodo *t*.

**APÉNDICE D.** Plan de requerimientos netos de materiales de la producción de conservas de pescado en aceite en periodos mensuales del año 2015 al 2019



**Tabla D1**

*Plan de requerimientos de materiales de las conservas de pescado del ESCENARIO 1*

A: CONSERVA DE PESCADO		PERIODO (SEMANA)																								
UNIDAD: CAJA / L = 1		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	
Variable binaria (Xi)	0	0	1	1	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	0	
Demanda			2,081	452	452	452	452	452	452	737	737	737	737	1,494	1,494	1,494	1,494	1,237	1,237	1,237	1,237	790	790	790	790	
Inventario inicial			531	531	452	452	452	452	452	737	737	737	737	1,474	1,474	1,474	1,474	1,237	1,237	1,237	1,237	60	820	30	790	
Pedido			531	1,550	904	904	904	904	1,474	1,474	1,474	1,474	1,474	1,494	1,494	1,494	1,494	1,237	1,237	1,237	1,237	1,297	1,550	1,550	1,550	
Inventario final			531	452	452	452	452	452	737	737	737	737	737	1,494	1,494	1,494	1,494	1,237	1,237	1,237	1,237	60	820	30	790	
Liberación de la orden		531	1,550	904	904	904	1,474	1,474	1,474	1,474	1,474	1,474	1,494	1,494	1,494	1,494	1,237	1,237	1,237	1,237	1,297	1,550	1,550	1,550	1,281	
COSTO DE PREPARAR (S/)	=	750											0,670												15,088	
COSTO DE MANTENER (S/)		=	0,670																							
C.T. DEL INVENTARIO (S/)		=	15,088																							
A: CONSERVA DE PESCADO		PERIODO (SEMANA)																								
UNIDAD: CAJA / L = 1		25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	
Variable binaria (Xi)	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	0	
Demanda		1,281	1,281	1,281	1,281	1,008	1,008	1,008	1,008	1,008	1,542	1,542	1,542	1,542	1,163	1,163	1,163	800	800	800	800	403	403	403	403	
Inventario inicial																			50	800	800	1,203	403	806	403	
Pedido		1,281	1,281	1,281	1,281	1,008	1,008	1,008	1,008	1,542	1,542	1,542	1,542	1,163	1,163	1,163	1,163	850	850	850	1,203	403	806	403	1,209	
Inventario final																		50	800	800	1,203	403	806	403	1,040	
Liberación de la orden		1,281	1,281	1,281	1,008	1,008	1,008	1,008	1,542	1,542	1,542	1,542	1,163	1,163	1,163	1,163	850	850	850	1,203	403	1,209	1,209	1,040	1,040	
COSTO DE PREPARAR (S/)	=	750																							16,650	
COSTO DE MANTENER (S/)		=	0,670																							
C.T. DEL INVENTARIO (S/)		=	16,650																							

A: CONSERVA DE PESCADO		PERIODO (SEMANA)																																																							
UNIDAD: CAJA/L = 1		49	50	51	52	53	54	55	56	57	58	59	60	61	62	63	64	65	66	67	68	69	70	71	72																																
Variable binaria (Xi)	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	0																															
Demanda	520	520	520	520	452	452	452	452	452	729	729	729	729	729	1,502	1,502	1,502	1,502	1,237	1,237	1,237	1,237	790	790	790																																
Inventario inicial	520	520	520	520	452	452	452	452	452	729	729	729	729	729	1,502	1,502	1,502	1,502	1,237	1,237	1,237	1,237	60	820	30	790																															
Pedido	1,040	1,040	1,040	904	904	1,458	1,458	1,458	1,458	1,458	1,458	1,458	1,458	1,458	1,502	1,502	1,502	1,502	1,237	1,237	1,237	1,237	1,297	1,550	1,550																																
Inventario final	520	520	520	452	452	729	729	729	729	729	729	729	729	729	1,502	1,502	1,502	1,502	1,237	1,237	1,237	1,237	60	820	30	790																															
Liberación de la orden	1,040	1,040	904	904	904	1,458	1,458	1,458	1,458	1,458	1,458	1,458	1,458	1,458	1,502	1,502	1,502	1,502	1,237	1,237	1,237	1,237	1,550	1,550	1,406																																
COSTO DE PREPARAR (S/)	= 750	COSTO DE MANTENER (S/) = 0.670																												C.T. DEL INVENTARIO (S/) = 15,418																											

A: CONSERVA DE PESCADO		PERIODO (SEMANA)																																																							
UNIDAD: CAJA/L = 1		73	74	75	76	77	78	79	80	81	82	83	84	85	86	87	88	89	90	91	92	93	94	95	96																																
Variable binaria (Xi)	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	0	1	1	0																																
Demanda	1,406	1,406	1,406	1,406	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,550	1,550	1,550	1,550	1,163	1,163	1,163	1,163	800	800	800	800	403	403	403	403																																
Inventario inicial	1,406	1,406	1,406	1,406	1,000	1,000	1,000	1,000	1,550	1,550	1,550	1,550	1,550	1,163	1,163	1,163	1,163	50	800	800	800	403	403	806	403																																
Pedido	1,406	1,406	1,406	1,406	1,000	1,000	1,000	1,000	1,550	1,550	1,550	1,550	1,550	1,163	1,163	1,163	1,163	50	800	800	800	403	403	1,209	806	403																															
Inventario final	1,406	1,406	1,406	1,406	1,000	1,000	1,000	1,000	1,550	1,550	1,550	1,550	1,550	1,163	1,163	1,163	1,163	800	1,203	1,203	1,203	403	403	806	403																																
Liberación de la orden	1,406	1,406	1,406	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,550	1,550	1,550	1,550	1,163	1,163	1,163	1,163	1,163	800	1,203	1,203	1,203	1,209	1,209	1,040																																	
COSTO DE PREPARAR (S/)	= 750	COSTO DE MANTENER (S/) = 0.670																												C.T. DEL INVENTARIO (S/) = 16,650																											

A: CONSERVA DE PESCADO		PERIODO (SEMANA)																																																							
UNIDAD: CAJA/L = 1		97	98	99	100	101	102	103	104	105	106	107	108	109	110	111	112	113	114	115	116	117	118	119	120																																
Variable binaria (Xi)	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	0																																
Demanda	520	520	520	520	452	452	452	452	452	729	729	729	729	729	1,502	1,502	1,502	1,502	1,237	1,237	1,237	1,237	791	791	791																																
Inventario inicial	520	520	520	520	452	452	452	452	452	729	729	729	729	729	1,502	1,502	1,502	1,502	1,237	1,237	1,237	1,237	64	823	32	791																															
Pedido	1,040	1,040	1,040	904	904	1,458	1,458	1,458	1,458	1,458	1,458	1,458	1,458	1,458	1,502	1,502	1,502	1,502	1,237	1,237	1,237	1,237	1,301	1,550	1,550																																
Inventario final	520	520	520	452	452	729	729	729	729	729	729	729	729	729	1,502	1,502	1,502	1,502	1,237	1,237	1,237	1,237	64	823	32	791																															
Liberación de la orden	1,040	1,040	904	904	904	1,458	1,458	1,458	1,458	1,458	1,458	1,458	1,458	1,458	1,502	1,502	1,502	1,502	1,237	1,237	1,237	1,237	1,550	1,550	1,405																																
COSTO DE PREPARAR (S/)	= 750	COSTO DE MANTENER (S/) = 0.670																												C.T. DEL INVENTARIO (S/) = 15,425																											

A: CONSERVA DE PESCADO		PERIODO (SEMANA)																																																							
UNIDAD: CAJA/L = 1		121	122	123	124	125	126	127	128	129	130	131	132	133	134	135	136	137	138	139	140	141	142	143	144																																
Variable binaria (Xi)	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	0	1	0	0																																
Demanda	1,405	1,405	1,405	1,405	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,550	1,550	1,550	1,550	1,550	1,163	1,163	1,163	1,163	817	817	817	817	386	386	386																																
Inventario inicial	1,405	1,405	1,405	1,405	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,550	1,550	1,550	1,550	1,550	1,163	1,163	1,163	1,163	84	817	817	817	386	386	772	386																															
Pedido	1,405	1,405	1,405	1,405	1,000	1,000	1,000	1,000	1,550	1,550	1,550	1,550	1,550	1,163	1,163	1,163	1,163	901	1,550	1,203	1,203	1,158	1,158	1,158	386																																
Inventario final	1,405	1,405	1,405	1,405	1,000	1,000	1,000	1,000	1,550	1,550	1,550	1,550	1,550	1,163	1,163	1,163	1,163	84	817	817	817	386	386	772	386																																
Liberación de la orden	1,405	1,405	1,405	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,550	1,550	1,550	1,550	1,550	1,163	1,163	1,163	1,163	901	1,550	1,203	1,203	1,158	1,158	1,040																																	
COSTO DE PREPARAR (S/)	= 750	COSTO DE MANTENER (S/) = 0.670																												C.T. DEL INVENTARIO (S/) = 16,638																											

A: CONSERVA DE PESCADO		PERIODO (SEMANA)																								
UNIDAD: CAJA/L = 1		145	146	147	148	149	150	151	152	153	154	155	156	157	158	159	160	161	162	163	164	165	166	167	168	
Variable binaria (Xi)		1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	
Demanda		520	520	520	520	452	452	452	452	728	728	728	728	728	728	728	1,502	1,502	1,502	1,502	1,502	1,502	1,502	1,502	1,502	
Inventario inicial		520		520		520		452		452		452		728		728		1,502		1,502		1,502		1,550		
Pedido		1,040		1,040		904		904		1,456		1,456		728		728		1,456		1,456		1,456		820	790	
Inventario final		520		520		452		452		728		728		728		728		1,502		1,502		1,502		1,550	1,406	
Liberación de la orden		1,040		904		904		904		1,456		1,456		728		728		1,456		1,456		1,456		1,550	1,406	
COSTO DE PREPARAR (S) =	750																								15,417	
																										C.T. DEL INVENTARIO (S) =

A: CONSERVA DE PESCADO		PERIODO (SEMANA)																								
UNIDAD: CAJA/L = 1		169	170	171	172	173	174	175	176	177	178	179	180	181	182	183	184	185	186	187	188	189	190	191	192	
Variable binaria (Xi)		1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	
Demanda		1,406	1,406	1,406	1,406	1,008	1,008	1,008	1,008	1,008	1,542	1,542	1,542	1,542	1,163	1,163	1,163	800	800	800	800	800	403	403	403	
Inventario inicial		1,406		1,406		1,008		1,008		1,008		1,542		1,163		1,163		50		800		56		806	403	
Pedido		1,406		1,406		1,008		1,008		1,008		1,542		1,163		1,163		50		800		56		806	403	
Inventario final		1,406		1,406		1,008		1,008		1,008		1,542		1,163		1,163		50		800		56		806	403	
Liberación de la orden		1,406		1,406		1,008		1,008		1,008		1,542		1,163		1,163		50		800		56		806	403	
COSTO DE PREPARAR (S) =	750																								16,687	
																										C.T. DEL INVENTARIO (S) =

A: CONSERVA DE PESCADO		PERIODO (SEMANA)																								
UNIDAD: CAJA/L = 1		193	194	195	196	197	198	199	200	201	202	203	204	205	206	207	208	209	210	211	212	213	214	215	216	
Variable binaria (Xi)		1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	
Demanda		520	520	520	520	452	452	452	452	729	729	729	729	729	729	729	1,377	1,377	1,377	1,377	1,377	1,377	1,377	1,377	1,377	
Inventario inicial		520		520		452		452		452		452		729		729		1,377		1,377		1,377		1,550		
Pedido		1,040		1,040		904		904		1,458		1,458		729		729		1,377		1,377		1,377		820	790	
Inventario final		520		520		452		452		729		729		729		729		1,377		1,377		1,377		1,550	1,281	
Liberación de la orden		1,040		904		904		904		1,458		1,458		729		729		1,377		1,377		1,377		1,550	1,281	
COSTO DE PREPARAR (S) =	750																								15,418	
																										C.T. DEL INVENTARIO (S) =

A: CONSERVA DE PESCADO		PERIODO (SEMANA)																								
UNIDAD: CAJA/L = 1		217	218	219	220	221	222	223	224	225	226	227	228	229	230	231	232	233	234	235	236	237	238	239	240	
Variable binaria (Xi)		1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	
Demanda		1,281	1,281	1,281	1,281	1,007	1,007	1,007	1,007	1,543	1,543	1,543	1,543	1,543	1,163	1,163	1,163	800	800	800	800	800	403	403	403	
Inventario inicial		1,281		1,281		1,007		1,007		1,007		1,543		1,163		1,163		50		800		50		806	403	
Pedido		1,281		1,281		1,007		1,007		1,007		1,543		1,163		1,163		50		800		50		806	403	
Inventario final		1,281		1,281		1,007		1,007		1,007		1,543		1,163		1,163		50		800		50		806	403	
Liberación de la orden		1,281		1,281		1,007		1,007		1,007		1,543		1,163		1,163		50		800		50		806	403	
COSTO DE PREPARAR (S) =	750																								16,650	
																										C.T. DEL INVENTARIO (S) =

Nota. L = tiempo de entrega en semanas.

**Tabla D2**

*Plan de requerimientos de materiales de los envases del ESCENARIO 1*

B: ENVASES		PERIODO (SEMANA)																								
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	
UNIDAD: CAJA / L = 1																										
Variable binaria (Xi)		0	1	1	0	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	1	0	1	0	1	0	0	1	0	1	
Demanda		531	1,550	904	904	904	1,474	1,474	1,474	1,474	1,494	1,494	1,494	1,494	1,494	1,237	1,237	1,237	1,237	1,297	1,550	1,550	1,550	1,281		
Inventario inicial																										
Pedido		531	2,454	904	904	904	1,474	1,474	1,474	2,988	1,494	2,731	2,474	2,847	1,550	1,550	1,550	1,550	1,550	1,550	1,550	1,550	1,550	1,281		
Inventario final																										
Liberación de la orden		531	2,454	904	904	1,474	1,474	1,474	2,988	1,494	2,731	2,474	2,847	1,550	1,550	1,550	1,550	1,550	1,550	1,550	1,550	1,550	1,550	1,281		
COSTO DE ORDENAR (S/) =		200	C.T. DEL INVENTARIO (S/) =																							3,203
B: ENVASES																										
UNIDAD: CAJA / L = 1																										
Variable binaria (Xi)		1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1		
Demanda		1,281	1,281	1,008	1,008	1,008	1,008	1,542	1,542	1,542	1,542	1,163	1,163	1,163	1,163	850	1,550	1,203	1,203	1,209	1,209	1,209	1,040	1,040		
Inventario inicial																										
Pedido		2,562	2,289	2,016	2,550	2,550	3,084	3,084	3,084	2,705	2,326	2,013	2,013	2,013	850	1,550	1,550	1,203	1,203	1,209	1,209	1,209	1,040			
Inventario final																										
Liberación de la orden		2,289	1,008	1,008	1,542	1,542	1,542	1,542	1,542	1,542	1,163	1,163	1,163	1,163	850	1,550	1,550	1,203	1,203	1,209	1,209	1,209	1,040			
COSTO DE ORDENAR (S/) =		200	C.T. DEL INVENTARIO (S/) =																							3,595

B: ENVASES		PERIODO (SEMANA)																											
UNIDAD: CAJA / L = 1		49	50	51	52	53	54	55	56	57	58	59	60	61	62	63	64	65	66	67	68	69	70	71	72				
Variable binaria (Xi)		0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1				
Demanda		1,040			904	904	1,458	1,458	1,458	1,458	1,458	1,502	1,502	1,502	1,502	1,502	1,502	1,502	1,502	1,502	1,502	1,502	1,502	1,550	1,406				
Inventario inicial																													
Pedido		1,040	904	904	904	1,458	1,458	1,458	1,458	1,458	1,458	3,004	3,004	1,502	2,739	2,474	2,474	2,474	2,847	2,847	1,550	1,550	1,550	1,550	1,406				
Inventario final																													
Liberación de la orden		1,040	904	904	904	1,458	1,458	1,458	1,458	1,458	1,458	3,004	3,004	1,502	2,739	2,474	2,474	2,474	2,847	2,847	1,550	1,550	1,550	1,550	1,406				
COSTO DE ORDENAR (S) =	200	COSTO DE MANTENER (S) = 0.125																											
		C.T. DEL INVENTARIO (S) = 3,091																											

B: ENVASES		PERIODO (SEMANA)																											
UNIDAD: CAJA / L = 1		73	74	75	76	77	78	79	80	81	82	83	84	85	86	87	88	89	90	91	92	93	94	95	96				
Variable binaria (Xi)		1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0				
Demanda		1,406	1,406	1,406	1,000	1,000	1,000	1,000	1,550	1,550	1,550	1,550	1,550	1,163	1,163	1,163	1,213	1,550	800	1,203	1,209	1,209	1,209	1,209	1,040				
Inventario inicial																													
Pedido		2,812	2,406	2,000	2,000	2,550	2,550	3,100	2,713	2,713	2,713	2,713	2,713	2,326	2,763	2,763	2,763	2,763	2,003	2,003	1,209	1,209	1,209	1,209	1,040				
Inventario final		1,406	1,000	1,000	1,000	1,550	1,550	1,550	1,163	1,163	1,163	1,163	1,163	1,163	1,550	1,550	1,550	1,550	1,203	1,203	1,209	1,209	1,209	1,209	1,040				
Liberación de la orden		2,406	2,000	2,000	2,550	3,100	2,713	2,713	2,713	2,713	2,713	2,326	2,763	2,763	2,763	2,763	2,763	2,763	2,003	2,003	1,209	1,209	1,209	1,209	1,040				
COSTO DE ORDENAR (S) =	200	COSTO DE MANTENER (S) = 0.125																											
		C.T. DEL INVENTARIO (S) = 3,648																											

B: ENVASES		PERIODO (SEMANA)																											
UNIDAD: CAJA / L = 1		97	98	99	100	101	102	103	104	105	106	107	108	109	110	111	112	113	114	115	116	117	118	119	120				
Variable binaria (Xi)		0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1				
Demanda		1,040			904	904	1,458	1,458	1,458	1,458	1,458	1,502	1,502	1,502	1,502	1,502	1,502	1,237	1,237	1,237	1,301	1,550	1,550	1,550	1,405				
Inventario inicial																													
Pedido		1,040	904	904	904	1,458	1,458	1,458	1,458	1,458	1,458	3,004	3,004	1,502	2,739	2,474	2,474	2,474	2,851	2,851	1,550	1,550	1,550	1,550	1,405				
Inventario final																													
Liberación de la orden		1,040	904	904	904	1,458	1,458	1,458	1,458	1,458	1,458	3,004	3,004	1,502	2,739	2,474	2,474	2,474	2,851	2,851	1,550	1,550	1,550	1,550	1,405				
COSTO DE ORDENAR (S) =	200	COSTO DE MANTENER (S) = 0.125																											
		C.T. DEL INVENTARIO (S) = 3,091																											

B: ENVASES		PERIODO (SEMANA)																											
UNIDAD: CAJA / L = 1		121	122	123	124	125	126	127	128	129	130	131	132	133	134	135	136	137	138	139	140	141	142	143	144				
Variable binaria (Xi)		1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0				
Demanda		1,405	1,405	1,405	1,000	1,000	1,000	1,000	1,550	1,550	1,550	1,550	1,550	1,163	1,163	1,163	1,163	901	1,550	1,203	1,158	1,158	1,158	1,158	1,040				
Inventario inicial																													
Pedido		2,810	2,405	2,000	2,000	2,550	2,550	3,100	2,713	2,713	2,713	2,713	2,713	2,326	2,064	2,064	2,064	2,064	1,550	1,203	1,158	1,158	1,158	1,158	1,040				
Inventario final		1,405	1,000	1,000	1,000	1,550	1,550	1,550	1,163	1,163	1,163	1,163	1,163	1,163	1,550	1,550	1,550	1,550	1,203	1,203	1,158	1,158	1,158	1,158	1,040				
Liberación de la orden		2,405	2,000	2,000	2,550	3,100	2,713	2,713	2,713	2,713	2,713	2,326	2,064	2,064	2,064	2,064	2,064	2,064	1,550	1,203	1,158	1,158	1,158	1,158	1,040				
COSTO DE ORDENAR (S) =	200	COSTO DE MANTENER (S) = 0.125																											
		C.T. DEL INVENTARIO (S) = 3,617																											

B: ENVASES		PERIODO (SEMANA)																											
UNIDAD: CAJA / L = 1		145	146	147	148	149	150	151	152	153	154	155	156	157	158	159	160	161	162	163	164	165	166	167	168				
Variable binaria (Xi)		0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1				
Demanda		1,040			904		904		1,456		1,456		1,502		1,502		1,502		1,237		1,237		1,550		1,406				
Inventario inicial																													
Pedido		1,040	904	904	904	904	904	904	1,456	1,456	1,456	3,004	1,502	2,739	3,004	1,502	2,739	2,474	2,474	2,847	2,847	1,550	1,550	1,406					
Inventario final																													
Liberación de la orden		1,040	904	904	904	904	904	1,456	1,456	1,456	3,004	1,502	2,739	3,004	1,502	2,739	2,474	2,474	2,847	2,847	1,550	1,550	1,406	2,812					
COSTO DE ORDENAR (S) =	200	COSTO DE MANTENER (S) = 0.125																											
		C.T. DEL INVENTARIO (S) = 3,091																											

B: ENVASES		PERIODO (SEMANA)																											
UNIDAD: CAJA / L = 1		169	170	171	172	173	174	175	176	177	178	179	180	181	182	183	184	185	186	187	188	189	190	191	192				
Variable binaria (Xi)		1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0				
Demanda		1,406	1,406	1,406	1,008	1,008	1,008	1,008	1,542	1,542	1,542	1,542	1,163	1,163	1,163	1,213	1,550		856	1,550			806	1,040					
Inventario inicial																													
Pedido		2,812	2,414	2,016	2,016	2,550	2,550	3,084	3,084	3,084	2,705	2,326	2,763	2,763	1,163	1,550	2,406	2,406	1,550	1,550	806	806	1,040	1,040					
Inventario final		1,406	1,008	1,008	1,008	1,542	1,542	1,542	1,542	1,542	1,163	1,163	1,163	1,163	1,163	1,550	2,406	2,406	1,550	1,550	806	806	1,040	1,040					
Liberación de la orden		2,414	2,016	2,016	2,550	2,550	3,084	3,084	2,705	2,705	2,326	2,763	2,763	1,163	1,550	2,406	2,406	1,550	1,550	806	806	1,040	1,040	1,040					
COSTO DE ORDENAR (S) =	200	COSTO DE MANTENER (S) = 0.125																											
		C.T. DEL INVENTARIO (S) = 3,692																											

B: ENVASES		PERIODO (SEMANA)																											
UNIDAD: CAJA / L = 1		193	194	195	196	197	198	199	200	201	202	203	204	205	206	207	208	209	210	211	212	213	214	215	216				
Variable binaria (Xi)		0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1				
Demanda		1,040			904		904		1,458		1,458		1,377		1,377		1,377		1,237		1,237		1,550		1,281				
Inventario inicial																													
Pedido		1,040	904	904	904	904	904	904	1,458	1,458	1,458	2,754	2,754	1,377	1,377	1,377	1,377	1,237	1,237	1,237	1,297	1,550	1,550	1,281					
Inventario final																													
Liberación de la orden		1,040	904	904	904	904	904	1,458	1,458	1,458	2,754	2,754	1,377	1,377	1,377	1,377	1,237	1,237	1,237	1,297	1,550	1,550	1,281	1,281					
COSTO DE ORDENAR (S) =	200	COSTO DE MANTENER (S) = 0.125																											
		C.T. DEL INVENTARIO (S) = 3,061																											

B: ENVASES		PERIODO (SEMANA)																											
UNIDAD: CAJA / L = 1		217	218	219	220	221	222	223	224	225	226	227	228	229	230	231	232	233	234	235	236	237	238	239	240				
Variable binaria (Xi)		1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0				
Demanda		1,281	1,281	1,281	1,007	1,007	1,007	1,007	1,543	1,543	1,543	1,543	1,163	1,163	1,163	1,163	850	1,550		1,203			1,209						
Inventario inicial																													
Pedido		2,562	2,288	2,288	2,014	2,014	2,550	2,550	3,086	3,086	2,706	2,326	2,013	2,013	1,163	850	1,550	1,550	1,203	1,203	1,203	1,209	1,209	1,209					
Inventario final		1,281	1,007	1,007	1,007	1,007	1,543	1,543	1,543	1,543	1,163	1,163	1,163	1,163	1,163	850	1,550	1,550	1,203	1,203	1,203	1,209	1,209	1,209					
Liberación de la orden		2,288	2,014	2,014	2,550	2,550	3,086	3,086	2,706	2,706	2,013	2,326	2,013	2,013	1,163	850	1,550	1,550	1,203	1,203	1,203	1,209	1,209	1,209					
COSTO DE ORDENAR (S) =	200	COSTO DE MANTENER (S) = 0.125																											
		C.T. DEL INVENTARIO (S) = 3,395																											

Nota. L = tiempo de entrega en semanas.

**Tabla D3**

*Plan de requerimientos de materiales del pescado del ESCENARIO 1*

		PERIODO (SEMANA)																								
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	
C: PESCADO																										
UNIDAD: t/L = 1		0	1	1	1	0	1	0	1	0	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	0	1	
Variable binaria (Xi)		10.1	29.4	17.1																						24.3
Demanda		10.1	29.4	17.1	17.1	27.9	27.9	27.9	27.9	27.9	27.9	28.3	28.3	28.3	28.3	28.3	28.3	28.3	28.3	28.3	28.3	28.3	28.3	28.3	28.3	
Inventario inicial		10.1	29.4	17.1	17.1	27.9	27.9	27.9	27.9	27.9	27.9	28.3	28.3	28.3	28.3	28.3	28.3	28.3	28.3	28.3	28.3	28.3	28.3	28.3	28.3	
Inventario final		10.1	29.4	17.1	17.1	27.9	27.9	27.9	27.9	27.9	27.9	28.3	28.3	28.3	28.3	28.3	28.3	28.3	28.3	28.3	28.3	28.3	28.3	28.3	28.3	
Liberación de la orden		10.1	29.4	17.1	17.1	27.9	27.9	27.9	27.9	27.9	27.9	28.3	28.3	28.3	28.3	28.3	28.3	28.3	28.3	28.3	28.3	28.3	28.3	28.3	28.3	
COSTO DE ORDENAR (S/)=	200																						3,400			
																							C.T. DEL INVENTARIO (S/)=			
																							19.79			
C: PESCADO																										
UNIDAD: t/L = 1		1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	0	0	1	
Variable binaria (Xi)		24.3	24.3	24.3	19.1	19.1	19.1	19.1	19.1	19.1	19.1	19.1	19.1	19.1	19.1	19.1	19.1	19.1	19.1	19.1	19.1	19.1	19.1	19.1	19.1	
Demanda		24.3	24.3	24.3	19.1	19.1	19.1	19.1	19.1	19.1	19.1	19.1	19.1	19.1	19.1	19.1	19.1	19.1	19.1	19.1	19.1	19.1	19.1	19.1	19.1	
Inventario inicial		24.3	24.3	24.3	19.1	19.1	19.1	19.1	19.1	19.1	19.1	19.1	19.1	19.1	19.1	19.1	19.1	19.1	19.1	19.1	19.1	19.1	19.1	19.1	19.1	
Pedido		24.3	24.3	24.3	19.1	19.1	19.1	19.1	19.1	19.1	19.1	19.1	19.1	19.1	19.1	19.1	19.1	19.1	19.1	19.1	19.1	19.1	19.1	19.1	19.1	
Inventario final		24.3	24.3	19.1	19.1	19.1	19.1	19.1	19.1	19.1	19.1	19.1	19.1	19.1	19.1	19.1	19.1	19.1	19.1	19.1	19.1	19.1	19.1	19.1	19.1	
Liberación de la orden		24.3	24.3	19.1	19.1	19.1	19.1	19.1	19.1	19.1	19.1	19.1	19.1	19.1	19.1	19.1	19.1	19.1	19.1	19.1	19.1	19.1	19.1	19.1	19.1	
COSTO DE ORDENAR (S/)=	200																						4,000			
																							C.T. DEL INVENTARIO (S/)=			
																							19.79			

C: PESCADO		PERIODO (SEMANA)																											
UNIDAD: t/L = 1		49	50	51	52	53	54	55	56	57	58	59	60	61	62	63	64	65	66	67	68	69	70	71	72				
Variable binaria (Xi)	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	0	1			
Demanda	19.7	17.1	17.1	17.1	17.1	27.6	27.6	27.6	27.6	27.6	27.6	28.5	28.5	28.5	28.5	28.5	28.5	28.5	28.5	28.5	28.5	28.5	29.4	29.4	26.6				
Inventario inicial																													
Pedido	19.7	17.1	17.1	17.1	17.1	27.6	27.6	27.6	27.6	27.6	27.6	28.5	28.5	28.5	28.5	28.5	28.5	28.5	28.5	28.5	28.5	29.4	29.4	26.6					
Inventario final																													
Liberación de la orden	19.7	17.1	17.1	17.1	27.6	27.6	27.6	27.6	28.5	28.5	28.5	28.5	28.5	28.5	28.5	28.5	28.5	28.5	28.5	28.5	28.5	29.4	29.4	26.6					
COSTO DE ORDENAR (S/) =	200	C.T. DEL INVENTARIO (S/) = 3,200																											

C: PESCADO		PERIODO (SEMANA)																											
UNIDAD: t/L = 1		73	74	75	76	77	78	79	80	81	82	83	84	85	86	87	88	89	90	91	92	93	94	95	96				
Variable binaria (Xi)	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	0	1	0	0	1				
Demanda	26.6	26.6	18.9	18.9	18.9	18.9	18.9	18.9	29.4	29.4	29.4	29.4	29.4	22.0	22.0	23.0	29.4	15.2	22.8	22.9	22.9	22.9	22.9	19.7					
Inventario inicial																													
Pedido	26.6	26.6	18.9	18.9	18.9	18.9	18.9	18.9	29.4	29.4	29.4	29.4	29.4	22.0	22.0	23.0	29.4	15.2	22.8	22.9	22.9	22.9	22.9	19.7					
Inventario final																													
Liberación de la orden	26.6	26.6	18.9	18.9	18.9	18.9	18.9	18.9	29.4	29.4	29.4	29.4	29.4	22.0	22.0	23.0	29.4	15.2	22.8	22.9	22.9	22.9	22.9	19.7					
COSTO DE ORDENAR (S/) =	200	C.T. DEL INVENTARIO (S/) = 4,000																											

C: PESCADO		PERIODO (SEMANA)																											
UNIDAD: t/L = 1		97	98	99	100	101	102	103	104	105	106	107	108	109	110	111	112	113	114	115	116	117	118	119	120				
Variable binaria (Xi)	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	0	1				
Demanda	19.7	17.1	17.1	17.1	17.1	27.6	27.6	27.6	27.6	27.6	27.6	28.5	28.5	28.5	28.5	28.5	28.5	23.4	23.4	24.7	29.4	29.4	29.4	26.6					
Inventario inicial																													
Pedido	19.7	17.1	17.1	17.1	17.1	27.6	27.6	27.6	27.6	27.6	27.6	28.5	28.5	28.5	28.5	28.5	28.5	23.4	23.4	24.7	29.4	29.4	29.4	26.6					
Inventario final																													
Liberación de la orden	19.7	17.1	17.1	17.1	17.1	27.6	27.6	27.6	27.6	27.6	27.6	28.5	28.5	28.5	28.5	28.5	28.5	23.4	23.4	24.7	29.4	29.4	29.4	26.6					
COSTO DE ORDENAR (S/) =	200	C.T. DEL INVENTARIO (S/) = 3,200																											

C: PESCADO		PERIODO (SEMANA)																											
UNIDAD: t/L = 1		121	122	123	124	125	126	127	128	129	130	131	132	133	134	135	136	137	138	139	140	141	142	143	144				
Variable binaria (Xi)	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	0	0	1				
Demanda	26.6	26.6	18.9	18.9	18.9	18.9	18.9	18.9	29.4	29.4	29.4	29.4	29.4	22.0	22.0	22.0	17.1	29.4	22.8	21.9	21.9	21.9	21.9	19.7					
Inventario inicial																													
Pedido	26.6	26.6	18.9	18.9	18.9	18.9	18.9	18.9	29.4	29.4	29.4	29.4	29.4	22.0	22.0	22.0	17.1	29.4	22.8	21.9	21.9	21.9	21.9	19.7					
Inventario final																													
Liberación de la orden	26.6	26.6	18.9	18.9	18.9	18.9	18.9	18.9	29.4	29.4	29.4	29.4	29.4	22.0	22.0	22.0	17.1	29.4	22.8	21.9	21.9	21.9	21.9	19.7					
COSTO DE ORDENAR (S/) =	200	C.T. DEL INVENTARIO (S/) = 4,000																											



C: PESCADO		PERIODO (SEMANA)																							
UNIDAD: t/L = 1		145	146	147	148	149	150	151	152	153	154	155	156	157	158	159	160	161	162	163	164	165	166	167	168
Variable binaria (Xi)	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	0
Demanda	19.7	17.1	17.1	17.1	17.1	17.1	17.1	27.6	27.6	27.6	27.6	28.5	28.5	28.5	28.5	28.5	28.5	28.5	28.5	28.5	28.5	29.4	29.4	26.6	
Inventario inicial																									
Pedido	19.7	17.1	17.1	17.1	17.1	17.1	17.1	27.6	27.6	27.6	27.6	28.5	28.5	28.5	28.5	28.5	28.5	28.5	28.5	28.5	29.4	29.4	29.4	26.6	
Inventario final																									
Liberación de la orden	19.7	17.1	17.1	17.1	17.1	17.1	17.1	27.6	27.6	27.6	27.6	28.5	28.5	28.5	28.5	28.5	28.5	28.5	28.5	28.5	29.4	29.4	29.4	26.6	
COSTO DE ORDENAR (S/) =	200	COSTO DE MANTENER (S/) = 19.79										C.T. DEL INVENTARIO (S/) = 3,200													

C: PESCADO		PERIODO (SEMANA)																							
UNIDAD: t/L = 1		169	170	171	172	173	174	175	176	177	178	179	180	181	182	183	184	185	186	187	188	189	190	191	192
Variable binaria (Xi)	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	0	1	0	
Demanda	26.6	26.6	26.6	19.1	19.1	19.1	19.1	19.1	29.2	29.2	29.2	29.2	29.2	22.0	22.0	22.0	23.0	29.4	16.2	29.4			15.3	19.7	
Inventario inicial																									
Pedido	26.6	26.6	26.6	19.1	19.1	19.1	19.1	19.1	29.2	29.2	29.2	29.2	29.2	22.0	22.0	22.0	23.0	29.4	16.2	29.4			15.3	19.7	
Inventario final																									
Liberación de la orden	26.6	26.6	19.1	19.1	19.1	19.1	19.1	19.1	29.2	29.2	29.2	29.2	22.0	22.0	22.0	23.0	29.4	16.2	29.4			15.3	19.7		
COSTO DE ORDENAR (S/) =	200	COSTO DE MANTENER (S/) = 19.79										C.T. DEL INVENTARIO (S/) = 4,000													

C: PESCADO		PERIODO (SEMANA)																							
UNIDAD: t/L = 1		193	194	195	196	197	198	199	200	201	202	203	204	205	206	207	208	209	210	211	212	213	214	215	216
Variable binaria (Xi)	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	0	
Demanda	19.7	17.1	17.1	17.1	17.1	17.1	17.1	17.1	27.6	27.6	27.6	26.1	26.1	26.1	26.1	26.1	26.1	23.4	23.4	24.6	29.4	29.4	29.4	24.3	
Inventario inicial																									
Pedido	19.7	17.1	17.1	17.1	17.1	17.1	17.1	17.1	27.6	27.6	27.6	26.1	26.1	26.1	26.1	26.1	26.1	23.4	23.4	24.6	29.4	29.4	29.4	24.3	
Inventario final																									
Liberación de la orden	19.7	17.1	17.1	17.1	17.1	17.1	17.1	17.1	27.6	27.6	27.6	26.1	26.1	26.1	26.1	26.1	26.1	23.4	23.4	24.6	29.4	29.4	29.4	24.3	
COSTO DE ORDENAR (S/) =	200	COSTO DE MANTENER (S/) = 19.79										C.T. DEL INVENTARIO (S/) = 3,200													

C: PESCADO		PERIODO (SEMANA)																							
UNIDAD: t/L = 1		217	218	219	220	221	222	223	224	225	226	227	228	229	230	231	232	233	234	235	236	237	238	239	240
Variable binaria (Xi)	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	0	0
Demanda	24.3	24.3	24.3	19.1	19.1	19.1	19.1	19.1	29.2	29.2	29.2	29.2	29.2	22.0	22.0	22.0	16.1	29.4	22.8	22.8	22.8	22.8	22.8	22.8	22.8
Inventario inicial																									
Pedido	24.3	24.3	24.3	19.1	19.1	19.1	19.1	19.1	29.2	29.2	29.2	29.2	29.2	22.0	22.0	22.0	16.1	29.4	22.8	22.8	22.8	22.8	22.8	22.8	22.8
Inventario final																									
Liberación de la orden	24.3	24.3	19.1	19.1	19.1	19.1	19.1	19.1	29.2	29.2	29.2	29.2	29.2	22.0	22.0	22.0	16.1	29.4	22.8	22.8	22.8	22.8	22.8	22.8	22.8
COSTO DE ORDENAR (S/) =	200	COSTO DE MANTENER (S/) = 19.79										C.T. DEL INVENTARIO (S/) = 3,800													

Nota. L = tiempo de entrega en semanas, pescado en toneladas.

**Tabla D4**

*Plan de requerimientos de materiales del líquido de gobierno del ESCENARIO 1*

D: LIQUIDO DE GOBIERNO		PERIODO (SEMANA)																							
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
UNIDAD: m3/L = 0		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
Variable binaria (Xi)		0	1	1	1	0	1	0	1	0	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	0	1
Demanda		1.3	3.8	2.2	2.2	2.2	2.2	3.6	3.6	3.6	3.6	3.7	3.7	3.7	3.7	3.7	3.7	3.0	3.0	3.2	3.8	3.8	3.8	3.2	
Inventario inicial																									
Pedido		1.3	3.8	2.2	2.2	2.2	2.2	3.6	3.6	3.6	3.6	3.7	3.7	3.7	3.7	3.7	3.0	3.0	3.0	3.2	3.8	3.8	3.8	3.2	
Inventario final																									
Liberación de la orden		1.3	3.8	2.2	2.2	2.2	2.2	3.6	3.6	3.6	3.7	3.7	3.7	3.7	3.7	3.0	3.0	3.0	3.2	3.8	3.8	3.8	3.2	3.2	
COSTO DE PREPARAR (S/) =		50																							
COSTO DE MANTENER (S/) =																24.08	C.T. DEL INVENTARIO (S/) =								850
D: LIQUIDO DE GOBIERNO		PERIODO (SEMANA)																							
		25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48
UNIDAD: m3/L = 0		1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	0	1	0	1
Variable binaria (Xi)		3.2	3.2	3.2	2.5	2.5	2.5	2.5	3.8	3.8	3.8	3.8	3.8	2.9	2.9	2.9	2.9	2.1	3.8	3.0	3.0	3.0	3.0	0	1
Demanda		3.2	3.2	3.2	2.5	2.5	2.5	2.5	3.8	3.8	3.8	3.8	3.8	2.9	2.9	2.9	2.9	2.1	3.8	3.0	3.0	3.0	3.0	0	1
Inventario inicial																									
Pedido		3.2	3.2	3.2	2.5	2.5	2.5	2.5	3.8	3.8	3.8	3.8	3.8	2.9	2.9	2.9	2.9	2.1	3.8	3.0	3.0	3.0	3.0	0	1
Inventario final																									
Liberación de la orden		3.2	3.2	3.2	2.5	2.5	2.5	2.5	3.8	3.8	3.8	3.8	3.8	2.9	2.9	2.9	2.9	2.1	3.8	3.0	3.0	3.0	3.0	0	1
COSTO DE PREPARAR (S/) =		50																							
COSTO DE MANTENER (S/) =																24.08	C.T. DEL INVENTARIO (S/) =								1,000

D: LÍQUIDO DE GOBIERNO		PERIODO (SEMANA)																							
UNIDAD: m3/L=0		49	50	51	52	53	54	55	56	57	58	59	60	61	62	63	64	65	66	67	68	69	70	71	72
Variable binaria (Xi)	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	0
Demanda	2.6	2.2	2.2	2.2	2.2	2.2	2.2	3.6	3.6	3.7	3.7	3.7	3.7	3.7	3.7	3.7	3.7	3.0	3.0	3.2	3.8	3.8	3.8	3.5	
Inventario inicial																									
Pedido	2.6	2.2	2.2	2.2	2.2	2.2	2.2	3.6	3.6	3.7	3.7	3.7	3.7	3.7	3.7	3.7	3.0	3.0	3.0	3.2	3.8	3.8	3.8	3.5	
Inventario final																									
Liberación de la orden	2.6	2.2	2.2	2.2	2.2	2.2	2.2	3.6	3.6	3.7	3.7	3.7	3.7	3.7	3.7	3.7	3.0	3.0	3.0	3.2	3.8	3.8	3.8	3.5	
COSTO DE PREPARAR (S/)	= 50	COSTO DE MANTENER (S/)																							
		= 24,08																							
		C.T. DEL INVENTARIO (S/)																							
		= 800																							

D: LÍQUIDO DE GOBIERNO		PERIODO (SEMANA)																							
UNIDAD: m3/L=0		73	74	75	76	77	78	79	80	81	82	83	84	85	86	87	88	89	90	91	92	93	94	95	96
Variable binaria (Xi)	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	0	1	0	0	
Demanda	3.5	3.5	3.5	2.5	2.5	2.5	2.5	3.8	3.8	3.8	3.8	3.8	2.9	2.9	2.9	3.0	3.8	2.0	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0	2.6	
Inventario inicial																									
Pedido	3.5	3.5	3.5	2.5	2.5	2.5	2.5	3.8	3.8	3.8	3.8	3.8	2.9	2.9	2.9	3.0	3.8	2.0	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0	2.6	
Inventario final																									
Liberación de la orden	3.5	3.5	3.5	2.5	2.5	2.5	2.5	3.8	3.8	3.8	3.8	3.8	2.9	2.9	2.9	3.0	3.8	2.0	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0	2.6	
COSTO DE PREPARAR (S/)	= 50	COSTO DE MANTENER (S/)																							
		= 24,08																							
		C.T. DEL INVENTARIO (S/)																							
		= 1,000																							

D: LÍQUIDO DE GOBIERNO		PERIODO (SEMANA)																							
UNIDAD: m3/L=0		97	98	99	100	101	102	103	104	105	106	107	108	109	110	111	112	113	114	115	116	117	118	119	120
Variable binaria (Xi)	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	0	
Demanda	2.6	2.2	2.2	2.2	2.2	2.2	2.2	3.6	3.6	3.7	3.7	3.7	3.7	3.7	3.7	3.7	3.0	3.0	3.0	3.2	3.8	3.8	3.8	3.5	
Inventario inicial																									
Pedido	2.6	2.2	2.2	2.2	2.2	2.2	2.2	3.6	3.6	3.7	3.7	3.7	3.7	3.7	3.7	3.7	3.0	3.0	3.0	3.2	3.8	3.8	3.8	3.5	
Inventario final																									
Liberación de la orden	2.6	2.2	2.2	2.2	2.2	2.2	2.2	3.6	3.6	3.7	3.7	3.7	3.7	3.7	3.7	3.7	3.0	3.0	3.0	3.2	3.8	3.8	3.8	3.5	
COSTO DE PREPARAR (S/)	= 50	COSTO DE MANTENER (S/)																							
		= 24,08																							
		C.T. DEL INVENTARIO (S/)																							
		= 800																							

D: LÍQUIDO DE GOBIERNO		PERIODO (SEMANA)																							
UNIDAD: m3/L=0		121	122	123	124	125	126	127	128	129	130	131	132	133	134	135	136	137	138	139	140	141	142	143	144
Variable binaria (Xi)	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	0	1	0	0	
Demanda	3.5	3.5	3.5	2.5	2.5	2.5	2.5	3.8	3.8	3.8	3.8	3.8	2.9	2.9	2.9	2.9	2.2	3.8	3.0	2.9	2.9	2.9	2.9	2.6	
Inventario inicial																									
Pedido	3.5	3.5	3.5	2.5	2.5	2.5	2.5	3.8	3.8	3.8	3.8	3.8	2.9	2.9	2.9	2.9	2.2	3.8	3.0	2.9	2.9	2.9	2.9	2.6	
Inventario final																									
Liberación de la orden	3.5	3.5	3.5	2.5	2.5	2.5	2.5	3.8	3.8	3.8	3.8	3.8	2.9	2.9	2.9	2.9	2.2	3.8	3.0	2.9	2.9	2.9	2.9	2.6	
COSTO DE PREPARAR (S/)	= 50	COSTO DE MANTENER (S/)																							
		= 24,08																							
		C.T. DEL INVENTARIO (S/)																							
		= 1,000																							

D: LÍQUIDO DE GOBIERNO		PERIODO (SEMANA)																																																	
UNIDAD: m3/L=0	145	146	147	148	149	150	151	152	153	154	155	156	157	158	159	160	161	162	163	164	165	166	167	168																											
Variable binaria (Xi)	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	0	1																										
Demanda	2.6	2.2	2.2	2.2	2.2	2.2	3.6	3.6	3.7	3.7	3.7	3.7	3.7	3.7	3.7	3.7	3.0	3.0	3.2	3.8	3.8	3.8	3.5																												
Inventario inicial																																																			
Pedido	2.6	2.2	2.2	2.2	2.2	2.2	3.6	3.6	3.7	3.7	3.7	3.7	3.7	3.7	3.7	3.0	3.0	3.0	3.2	3.8	3.8	3.8	3.5																												
Inventario final																																																			
Liberación de la orden	2.6	2.2	2.2	2.2	2.2	2.2	3.6	3.6	3.7	3.7	3.7	3.7	3.7	3.7	3.7	3.0	3.0	3.0	3.2	3.8	3.8	3.8	3.5																												
COSTO DE PREPARAR (S/)	50	COSTO DE MANTENER (S/)																								24.08	C.T. DEL INVENTARIO (S/)																								800

D: LÍQUIDO DE GOBIERNO		PERIODO (SEMANA)																																																	
UNIDAD: m3/L=0	169	170	171	172	173	174	175	176	177	178	179	180	181	182	183	184	185	186	187	188	189	190	191	192																											
Variable binaria (Xi)	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	0	0	1	0	1																											
Demanda	3.5	3.5	3.5	2.5	2.5	2.5	3.8	3.8	3.8	3.8	3.8	2.9	2.9	2.9	3.0	3.8	2.1	3.8	2.0	2.6																															
Inventario inicial																																																			
Pedido	3.5	3.5	3.5	2.5	2.5	2.5	3.8	3.8	3.8	3.8	3.8	2.9	2.9	2.9	3.0	3.8	2.1	3.8	2.0	2.6																															
Inventario final																																																			
Liberación de la orden	3.5	3.5	3.5	2.5	2.5	2.5	3.8	3.8	3.8	3.8	3.8	2.9	2.9	2.9	3.0	3.8	2.1	3.8	2.0	2.6																															
COSTO DE PREPARAR (S/)	50	COSTO DE MANTENER (S/)																								24.08	C.T. DEL INVENTARIO (S/)																								1,000

D: LÍQUIDO DE GOBIERNO		PERIODO (SEMANA)																																																	
UNIDAD: m3/L=0	193	194	195	196	197	198	199	200	201	202	203	204	205	206	207	208	209	210	211	212	213	214	215	216																											
Variable binaria (Xi)	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	0	1																											
Demanda	2.6	2.2	2.2	2.2	2.2	2.2	3.6	3.6	3.4	3.4	3.4	3.4	3.4	3.4	3.4	3.0	3.0	3.0	3.2	3.8	3.8	3.8	3.2																												
Inventario inicial																																																			
Pedido	2.6	2.2	2.2	2.2	2.2	2.2	3.6	3.6	3.4	3.4	3.4	3.4	3.4	3.4	3.4	3.0	3.0	3.0	3.2	3.8	3.8	3.8	3.2																												
Inventario final																																																			
Liberación de la orden	2.6	2.2	2.2	2.2	2.2	2.2	3.6	3.6	3.4	3.4	3.4	3.4	3.4	3.4	3.4	3.0	3.0	3.0	3.2	3.8	3.8	3.8	3.2																												
COSTO DE PREPARAR (S/)	50	COSTO DE MANTENER (S/)																								24.08	C.T. DEL INVENTARIO (S/)																								800

D: LÍQUIDO DE GOBIERNO		PERIODO (SEMANA)																																																	
UNIDAD: m3/L=0	217	218	219	220	221	222	223	224	225	226	227	228	229	230	231	232	233	234	235	236	237	238	239	240																											
Variable binaria (Xi)	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	0	0																											
Demanda	3.2	3.2	3.2	2.5	2.5	2.5	3.8	3.8	3.8	3.8	3.8	2.9	2.9	2.9	2.9	2.1	3.8	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0	0																											
Inventario inicial																																																			
Pedido	3.2	3.2	3.2	2.5	2.5	2.5	3.8	3.8	3.8	3.8	3.8	2.9	2.9	2.9	2.9	2.1	3.8	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0	0																											
Inventario final																																																			
Liberación de la orden	3.2	3.2	3.2	2.5	2.5	2.5	3.8	3.8	3.8	3.8	3.8	2.9	2.9	2.9	2.9	2.1	3.8	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0	0																											
COSTO DE PREPARAR (S/)	50	COSTO DE MANTENER (S/)																								24.08	C.T. DEL INVENTARIO (S/)																								950

Nota. L = tiempo de entrega en semanas.





E: ACEITE VEGETAL		PERIODO (SEMANA)																											
UNIDAD: LATA/L = 1		145	146	147	148	149	150	151	152	153	154	155	156	157	158	159	160	161	162	163	164	165	166	167	168				
Variable binaria (Xi)	0	1	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	1	0	1	0	0	1	0	1	0	0	1	0	0				
Demanda	136	118	118	118	190	190	190	196	196	196	196	196	196	196	196	196	162	162	162	170	203	203	203	184					
Inventario inicial	254	118	118	118	381	381	393	554	554	554	554	554	554	554	554	554	323	323	323	372	386	386	184	184					
Pedido	118	118	118	118	190	190	196	358	358	358	358	358	358	358	358	358	162	162	162	203	203	203	184	184					
Inventario final	254	118	118	118	381	381	393	554	554	554	554	554	554	554	554	554	323	323	323	372	386	386	184	184					
Liberación de la orden	254	118	118	118	381	381	393	554	554	554	554	554	554	554	554	554	323	323	323	372	386	386	184	184					
COSTO DE ORDENAR (S/) =	200	COSTO DE MANTENER (S/) = 0.442																										C.T. DEL INVENTARIO (S/) =	2,513

E: ACEITE VEGETAL		PERIODO (SEMANA)																											
UNIDAD: LATA/L = 1		169	170	171	172	173	174	175	176	177	178	179	180	181	182	183	184	185	186	187	188	189	190	191	192				
Variable binaria (Xi)	1	0	1	0	0	0	1	0	1	0	1	0	0	1	0	1	0	0	1	0	0	1	0	1	0				
Demanda	184	184	184	132	132	132	202	202	202	202	202	202	152	152	152	203	203	203	112	203	203	105	136	136					
Inventario inicial	184	264	132	132	132	202	202	202	202	202	202	202	354	152	152	203	203	203	203	203	203	241	136	136					
Pedido	368	447	264	264	403	403	555	304	304	304	304	304	304	304	304	304	361	361	361	315	241	241	136	136					
Inventario final	184	264	132	132	202	202	354	152	152	152	203	203	203	203	203	203	203	203	203	203	241	136	136	136					
Liberación de la orden	447	264	264	264	403	403	555	304	304	304	304	304	304	304	304	304	361	361	361	315	241	241	136	136					
COSTO DE ORDENAR (S/) =	200	COSTO DE MANTENER (S/) = 0.442																										C.T. DEL INVENTARIO (S/) =	2,794

E: ACEITE VEGETAL		PERIODO (SEMANA)																											
UNIDAD: LATA/L = 1		193	194	195	196	197	198	199	200	201	202	203	204	205	206	207	208	209	210	211	212	213	214	215	216				
Variable binaria (Xi)	0	1	0	0	0	1	0	1	0	1	0	0	1	0	1	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0				
Demanda	136	118	118	118	191	191	191	180	180	180	180	180	180	180	180	162	162	162	170	203	203	203	167	167					
Inventario inicial	254	118	118	118	381	381	381	360	360	360	360	360	360	360	360	485	485	485	372	370	370	167	167	167					
Pedido	118	118	118	118	191	191	191	180	180	180	180	180	180	180	180	162	162	162	170	203	203	203	167	167					
Inventario final	118	118	118	118	381	381	381	360	360	360	360	360	360	360	360	485	485	485	372	370	370	167	167	167					
Liberación de la orden	254	118	118	118	381	381	381	360	360	360	360	360	360	360	360	485	485	485	372	370	370	167	167	167					
COSTO DE ORDENAR (S/) =	200	COSTO DE MANTENER (S/) = 0.442																										C.T. DEL INVENTARIO (S/) =	2,484

E: ACEITE VEGETAL		PERIODO (SEMANA)																											
UNIDAD: LATA/L = 1		217	218	219	220	221	222	223	224	225	226	227	228	229	230	231	232	233	234	235	236	237	238	239	240				
Variable binaria (Xi)	1	0	1	0	1	0	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	0	1	0	0	0	0				
Demanda	167	167	167	132	132	132	202	202	202	202	202	202	152	152	152	203	203	203	157	158	158	158	158	158					
Inventario inicial	167	299	132	132	132	202	202	202	202	202	202	202	152	152	152	203	203	203	157	158	158	158	158	158					
Pedido	335	299	299	299	403	403	403	304	304	304	304	304	304	304	304	304	314	314	314	315	315	315	158	158					
Inventario final	167	132	132	132	202	202	202	152	152	152	203	203	203	203	203	203	203	203	158	158	158	158	158	158					
Liberación de la orden	299	299	299	299	403	403	403	304	304	304	304	304	304	304	304	304	314	314	314	315	315	315	158	158					
COSTO DE ORDENAR (S/) =	200	COSTO DE MANTENER (S/) = 0.442																										C.T. DEL INVENTARIO (S/) =	2,649

Nota. L = tiempo de entrega en semanas, aceite vegetal en latas de 18 L.

**Tabla D6**

*Plan de requerimientos de materiales de la sal del ESCENARIO 1*

		PERIODO (SEMANA)																							
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
UNIDAD: SACO / L = 1																									
Variable binaria (Xi)		0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Demanda		5	15	9	9	36	28	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	12	12	12	15	15	15	12	
Inventario inicial		64	59	45	36	28	28	14	14	14	14	131	116	102	88	77	65	53	41	27	27	12	12	12	
Pedido											145														
Inventario final		59	45	36	36	28	28	14	14	14	131	116	102	88	77	65	53	41	27	27	12	12	12	103	
Liberación de la orden		64									145														
COSTO DE ORDENAR (S/)=		100																							
												COSTO DE MANTENER (S/)= 0.156												C.T. DEL INVENTARIO (S/)= 358	
F: SAL																									
UNIDAD: SACO / L = 1																									
Variable binaria (Xi)		1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Demanda		12	12	12	9	9	9	15	15	15	15	11	11	11	11	11	8	15	11	11	11	11	10	10	
Inventario inicial		103	91	79	67	57	48	39	29	15	113	99	88	77	66	55	47	32	32	21	21	10	10	10	
Pedido										128															
Inventario final		91	79	67	57	48	39	29	15	113	99	88	77	66	55	47	32	32	21	21	10	10	10	10	
Liberación de la orden									128																
COSTO DE ORDENAR (S/)=		100																							
												COSTO DE MANTENER (S/)= 0.156												C.T. DEL INVENTARIO (S/)= 373	



F: SAL		PERIODO (SEMANA)																											
UNIDAD: SACO / L = 1		49	50	51	52	53	54	55	56	57	58	59	60	61	62	63	64	65	66	67	68	69	70	71	72				
Variable binaria (Xi)	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0			
Demanda	10			9	9	9	9	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	12	12	12	12	15	15	15	13				
Inventario inicial	44	44	44	36	36	27	27	14	14					132	118	104	90	78	66	55	42	28	28	13	13				
Pedido	54												146																
Inventario final	44	44	36	36	27	27	14	14					132	118	104	90	78	66	55	42	28	28	13	13					
Liberación de la orden	54												146												107				
COSTO DE ORDENAR (S) =	100	COSTO DE MANTENER (S) = 0.156																										C.T. DEL INVENTARIO (S) =	358

F: SAL		PERIODO (SEMANA)																											
UNIDAD: SACO / L = 1		73	74	75	76	77	78	79	80	81	82	83	84	85	86	87	88	89	90	91	92	93	94	95	96				
Variable binaria (Xi)	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0				
Demanda	13	13	13	9	9	9	9	15	15	15	15	11	11	11	11	11	15	15	8	11	11				10				
Inventario inicial	93	80	67	57	48	39	29	15				113	99	88	77	66	55	40	40	32	21	21	10	10	10				
Pedido	107									128																			
Inventario final	93	80	67	57	48	39	29	15		113	99	88	77	66	55	40	40	32	21	21	10	10	10	10					
Liberación de la orden										128																			
COSTO DE ORDENAR (S) =	100	COSTO DE MANTENER (S) = 0.156																										C.T. DEL INVENTARIO (S) =	373

F: SAL		PERIODO (SEMANA)																											
UNIDAD: SACO / L = 1		97	98	99	100	101	102	103	104	105	106	107	108	109	110	111	112	113	114	115	116	117	118	119	120				
Variable binaria (Xi)	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0				
Demanda	10			9	9	9	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	12	12	12	12	15	15	15	13					
Inventario inicial	44	44	44	36	36	27	27	14	14					132	118	104	90	78	66	55	42	28	28	13	13				
Pedido	54												146																
Inventario final	44	44	36	36	27	27	14	14					132	118	104	90	78	66	55	42	28	28	13	13					
Liberación de la orden	54												146												106				
COSTO DE ORDENAR (S) =	100	COSTO DE MANTENER (S) = 0.156																										C.T. DEL INVENTARIO (S) =	358

F: SAL		PERIODO (SEMANA)																											
UNIDAD: SACO / L = 1		121	122	123	124	125	126	127	128	129	130	131	132	133	134	135	136	137	138	139	140	141	142	143	144				
Variable binaria (Xi)	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0				
Demanda	13	13	13	9	9	9	9	15	15	15	15	11	11	11	11	11	11	8	15	11					10				
Inventario inicial	93	80	67	57	48	39	29	15				113	99	88	77	66	55	47	32	32	21	21	10	10	10				
Pedido	106											128																	
Inventario final	93	80	67	57	48	39	29	15		113	99	88	77	66	55	47	32	32	21	21	10	10	10	10					
Liberación de la orden										128																			
COSTO DE ORDENAR (S) =	100	COSTO DE MANTENER (S) = 0.156																										C.T. DEL INVENTARIO (S) =	373



**Tabla D7**

*Plan de requerimientos de materiales de las conservas de pescado del ESCENARIO 2*

A: CONSERVA DE PESCADO		PERIODO (SEMANA)																							
UNIDAD: CAJA / L = 1		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
Variable binaria (Xi)	0	0	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1
Demanda			2,902	844	844	844	844	844	844	1,357	1,357	1,357	1,357	1,357	1,178	1,178	1,178	1,171	1,171	1,171	1,171	817	817	817	
Inventario inicial			1,352		138	844																	84	817	
Pedido			1,352	1,550	982	1,550		844	1,357	1,357	1,357	1,357	1,178	1,178	1,178	1,178	1,171	1,171	1,171	1,171	901	1,550		817	
Inventario final			1,352	138	844																	84	817		
Liberación de la orden			1,352	1,550	982	1,550		844	1,357	1,357	1,357	1,178	1,178	1,178	1,178	1,171	1,171	1,171	1,171	901	1,550		817	919	
COSTO DE PREPARAR (S/)	=	750																							17,167
A: CONSERVA DE PESCADO		PERIODO (SEMANA)																							
UNIDAD: CAJA / L = 1		25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48
Variable binaria (Xi)	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	0
Demanda	823	823	823	823	1,205	1,205	1,205	1,205	1,205	1,545	1,545	1,545	1,545	1,550	1,550	1,550	1,550	1,477	1,477	1,477	1,477	697	697	697	
Inventario inicial		96	823																				697		697
Pedido	919	1,550		823	1,205	1,205	1,205	1,205	1,205	1,545	1,545	1,545	1,545	1,550	1,550	1,550	1,550	1,477	1,477	1,477	1,477	1,394		1,394	
Inventario final		96	823																			697		697	
Liberación de la orden	1,550		823	1,205	1,205	1,205	1,205	1,205	1,545	1,545	1,545	1,545	1,550	1,550	1,550	1,550	1,477	1,477	1,477	1,477	1,394		1,394	916	
COSTO DE PREPARAR (S/)	=	750																							17,300

A: CONSERVA DE PESCADO		PERIODO (SEMANA)																													
UNIDAD: CAJA/L = 1		49	50	51	52	53	54	55	56	57	58	59	60	61	62	63	64	65	66	67	68	69	70	71	72						
Variable binaria (Xi)		1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1						
Demanda		916	916	916	916	943	943	943	943	1,125	1,125	1,125	1,125	978	978	978	978	960	960	960	960	1,025	1,025	1,025	1,025						
Inventario inicial																															
Pedido		916	916	916	916	943	943	943	943	1,125	1,125	1,125	1,125	978	978	978	978	960	960	960	960	1,025	1,025	1,025	1,025						
Inventario final																															
Liberación de la orden		916	916	916	943	943	943	943	1,125	1,125	1,125	978	978	978	978	960	960	960	960	960	1,025	1,025	1,025	972							
COSTO DE PREPARAR (S/)	= 750	COSTO DE MANTENER (S/)																										= 0.670	C.T. DEL INVENTARIO (S/)		= 18,000

A: CONSERVA DE PESCADO		PERIODO (SEMANA)																													
UNIDAD: CAJA/L = 1		73	74	75	76	77	78	79	80	81	82	83	84	85	86	87	88	89	90	91	92	93	94	95	96						
Variable binaria (Xi)		1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	0	1	0	1	1	0	1	1	1	1						
Demanda		972	972	972	1,150	1,150	1,150	1,150	986	986	986	986	986	604	604	604	604	801	801	801	801	1,112	1,112	1,112	1,112						
Inventario inicial																															
Pedido		972	972	972	1,150	1,150	1,150	1,150	986	986	1,026	1,550	40	604	1,208	1,405	801	853	1,550	52	801	1,112	1,112	1,112	1,112						
Inventario final																															
Liberación de la orden		972	972	972	1,150	1,150	1,150	986	986	1,026	1,550	1,208	1,405	853	1,550	1,112	1,112	1,112	1,112	1,112	1,112	1,112	1,112	1,502							
COSTO DE PREPARAR (S/)	= 750	COSTO DE MANTENER (S/)																										= 0.670	C.T. DEL INVENTARIO (S/)		= 16,944

A: CONSERVA DE PESCADO		PERIODO (SEMANA)																													
UNIDAD: CAJA/L = 1		97	98	99	100	101	102	103	104	105	106	107	108	109	110	111	112	113	114	115	116	117	118	119	120						
Variable binaria (Xi)		1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1						
Demanda		1,502	1,502	1,502	1,502	1,550	1,550	1,550	1,194	1,194	1,194	1,194	1,194	1,203	1,203	1,203	1,203	1,053	1,053	1,053	1,053	925	925	925	925						
Inventario inicial																															
Pedido		1,502	1,502	1,502	1,502	1,550	1,550	1,194	1,194	1,194	1,194	1,194	1,203	1,203	1,203	1,203	1,053	1,053	1,053	1,053	925	925	925	925							
Inventario final																															
Liberación de la orden		1,502	1,502	1,502	1,550	1,550	1,194	1,194	1,194	1,194	1,203	1,203	1,203	1,053	1,053	1,053	1,053	925	925	925	925	925	925	1,166							
COSTO DE PREPARAR (S/)	= 750	COSTO DE MANTENER (S/)																										= 0.670	C.T. DEL INVENTARIO (S/)		= 18,000

A: CONSERVA DE PESCADO		PERIODO (SEMANA)																													
UNIDAD: CAJA/L = 1		121	122	123	124	125	126	127	128	129	130	131	132	133	134	135	136	137	138	139	140	141	142	143	144						
Variable binaria (Xi)		1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0						
Demanda		1,166	1,166	1,166	1,166	1,126	1,126	1,126	1,126	864	864	864	864	1,085	1,085	1,085	1,085	1,483	1,483	1,483	1,483	736	736	736	736						
Inventario inicial																															
Pedido		1,166	1,166	1,166	1,166	1,126	1,126	1,126	1,126	864	1,042	1,550	178	864	1,085	1,085	1,085	1,483	1,483	1,483	1,483	1,472	736	736	1,472						
Inventario final																															
Liberación de la orden		1,166	1,166	1,166	1,126	1,126	1,126	864	1,042	1,550	1,085	1,085	1,085	1,483	1,483	1,483	1,483	1,472	1,472	1,472	1,472	1,472	1,472	1,444							
COSTO DE PREPARAR (S/)	= 750	COSTO DE MANTENER (S/)																										= 0.670	C.T. DEL INVENTARIO (S/)		= 17,434

A: CONSERVA DE PESCADO		PERIODO (SEMANA)																								
UNIDAD: CAJA/L = 1		145	146	147	148	149	150	151	152	153	154	155	156	157	158	159	160	161	162	163	164	165	166	167	168	
Variable binaria (Xi)		1	0	1	0	1	0	1	0	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	0	1	
Demanda		722	722	722	722	712	712	712	712	1,272	1,272	1,272	1,272	1,272	781	781	781	781	781	781	1,005	1,005	1,005	704	704	
Inventario inicial		722				712				712				24	793	12	781						704	704		
Pedido		1,444	1,444	1,424	1,424	1,424	1,424	1,424	1,424	1,272	1,272	1,272	1,296	1,550	1,550	1,550	1,550	1,005	1,005	1,005	1,005	1,005	1,408	1,408		
Inventario final		722	722	712	712	712	712	712	712	1,424	1,424	1,424	1,296	1,550	1,550	1,550	1,550	1,005	1,005	1,005	1,005	1,408	1,408	704		
Liberación de la orden		1,444	1,424	1,424	1,424	1,424	1,424	1,424	1,272	1,272	1,272	1,296	1,550	1,550	1,550	1,550	1,005	1,005	1,005	1,005	1,408	1,408	1,408	801		
COSTO DE PREPARAR (S) =	750	COSTO DE MANTENER (S) = 0.670																								
		C.T. DEL INVENTARIO (S) = 15,944																								

A: CONSERVA DE PESCADO		PERIODO (SEMANA)																								
UNIDAD: CAJA/L = 1		169	170	171	172	173	174	175	176	177	178	179	180	181	182	183	184	185	186	187	188	189	190	191	192	
Variable binaria (Xi)		1	1	1	0	1	0	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1		
Demanda		801	801	801	801	771	771	771	771	771	957	957	957	957	1,029	1,029	1,029	1,029	1,037	1,037	1,037	925	925	925		
Inventario inicial		52	801			771			771																	
Pedido		801	853	1,550	1,542	1,542	1,542	1,542	1,542	957	957	957	957	1,029	1,029	1,029	1,029	1,037	1,037	1,037	925	925	925	925		
Inventario final		52	801			771			771																	
Liberación de la orden		853	1,550	1,542	1,542	1,542	1,542	1,542	957	957	957	957	1,029	1,029	1,029	1,037	1,037	1,037	1,037	1,037	925	925	925	1,069		
COSTO DE PREPARAR (S) =	750	COSTO DE MANTENER (S) = 0.670																								
		C.T. DEL INVENTARIO (S) = 17,355																								

A: CONSERVA DE PESCADO		PERIODO (SEMANA)																								
UNIDAD: CAJA/L = 1		193	194	195	196	197	198	199	200	201	202	203	204	205	206	207	208	209	210	211	212	213	214	215	216	
Variable binaria (Xi)		1	1	1	1	1	0	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1		
Demanda		1,069	1,069	1,069	1,069	784	784	784	784	1,444	1,444	1,444	1,444	1,453	1,453	1,453	1,453	1,434	1,434	1,434	1,434	1,359	1,359	1,359		
Inventario inicial						36	802	18	784																	
Pedido		1,069	1,069	1,069	1,105	1,550	1,550	1,550	1,550	1,444	1,444	1,444	1,444	1,453	1,453	1,453	1,453	1,434	1,434	1,434	1,359	1,359	1,359	1,359		
Inventario final						36	802	18	784																	
Liberación de la orden		1,069	1,069	1,105	1,550	1,550	1,550	1,550	1,444	1,444	1,444	1,444	1,453	1,453	1,453	1,453	1,434	1,434	1,434	1,359	1,359	1,359	1,359	1,188		
COSTO DE PREPARAR (S) =	750	COSTO DE MANTENER (S) = 0.670																								
		C.T. DEL INVENTARIO (S) = 17,599																								

A: CONSERVA DE PESCADO		PERIODO (SEMANA)																								
UNIDAD: CAJA/L = 1		217	218	219	220	221	222	223	224	225	226	227	228	229	230	231	232	233	234	235	236	237	238	239	240	
Variable binaria (Xi)		1	1	1	1	1	0	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1		
Demanda		1,188	1,188	1,188	1,188	779	779	779	779	856	856	856	856	1,188	1,188	1,188	1,188	1,131	1,131	1,131	1,131	1,339	1,339	1,339		
Inventario inicial						16	787	8	779			162	856													
Pedido		1,188	1,188	1,188	1,204	1,550	1,550	1,550	1,550	1,018	1,550	1,550	1,550	856	1,188	1,188	1,188	1,131	1,131	1,131	1,339	1,339	1,339	1,339		
Inventario final						16	787	8	779	162	856															
Liberación de la orden		1,188	1,188	1,204	1,550	1,550	1,550	1,550	1,018	1,550	1,550	1,550	856	1,188	1,188	1,188	1,131	1,131	1,131	1,339	1,339	1,339	1,339	1,339		
COSTO DE PREPARAR (S) =	750	COSTO DE MANTENER (S) = 0.670																								
		C.T. DEL INVENTARIO (S) = 17,497																								

Nota. L = tiempo de entrega en semanas.

**Tabla D8**

*Plan de requerimientos de materiales de los envases del ESCENARIO 2*

B: ENVASES		PERIODO (SEMANA)																							
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
UNIDAD: CAJA / L = 1																									
Variable binaria (Xi)		0	1	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0
Demanda		1,352	1,550	982	1,550	844	1,357	1,357	1,357	1,357	1,357	1,178	1,178	1,178	1,178	1,171	1,171	1,171	1,171	1,171	901	1,550	817	919	
Inventario inicial		982					1,357	1,357	1,357	1,357	1,178	1,178	1,178	1,171	1,171	1,171	1,171	1,171	1,171	1,171	901			919	
Pedido		1,352	2,532		1,550	2,201	2,201	2,714	2,714	2,535	2,535	2,356	2,356	2,349	2,342	2,072	2,072	2,072	2,072	2,072	1,550	1,550	1,736	919	
Inventario final		982					1,357	1,357	1,357	1,178	1,178	1,178	1,171	1,171	1,171	1,171	1,171	1,171	1,171	1,171	901			919	
Liberación de la orden		1,352	2,532	1,550	2,201	2,201	2,714	2,714	2,535	2,535	2,356	2,349	2,342	2,342	2,072	2,072	2,072	2,072	2,072	1,550	1,550	1,736	1,736	1,550	
COSTO DE ORDENAR (S/)=		200									0.125													3.677	
B: ENVASES																									
UNIDAD: CAJA / L = 1																									
Variable binaria (Xi)		1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	
Demanda		1,550		823	1,205	1,205	1,205	1,205	1,545	1,545	1,545	1,550	1,550	1,550	1,550	1,477	1,477	1,477	1,477	1,477	1,394	1,394	1,394	916	
Inventario inicial				1,205					1,545	1,545	1,545	1,550	1,550	1,550	1,477	1,477	1,477	1,477	1,477	1,477	1,394	1,394	1,394	916	
Pedido		1,550		2,028	2,410	2,750	2,750	2,750	3,090	3,090	3,095	3,100	3,100	3,027	2,954	2,954	2,954	2,954	2,954	2,954	1,394	1,394	1,394	916	
Inventario final				1,205	1,205	1,545	1,545	1,545	1,545	1,550	1,550	1,550	1,477	1,477	1,477	1,477	1,477	1,477	1,477	1,477	1,394	1,394	1,394	916	
Liberación de la orden		2,028	2,410	2,410	2,750	2,750	3,090	3,090	3,095	3,095	3,100	3,027	2,954	2,954	2,954	2,954	2,954	2,954	2,954	2,954	1,394	1,394	1,394	1,832	
COSTO DE ORDENAR (S/)=		200									0.125													4.019	

B: ENVASES		PERIODO (SEMANA)																											
UNIDAD: CAJA / L = 1		49	50	51	52	53	54	55	56	57	58	59	60	61	62	63	64	65	66	67	68	69	70	71	72				
Variable binaria (Xi)		1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0				
Demanda		916	916	916	943	943	943	943	1,125	1,125	1,125	1,125	1,125	978	978	978	978	960	960	960	1,025	1,025	1,025	1,025	972				
Inventario inicial		916	916	943	943	943	943	1,125	1,125	1,125	1,125	978	978	978	978	960	960	960	1,025	1,025	1,025	1,025	1,025	972					
Pedido		1,832	1,859	1,886	2,068	2,068	2,068	2,250	2,250	2,250	2,103	1,956	1,938	1,938	1,938	1,920	1,920	1,920	1,985	1,985	2,050	2,050	1,997	972					
Inventario final		916	943	943	943	1,125	1,125	1,125	978	978	978	978	960	960	960	1,025	1,025	1,025	1,025	1,025	1,025	1,025	972	972					
Liberación de la orden		1,859	1,886	1,886	2,068	2,068	2,250	2,250	2,103	1,956	1,938	1,938	1,938	1,920	1,920	1,920	1,920	1,985	1,985	2,050	2,050	1,997	1,944	1,944					
COSTO DE ORDENAR (S) =	200	COSTO DE MANTENER (S) = 0.125																											
		C.T. DEL INVENTARIO (S) = 3.894																											

B: ENVASES		PERIODO (SEMANA)																											
UNIDAD: CAJA / L = 1		73	74	75	76	77	78	79	80	81	82	83	84	85	86	87	88	89	90	91	92	93	94	95	96				
Variable binaria (Xi)		1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0				
Demanda		972	972	972	1,150	1,150	1,150	1,150	986	986	1,026	1,550	1,208	1,405	1,405	1,405	1,405	1,405	1,550	1,550	1,112	1,112	1,112	1,112	1,502				
Inventario inicial		972	972	1,150	1,150	1,150	1,150	986	986	1,026	1,550	1,208	1,405	1,405	1,405	1,405	1,405	1,405	1,550	1,550	1,112	1,112	1,112	1,112	1,502				
Pedido		1,944	2,122	2,300	2,300	2,136	2,136	2,012	2,012	2,012	1,550	1,208	1,405	1,405	1,405	1,405	1,405	2,403	2,403	2,224	2,224	2,224	2,224	1,502					
Inventario final		972	1,150	1,150	1,150	986	986	1,026	1,026	1,026	1,550	1,208	1,405	1,405	1,405	1,405	1,405	1,550	1,550	1,112	1,112	1,112	1,112	1,502					
Liberación de la orden		2,122	2,300	2,300	2,136	2,136	2,012	2,012	2,012	1,550	1,208	1,405	1,405	1,405	1,405	1,405	1,405	2,403	2,403	2,224	2,224	2,224	2,224	1,502	3,004				
COSTO DE ORDENAR (S) =	200	COSTO DE MANTENER (S) = 0.125																											
		C.T. DEL INVENTARIO (S) = 3.532																											

B: ENVASES		PERIODO (SEMANA)																											
UNIDAD: CAJA / L = 1		97	98	99	100	101	102	103	104	105	106	107	108	109	110	111	112	113	114	115	116	117	118	119	120				
Variable binaria (Xi)		1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0				
Demanda		1,502	1,502	1,502	1,550	1,550	1,550	1,550	1,194	1,194	1,194	1,194	1,203	1,203	1,203	1,203	1,053	1,053	1,053	1,053	925	925	925	925	1,166				
Inventario inicial		1,502	1,550	1,550	1,550	1,550	1,194	1,194	1,194	1,194	1,194	1,203	1,203	1,203	1,203	1,053	1,053	1,053	1,053	1,053	925	925	925	925	1,166				
Pedido		3,004	3,052	3,100	2,744	2,744	2,744	2,388	2,388	2,388	2,397	2,406	2,406	2,406	2,256	2,256	2,256	2,106	2,106	1,978	1,978	1,850	1,850	2,091					
Inventario final		1,502	1,550	1,550	1,550	1,194	1,194	1,194	1,194	1,194	1,203	1,203	1,203	1,203	1,053	1,053	1,053	1,053	1,053	925	925	925	925	1,166					
Liberación de la orden		3,052	3,100	3,100	2,744	2,744	2,388	2,388	2,388	2,397	2,406	2,406	2,406	2,256	2,256	2,256	2,106	2,106	1,978	1,978	1,850	1,850	2,091	2,332					
COSTO DE ORDENAR (S) =	200	COSTO DE MANTENER (S) = 0.125																											
		C.T. DEL INVENTARIO (S) = 4.215																											

B: ENVASES		PERIODO (SEMANA)																											
UNIDAD: CAJA / L = 1		121	122	123	124	125	126	127	128	129	130	131	132	133	134	135	136	137	138	139	140	141	142	143	144				
Variable binaria (Xi)		1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0				
Demanda		1,166	1,166	1,166	1,126	1,126	1,126	1,126	864	1,042	1,550	1,085	1,085	1,085	1,085	1,085	1,483	1,483	1,483	1,483	1,472	1,472	1,472	1,444					
Inventario inicial		1,166	1,126	1,126	1,126	1,126	864	864	1,550	1,550	1,085	1,085	1,085	1,085	1,085	1,085	1,483	1,483	1,483	1,472	1,472	1,472	1,444						
Pedido		2,332	2,292	2,252	2,252	1,990	2,592	2,592	2,592	2,592	2,170	2,170	2,170	2,170	2,170	2,966	2,966	2,966	2,966	2,966	1,472	1,472	1,472	1,444					
Inventario final		1,166	1,126	1,126	1,126	864	1,550	1,550	1,550	1,550	1,085	1,085	1,085	1,085	1,085	1,483	1,483	1,483	1,483	1,472	1,472	1,472	1,444						
Liberación de la orden		2,292	2,252	2,252	1,990	1,990	2,592	2,592	2,592	2,592	2,170	2,170	2,170	2,170	2,170	2,966	2,966	2,966	2,966	1,472	1,472	1,472	1,444	1,444					
COSTO DE ORDENAR (S) =	200	COSTO DE MANTENER (S) = 0.125																											
		C.T. DEL INVENTARIO (S) = 3.770																											

B: ENVASES		PERIODO (SEMANA)																											
UNIDAD: CAJA / L = 1		145	146	147	148	149	150	151	152	153	154	155	156	157	158	159	160	161	162	163	164	165	166	167	168				
Variable binaria (Xi)		0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1				
Demanda	1,444	1,444	1,424	1,424	1,424	1,424	1,272	1,272	1,272	1,296	1,550	1,550	1,550	1,550	1,550	1,005	1,005	1,005	1,005	1,408	1,408	1,408	1,408	801					
Inventario inicial							1,272	1,296								1,005				1,005				801					
Pedido	1,444	1,424	1,424	1,424	1,424	2,544	2,568	1,550	1,550	1,550	1,550	1,550	1,550	1,550	2,010	2,010	1,408	1,408	1,408	1,408	1,408	1,408	801						
Inventario final						1,272	1,296									1,005				1,005				801					
Liberación de la orden	1,444	1,424	1,424	1,424	1,424	2,544	2,568	1,550	1,550	1,550	1,550	1,550	1,550	1,550	2,010	2,010	1,408	1,408	1,408	1,408	1,408	1,408	801						
COSTO DE ORDENAR (S) =	200	C.T. DEL INVENTARIO (S) = 2,972																											
		COSTO DE MANTENER (S) = 0,125																											

B: ENVASES		PERIODO (SEMANA)																											
UNIDAD: CAJA / L = 1		169	170	171	172	173	174	175	176	177	178	179	180	181	182	183	184	185	186	187	188	189	190	191	192				
Variable binaria (Xi)		1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1					
Demanda	853	1,550	1,542	1,542	1,542	1,542	1,542	957	957	957	957	957	1,029	1,029	1,029	1,037	1,037	1,037	1,037	1,037	1,037	1,037	925	925					
Inventario inicial								957								1,037				1,037									
Pedido	2,403	1,550	1,542	1,542	1,542	1,914	1,914	1,914	1,914	2,058	2,058	2,058	2,058	2,058	2,074	2,074	2,074	2,074	2,074	2,074	2,074	1,850	1,850						
Inventario final								957								1,037				1,037									
Liberación de la orden	1,550	1,542	1,542	1,542	1,542	1,914	1,914	1,914	1,914	2,058	2,058	2,058	2,058	2,058	2,074	2,074	2,074	2,074	2,074	2,074	2,074	1,850	1,850						
COSTO DE ORDENAR (S) =	200	C.T. DEL INVENTARIO (S) = 3,581																											
		COSTO DE MANTENER (S) = 0,125																											

B: ENVASES		PERIODO (SEMANA)																											
UNIDAD: CAJA / L = 1		193	194	195	196	197	198	199	200	201	202	203	204	205	206	207	208	209	210	211	212	213	214	215	216				
Variable binaria (Xi)		1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1					
Demanda	1,069	1,069	1,105	1,550	1,550	1,444	1,444	1,444	1,444	1,444	1,444	1,444	1,453	1,453	1,453	1,453	1,434	1,434	1,434	1,434	1,359	1,359	1,359	1,188					
Inventario inicial																	1,434			1,359									
Pedido	2,138	2,655	1,550	1,550	1,550	2,888	2,888	2,888	2,888	2,888	2,887	2,887	2,887	2,887	2,887	2,887	2,868	2,868	2,868	2,793	2,718	2,547	2,547						
Inventario final																	1,434			1,359									
Liberación de la orden	1,069	1,550	1,550	1,550	1,550	2,888	2,888	2,888	2,888	2,888	2,887	2,887	2,887	2,887	2,887	2,887	2,868	2,868	2,868	2,793	2,718	2,547	2,547						
COSTO DE ORDENAR (S) =	200	C.T. DEL INVENTARIO (S) = 4,117																											
		COSTO DE MANTENER (S) = 0,125																											

B: ENVASES		PERIODO (SEMANA)																											
UNIDAD: CAJA / L = 1		217	218	219	220	221	222	223	224	225	226	227	228	229	230	231	232	233	234	235	236	237	238	239	240				
Variable binaria (Xi)		1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1					
Demanda	1,188	1,188	1,204	1,550	1,550	1,018	1,550	1,550	1,550	1,550	1,550	856	1,188	1,188	1,188	1,188	1,131	1,131	1,131	1,131	1,131	1,339	1,339	1,339					
Inventario inicial																	1,131			1,339									
Pedido	2,376	2,754	1,550	1,550	1,550	2,568	2,568	2,568	2,568	2,568	2,568	2,044	2,376	2,319	2,319	2,262	2,262	2,262	2,262	2,470	2,678	2,678	1,339						
Inventario final																	1,131			1,339									
Liberación de la orden	1,188	1,550	1,550	1,550	1,550	2,568	2,568	2,568	2,568	2,568	2,568	2,044	2,376	2,319	2,262	2,262	2,262	2,262	2,262	2,470	2,678	2,678	1,339						
COSTO DE ORDENAR (S) =	200	C.T. DEL INVENTARIO (S) = 3,651																											
		COSTO DE MANTENER (S) = 0,125																											

Nota. L = tiempo de entrega en semanas.



**Tabla D9**

*Plan de requerimientos de materiales del pescado del ESCENARIO 2*

		PERIODO (SEMANA)																							
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
C: PESCADO	UNIDAD: t/L = 1	0	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1
	Variable binaria (Xi)	0	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1
	Demanda	25.6	29.4	18.6	29.4	16.0	29.4	16.0	25.7	25.7	25.7	25.7	25.7	22.3	22.3	22.3	22.2	22.2	22.2	22.2	22.2	17.1	29.4	15.5	17.4
	Inventario inicial	25.6	29.4	18.6	29.4	16.0	29.4	16.0	25.7	25.7	25.7	25.7	25.7	22.3	22.3	22.3	22.2	22.2	22.2	22.2	22.2	17.1	29.4	15.5	17.4
	Inventario final	25.6	29.4	18.6	29.4	16.0	29.4	16.0	25.7	25.7	25.7	25.7	25.7	22.3	22.3	22.3	22.2	22.2	22.2	22.2	22.2	17.1	29.4	15.5	17.4
	Liberación de la orden	25.6	29.4	18.6	29.4	16.0	29.4	16.0	25.7	25.7	25.7	25.7	25.7	22.3	22.3	22.3	22.2	22.2	22.2	22.2	22.2	17.1	29.4	15.5	17.4
	COSTO DE ORDENAR (S/)=	200																							
	COSTO DE MANTENER (S/)=													19.79											4,200
	C.T. DEL INVENTARIO (S/)=																								
		C.T. DEL INVENTARIO (S/)=																							
		4,200																							
C: PESCADO	UNIDAD: t/L = 1	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48
	Variable binaria (Xi)	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1
	Demanda	29.4	15.6	22.8	22.8	22.8	22.8	22.8	29.3	29.3	29.3	29.3	29.3	29.4	29.4	29.4	29.4	28.0	28.0	28.0	28.0	26.4	26.4	17.4	17.4
	Inventario inicial	29.4	15.6	22.8	22.8	22.8	22.8	22.8	29.3	29.3	29.3	29.3	29.3	29.4	29.4	29.4	29.4	28.0	28.0	28.0	28.0	26.4	26.4	17.4	17.4
	Pedido	29.4	15.6	22.8	22.8	22.8	22.8	22.8	29.3	29.3	29.3	29.3	29.3	29.4	29.4	29.4	29.4	28.0	28.0	28.0	28.0	26.4	26.4	17.4	17.4
	Inventario final	29.4	15.6	22.8	22.8	22.8	22.8	22.8	29.3	29.3	29.3	29.3	29.3	29.4	29.4	29.4	29.4	28.0	28.0	28.0	28.0	26.4	26.4	17.4	17.4
	Liberación de la orden	29.4	15.6	22.8	22.8	22.8	22.8	22.8	29.3	29.3	29.3	29.3	29.3	29.4	29.4	29.4	29.4	28.0	28.0	28.0	28.0	26.4	26.4	17.4	17.4
	COSTO DE ORDENAR (S/)=	200																							
	COSTO DE MANTENER (S/)=													19.79											4,200
	C.T. DEL INVENTARIO (S/)=																								
	C.T. DEL INVENTARIO (S/)=																								
	C.T. DEL INVENTARIO (S/)=																								
	C.T. DEL INVENTARIO (S/)=																								

C: PESCADO		PERIODO (SEMANA)																									
UNIDAD: t/L = 1		49	50	51	52	53	54	55	56	57	58	59	60	61	62	63	64	65	66	67	68	69	70	71	72		
Variable binaria (Xi)	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1		
Demanda	17.4	17.4	17.4	17.9	17.9	17.9	17.9	17.9	21.3	21.3	21.3	21.3	18.5	18.5	18.5	18.5	18.2	18.2	18.2	18.2	18.2	18.2	19.4	19.4	18.4		
Inventario inicial																											
Pedido	17.4	17.4	17.4	17.9	17.9	17.9	17.9	17.9	21.3	21.3	21.3	21.3	18.5	18.5	18.5	18.5	18.2	18.2	18.2	18.2	18.2	18.2	19.4	19.4	18.4		
Inventario final																											
Liberación de la orden	17.4	17.4	17.9	17.9	17.9	21.3	21.3	21.3	21.3	21.3	18.5	18.5	18.5	18.5	18.2	18.2	18.2	18.2	18.2	18.2	18.2	19.4	19.4	18.4	18.4		
COSTO DE ORDENAR (S/)	= 200	COSTO DE MANTENER (S/)																			= 19.79	C.T. DEL INVENTARIO (S/)					= 4,800

C: PESCADO		PERIODO (SEMANA)																									
UNIDAD: t/L = 1		73	74	75	76	77	78	79	80	81	82	83	84	85	86	87	88	89	90	91	92	93	94	95	96		
Variable binaria (Xi)	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	0	1	0	1	0	1	1	0	1	1	1	1		
Demanda	18.4	18.4	18.4	21.8	21.8	21.8	21.8	18.7	18.7	18.7	19.4	29.4	22.9	26.6	16.2	29.4	21.1	21.1	21.1	21.1	21.1	21.1	21.1	21.1	28.5		
Inventario inicial																											
Pedido	18.4	18.4	18.4	21.8	21.8	21.8	21.8	18.7	18.7	18.7	19.4	29.4	22.9	26.6	16.2	29.4	21.1	21.1	21.1	21.1	21.1	21.1	21.1	21.1	28.5		
Inventario final																											
Liberación de la orden	18.4	18.4	21.8	21.8	21.8	21.8	18.7	18.7	18.7	19.4	29.4	22.9	26.6	16.2	29.4	21.1	21.1	21.1	21.1	21.1	21.1	21.1	21.1	21.1	28.5		
COSTO DE ORDENAR (S/)	= 200	COSTO DE MANTENER (S/)																			= 19.79	C.T. DEL INVENTARIO (S/)					= 4,000

C: PESCADO		PERIODO (SEMANA)																									
UNIDAD: t/L = 1		97	98	99	100	101	102	103	104	105	106	107	108	109	110	111	112	113	114	115	116	117	118	119	120		
Variable binaria (Xi)	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1		
Demanda	28.5	28.5	28.5	29.4	29.4	29.4	29.4	22.6	22.6	22.6	22.6	22.6	22.8	22.8	22.8	22.8	20.0	20.0	20.0	20.0	17.5	17.5	17.5	17.5	22.1		
Inventario inicial																											
Pedido	28.5	28.5	28.5	29.4	29.4	29.4	29.4	22.6	22.6	22.6	22.6	22.8	22.8	22.8	22.8	20.0	20.0	20.0	20.0	17.5	17.5	17.5	17.5	22.1			
Inventario final																											
Liberación de la orden	28.5	28.5	29.4	29.4	29.4	29.4	22.6	22.6	22.6	22.6	22.8	22.8	22.8	22.8	20.0	20.0	20.0	20.0	17.5	17.5	17.5	17.5	22.1	22.1			
COSTO DE ORDENAR (S/)	= 200	COSTO DE MANTENER (S/)																			= 19.79	C.T. DEL INVENTARIO (S/)					= 4,800

C: PESCADO		PERIODO (SEMANA)																									
UNIDAD: t/L = 1		121	122	123	124	125	126	127	128	129	130	131	132	133	134	135	136	137	138	139	140	141	142	143	144		
Variable binaria (Xi)	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	0	1		
Demanda	22.1	22.1	22.1	21.3	21.3	21.3	21.3	16.4	19.7	29.4	20.6	20.6	20.6	20.6	20.6	28.1	28.1	28.1	28.1	27.9	27.9	27.9	27.9	27.4			
Inventario inicial																											
Pedido	22.1	22.1	21.3	21.3	21.3	21.3	16.4	19.7	29.4	20.6	20.6	20.6	20.6	20.6	20.6	28.1	28.1	28.1	28.1	27.9	27.9	27.9	27.9	27.4			
Inventario final																											
Liberación de la orden	22.1	22.1	21.3	21.3	21.3	21.3	16.4	19.7	29.4	20.6	20.6	20.6	20.6	20.6	20.6	28.1	28.1	28.1	28.1	27.9	27.9	27.9	27.9	27.4			
COSTO DE ORDENAR (S/)	= 200	COSTO DE MANTENER (S/)																			= 19.79	C.T. DEL INVENTARIO (S/)					= 4,200

C: PESCADO		PERIODO (SEMANA)																								
UNIDAD: t/L = 1		145	146	147	148	149	150	151	152	153	154	155	156	157	158	159	160	161	162	163	164	165	166	167	168	
Variable binaria (Xi)	0	1	0	1	0	1	0	1	1	1	1	1	1	0	1	0	1	1	1	1	1	1	0	1	0	1
Demanda	27.4	27.4	27.0	27.0	27.0	27.0	27.0	24.1	24.1	24.1	24.1	24.6	29.4	29.4	19.0	19.0	19.0	19.0	19.0	19.0	26.7	26.7	26.7	26.7	15.2	
Inventario inicial	27.4	27.4	27.0	27.0	27.0	27.0	27.0	24.1	24.1	24.1	24.1	24.6	29.4	29.4	19.0	19.0	19.0	19.0	19.0	19.0	26.7	26.7	26.7	26.7	15.2	
Pedido																										
Inventario final																										
Liberación de la orden	27.4	27.0	27.0	27.0	27.0	27.0	27.0	24.1	24.1	24.1	24.6	29.4	29.4	19.0	19.0	19.0	19.0	19.0	19.0	26.7	26.7	26.7	26.7	15.2	16.2	
COSTO DE ORDENAR (S/) =	200	COSTO DE MANTENER (S/) = 19.79																			C.T. DEL INVENTARIO (S/) =				3,200	

C: PESCADO		PERIODO (SEMANA)																							
UNIDAD: t/L = 1		169	170	171	172	173	174	175	176	177	178	179	180	181	182	183	184	185	186	187	188	189	190	191	192
Variable binaria (Xi)	1	1	0	1	0	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Demanda	16.2	29.4	29.2	29.2	29.2	18.1	18.1	18.1	18.1	18.1	18.1	19.5	19.5	19.5	19.5	19.5	19.6	19.6	19.6	19.6	19.6	17.5	17.5	17.5	20.3
Inventario inicial	16.2	29.4	29.2	29.2	29.2	18.1	18.1	18.1	18.1	18.1	18.1	19.5	19.5	19.5	19.5	19.6	19.6	19.6	19.6	19.6	19.6	17.5	17.5	17.5	20.3
Pedido																									
Inventario final																									
Liberación de la orden	29.4	29.2	29.2	29.2	29.2	18.1	18.1	18.1	18.1	18.1	18.1	19.5	19.5	19.5	19.5	19.6	19.6	19.6	19.6	19.6	17.5	17.5	17.5	20.3	20.3
COSTO DE ORDENAR (S/) =	200	COSTO DE MANTENER (S/) = 19.79																			C.T. DEL INVENTARIO (S/) =				4,200

C: PESCADO		PERIODO (SEMANA)																							
UNIDAD: t/L = 1		193	194	195	196	197	198	199	200	201	202	203	204	205	206	207	208	209	210	211	212	213	214	215	216
Variable binaria (Xi)	1	1	1	1	1	0	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Demanda	20.3	20.3	20.9	29.4	29.4	29.4	29.4	27.4	27.4	27.4	27.4	27.4	27.5	27.5	27.5	27.5	27.2	27.2	27.2	27.2	27.2	25.7	25.7	25.7	22.5
Inventario inicial	20.3	20.3	20.9	29.4	29.4	29.4	29.4	27.4	27.4	27.4	27.4	27.5	27.5	27.5	27.5	27.2	27.2	27.2	27.2	27.2	27.2	25.7	25.7	25.7	22.5
Pedido																									
Inventario final																									
Liberación de la orden	20.3	20.9	29.4	29.4	29.4	29.4	27.4	27.4	27.4	27.4	27.5	27.5	27.5	27.5	27.2	27.2	27.2	27.2	27.2	27.2	25.7	25.7	25.7	22.5	22.5
COSTO DE ORDENAR (S/) =	200	COSTO DE MANTENER (S/) = 19.79																			C.T. DEL INVENTARIO (S/) =				4,400

C: PESCADO		PERIODO (SEMANA)																							
UNIDAD: t/L = 1		217	218	219	220	221	222	223	224	225	226	227	228	229	230	231	232	233	234	235	236	237	238	239	240
Variable binaria (Xi)	1	1	1	1	0	1	0	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0
Demanda	22.5	22.5	22.8	29.4	29.4	29.4	29.4	19.3	29.4	19.3	29.4	16.2	22.5	22.5	22.5	22.5	22.5	21.4	21.4	21.4	21.4	25.4	25.4	25.4	25.4
Inventario inicial	22.5	22.5	22.8	29.4	29.4	29.4	29.4	19.3	29.4	19.3	29.4	16.2	22.5	22.5	22.5	22.5	22.5	21.4	21.4	21.4	21.4	25.4	25.4	25.4	25.4
Pedido																									
Inventario final																									
Liberación de la orden	22.5	22.8	29.4	29.4	29.4	29.4	29.4	19.3	29.4	19.3	29.4	16.2	22.5	22.5	22.5	22.5	22.5	21.4	21.4	21.4	21.4	25.4	25.4	25.4	25.4
COSTO DE ORDENAR (S/) =	200	COSTO DE MANTENER (S/) = 19.79																			C.T. DEL INVENTARIO (S/) =				4,000

Nota. L = tiempo de entrega en semanas, pescado en toneladas.

**Tabla D10**

*Plan de requerimientos de materiales del líquido de gobierno del ESCENARIO 2*

D: LÍQUIDO DE GOBIERNO		PERIODO (SEMANA)																							
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
UNIDAD: m3/L = 0		0	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1
Variable binaria (Xi)		0	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	
Demanda		3.3	3.8	2.4	3.8	2.1	3.3	3.3	3.3	3.3	3.3	3.3	2.9	2.9	2.9	2.9	2.9	2.9	2.9	2.9	2.2	3.8	2.0	2.3	
Inventario inicial		3.3	3.8	2.4	3.8	2.1	3.3	3.3	3.3	3.3	3.3	2.9	2.9	2.9	2.9	2.9	2.9	2.9	2.9	2.2	3.8	2.0	2.3		
Inventario final		3.3	3.8	2.4	3.8	2.1	3.3	3.3	3.3	3.3	3.3	2.9	2.9	2.9	2.9	2.9	2.9	2.9	2.9	2.2	3.8	2.0	2.3		
Liberación de la orden		3.3	3.8	2.4	3.8	2.1	3.3	3.3	3.3	3.3	3.3	2.9	2.9	2.9	2.9	2.9	2.9	2.9	2.9	2.2	3.8	2.0	2.3		
COSTO DE PREPARAR (S/) = 50		C.T. DEL INVENTARIO (S/) = 1,050																							
		COSTO DE MANTENER (S/) = 24,08																							
D: LÍQUIDO DE GOBIERNO		PERIODO (SEMANA)																							
		25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48
UNIDAD: m3/L = 0		1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	0	
Variable binaria (Xi)		1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	0	
Demanda		3.8	2.0	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0	3.8	3.8	3.8	3.8	3.8	3.8	3.8	3.8	3.8	3.6	3.6	3.6	3.4	3.4	3.4	2.3	
Inventario inicial		3.8	2.0	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0	3.8	3.8	3.8	3.8	3.8	3.8	3.8	3.8	3.8	3.6	3.6	3.6	3.4	3.4	3.4	2.3	
Pedido		3.8	2.0	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0	3.8	3.8	3.8	3.8	3.8	3.8	3.8	3.8	3.8	3.6	3.6	3.6	3.4	3.4	3.4	2.3	
Inventario final		3.8	2.0	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0	3.8	3.8	3.8	3.8	3.8	3.8	3.8	3.8	3.8	3.6	3.6	3.6	3.4	3.4	3.4	2.3	
Liberación de la orden		3.8	2.0	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0	3.8	3.8	3.8	3.8	3.8	3.8	3.8	3.8	3.8	3.6	3.6	3.6	3.4	3.4	3.4	2.3	
COSTO DE PREPARAR (S/) = 50		C.T. DEL INVENTARIO (S/) = 1,050																							
		COSTO DE MANTENER (S/) = 24,08																							

D: LÍQUIDO DE GOBIERNO		PERIODO (SEMANA)																									
UNIDAD: m3/L=0		49	50	51	52	53	54	55	56	57	58	59	60	61	62	63	64	65	66	67	68	69	70	71	72		
Variable binaria (Xi)	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1		
Demanda	2.3	2.3	2.3	2.3	2.3	2.3	2.3	2.3	2.8	2.8	2.8	2.8	2.8	2.4	2.4	2.4	2.4	2.4	2.4	2.4	2.4	2.5	2.5	2.5	2.4		
Inventario inicial																											
Pedido	2.3	2.3	2.3	2.3	2.3	2.3	2.3	2.8	2.8	2.8	2.8	2.8	2.4	2.4	2.4	2.4	2.4	2.4	2.4	2.4	2.4	2.5	2.5	2.5	2.4		
Inventario final																											
Liberación de la orden	2.3	2.3	2.3	2.3	2.3	2.3	2.3	2.8	2.8	2.8	2.8	2.4	2.4	2.4	2.4	2.4	2.4	2.4	2.4	2.4	2.5	2.5	2.5	2.5	2.4		
COSTO DE PREPARAR (S/)	= 50	COSTO DE MANTENER (S/)																						= 24,08	C.T. DEL INVENTARIO (S/)		= 1,200

D: LÍQUIDO DE GOBIERNO		PERIODO (SEMANA)																									
UNIDAD: m3/L=0		73	74	75	76	77	78	79	80	81	82	83	84	85	86	87	88	89	90	91	92	93	94	95	96		
Variable binaria (Xi)	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	0	1	0	1	1	0	1	1	1	1	1		
Demanda	2.4	2.4	2.4	2.8	2.8	2.8	2.8	2.4	2.4	2.5	3.8	3.0	3.5	2.1	3.8	2.7	2.7	2.7	2.7	2.7	2.7	2.7	2.7	2.7	3.7		
Inventario inicial																											
Pedido	2.4	2.4	2.4	2.8	2.8	2.8	2.8	2.4	2.4	2.5	3.8	3.0	3.5	2.1	3.8	2.7	2.7	2.7	2.7	2.7	2.7	2.7	2.7	2.7	3.7		
Inventario final																											
Liberación de la orden	2.4	2.4	2.4	2.8	2.8	2.8	2.8	2.4	2.4	2.5	3.8	3.0	3.5	2.1	3.8	2.7	2.7	2.7	2.7	2.7	2.7	2.7	2.7	2.7	3.7		
COSTO DE PREPARAR (S/)	= 50	COSTO DE MANTENER (S/)																						= 24,08	C.T. DEL INVENTARIO (S/)		= 1,000

D: LÍQUIDO DE GOBIERNO		PERIODO (SEMANA)																									
UNIDAD: m3/L=0		97	98	99	100	101	102	103	104	105	106	107	108	109	110	111	112	113	114	115	116	117	118	119	120		
Variable binaria (Xi)	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1		
Demanda	3.7	3.7	3.7	3.8	3.8	3.8	3.8	2.9	2.9	2.9	2.9	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0	2.6	2.6	2.6	2.6	2.3	2.3	2.3	2.3	2.9		
Inventario inicial																											
Pedido	3.7	3.7	3.7	3.8	3.8	3.8	3.8	2.9	2.9	2.9	2.9	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0	2.6	2.6	2.6	2.6	2.3	2.3	2.3	2.3	2.9		
Inventario final																											
Liberación de la orden	3.7	3.7	3.7	3.8	3.8	3.8	3.8	2.9	2.9	2.9	2.9	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0	2.6	2.6	2.6	2.6	2.3	2.3	2.3	2.3	2.9		
COSTO DE PREPARAR (S/)	= 50	COSTO DE MANTENER (S/)																						= 24,08	C.T. DEL INVENTARIO (S/)		= 1,200

D: LÍQUIDO DE GOBIERNO		PERIODO (SEMANA)																									
UNIDAD: m3/L=0		121	122	123	124	125	126	127	128	129	130	131	132	133	134	135	136	137	138	139	140	141	142	143	144		
Variable binaria (Xi)	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	0	1		
Demanda	2.9	2.9	2.9	2.8	2.8	2.8	2.8	2.1	2.6	3.8	2.7	2.7	2.7	2.7	2.7	2.7	3.7	3.7	3.7	3.7	3.6	3.6	3.6	3.6	3.6		
Inventario inicial																											
Pedido	2.9	2.9	2.9	2.8	2.8	2.8	2.8	2.1	2.6	3.8	2.7	2.7	2.7	2.7	2.7	2.7	3.7	3.7	3.7	3.7	3.6	3.6	3.6	3.6	3.6		
Inventario final																											
Liberación de la orden	2.9	2.9	2.9	2.8	2.8	2.8	2.8	2.1	2.6	3.8	2.7	2.7	2.7	2.7	2.7	2.7	3.7	3.7	3.7	3.7	3.6	3.6	3.6	3.6	3.6		
COSTO DE PREPARAR (S/)	= 50	COSTO DE MANTENER (S/)																						= 24,08	C.T. DEL INVENTARIO (S/)		= 1,050

D: LÍQUIDO DE GOBIERNO		PERIODO (SEMANA)																							
UNIDAD: m3/L=0	145	146	147	148	149	150	151	152	153	154	155	156	157	158	159	160	161	162	163	164	165	166	167	168	
Variable binaria (Xi)	0	1	0	1	0	1	0	1	1	1	1	1	0	1	0	1	1	1	1	1	1	0	1	0	1
Demanda	3.6	3.6	3.5	3.5	3.5	3.1	3.1	3.1	3.1	3.1	3.2	3.8	3.8	3.8	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	3.5	3.5	2.0	2.0	
Inventario inicial																									
Pedido	3.6	3.6	3.5	3.5	3.5	3.1	3.1	3.1	3.1	3.1	3.2	3.8	3.8	3.8	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	3.5	3.5	2.0	2.0	
Inventario final																									
Liberación de la orden	3.6	3.5	3.5	3.5	3.1	3.1	3.1	3.1	3.1	3.2	3.8	3.8	3.8	3.8	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	3.5	3.5	2.0	2.0	
COSTO DE PREPARAR (S/)	50	COSTO DE MANTENER (S/)																							
		24.08																							
		C.T. DEL INVENTARIO (S/)																							
		800																							

D: LÍQUIDO DE GOBIERNO		PERIODO (SEMANA)																							
UNIDAD: m3/L=0	169	170	171	172	173	174	175	176	177	178	179	180	181	182	183	184	185	186	187	188	189	190	191	192	
Variable binaria (Xi)	1	1	0	1	0	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
Demanda	2.1	3.8	3.8	3.8	3.8	2.4	2.4	2.4	2.4	2.4	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.6	2.6	2.6	2.6	2.6	2.3	2.3	2.3	2.6	
Inventario inicial																									
Pedido	2.1	3.8	3.8	3.8	3.8	2.4	2.4	2.4	2.4	2.4	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.6	2.6	2.6	2.6	2.6	2.3	2.3	2.3	2.6	
Inventario final																									
Liberación de la orden	2.1	3.8	3.8	3.8	3.8	2.4	2.4	2.4	2.4	2.4	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.6	2.6	2.6	2.6	2.6	2.3	2.3	2.3	2.6	
COSTO DE PREPARAR (S/)	50	COSTO DE MANTENER (S/)																							
		24.08																							
		C.T. DEL INVENTARIO (S/)																							
		1,050																							

D: LÍQUIDO DE GOBIERNO		PERIODO (SEMANA)																							
UNIDAD: m3/L=0	193	194	195	196	197	198	199	200	201	202	203	204	205	206	207	208	209	210	211	212	213	214	215	216	
Variable binaria (Xi)	1	1	1	1	0	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
Demanda	2.6	2.6	2.7	3.8	3.8	3.8	3.6	3.6	3.6	3.6	3.6	3.6	3.6	3.6	3.6	3.5	3.5	3.5	3.5	3.5	3.3	3.3	3.3	2.9	
Inventario inicial																									
Pedido	2.6	2.6	2.7	3.8	3.8	3.8	3.6	3.6	3.6	3.6	3.6	3.6	3.6	3.6	3.6	3.5	3.5	3.5	3.5	3.5	3.3	3.3	3.3	2.9	
Inventario final																									
Liberación de la orden	2.6	2.6	2.7	3.8	3.8	3.8	3.6	3.6	3.6	3.6	3.6	3.6	3.6	3.6	3.6	3.5	3.5	3.5	3.5	3.5	3.3	3.3	3.3	2.9	
COSTO DE PREPARAR (S/)	50	COSTO DE MANTENER (S/)																							
		24.08																							
		C.T. DEL INVENTARIO (S/)																							
		1,100																							

D: LÍQUIDO DE GOBIERNO		PERIODO (SEMANA)																							
UNIDAD: m3/L=0	217	218	219	220	221	222	223	224	225	226	227	228	229	230	231	232	233	234	235	236	237	238	239	240	
Variable binaria (Xi)	1	1	1	1	0	1	0	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	
Demanda	2.9	2.9	3.0	3.8	3.8	3.8	3.8	2.5	3.8	2.1	2.9	2.9	2.9	2.9	2.9	2.8	2.8	2.8	2.8	2.8	3.3	3.3	3.3	3.3	
Inventario inicial																									
Pedido	2.9	2.9	3.0	3.8	3.8	3.8	3.8	2.5	3.8	2.1	2.9	2.9	2.9	2.9	2.9	2.8	2.8	2.8	2.8	2.8	3.3	3.3	3.3	3.3	
Inventario final																									
Liberación de la orden	2.9	2.9	3.0	3.8	3.8	3.8	3.8	2.5	3.8	2.1	2.9	2.9	2.9	2.9	2.9	2.8	2.8	2.8	2.8	2.8	3.3	3.3	3.3	3.3	
COSTO DE PREPARAR (S/)	50	COSTO DE MANTENER (S/)																							
		24.08																							
		C.T. DEL INVENTARIO (S/)																							
		1,000																							

Nota. L = tiempo de entrega en semanas.

**Tabla D11**

*Plan de requerimientos de materiales del aceite vegetal del ESCENARIO 2*

E: ACEITE VEGETAL		PERIODO (SEMANA)																													
UNIDAD: LATA/L = 1		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24						
Variable binaria (Xi)	0	1	0	0	1	0	0	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	0	1	0						
Demanda	177	203	128	203	110	110	110	110	177	177	177	177	177	154	154	154	153	153	153	153	118	203	107	120							
Inventario inicial		331	128						177	177	177	177	154	154	154	153	153	153	153	306	320	203	203	120							
Pedido	508			313					355	355	355	308	308	308	308	306	306	306	306				227								
Inventario final	331	128		110	110	110	110	177	177	177	154	154	154	153	153	153	153	153	153	306	203	203	120								
Liberación de la orden	508		313					355	355	308	308	308	308	306	306	306	306	306	306	320	227	227	120								
COSTO DE ORDENAR (S/)	= 200							355	355	308	308	308	308	306	306	306	306	306	306	320	227	227	120								
								COSTO DE MANTENER (S/)																= 0.442	C.T. DEL INVENTARIO (S/)						= 2.872

E: ACEITE VEGETAL		PERIODO (SEMANA)																													
UNIDAD: LATA/L = 1		25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48						
Variable binaria (Xi)	1	0	0	1	0	0	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	0	1	0	0						
Demanda	203	108	158	158	158	158	158	158	202	202	202	202	203	203	203	203	193	193	193	193	182	182	182	120							
Inventario inicial		108	108		315	158	158	158	202	202	202	202	203	203	203	203	193	193	193	193	182	182	302	120							
Pedido	310			473				359	202	202	404	405	405	405	405	396	386	386	386	375			302								
Inventario final	108	108		315	158	158	158	202	202	202	202	203	203	203	193	193	193	193	193	182	182	120	120								
Liberación de la orden				473				359	404	404	405	405	405	405	396	386	386	386	375	375	302	302	120								
COSTO DE ORDENAR (S/)	= 200			473				359	404	404	405	405	405	405	396	386	386	386	375	375	302	302	120								
								COSTO DE MANTENER (S/)																= 0.442	C.T. DEL INVENTARIO (S/)						= 3.019

E: ACEITE VEGETAL		PERIODO (SEMANA)																											
UNIDAD: LATA/L = 1		49	50	51	52	53	54	55	56	57	58	59	60	61	62	63	64	65	66	67	68	69	70	71	72				
Variable binaria (Xi)		1	0	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0	0			
Demanda		120	120	120	123	123	123	123	147	147	147	128	128	128	128	128	125	125	125	125	134	134	134	134	127				
Inventario inicial		239	120	120	247	123	247	123	294	147	294	128	275	128	256	128	251	125	251	125	268	134	261	127					
Pedido		359		370			417		422		422	384				376			393			395							
Inventario final		239	120	247	123	294	147	294	147	275	128	256	128	256	128	251	125	251	125	268	134	261	127						
Liberación de la orden				370		417		417	422		384				376			393			395			381					
COSTO DE ORDENAR (S/)	= 200	COSTO DE MANTENER (S/)																											
		= 0.442																											
		C.T. DEL INVENTARIO (S/)																											
		= 2.981																											

E: ACEITE VEGETAL		PERIODO (SEMANA)																											
UNIDAD: LATA/L = 1		73	74	75	76	77	78	79	80	81	82	83	84	85	86	87	88	89	90	91	92	93	94	95	96				
Variable binaria (Xi)		1	0	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0	1	0	1	0			
Demanda		127	127	127	150	150	150	150	129	129	134	203	158	184	184	184	184	203	203	203	145	145	145	145	196				
Inventario inicial		254	127	301	150	301	150	258	129	203		203	184	184	184	203			203			291	145	196					
Pedido		381		451		408		337		337	342					314			314			436		342					
Inventario final		254	127	301	150	258	129	203	203	184	184	184	184	184	184	203			203			291	145	196					
Liberación de la orden				451		408		337		337	342				314			314			436		342	393					
COSTO DE ORDENAR (S/)	= 200	COSTO DE MANTENER (S/)																											
		= 0.442																											
		C.T. DEL INVENTARIO (S/)																											
		= 2.760																											

E: ACEITE VEGETAL		PERIODO (SEMANA)																											
UNIDAD: LATA/L = 1		97	98	99	100	101	102	103	104	105	106	107	108	109	110	111	112	113	114	115	116	117	118	119	120				
Variable binaria (Xi)		1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	0			
Demanda		196	196	196	203	203	203	203	156	156	156	157	157	157	157	157	138	138	138	138	121	121	121	121	152				
Inventario inicial		196	196	203	203	203	203	156	156	312	156	157	157	157	157	295	138	138	138	138	242	121	273	152					
Pedido		393		399		405		359		468		315		452		275			275			394							
Inventario final		196	203	203	203	203	156	156	312	156	157	157	157	157	295	138	138	138	138	242	121	273	152						
Liberación de la orden				405		359		468		468	315	157	157	157	295	138	275	275	379			394		305					
COSTO DE ORDENAR (S/)	= 200	COSTO DE MANTENER (S/)																											
		= 0.442																											
		C.T. DEL INVENTARIO (S/)																											
		= 3.212																											

E: ACEITE VEGETAL		PERIODO (SEMANA)																											
UNIDAD: LATA/L = 1		121	122	123	124	125	126	127	128	129	130	131	132	133	134	135	136	137	138	139	140	141	142	143	144				
Variable binaria (Xi)		1	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0	1	0	1	0	1	0	0	1	0	0	0			
Demanda		152	152	152	147	147	147	147	113	136	203	142	142	142	142	142	194	194	194	194	192	192	189	189	189				
Inventario inicial		152	152	147	147	147	147	147	113	136	203	142	142	142	142	194	194	194	194	194	192	192	189	189	189				
Pedido		305		447		407		260		339		425		284		336			388			381							
Inventario final		152	294	294	147	260	113	203	203	203	142	142	142	142	194	194	194	194	194	192	192	189	189	189					
Liberación de la orden				447		407		260	113	339	425	284	142	142	194	194	388	388	386			381							
COSTO DE ORDENAR (S/)	= 200	COSTO DE MANTENER (S/)																											
		= 0.442																											
		C.T. DEL INVENTARIO (S/)																											
		= 2.929																											



E: ACEITE VEGETAL		PERIODO (SEMANA)																														
UNIDAD: LATA/L = 1		145	146	147	148	149	150	151	152	153	154	155	156	157	158	159	160	161	162	163	164	165	166	167	168	C.T. DEL INVENTARIO (S/)=						
Variable binaria (Xi)		0	1	0	0	0	1	0	1	0	0	1	0	0	1	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0				
Demanda	189	189	186	186	186	186	186	166	166	166	166	169	203	203	203	203	131	131	131	131	131	184	184	184	105	105						
Inventario inicial				186	186			333	333	333	166	203					263	131														
Pedido	375					186		499	499		372	203					394					315	289									
Inventario final	186	186						333	333	166	203						263	131				184	105	105								
Liberación de la orden	375					186		499	372	203							394					315	289									
COSTO DE MANTENER (S/)	200							499	372	203							394					315	289					C.T. DEL INVENTARIO (S/)= 2,423				
COSTO DE ORDENAR (S/)	200																															

E: ACEITE VEGETAL		PERIODO (SEMANA)																													
UNIDAD: LATA/L = 1		169	170	171	172	173	174	175	176	177	178	179	180	181	182	183	184	185	186	187	188	189	190	191	192	C.T. DEL INVENTARIO (S/)=					
Variable binaria (Xi)		1	0	0	1	0	0	0	1	0	0	1	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0	1	0	1	0	0				
Demanda	112	203		202	202	202	202	125	125	125	125	135	135	135	135	135	136	136	136	136	136	121	121	121	140	140					
Inventario inicial				202	202			250	250	125	135	135	135	135	135	135	269	135				242	121								
Pedido	314			403				375			260	404					407					377	382								
Inventario final	203	203	202	202				250	125	135	269	135					271	136				242	121	261	140						
Liberación de la orden			403					375	260	404							407					377	382								
COSTO DE MANTENER (S/)	200							375	260	404							407					377	382					C.T. DEL INVENTARIO (S/)= 2,789			
COSTO DE ORDENAR (S/)	200																														

E: ACEITE VEGETAL		PERIODO (SEMANA)																													
UNIDAD: LATA/L = 1		193	194	195	196	197	198	199	200	201	202	203	204	205	206	207	208	209	210	211	212	213	214	215	216	C.T. DEL INVENTARIO (S/)=					
Variable binaria (Xi)		1	0	1	0	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	0				
Demanda	140	140	144	203		203		189	189	189	189	190	190	190	190	190	187	187	187	187	187	178	178	178	155	155					
Inventario inicial				203				189	189			190	190	190	190	190	187					178									
Pedido	279		347					378	378		380	380					375					355	511								
Inventario final	140	140	203					189	189	190	190						187					178	333	155							
Liberación de la orden			347			203		378	378	380	380						375					355	511								
COSTO DE MANTENER (S/)	200							378	378	380	380						375					355	511					C.T. DEL INVENTARIO (S/)= 3,147			
COSTO DE ORDENAR (S/)	200																														

E: ACEITE VEGETAL		PERIODO (SEMANA)																													
UNIDAD: LATA/L = 1		217	218	219	220	221	222	223	224	225	226	227	228	229	230	231	232	233	234	235	236	237	238	239	240	C.T. DEL INVENTARIO (S/)=					
Variable binaria (Xi)		1	0	1	0	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	0				
Demanda	155	155	157	203		203		133	203		112	155	155	155	155	155	148	148	148	148	148	175	175	175	175	175					
Inventario inicial				203				133	133		112	112	155				303	148				175									
Pedido	311		360					336	315		311						458					350	350								
Inventario final	155	203						133	133	112	112	155					303	148				175									
Liberación de la orden			360			336		315		311							458					350	350								
COSTO DE MANTENER (S/)	200							315	315	311							458					350	350					C.T. DEL INVENTARIO (S/)= 2,794			
COSTO DE ORDENAR (S/)	200																														

Nota. L = tiempo de entrega en semanas, aceite vegetal en latas de 18 L.



F: SAL		PERIODO (SEMANA)																							
UNIDAD: SACO / L = 1		49	50	51	52	53	54	55	56	57	58	59	60	61	62	63	64	65	66	67	68	69	70	71	72
Variable binaria (Xi)		1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Demanda		9	9	9	9	9	9	9	11	11	11	11	9	9	9	9	9	9	9	9	9	10	10	10	9
Inventario inicial		104	96	87	78	69	60	52	41	30	20	9	102	93	84	75	66	57	48	38	28	19	9	9	
Pedido		113											111												
Inventario final		104	96	87	78	69	60	52	41	30	20	9	102	93	84	75	66	57	48	38	28	19	9	9	
Liberación de la orden												111												125	
COSTO DE ORDENAR (S/) =	100	COSTO DE MANTENER (S/) = 0.156																				C.T. DEL INVENTARIO (S/) =	398		

F: SAL		PERIODO (SEMANA)																							
UNIDAD: SACO / L = 1		73	74	75	76	77	78	79	80	81	82	83	84	85	86	87	88	89	90	91	92	93	94	95	96
Variable binaria (Xi)		1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Demanda		9	9	9	11	11	11	11	9	10	15	11	11	13	8	15	10	10	10	10	10	10	10	10	14
Inventario inicial		116	107	97	87	76	65	54	45	36	26	11	11	79	79	71	56	46	35	25	14				
Pedido		125											92												
Inventario final		116	107	97	87	76	65	54	45	36	26	11	11	79	79	71	56	46	35	25	14			146	
Liberación de la orden													92												
COSTO DE ORDENAR (S/) =	100	COSTO DE MANTENER (S/) = 0.156																				C.T. DEL INVENTARIO (S/) =	386		

F: SAL		PERIODO (SEMANA)																							
UNIDAD: SACO / L = 1		97	98	99	100	101	102	103	104	105	106	107	108	109	110	111	112	113	114	115	116	117	118	119	120
Variable binaria (Xi)		1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Demanda		14	14	14	15	15	15	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	10	10	10	9	9	9	11	
Inventario inicial		132	117	103	89	74	60	45	34	22	11	119	108	97	85	76	66	56	46	37	28	20	11	11	
Pedido		146										131													
Inventario final		132	117	103	89	74	60	45	34	22	11	119	108	97	85	76	66	56	46	37	28	20	11	118	
Liberación de la orden											131														
COSTO DE ORDENAR (S/) =	100	COSTO DE MANTENER (S/) = 0.156																				C.T. DEL INVENTARIO (S/) =	424		

F: SAL		PERIODO (SEMANA)																							
UNIDAD: SACO / L = 1		121	122	123	124	125	126	127	128	129	130	131	132	133	134	135	136	137	138	139	140	141	142	143	144
Variable binaria (Xi)		1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Demanda		11	11	11	11	11	11	11	8	10	15	10	10	10	10	10	14	14	14	14	14	14	14	14	14
Inventario inicial		107	96	85	75	64	53	43	35	25	10	10	118	107	97	83	69	55	41	27	14	14	14	14	
Pedido		118										128													
Inventario final		107	96	85	75	64	53	43	35	25	10	10	118	107	97	83	69	55	41	27	14	14	14	14	
Liberación de la orden												128													
COSTO DE ORDENAR (S/) =	100	COSTO DE MANTENER (S/) = 0.156																				C.T. DEL INVENTARIO (S/) =	396		

F: SAL		PERIODO (SEMANA)																											
UNIDAD: SACO / L = 1		145	146	147	148	149	150	151	152	153	154	155	156	157	158	159	160	161	162	163	164	165	166	167	168				
Variable binaria (Xi)	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0			
Demanda	14	13	13	13	12	12	12	12	15	15	15	15	15	15	15	9	9	9	9	9	13	13	13	13	8				
Inventario inicial	90	90	76	76	63	63	51	39	27	15					72	72	62	53	44	34	21	21	8	8					
Pedido	103														86														
Inventario final	90	90	76	76	63	63	51	39	27	15					72	72	62	53	44	34	21	21	8	8					
Liberación de la orden	103														86														
COSTO DE ORDENAR (S/) =	100	COSTO DE MANTENER (S/) = 0.156																											
		C.T. DEL INVENTARIO (S/) = 353																											

F: SAL		PERIODO (SEMANA)																											
UNIDAD: SACO / L = 1		169	170	171	172	173	174	175	176	177	178	179	180	181	182	183	184	185	186	187	188	189	190	191	192				
Variable binaria (Xi)	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0				
Demanda	8	15	15	15	9	9	9	9	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	9	9	9	9	10				
Inventario inicial	89	75	75	60	46	37	28	19	10					103	94	84	74	64	55	45	36	27	19	10					
Pedido	97													113															
Inventario final	89	75	75	60	46	37	28	19	10					103	94	84	74	64	55	45	36	27	19	10					
Liberación de la orden														113															
COSTO DE ORDENAR (S/) =	100	COSTO DE MANTENER (S/) = 0.156																											
		C.T. DEL INVENTARIO (S/) = 380																											

F: SAL		PERIODO (SEMANA)																											
UNIDAD: SACO / L = 1		193	194	195	196	197	198	199	200	201	202	203	204	205	206	207	208	209	210	211	212	213	214	215	216				
Variable binaria (Xi)	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0				
Demanda	10	10	10	15	15	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	13	13	13	13	13	13	13	13	11				
Inventario inicial	118	108	97	83	68	54	41	27	14					144	130	116	103	89	76	62	50	37	24	11					
Pedido	128													157															
Inventario final	118	108	97	83	68	54	41	27	14					144	130	116	103	89	76	62	50	37	24	11					
Liberación de la orden														157															
COSTO DE ORDENAR (S/) =	100	COSTO DE MANTENER (S/) = 0.156																											
		C.T. DEL INVENTARIO (S/) = 450																											

F: SAL		PERIODO (SEMANA)																											
UNIDAD: SACO / L = 1		217	218	219	220	221	222	223	224	225	226	227	228	229	230	231	232	233	234	235	236	237	238	239	240				
Variable binaria (Xi)	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0				
Demanda	11	11	15	15	10	15	10	15	10	15	8	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	13	13	13	13				
Inventario inicial	95	84	73	58	43	34	19	19	11					115	104	93	82	72	61	50	38	25	13	13					
Pedido	106													127															
Inventario final	95	84	73	58	43	34	19	19	11					115	104	93	82	72	61	50	38	25	13	13					
Liberación de la orden														127															
COSTO DE ORDENAR (S/) =	100	COSTO DE MANTENER (S/) = 0.156																											
		C.T. DEL INVENTARIO (S/) = 386																											

Nota. L = tiempo de entrega en semanas, sal en sacos de 25 kg.

**APÉNDICE E.** Tablas de las pruebas estadísticas utilizadas en la tesis doctoral

**Tabla E1**

Valores críticos al 5% de la distribución  $F$ ,  $P(X>x) = 0.05$

Denominador $g/2$	Numerador $g/1$									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	161	200	216	225	230	234	237	239	241	242
2	18.5	19.0	19.2	19.2	19.3	19.3	19.4	19.4	19.4	19.4
3	10.1	9.55	9.28	9.12	9.01	8.94	8.89	8.85	8.81	8.79
4	7.71	6.94	6.59	6.39	6.26	6.16	6.09	6.04	6.00	5.96
5	6.61	5.79	5.41	5.19	5.05	4.95	4.88	4.82	4.77	4.74
6	5.99	5.14	4.76	4.53	4.39	4.28	4.21	4.15	4.10	4.06
7	5.59	4.74	4.35	4.12	3.97	3.87	3.79	3.73	3.68	3.64
8	5.32	4.46	4.07	3.84	3.69	3.58	3.50	3.44	3.39	3.35
9	5.12	4.26	3.86	3.63	3.48	3.37	3.29	3.23	3.18	3.14
10	4.96	4.10	3.71	3.48	3.33	3.22	3.14	3.07	3.02	2.98
11	4.84	3.98	3.59	3.36	3.20	3.09	3.01	2.95	2.90	2.85
12	4.75	3.89	3.49	3.26	3.11	3.00	2.91	2.85	2.80	2.75
13	4.67	3.81	3.41	3.18	3.03	2.92	2.83	2.77	2.71	2.67
14	4.60	3.74	3.34	3.11	2.96	2.85	2.76	2.70	2.65	2.60
15	4.54	3.68	3.29	3.06	2.90	2.79	2.71	2.64	2.59	2.54
16	4.49	3.63	3.24	3.01	2.85	2.74	2.66	2.59	2.54	2.49
17	4.45	3.59	3.20	2.96	2.81	2.70	2.61	2.55	2.49	2.45
18	4.41	3.55	3.16	2.93	2.77	2.66	2.58	2.51	2.46	2.41
19	4.38	3.52	3.13	2.90	2.74	2.63	2.54	2.48	2.42	2.38
20	4.35	3.49	3.10	2.87	2.71	2.60	2.51	2.45	2.39	2.35
21	4.32	3.47	3.07	2.84	2.68	2.57	2.49	2.42	2.37	2.32
22	4.30	3.44	3.05	2.82	2.66	2.55	2.46	2.40	2.34	2.30
23	4.28	3.42	3.03	2.80	2.64	2.53	2.44	2.37	2.32	2.27
24	4.26	3.40	3.01	2.78	2.62	2.51	2.42	2.36	2.30	2.25
25	4.24	3.39	2.99	2.76	2.60	2.49	2.40	2.34	2.28	2.24
30	4.17	3.32	2.92	2.69	2.53	2.42	2.33	2.27	2.21	2.16
35	4.12	3.27	2.87	2.64	2.49	2.37	2.29	2.22	2.16	2.11
40	4.08	3.23	2.84	2.61	2.45	2.34	2.25	2.18	2.12	2.08
45	4.06	3.20	2.81	2.58	2.42	2.31	2.22	2.15	2.10	2.05
50	4.03	3.18	2.79	2.56	2.40	2.29	2.20	2.13	2.07	2.03
55	4.02	3.16	2.77	2.54	2.38	2.27	2.18	2.11	2.06	2.01
60	4.00	3.15	2.76	2.53	2.37	2.25	2.17	2.10	2.04	1.99
75	3.97	3.12	2.73	2.49	2.34	2.22	2.13	2.06	2.01	1.96
100	3.94	3.09	2.70	2.46	2.31	2.19	2.10	2.03	1.97	1.93
$\infty$	3.84	3.00	2.60	2.37	2.21	2.10	2.01	1.94	1.88	1.83

Denominador <i>g</i> 2	Numerador <i>g</i> 1									
	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
1	243	244	245	245	246	246	247	247	248	248
2	19.4	19.4	19.4	19.4	19.4	19.4	19.4	19.4	19.4	19.4
3	8.76	8.74	8.73	8.71	8.70	8.69	8.68	8.67	8.67	8.66
4	5.94	5.91	5.89	5.87	5.86	5.84	5.83	5.82	5.81	5.80
5	4.70	4.68	4.66	4.64	4.62	4.60	4.59	4.58	4.57	4.56
6	4.03	4.00	3.98	3.96	3.94	3.92	3.91	3.90	3.88	3.87
7	3.60	3.57	3.55	3.53	3.51	3.49	3.48	3.47	3.46	3.44
8	3.31	3.28	3.26	3.24	3.22	3.20	3.19	3.17	3.16	3.15
9	3.10	3.07	3.05	3.03	3.01	2.99	2.97	2.96	2.95	2.94
10	2.94	2.91	2.89	2.86	2.85	2.83	2.81	2.80	2.79	2.77
11	2.82	2.79	2.76	2.74	2.72	2.70	2.69	2.67	2.66	2.65
12	2.72	2.69	2.66	2.64	2.62	2.60	2.58	2.57	2.56	2.54
13	2.63	2.60	2.58	2.55	2.53	2.51	2.50	2.48	2.47	2.46
14	2.57	2.53	2.51	2.48	2.46	2.44	2.43	2.41	2.40	2.39
15	2.51	2.48	2.45	2.42	2.40	2.38	2.37	2.35	2.34	2.33
16	2.46	2.42	2.40	2.37	2.35	2.33	2.32	2.30	2.29	2.28
17	2.41	2.38	2.35	2.33	2.31	2.29	2.27	2.26	2.24	2.23
18	2.37	2.34	2.31	2.29	2.27	2.25	2.23	2.22	2.20	2.19
19	2.34	2.31	2.28	2.26	2.23	2.21	2.20	2.18	2.17	2.16
20	2.31	2.28	2.25	2.22	2.20	2.18	2.17	2.15	2.14	2.12
21	2.28	2.25	2.22	2.20	2.18	2.16	2.14	2.12	2.11	2.10
22	2.26	2.23	2.20	2.17	2.15	2.13	2.11	2.10	2.08	2.07
23	2.24	2.20	2.18	2.15	2.13	2.11	2.09	2.08	2.06	2.05
24	2.22	2.18	2.15	2.13	2.11	2.09	2.07	2.05	2.04	2.03
25	2.20	2.16	2.14	2.11	2.09	2.07	2.05	2.04	2.02	2.01
30	2.13	2.09	2.06	2.04	2.01	1.99	1.98	1.96	1.95	1.93
35	2.07	2.04	2.01	1.99	1.96	1.94	1.92	1.91	1.89	1.88
40	2.04	2.00	1.97	1.95	1.92	1.90	1.89	1.87	1.85	1.84
45	2.01	1.97	1.94	1.92	1.89	1.87	1.86	1.84	1.82	1.81
50	1.99	1.95	1.92	1.89	1.87	1.85	1.83	1.81	1.80	1.78
55	1.97	1.93	1.90	1.88	1.85	1.83	1.81	1.79	1.78	1.76
60	1.95	1.92	1.89	1.86	1.84	1.82	1.80	1.78	1.76	1.75
75	1.92	1.88	1.85	1.83	1.80	1.78	1.76	1.74	1.73	1.71
100	1.89	1.85	1.82	1.79	1.77	1.75	1.73	1.71	1.69	1.68
∞	1.79	1.75	1.72	1.69	1.67	1.64	1.62	1.60	1.59	1.57

Nota. Adaptado de Freund y Wilson (2003, p. 627). *Statistical Methods*.

**Tabla E2**

Valores críticos al 2.5% de la distribución F,  $P(X>x) = 0.025$

Denominador <i>g</i> 2	Numerador <i>g</i> 1									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	648	800	864	900	922	937	948	957	963	969
2	38.5	39.0	39.2	39.2	39.3	39.3	39.4	39.4	39.4	39.4
3	17.4	16.0	15.4	15.1	14.9	14.7	14.6	14.5	14.5	14.4
4	12.2	10.6	9.98	9.60	9.36	9.20	9.07	8.98	8.90	8.84
5	10.0	8.43	7.76	7.39	7.15	6.98	6.85	6.76	6.68	6.62
6	8.81	7.26	6.60	6.23	5.99	5.82	5.70	5.60	5.52	5.46
7	8.07	6.54	5.89	5.52	5.29	5.12	4.99	4.90	4.82	4.76
8	7.57	6.06	5.42	5.05	4.82	4.65	4.53	4.43	4.36	4.30
9	7.21	5.71	5.08	4.72	4.48	4.32	4.20	4.10	4.03	3.96
10	6.94	5.46	4.83	4.47	4.24	4.07	3.95	3.85	3.78	3.72
11	6.72	5.26	4.63	4.28	4.04	3.88	3.76	3.66	3.59	3.53
12	6.55	5.10	4.47	4.12	3.89	3.73	3.61	3.51	3.44	3.37
13	6.41	4.97	4.35	4.00	3.77	3.60	3.48	3.39	3.31	3.25
14	6.30	4.86	4.24	3.89	3.66	3.50	3.38	3.29	3.21	3.15
15	6.20	4.77	4.15	3.80	3.58	3.41	3.29	3.20	3.12	3.06
16	6.12	4.69	4.08	3.73	3.50	3.34	3.22	3.12	3.05	2.99
17	6.04	4.62	4.01	3.66	3.44	3.28	3.16	3.06	2.98	2.92
18	5.98	4.56	3.95	3.61	3.38	3.22	3.10	3.01	2.93	2.87
19	5.92	4.51	3.90	3.56	3.33	3.17	3.05	2.96	2.88	2.82
20	5.87	4.46	3.86	3.51	3.29	3.13	3.01	2.91	2.84	2.77
21	5.83	4.42	3.82	3.48	3.25	3.09	2.97	2.87	2.80	2.73
22	5.79	4.38	3.78	3.44	3.22	3.05	2.93	2.84	2.76	2.70
23	5.75	4.35	3.75	3.41	3.18	3.02	2.90	2.81	2.73	2.67
24	5.72	4.32	3.72	3.38	3.15	2.99	2.87	2.78	2.70	2.64
25	5.69	4.29	3.69	3.35	3.13	2.97	2.85	2.75	2.68	2.61
30	5.57	4.18	3.59	3.25	3.03	2.87	2.75	2.65	2.57	2.51
35	5.48	4.11	3.52	3.18	2.96	2.80	2.68	2.58	2.50	2.44
40	5.42	4.05	3.46	3.13	2.90	2.74	2.62	2.53	2.45	2.39
45	5.38	4.01	3.42	3.09	2.86	2.70	2.58	2.49	2.41	2.35
50	5.34	3.97	3.39	3.05	2.83	2.67	2.55	2.46	2.38	2.32
55	5.31	3.95	3.36	3.03	2.81	2.65	2.53	2.43	2.36	2.29
60	5.29	3.93	3.34	3.01	2.79	2.63	2.51	2.41	2.33	2.27
75	5.23	3.88	3.30	2.96	2.74	2.58	2.46	2.37	2.29	2.22
100	5.18	3.83	3.25	2.92	2.70	2.54	2.42	2.32	2.24	2.18
∞	5.02	3.69	3.12	2.79	2.57	2.41	2.29	2.19	2.11	2.05



Denominador <i>g</i> 2	Numerador <i>g</i> 1									
	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
1	973	977	980	983	985	987	989	990	992	993
2	39.4	39.4	39.4	39.4	39.4	39.4	39.4	39.4	39.4	39.4
3	14.4	14.3	14.3	14.3	14.3	14.2	14.2	14.2	14.2	14.2
4	8.79	8.75	8.71	8.68	8.66	8.63	8.61	8.59	8.58	8.56
5	6.57	6.52	6.49	6.46	6.43	6.40	6.38	6.36	6.34	6.33
6	5.41	5.37	5.33	5.30	5.27	5.24	5.22	5.20	5.18	5.17
7	4.71	4.67	4.63	4.60	4.57	4.54	4.52	4.50	4.48	4.47
8	4.24	4.20	4.16	4.13	4.10	4.08	4.05	4.03	4.02	4.00
9	3.91	3.87	3.83	3.80	3.77	3.74	3.72	3.70	3.68	3.67
10	3.66	3.62	3.58	3.55	3.52	3.50	3.47	3.45	3.44	3.42
11	3.47	3.43	3.39	3.36	3.33	3.30	3.28	3.26	3.24	3.23
12	3.32	3.28	3.24	3.21	3.18	3.15	3.13	3.11	3.09	3.07
13	3.20	3.15	3.12	3.08	3.05	3.03	3.00	2.98	2.96	2.95
14	3.09	3.05	3.01	2.98	2.95	2.92	2.90	2.88	2.86	2.84
15	3.01	2.96	2.92	2.89	2.86	2.84	2.81	2.79	2.77	2.76
16	2.93	2.89	2.85	2.82	2.79	2.76	2.74	2.72	2.70	2.68
17	2.87	2.82	2.79	2.75	2.72	2.70	2.67	2.65	2.63	2.62
18	2.81	2.77	2.73	2.70	2.67	2.64	2.62	2.60	2.58	2.56
19	2.76	2.72	2.68	2.65	2.62	2.59	2.57	2.55	2.53	2.51
20	2.72	2.68	2.64	2.60	2.57	2.55	2.52	2.50	2.48	2.46
21	2.68	2.64	2.60	2.56	2.53	2.51	2.48	2.46	2.44	2.42
22	2.65	2.60	2.56	2.53	2.50	2.47	2.45	2.43	2.41	2.39
23	2.62	2.57	2.53	2.50	2.47	2.44	2.42	2.39	2.37	2.36
24	2.59	2.54	2.50	2.47	2.44	2.41	2.39	2.36	2.35	2.33
25	2.56	2.51	2.48	2.44	2.41	2.38	2.36	2.34	2.32	2.30
30	2.46	2.41	2.37	2.34	2.31	2.28	2.26	2.23	2.21	2.20
35	2.39	2.34	2.30	2.27	2.23	2.21	2.18	2.16	2.14	2.12
40	2.33	2.29	2.25	2.21	2.18	2.15	2.13	2.11	2.09	2.07
45	2.29	2.25	2.21	2.17	2.14	2.11	2.09	2.07	2.04	2.03
50	2.26	2.22	2.18	2.14	2.11	2.08	2.06	2.03	2.01	1.99
55	2.24	2.19	2.15	2.11	2.08	2.05	2.03	2.01	1.99	1.97
60	2.22	2.17	2.13	2.09	2.06	2.03	2.01	1.98	1.96	1.94
75	2.17	2.12	2.08	2.05	2.01	1.99	1.96	1.94	1.92	1.90
100	2.12	2.08	2.04	2.00	1.97	1.94	1.91	1.89	1.87	1.85
∞	1.99	1.94	1.90	1.87	1.83	1.80	1.78	1.75	1.73	1.71

Nota. Adaptado de Freund y Wilson (2003, p. 629). *Statistical Methods*.

**Tabla E3***Valores críticos para la distribución T de Student,  $P(X>x)$* 

<i>gl</i>	$\alpha = 0.10$	$\alpha = 0.05$	$\alpha = 0.025$	$\alpha = 0.015$
1	3.0776835	6.3137515	12.7062047	21.2049488
2	1.8856181	2.9199856	4.3026527	5.6427784
3	1.6377444	2.3533634	3.1824463	3.8960459
4	1.5332063	2.1318468	2.7764451	3.2976297
5	1.4758840	2.0150484	2.5705818	3.0028750
6	1.4397557	1.9431803	2.4469119	2.8289279
7	1.4149239	1.8945786	2.3646243	2.7145730
8	1.3968153	1.8595480	2.3060041	2.6338144
9	1.3830287	1.8331129	2.2621572	2.5738040
10	1.3721836	1.8124611	2.2281389	2.5274842
11	1.3634303	1.7958848	2.2009852	2.4906639
12	1.3562173	1.7822876	2.1788128	2.4607002
13	1.3501713	1.7709334	2.1603687	2.4358452
14	1.3450304	1.7613101	2.1447867	2.4148977
15	1.3406056	1.7530504	2.1314495	2.3970050
16	1.3367572	1.7458837	2.1199053	2.3815454
17	1.3333794	1.7396067	2.1098156	2.3680548
18	1.3303909	1.7340636	2.1009220	2.3561800
19	1.3277282	1.7291328	2.0930241	2.3456475
20	1.3253407	1.7247182	2.0859634	2.3362422
21	1.3231879	1.7207429	2.0796138	2.3277923
22	1.3212367	1.7171444	2.0738731	2.3201596
23	1.3194602	1.7138715	2.0686576	2.3132310
24	1.3178359	1.7108821	2.0638986	2.3069134
25	1.3163451	1.7081408	2.0595386	2.3011295
26	1.3149719	1.7056179	2.0555294	2.2958145
27	1.3137029	1.7032884	2.0518305	2.2909136
28	1.3125268	1.7011309	2.0484071	2.2863802
29	1.3114336	1.6991270	2.0452296	2.2821746
30	1.3104150	1.6972609	2.0422725	2.2782623

*Nota.* Adaptado de Gutiérrez y Salazar (2012, p. 512). *Análisis y diseño de experimentos.*

**Tabla E4**

*Valores críticos W para la prueba estadística T de rangos con signo de Wilcoxon*

$n$	$\alpha_{\text{dos-colas}} \leq 0.10$ $\alpha_{\text{una-cola}} \leq 0.05$	$\alpha_{\text{dos-colas}} \leq 0.05$ $\alpha_{\text{una-cola}} \leq 0.025$	$\alpha_{\text{dos-colas}} \leq 0.02$ $\alpha_{\text{una-cola}} \leq 0.01$	$\alpha_{\text{dos-colas}} \leq 0.01$ $\alpha_{\text{una-cola}} \leq 0.005$
5	0			
6	2	0		
7	3	2	0	
8	5	3	1	0
9	8	5	3	1
10	10	8	5	3
11	13	10	7	5
12	17	13	9	7
13	21	17	12	9
14	25	21	15	12
15	30	25	19	15
16	35	29	23	19
17	41	34	27	23
18	47	40	32	27
19	53	46	37	32
20	60	52	43	37
21	67	58	49	42
22	75	65	55	48
23	83	73	62	54
24	91	81	69	61
25	100	89	76	68
26	110	98	84	75
27	119	107	92	83
28	130	116	101	91
29	140	127	110	100
30	151	137	120	109

*Nota.* Adaptado de Corder y Foreman (2014, p. 244) como se adaptó de McCornack, R. L. (1965). Extended tables of the Wilcoxon matched pair signed rank statistic. *Journal of the American Statistical Association*, 60, 864–871.