





PRONÓSTICOS DE LA DEMANDA DE PIEZAS EN LA ZONA DE REPROCESO  
DE UNA ENSAMBLADORA DE MOTOCICLETAS

JULIÁN ANDRÉS LONDOÑO FLOREZ  
LUCAS ANDRÉS MEJÍA SÁNCHEZ

UNIVERSIDAD EAFIT  
ESCUELA DE INGENIERÍA  
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA MECÁNICA  
MEDELLÍN  
2009

PRONÓSTICOS DE LA DEMANDA DE PIEZAS EN LA ZONA DE REPROCESO  
DE UNA ENSAMBLADORA DE MOTOCICLETAS

JULIÁN ANDRÉS LONDOÑO FLOREZ  
LUCAS ANDRÉS MEJÍA SÁNCHEZ

Trabajo de grado para optar el título de Ingeniero Mecánico

Asesor

Luis Alberto Mora Gutiérrez

UNIVERSIDAD EAFIT  
ESCUELA DE INGENIERÍA  
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA MECÁNICA  
MEDELLÍN  
2009

## DEDICATORIA

Este proyecto está dedicado a las personas que de alguna forma u otra han logrado incentivar esta investigación, además de contribuir con desinterés para lograr que ésta se lleve a fin; enriqueciendo nuestros corazones y espíritus con palabras de aliento y con muestras de cariño, permitiéndonos cada día observar un transparente amanecer con nuevos panoramas de oportunidades, para así lograr trascender de lo cotidiano a lo que va un poco más allá de nuestras mentes.

A Dios, a mis padres Carlos Mario Londoño C. y Beatriz Elena Flórez V., y mi hermana Karen Londoño Flórez; por todo su amor y apoyo durante estos años.

Julián Andrés Londoño F.

A mi madre Piedad Sánchez Uribe, por su amor, cariño, paciencia, apoyo, dedicación y en especial por brindarme la posibilidad de estudiar.

Lucas Andrés Mejía Sánchez

A nuestros amigos y compañeros que por sus críticas constructivas han logrado despertar los verdaderos intereses que se esconden en nuestro interior.

## AGRADECIMIENTOS

A la universidad EAFIT como el campus promotor de nuestras aspiraciones profesionales y por las diversas oportunidades que a través de nuestra vida universitaria nos ha brindado.

Al Ing. Luis Alberto Mora Gutiérrez, ya que gracias a su conocimiento y sabiduría ha sabido orientarnos durante los momentos finales de nuestra preparación universitaria, además de brindarnos un constante apoyo y asesoría para llevar a cabo la ejecución exitosa del proyecto, con una noble solidaridad, dinamismo y aconsejándonos cada vez que fuese necesario.

Gracias a nuestra familia que con su apoyo incondicional permitieron orientarnos en un momento de nuestras vidas que era necesario disponer de plena confianza, amor y apoyo para superar cualquier adversidad que haya intentado detener nuestras grandes aspiraciones como futuros profesionales.

A todas las personas que apoyaron nuestro trabajo y que de alguna forma intervinieron en él, en especial a toda nuestra familia y amigos: Enrique Vargas, Raúl Vergara, Freddy Vásquez, Luis Salazar, Ángela Castro, Carlos Aguirre, Alejandro Sierra, Calos Urrego, Roger Arango, Sebastián Escobar, Emerson Gallego, Gabriel Gallo, Luz Magali Flórez, John Jairo Gómez, Alejandro Sánchez, Esteban Araujo, Carlos Gómez, Julio Aristizabal, Andrés Jiménez, Harvy Correa, Juan David Berrio, Daniel Martínez, Sebastián Pimienta, Andy Gómez, Marcela Castro, Rodrigo Gaviria, Geovany Villegas, Carolina López, Camila Betancourt, Carlos Londoño, Jonatan Alzate, Claudia Acevedo.

## CONTENIDO

	pág.	
0	PRÓLOGO	20
0.1	INTRODUCCIÓN	20
0.2	JUSTIFICACIÓN	22
0.3	OBJETIVOS	24
0.3.1	Objetivo general	24
0.3.2	Objetivos específicos	24
0.3.2.1	Objetivo 1	24
0.3.2.2	Objetivo 2	24
0.3.2.3	Objetivo 3	24
0.3.2.4	Objetivo 4	24
0.3.2.5	Objetivo 5	24
1	FUNDAMENTOS	25
1.1	OBJETIVO	25
1.2	INTRODUCCIÓN	25
1.3	MÉTODOS FUTURÍSTICOS	25
1.4	PRONÓSTICOS – PROYECTIVA	29
1.4.1	Análisis previo de la serie temporal	32
1.4.1.1	Cualitativas	33
1.4.1.2	Cuantitativas	33
1.4.1.3	Temporales	34
1.4.1.4	Probabilidad	34
1.4.2	Componentes de una serie de tiempo	34
1.4.2.1	Componente promedio o de nivel	35
1.4.2.2	Estructura tendencial	36
1.4.2.3	Componente estacional	36
1.4.2.4	Componente cíclica	37

1.4.2.5	Componente aleatorio	38
1.4.3	Modelos AR.I.MA	39
1.4.3.1	Características de los modelos AR.I.MA	40
1.4.3.2	Metodología Box – Jenkis	45
1.4.4	Turbulencia	47
1.4.5	Prospectiva	48
1.5	PRODUCTIVIDAD	50
1.5.1	Indicadores asociados a la productividad y a la calidad	51
1.5.1.1	Eficiencia	51
1.5.1.2	Efectividad	51
1.5.1.3	Eficacia	52
1.6	FUNCIÓN DE PRODUCCIÓN	52
1.6.1	Estructura de la función de producción	53
1.6.1.1	Producto Total	53
1.6.1.2	Producto Medio	54
1.6.1.3	Producto Marginal	54
1.6.1.4	Ley de rendimientos decrecientes del factor trabajo	54
1.7	CONCLUSIONES DE CAPÍTULO	57
2	VARIABLES A PRONOSTICAR	58
2.1	OBJETIVO	58
2.2	INTRODUCCIÓN	58
2.3	CONCEPTOS BÁSICOS	58
2.3.1	La empresa	58
2.3.2	Zona RP	59
2.3.2.1	La mano de obra	61
2.3.3	Supervisión del trabajo	61
2.3.4	El tiempo	64
2.3.5	Estructura del estudio del trabajo dentro de la zona RP	64
2.3.5.1	La planeación	65
2.3.5.2	La coordinación	65

2.3.5.3	El control	66
2.4	VARIABLES A PRONOSTICAR	66
2.5	PIEZAS QUE SE TRABAJAN EN LA ZONA DE REPROCESOS	66
2.5.1	Guardapolvo del guardabarro trasero interno	68
2.5.2	Guardabarro trasero externo	70
2.5.3	Tacómetro	72
2.6	CONCLUSIONES DE CAPÍTULO	74
3	PREDICCIONES	76
3.1	OBJETIVO	76
3.2	INTRODUCCIÓN	76
3.3	METODOLOGÍA UNIVERSAL DE PRONÓSTICOS	77
3.3.1	Análisis previo de la serie de demanda	77
3.3.1.1	Síntesis descriptiva	78
3.3.1.2	Calidad y cantidad de datos	78
3.3.1.3	Cumplimiento de estabilidad del entorno	78
3.3.1.4	Análisis previo de la serie completa	78
3.3.1.5	Valoración de datos irregulares	92
3.3.1.6	Encuentro de fenómenos exógenos	93
3.3.1.7	Determinación del patrón estructural gráfico y numérico	94
3.3.1.8	Resultado del análisis integral previo	96
3.3.2	Análisis con AR.I.MA.	97
3.3.2.1	Análisis de estacionariedad	98
3.3.2.2	Identificación de parámetros p, q, P y Q	114
3.3.2.3	Valoración de los parámetros de AR y MA	114
3.3.3	Postulación de los modelos: formulación de la hipótesis	130
3.3.4	Validación de la hipótesis	131
3.3.4.1	Doble recorte de la serie	131
3.3.4.2	Ejecución de todos los modelos con el primer y segundo recorte	133
3.3.4.3	Selección de los tres mejores modelos	135
3.3.4.4	Aplicación de los tres mejores modelos al primer recorte	135

3.3.4.5	Selección del mejor modelo	136
3.3.4.6	Cálculo del pronóstico con el mejor modelo y sus parámetros	136
3.3.4.7	Comparación de la realidad y el pronóstico del periodo anterior	138
3.3.4.8	Estimación de la bondad de ajuste	139
3.4	CONCLUSIONES DE CAPÍTULO	148
4	ANÁLISIS	149
4.1	OBJETIVO	149
4.2	INTRODUCCIÓN	149
4.3	CORRELACIÓN	150
4.3.1	Correlación lineal	152
4.4	COEFICIENTE ALFA DE CRONBACH	155
4.5	REGRESIÓN MULTIVARIABLE	159
4.6	REDES NEURONALES	170
4.7	CONCLUSIONES DE CAPÍTULO	176
5	CONCLUSIONES	177
5.1	OBJETIVO	177
5.2	INTRODUCCIÓN	177
5.3	CONCLUSIONES TÉCNICAS	178
5.3.1	Conclusiones para GI-01	178
5.3.1.1	Conclusión 1	179
5.3.1.2	Conclusión 2	179
5.3.1.3	Conclusión 3	180
5.3.1.4	Conclusión 4	180
5.3.1.5	Conclusión 5	180
5.3.1.6	Conclusión 6	181
5.3.2	Conclusiones para GE-02	181
5.3.2.1	Conclusión 1	182
5.3.2.2	Conclusión 2	182
5.3.2.3	Conclusión 3	183
5.3.2.4	Conclusión 4	183

5.3.2.5	Conclusión 5	184
5.3.2.6	Conclusión 6	184
5.3.2.7	Conclusión 7	184
5.3.3	Conclusiones para T-04	185
5.3.3.1	Conclusión 1	185
5.3.3.2	Conclusión 2	185
5.3.3.3	Conclusión 3	186
5.3.3.4	Conclusión 4	187
5.3.3.5	Conclusión 5	187
5.4	CONCLUSIONES ACADÉMICAS	187
5.4.1	Conclusión 1	187
5.4.2	Conclusión 2	188
5.4.3	Conclusión 3	188
5.4.4	Conclusión 4	188
5.4.5	Conclusión 5	188
5.4.6	Conclusión 6	188
5.4.7	Conclusión 7	189
5.4.8	Conclusión 10	189
5.5	PLAN ESTRATÉGICO DE RECOMENDACIÓN	189
5.5.1	Recomendación 1	190
5.5.2	Recomendación 2	190
5.5.3	Recomendación 3	190
5.5.4	Recomendación 4	190
5.5.5	Recomendación 5	191
5.5.6	Recomendación 6	191
5.5.7	Recomendación 7	191
5.5.8	Recomendación 8	192
5.5.9	Recomendación 9	192
5.5.10	Recomendación 10	192
5.5.11	Recomendación 11	192

5.5.12	Recomendación 12	193
5.5.13	Recomendación 13	193
6	BIBLIOGRAFÍA	194
6.1	CLÁSICA	194
6.2	INTERNET	197

## LISTA DE FIGURAS

	pág.
Figura 1. Importancia de las predicciones	27
Figura 2. Beneficios de la realización de métodos futurísticos	28
Figura 3. Clasificación de los métodos futurísticos	28
Figura 4. Metodología universal de pronósticos de demanda	31
Figura 5. Primer paso del MUP: Análisis previo	32
Figura 6. Cantidad de datos necesarios para la realización de un pronóstico	34
Figura 7. Componentes de una serie temporal del MUP	35
Figura 8. Serie con varios niveles y con nivel único	35
Figura 9. Series con estructura tendencial creciente	36
Figura 10. Presencia de una estructura estacional	37
Figura 11. Ejemplo de una serie cíclica	37
Figura 12. Ejemplo de fenómenos estacionales y cíclicos	38
Figura 13. Ejemplo de una serie con ruido	38
Figura 14. Características de las series temporales	39
Figura 15. Valoración de datos irregulares	39
Figura 16. Tipos, criterios y usos de los diferentes modelos de pronósticos	41
Figura 17. Modelos de pronósticos	42
Figura 18. (Continuación)	43
Figura 19. (Continuación)	44
Figura 20. Metodología AR.I.MA. Box – Jenkins	46
Figura 21. Parámetros de éxito en la futurología	47
Figura 22. Síntesis de los métodos futurísticos	49
Figura 23. Ejemplo de función de producción	53
Figura 24. Producto medio y marginal	54
Figura 25. Etapas de la función de producción	55
Figura 26. Función de producción y curvas PMg y PPiv	56

Figura 27. Ubicación típica de la zona RP dentro de la empresa	60
Figura 28. Relación del recurso humano	63
Figura 29. Fases principales para la realización de un análisis del trabajo	63
Figura 30. Medición de las variables a pronosticar	66
Figura 31. Variables a pronosticar	67
Figura 32. Modelo de motocicleta	67
Figura 33. Guardapolvo del guardabarro trasero interno	68
Figura 34. Ubicación del guardapolvo trasero en la mesa de trabajo	69
Figura 35. Ubicación de la plantilla y corte del excedente de material	69
Figura 36. Retoques finales para el guardapolvo interno	70
Figura 37. Guardabarro trasero externo	71
Figura 38. Ampliación del agujero del guardabarro trasero externo	71
Figura 39. Tacómetro genérico	72
Figura 40. Desempaque y destornillada del tacómetro	73
Figura 41. Destape y adecuación de silicona al tacómetro	73
Figura 42. Limpieza de los excedentes de silicona del tacómetro	74
Figura 43. Datos originales de la serie a pronosticar	79
Figura 44. Análisis de variabilidad	80
Figura 45. Estructura de nivel en Excel para la referencia GI-01	81
Figura 46. Suavización con Excel para la referencia GI-01	82
Figura 47. Suavización con Statgraphics Centurion para la referencia GI-01	82
Figura 48. Suavización con WinQSB para la referencia GI-01	83
Figura 49. Estructura tendencial en Excel para la referencia GI-01	84
Figura 50. Datos estadísticos de la regresión lineal en Excel	84
Figura 51. Datos estadísticos de la regresión lineal en Statgraphics Centurion	85
Figura 52. Evaluación de tendencia con auto correlación ACF	86
Figura 53. Tendencia con auto correlación en Statgraphics Centurion	86
Figura 54. Detección de tendencia con auto correlación en Excel	87
Figura 55. Estacionalidad en Excel para la referencia GI-01	88
Figura 56. Estacionalidad en Statgraphics Centurion para la referencia GI-01	89

Figura 57. Ciclicidad de 12 meses en Excel para la referencia GI-01	90
Figura 58. Ciclicidad de 12 meses en Statgraphics Centurion para GI-01	90
Figura 59. Ciclicidad de 24 meses en Excel para la referencia GI-01	91
Figura 60. Ciclicidad de 24 meses en Statgraphics Centurion para GI-01	91
Figura 61. Ciclicidad de 36 meses en Excel para la referencia GI-01	92
Figura 62. Componentes irregulares para la referencia GI-01	93
Figura 63. Pronósticos en línea recta para la referencia GI-01	94
Figura 64. Patrón de la serie temporal de la referencia GI-01	95
Figura 65. Serie de tiempo patroneada	96
Figura 66. Datos de la referencia GI-01 transformados con el patrón	96
Figura 67. Síntesis del análisis previo	97
Figura 68. Proceso general de los modelos AR.I.MA	98
Figura 69. Serie temporal de la referencia GI-01 con el primer recorte	99
Figura 70. Serie temporal de la referencia GI-01 con función logaritmo	99
Figura 71. Auto correlación simple con $d = 0$ y $D = 0$	100
Figura 72. Auto correlación simple en Statgraphics Centurion para GI-01	101
Figura 73. Auto correlación simple en Excel para la referencia GI-01	102
Figura 74. Auto correlación parcial con $d = 0$ y $D = 0$	103
Figura 75. Auto correlación parcial en Statgraphics Centurion para la GI-01	103
Figura 76. Auto correlación parcial en Excel para la referencia GI-01	104
Figura 77. Auto correlación simple con $d = 1$ y $D = 0$	105
Figura 78. Auto correlación simple en Statgraphics Centurion para GI-01	105
Figura 79. Auto correlación simple en Excel para la referencia GI-01	106
Figura 80. Auto correlación parcial con $d = 1$ y $D = 0$	107
Figura 81. Auto correlación parcial en Statgraphics Centurion para GI-01	107
Figura 82. Auto correlación parcial en Excel para la referencia GI-01	108
Figura 83. Auto correlación simple con $d = 1$ y $D = 1$	109
Figura 84. Auto correlación simple en Statgraphics Centurion para GI-01	109
Figura 85. Auto correlación simple en Excel para la referencia GI-01	110
Figura 86. Auto correlación parcial con $d = 1$ y $D = 1$	111

Figura 87. Auto correlación parcial en Statgraphics Centurion para GI-01	111
Figura 88. Auto correlación parcial en Excel para la referencia GI-01	112
Figura 89. Serie original con primer recorte	113
Figura 90. Serie con ajuste	113
Figura 91. Examen de la gráfica ACF para el modelo $(1, 1, 0) (0, 1, 0)$	116
Figura 92. Examen de la gráfica PACF para el modelo $(1, 1, 0) (0, 1, 0)$	117
Figura 93. Examen de la gráfica ACF para el modelo $(0, 1, 1) (0, 1, 0)$	118
Figura 94. Examen de la gráfica PACF para el modelo $(0, 1, 1) (0, 1, 0)$	119
Figura 95. Examen de la gráfica ACF para el modelo $(0, 1, 1) (0, 0, 0)$	120
Figura 96. Examen de la gráfica PACF para el modelo $(0, 1, 1) (0, 0, 0)$	121
Figura 97. Examen de la gráfica ACF para el modelo $(0, 1, 1) (0, 1, 1)$	122
Figura 98. Examen de la gráfica PACF para el modelo $(0, 1, 1) (0, 1, 1)$	123
Figura 99. Examen de la gráfica ACF para el modelo $(1, 1, 0) (1, 1, 0)$	124
Figura 100. Examen de la gráfica PACF para el modelo $(1, 1, 0) (1, 1, 0)$	125
Figura 101. Selección del mejor modelo AR I MA	126
Figura 102. Histograma de residuales para el AR.I.MA $(0, 1, 1) (0, 0, 0)$	126
Figura 103. Modelo AR.I.MA con Forecast Pro Basic para GI-01	127
Figura 104. Gráfica ACF para el modelo $(0, 1, 1) (0, 0, 0)$	128
Figura 105. Gráfica PACF para el modelo $(0, 1, 1) (0, 0, 0)$	129
Figura 106. Análisis previo después del AR.I.MA	129
Figura 107. Ecuación AR.I.MA para el modelo $(0, 1, 1) (0, 0, 0)$	130
Figura 108. Serie temporal de la referencia GI-01 con el doble recorte	132
Figura 109. Doble recorte a la referencia GI-01	132
Figura 110. Ejecución de todos los modelos	134
Figura 111. Selección de los tres mejores modelos	135
Figura 112. Aplicación de los tres mejores modelos	136
Figura 113. Valores de los pronósticos que se calculan con el mejor modelo	137
Figura 114. Pronósticos de la referencia GI-01	137
Figura 115. Pronósticos para la referencia GI-01	138
Figura 116. Serie temporal de la referencia GE-02 con doble recorte	140

Figura 117. Serie temporal de la referencia T-04	140
Figura 118. Serie temporal para la referencia GE-02 con doble recorte	141
Figura 119. Serie temporal para la referencia T-04 con doble recorte	141
Figura 120. Modelo AR.I.MA con Forecast Pro Basic para GE-02	142
Figura 121. Modelo AR.I.MA con Forecast Pro Basic para T-04	142
Figura 122. Gráfica ACF para el modelo (0, 1, 2) (0, 0, 0) con doble recorte	143
Figura 123. Gráfica PACF para el modelo (0, 1, 2) (0, 0, 0) con doble recorte	144
Figura 124. Gráfica ACF para el modelo (2, 0, 0) (0, 0, 0) con doble recorte	145
Figura 125. Gráfica PACF para el modelo (2, 0, 0) (0, 0, 0) con doble recorte	145
Figura 126. Pronósticos para GE-02	146
Figura 127. Pronósticos para T-04	146
Figura 128. Resumen de pronósticos para las tres referencias con el MUP	147
Figura 129. Pasos para la implementación de correlaciones matemáticas	151
Figura 130. Serie temporal para la referencia GI-01	153
Figura 131. Serie temporal para la referencia GE-02	153
Figura 132. Serie temporal para la referencia T-04	153
Figura 133. Análisis de correlaciones en DYANE para las tres referencias	154
Figura 134. Análisis de correlaciones en Excel para las tres referencias	155
Figura 135. Análisis en DYANE de Cronbach para GI-01 y GE-02	157
Figura 136. Análisis en DYANE de Cronbach para GI-01 y T-04	158
Figura 137. Análisis en DYANE de Cronbach para las tres referencias	159
Figura 138. Pronósticos con el MUP de la serie temporal de GI-01	160
Figura 139. Cálculo del pronóstico múltiple con el pivote para GE-02	161
Figura 140. Pronósticos múltiples para la referencia GE-02	162
Figura 141. Cálculo del pronóstico múltiple con el pivote para T-04	163
Figura 142. Pronósticos múltiples para la referencia T-04	164
Figura 143. Ejecución de VALPOMOR	164
Figura 144. Regresión multivariable con VALPOMOR	165
Figura 145. Series temporales para pronosticar por estimación lineal	165
Figura 146. Estimación lineal en Excel	166

Figura 147. Obtención de resultados por estimación lineal en Excel	167
Figura 148. Cálculo de los pronósticos por estimación lineal en Excel	168
Figura 149. Pronósticos con estimación lineal	168
Figura 150. Resumen de pronósticos con el MUP y las correlaciones	169
Figura 151. Estructura topológica	171
Figura 152. Series temporales en DYANE para la creación de la red	172
Figura 153. Selección de las variables de entrada y de salida	172
Figura 154. Iteración y entrenamiento de DYANE para la creación de la red	173
Figura 155. Resultados del conjunto de evaluación	174
Figura 156. Resultados para la referencia T-04 con redes neuronales	175
Figura 157. Comparación entre MUP y Redes Neuronales	176
Figura 158. Conclusiones para la serie de la referencia GI-01	179
Figura 159. Porcentaje de diferencia para los tres mejores modelos de GI-01	180
Figura 160. Forma tendencial de los pronósticos	181
Figura 161. Conclusiones para la serie de la referencia GE-02	182
Figura 162. Porcentaje de diferencia para los tres mejores modelos de GE-02	183
Figura 163. Diferencia entre el MUP y regresión múltiple para GE-02	184
Figura 164. Conclusiones para la serie de la referencia T-04	185
Figura 165. Porcentaje de diferencia para los tres mejores modelos de T-04	186
Figura 166. Diferencia entre el MUP y regresión múltiple para T-04	187

## ECUACIONES

	pág.
Ecuación 1. Variabilidad	79
Ecuación 2. Intervalo de confianza	85
Ecuación 3. Bondad de ajuste	139
Ecuación 4. Coeficiente de correlación	152
Ecuación 5. Coeficiente alfa de Cronbach	155
Ecuación 6. Pronósticos múltiples con pendiente e intercepto	161
Ecuación 7. Pronósticos múltiples con estimación lineal	167

## 0 PRÓLOGO

### 0.1 INTRODUCCIÓN

El ser humano por naturaleza tiene la necesidad de sentir seguridad<sup>1</sup> al movilizarse de un lugar a otro, y con el propósito de lograr este objetivo se plantean muchas soluciones que van desde la forma básica, caminar, hasta artefactos con alto grado tecnológico que facilitan la movilización de las personas (CRICYT@, 2008)<sup>2</sup>.

La rueda se reconoce como uno de los grandes inventos de la humanidad, ya que debido su infinita utilización permite avanzar a pasos agigantados el proceso de evolución tecnológica del mundo; y dentro sus aplicaciones más comunes está el de permitir el transporte de las personas entre dos sitios diferentes (COBIELLA@, 2005).

La evolución del transporte personal trae máquinas como la motocicleta que en la actualidad son el medio de transporte que más se usa y con mayor crecimiento en Colombia (Motor@, 2007).

La demanda de motocicletas y los altos costo de fabricación nacional llevan a utilizar la importación como un mecanismo necesario para que las ensambladoras de motocicletas puedan suplir esta demanda, reducir los costos de fabricación y al final aumentar sus utilidades.

---

<sup>1</sup> Según la pirámide de Abraham Maslow, psicólogo humanístico Americano del siglo XX, define cinco tipos de necesidades básicas del hombre (Fisiológicas, De seguridad, Aceptación social, Autoestima y Autorrealización) (DOMINGO@, 2008).

<sup>2</sup> @, denota cita bibliográfica que se obtiene de internet.

Los países preferidos por los mercados mundiales de elementos de consumo masivo son aquellos en los cuales las condiciones sociales y económicas de los empleados no son las más favorables, como es el caso de los países orientales, por ejemplo China, que es el principal proveedor de las ensambladoras de motocicletas en el país (MORCILLO@, 2005).

La problemática de estos productos que se importan se refleja en la necesidad de ejecutar reproceso en estas piezas, necesarios para que el ensamblador no saque productos con mala calidad al mercado, pero que le generan un costo adicional en su objeto social de ensamblar motocicletas, reduciendo así su margen de utilidades.

El hecho de conocer el tiempo que demora la ejecución de un trabajo de reproceso de piezas proporciona una información de vital importancia para la buena planeación, administración y control de la empresa (CASTAÑO, 1982).

El conocimiento de varios métodos de pronóstico y prospectiva permite realizar una preparación de entorno laboral del área de reproceso dentro de la ensambladora en corto, mediano y largo plazo; además de proporcionar un control sobre las variables pertinentes que afectan este sector de la empresa (MORA, 2008).

## 0.2 JUSTIFICACIÓN

El crecimiento de la complejidad de la sociedad contemporánea se estimula todos los días por el vertiginoso avance científico-tecnológico y en forma paralela por el incontenible proceso de tecnificación que afecta a todas las esferas de la actividad humana.

El hombre de hoy debe asumir retos para responder a las exigencias del cambio; a su vez, los responsables de la gestión organizacional, en sus distintas instancias, deben de enfrentar de forma tal que permita renovar las tareas del desarrollo de tal manera que su desempeño se adecue a la demanda de estas nuevas circunstancias (PRIETO, 1990).

Las empresas de producción incurren en un fenómeno que está ligado de una forma directa con los proveedores y con los procesos internos, este fenómeno que se llama reproceso, representa una disminución en las utilidades de la empresa, haciendo que todos los días se incrementen los problemas y la preocupación general por parte de los coordinadores y gerentes.

La organización es una unidad social coordinada, consciente y compuesta por varias personas, que funciona con relativa constancia a efecto de alcanzar una meta o una serie de metas comunes; estas personas que supervisan las actividades de otros son responsables de que las organizaciones alcancen estas metas y junto con sus administradores y gerentes tratan de hacer crecer la empresa y posicionarla en un alto nivel de reconocimiento (Personales@, 2007).

La identificación de la mano de obra dentro de una empresa es vital para garantizar la ejecución de los trabajos propuestos para el diario y lograr mitigar paros injustificados de la producción debido a una mala planeación de las actividades.

Los métodos prospectivos son de gran utilidad para la planeación de todas las actividades futuras de corto, mediano y largo plazo, en cuanto a los cálculos para la planeación de la demanda, procedimientos logísticos, operaciones industriales, procesos de producción, flujos financieros, formación de talento humano y sus factores productivos, y además acciones empresariales (MORA, 2008).

El conocimiento de lo que ocurre a corto, mediano y largo plazo puede significar la diferencia en que una línea de ensamble se pare por problemas ocurridos en el reproceso de alguna pieza.

La medición y estandarización del trabajo es a final de cuentas un procedimiento para determinar la cantidad de tiempo requerido, bajo ciertas condiciones estándares de medición, para tareas que implican alguna actividad humana (MUNDEL, 1960).

### 0.3 OBJETIVOS

#### 0.3.1 Objetivo general

Realizar pronósticos basados en métodos de series temporales en la zona de reproceso de una ensambladora de motocicletas con el fin de generar un informe de recomendaciones que sean de utilidad para la compañía.

#### 0.3.2 Objetivos específicos

##### 0.3.2.1 Objetivo 1

Fundamentar los conceptos básicos de pronósticos, productividad y función macroeconómica de la producción – Nivel 1 – Conocer

##### 0.3.2.2 Objetivo 2

Reconocer las principales variables de las actividades de reproceso con el fin de encontrar los parámetros a pronosticar – Nivel 2 – Comprender

##### 0.3.2.3 Objetivo 3

Predecir el comportamiento futuro de los parámetros de reproceso en una ensambladora de motos – Nivel 3 – Aplicar

##### 0.3.2.4 Objetivo 4

Analizar los resultados obtenidos mediante la utilización de estadística y correlaciones matemáticas – Nivel 4 – Analizar

##### 0.3.2.5 Objetivo 5

Generar un plan estratégico de recomendación para la planeación de recursos en reproceso – Concluir

# 1 FUNDAMENTOS

## 1.1 OBJETIVO

Identificar los conceptos básicos de inventarios y pronósticos de demanda en productos técnicos de ingeniería - Nivel 1 – Conocer

## 1.2 INTRODUCCIÓN

La identificación de los conceptos básicos de pronósticos, productividad y función macroeconómica de la producción son una pieza clave para estructuración y desarrollo del presente proyecto, sin este registro, el estudio se hace más difícil en su entendimiento y aplicación.

La importancia de este capítulo está en definir cada uno de los criterios que son acá expuestos, de una manera concisa, con buena elaboración y en la medida de lo posible con gráficas respectivas que complementen la explicación dada; además de la utilización de cuadros y figuras que correlacionen la información analizada.

El correcto aprendizaje de estos conceptos son las herramientas básicas necesarias para la elaboración posterior de estudios del porvenir que más adelante se apliquen a la identificación del nivel de producción de una planta ensambladora de motocicletas.

## DESARROLLO DEL CAPÍTULO

## 1.3 MÉTODOS FUTURÍSTICOS

La futurología es el conjunto de los estudios que se proponen predecir científicamente el futuro del hombre (RAE@, 2008). Los métodos futurísticos permiten conocer y determinar con éxito el futuro de las empresas o instituciones;

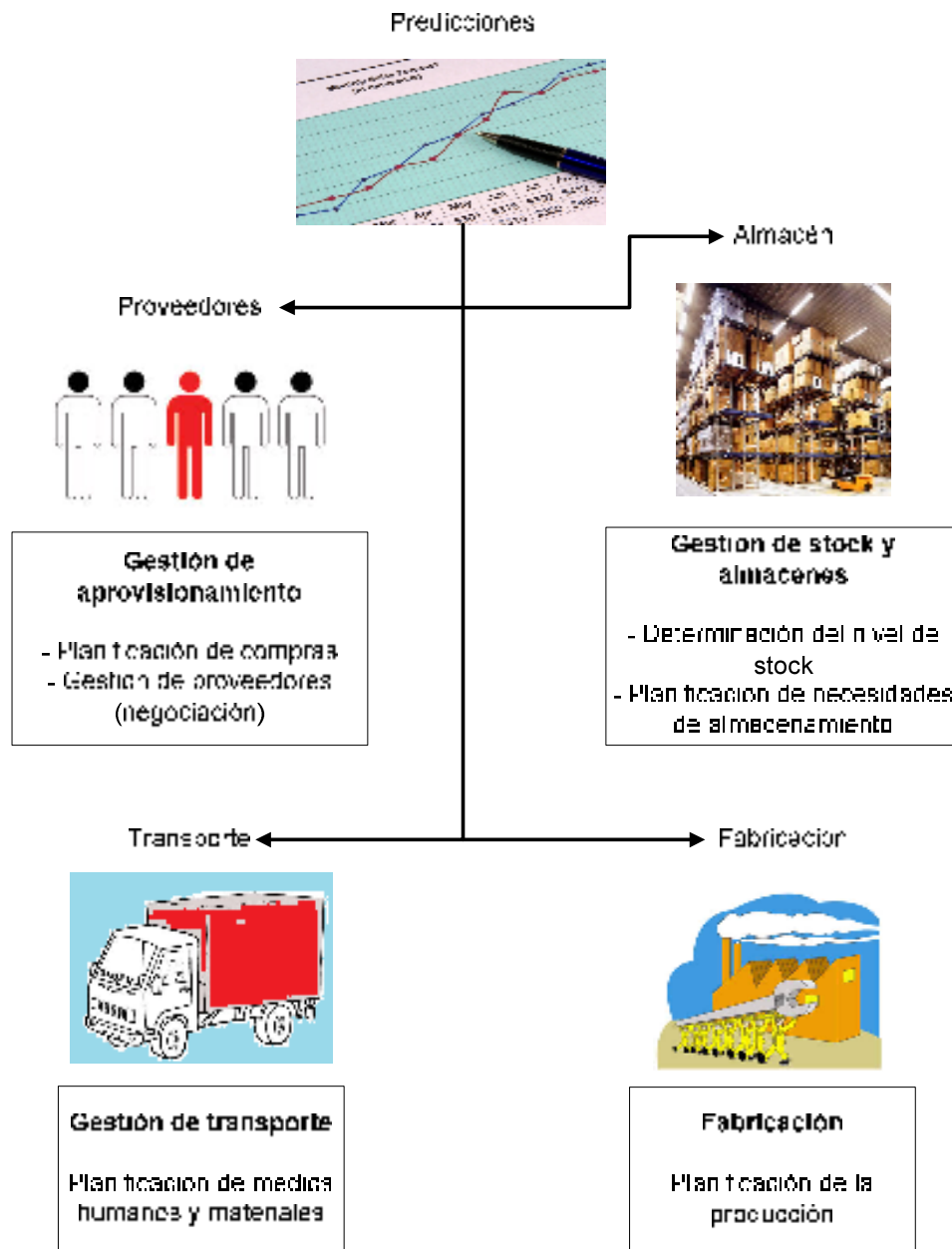
todo este análisis se fundamenta en una adecuada toma de decisiones en el presente, las cuales más adelante se reflejan en el futuro.

Las predicciones consisten en la estimación y análisis de la demanda futura para un producto en particular, componente o servicio; para su realización, es necesario conocer algunos datos históricos que puedan proveer la información suficiente para un correcto estudio.

Los parámetros que se analizan pueden ser personas, variables económicas y sociales, factores productivos a varios años vista, de tal manera que las empresas se puedan preparar desde ya para conseguir los niveles que se desean y poderse desenvolver de una forma eficaz en los escenarios futuros nacionales y/o internacionales de tal manera que garanticen su competitividad y rentabilidad a largo plazo (UTB@, 2007).

La predicción de demanda, tiene como objetivo mejorar el flujo de información en la cadena de suministro de las empresas y por lo tanto permitir preparar a la organización en el sentido de medios técnicos, recursos humanos y financieros para soportar las operaciones futuras de la empresa; es decir: estimación de compras, producción, necesidades de almacenaje, transporte, etc. (PWHC@, 2008).

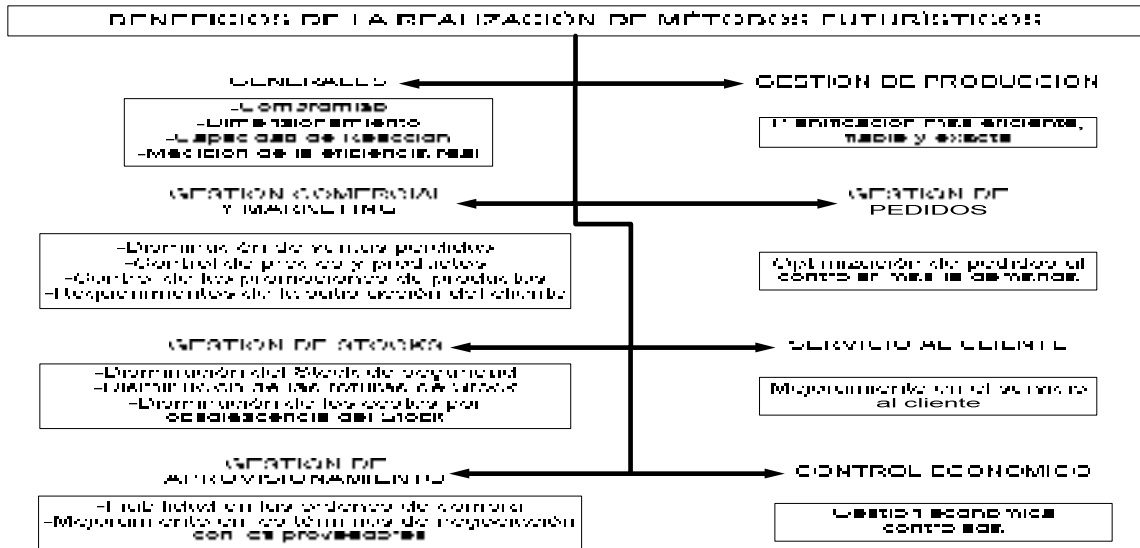
Figura 1. Importancia de las predicciones



(PWHC@, 2008)

La realización de pronósticos dentro de una empresa trae ciertos beneficios los cuales afectan de una forma directa al área de logística y así a otras diversas áreas dentro de la compañía (PWHC@, 2008). Algunos de estos beneficios se citan a continuación:

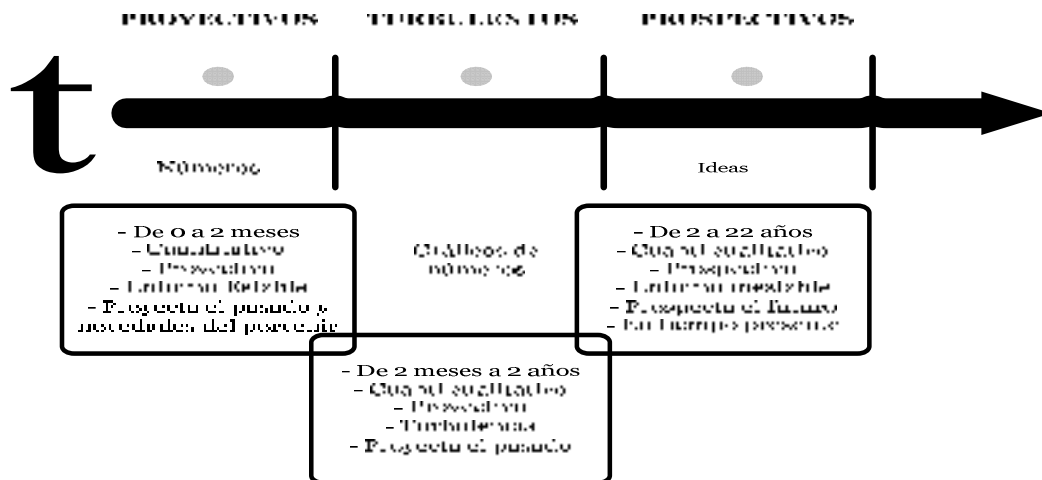
Figura 2. Beneficios de la realización de métodos futurísticos



(PWHC@, 2008)

Los métodos futurísticos se dividen en tres grupos; estos son: proyectivos, turbulentos y prospectivos; estas divisiones están dadas dependiendo del tiempo en que se ubican sus hipótesis; es decir, a corto, mediano y largo plazo respectivamente.

Figura 3. Clasificación de los métodos futurísticos



(MORA, 2008)

#### 1.4 PRONÓSTICOS – PROYECTIVA

La proyectiva se usa para métodos univariados, donde el fenómeno en cuestión maneja un sólo criterio que se lleva en tiempo real a partir del presente, este método parte de la base de que el entorno actual se mantiene constante con ligeras variaciones, no muy significativas (MORA, 2008).

Los pronósticos son el primer paso dentro del proceso de planificación de la producción y estos sirven como punto de partida, no solo para la elaboración de los planes estratégicos, sino además, para el diseño de las técnicas a mediano y corto plazo, lo cual permite a las organizaciones, visualizar de manera aproximada los acontecimientos futuros y eliminar en gran parte la incertidumbre (RIGGS@, 2007).

Los métodos proyectivos de series temporales, se basan exclusivamente en una extrapolación de los datos del presente y del pasado hacia el futuro, lo que denota que las causas que originan el comportamiento numérico en el pasado y en el presente, son los mismos que patronean el comportamiento futuro. La temporalidad del corto plazo solo puede prolongarse en ciertos eventos naturales como en la astronomía, donde lo más corriente es que el entorno permanece constante, con variaciones minúsculas o insignificantes (MORA, 2008).

Las áreas empresariales donde se practica con intensidad los pronósticos, son:

- Previsión tecnológica, ésta busca pronosticar cambios futuros en el sector en donde se ubica la empresa y en aquellos entornos donde se consumen los productos que se fabrican.
- Previsión de ventas, esta se basa en las estimaciones sobre las posibles cuotas de mercado de la empresa en cada segmento; le permite a la organización

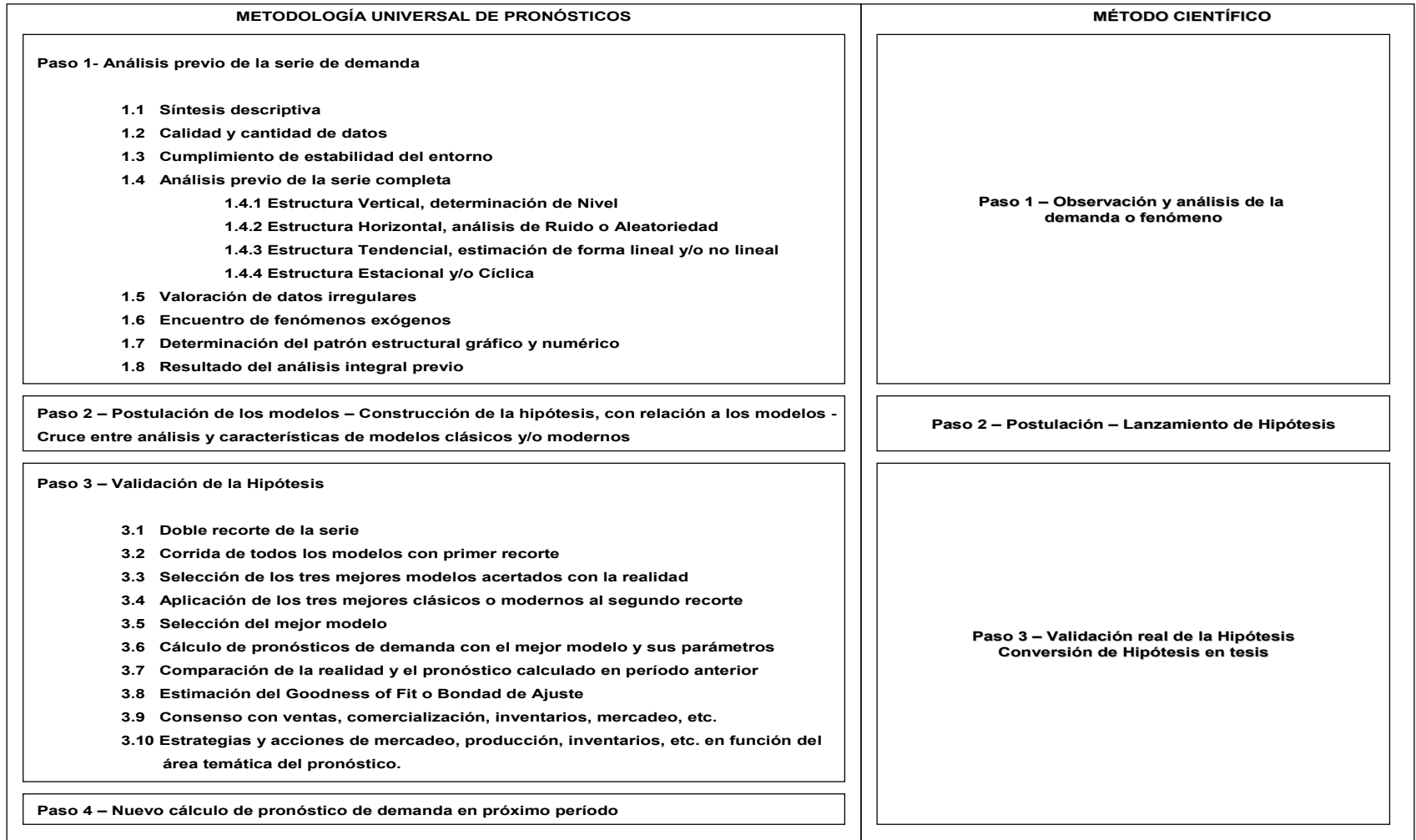
planificar el resto de las actividades más importantes: producción, inversiones, gastos, contratación de personal, inventarios, demanda, materias primas, etc.

- Previsiones demográficas, tales como: tasas de natalidad, de nupcialidad, volúmenes de enfermedades, etc.; tienen interés para pronosticar las demandas de la sociedad en productos o servicios, ejemplos de estos son los cupos en las universidades o los artículos para bebés.
- Previsión de recursos humanos, es una conjetura sobre las necesidades futuras de personal en las empresas en sus diferentes áreas (DE MIGUEL FERNANDEZ, 1990).
- Previsiones diferentes, existe una amplia gama de aplicaciones sociales y empresariales.

Los métodos de predicción no se deben considerar nunca como infalibles, de por sí son excelentes herramientas para el análisis y si bien los pronósticos numéricos son relevantes, más importantes son los parámetros que se adquieren por parte del los pronosticadores (MORA, 2008).

El Modelo Universal de Pronósticos (MUP) va de la mano con el método científico, el buen uso y la aplicación de todos sus pasos determinan el resultado de los pronósticos y su validez. A continuación se muestra en forma paralela la aplicación del método universal de pronósticos y el método científico en cada uno de sus respectivos pasos.

Figura 4. Metodología universal de pronósticos de demanda

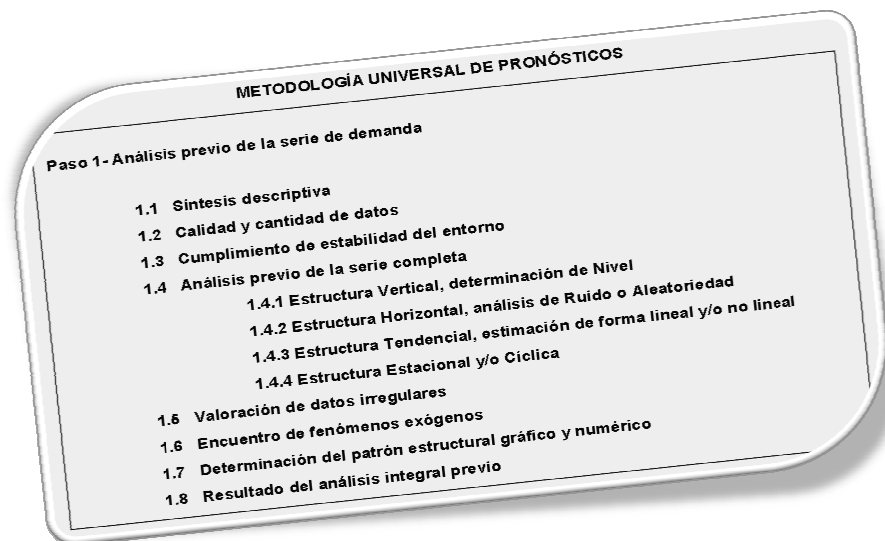


(MORA, 2008)

El MUP trata de determinar los modelos que mejor se acomoden a las características de la serie que se analiza en el primer paso del modelo. Lo que se trata entonces es conocer las particularidades de los modelos que más se utilizan, tanto los clásicos como los modernos, con el fin de lanzar la hipótesis a partir del apareamiento con las características de las series que se encuentran.

El primer paso del método científico obliga a desarrollar un proceso de observación, análisis y estudio de los datos que se tienen para lograr que estos se proyecten; lo cual exige tener en cuenta todos los parámetros relevantes que inciden en el comportamiento del fenómeno que se evalúa (MORA, 2008).

Figura 5. Primer paso del MUP: Análisis previo



(MORA, 2008)

#### 1.4.1 Análisis previo de la serie temporal

Las características de una serie antes de someterla a un proceso de pronósticos, se resumen en cuatro, que se explica a continuación:

#### 1.4.1.1 Cualitativas

La condición cualitativa es la fase que adopta un interés por algunas variables o fenómenos que son susceptibles de aplicarles futurología, para determinar el futuro en el presente inmediato; las cuales se refieren a las características propias de algo, y así poder aprovechar que la calidad de la información que se recobra del pasado y el presente sea vital en el proceso que se analiza.

#### 1.4.1.2 Cuantitativas

El valor que toman las variables para expresar las distintas variaciones que adquiere el fenómeno que se evalúa durante su conducta en el porvenir, denota el componente cuantitativo, este a su vez permite realizar un análisis a una serie de datos para determinar la calidad o verosimilitud que existe entre ellos.

Las observaciones cuantitativas y temporales relevantes para la aplicación de pronósticos deben ocurrir de una forma periódica en el tiempo, esto implica la necesidad de tener al menos una cantidad significativa de datos para poder tener la posibilidad de que esos hechos que ocurren a intervalos de tiempo, aparezcan en el pronóstico o se detecten en los valores futuros que se quieren estimar (MORA, 2008).

La cantidad de datos necesarios para un pronóstico verosímil se presenta en la siguiente figura; debe tenerse además en cuenta, que en el caso de años lo ideal serían unos 25 ó 30 años, dependiendo de qué tan similar es el entorno durante ese período.

Figura 6. Cantidad de datos necesarios para la realización de un pronóstico

<b>Unidad de tiempo de la serie temporal</b>	<b>Número de datos</b>
Meses	60 (Mínimo 48)
Semanas	240
Días	1800
Horas	43000

(MORA, 2008)

#### 1.4.1.3 Temporales

El factor del tiempo se refleja en el hecho de que los valores que se pronostican, se asignan a fechas concretas (dependiendo de la base de tiempo en la estimación futura y la forma cronológica que se encuentren los datos) en el tiempo que estos valores deben ocurrir (CARRIÓN, 1999).

#### 1.4.1.4 Probabilidad

La cualidad de probabilidad dice que a mayor tiempo vista, el pronóstico que se entrega se hace más difícil de ser acertar. En este criterio se asume la asignación humana de probabilidades a eventos de una forma técnica o subjetiva con base en la experiencia y el conocimiento de los hechos por parte de los expertos que participan en el estudio.

Los métodos permiten realizar cálculos estadísticos (matemáticos o estocásticos), para asignar probabilidades de ocurrencia directas o que se conjuga a los posibles eventos de un análisis futurístico.

#### 1.4.2 Componentes de una serie de tiempo

Las series poseen estructuras de diferentes órdenes lo cual permite que se clasifiquen y categoricen para diferenciarlas unas de otras y así detectar cuáles son los posibles modelos que mejor las aproximen en la hipótesis; estas son:

Figura 7. Componentes de una serie temporal del MUP

- 1.4 Análisis previo de la serie completa
  - 1.4.1 Estructura Vertical, determinación de Nivel
  - 1.4.2 Estructura Horizontal, análisis de Ruido o Aleatoriedad
  - 1.4.3 Estructura Tendencial, estimación de forma lineal y/o no lineal
  - 1.4.4 Estructura Estacional y/o Cíclica

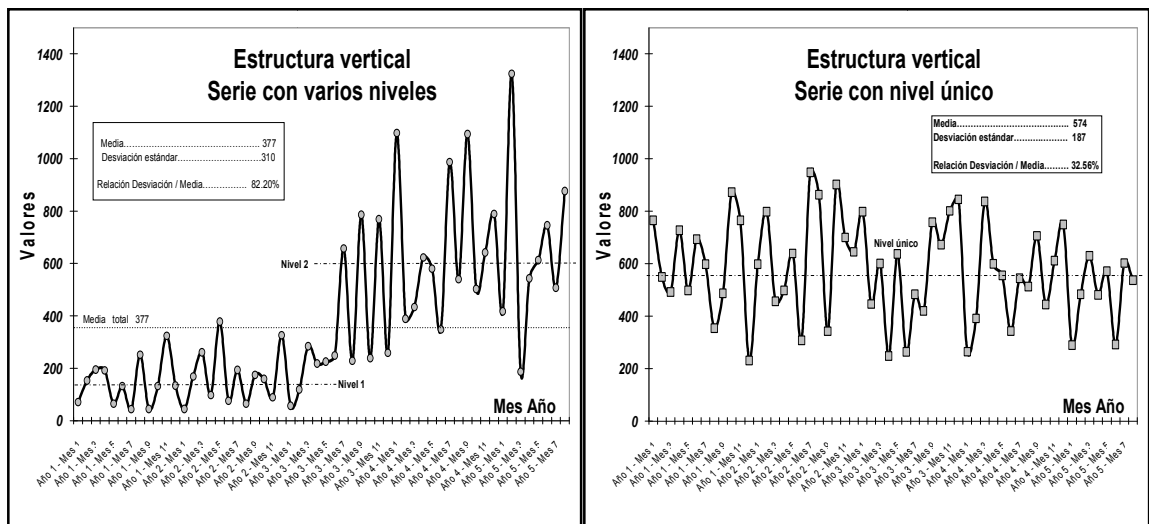
(MORA, 2008)

1.4.2.1 Componente promedio o de nivel

El nivel es la forma horizontal que adopta la serie en su comportamiento histórico y actual; es la base estable de demanda o el promedio a largo plazo.

La detección de cambios de nivel refleja la variación de las condiciones del entorno, al cambiar lo que expresa es que se está en un ambiente diferente al natural de la serie, lo que conlleva a afirmar que la metodología de pronósticos con series temporales no trabaja bien, por lo cual se deben descartar los distintos niveles anteriores diferentes al actual (MAKRIDAKIS, 1989).

Figura 8. Serie con varios niveles y con nivel único

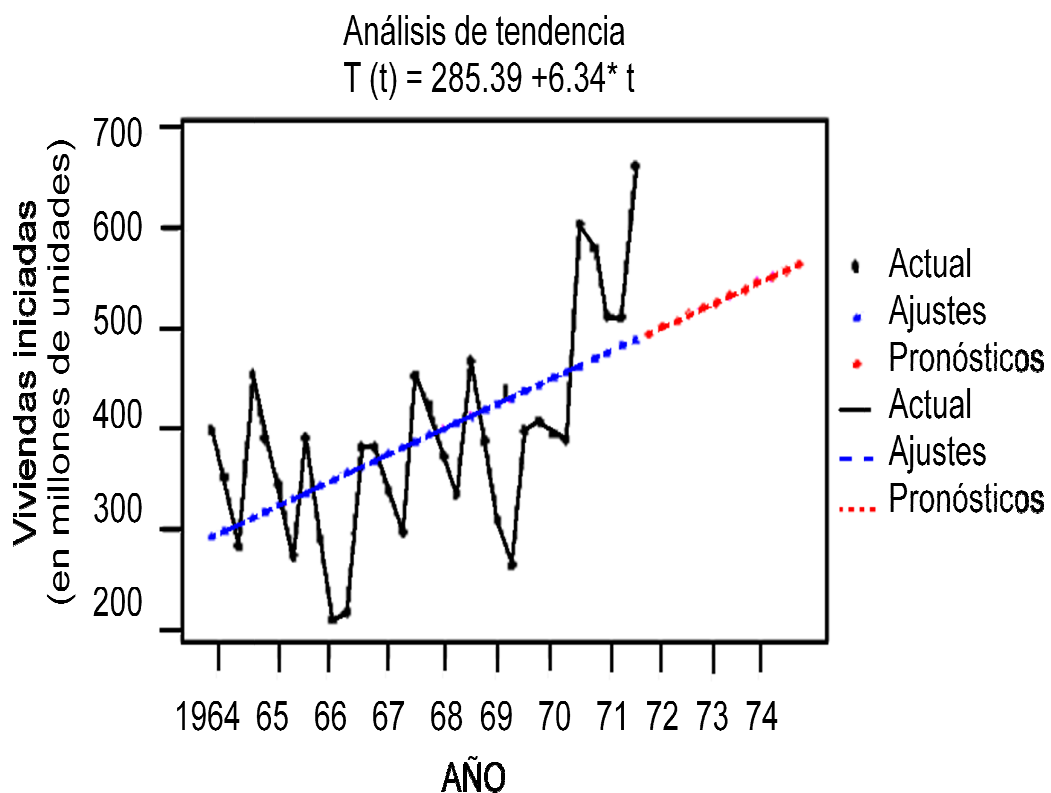


(MORA, 2008)

#### 1.4.2.2 Estructura tendencial

Las series que presentan un crecimiento o decrecimiento en su pendiente a través del tiempo poseen una estructura tendencial creciente o decreciente; esta se puede detectar visualmente o bajo el siguiente criterio: se dice que se tiene estructura tendencial cuando la pendiente es diferente de cero ( $0 \pm 0.25$ ). La estructura tendencial puede considerarse también como el cambio periódico en la componente de nivel (MAKRIDAKIS, 1978).

Figura 9. Series con estructura tendencial creciente



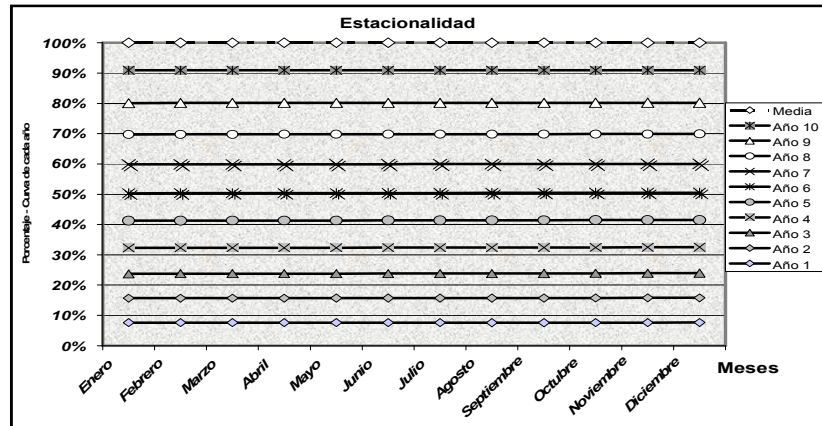
(Monografíasb@, 1997)

#### 1.4.2.3 Componente estacional

La estacionalidad es una variación sistemática con respecto a la componente de nivel durante un periodo relativamente corto (no más de un año).

La falta de una estructura estacional se determina a partir de la no existencia de paralelismo entre las diferentes curvas; un ejemplo gráfico de este enunciado se presenta en la siguiente figura.

Figura 10. Presencia de una estructura estacional



(MORA, 2008)

#### 1.4.2.4 Componente cíclica

Las series que poseen estructuras repetitivas en el tiempo y que se influyen por factores cíclicos, denotan una forma iterativa de sus comportamientos; una componente cíclica se considera superior a un año (MAKRIDAKIS, 1989).

Figura 11. Ejemplo de una serie cíclica



(MORA, 2008)

La siguiente figura muestra ejemplos típicos de las dos componentes que se mencionan con anterioridad.

Figura 12. Ejemplo de fenómenos estacionales y cíclicos

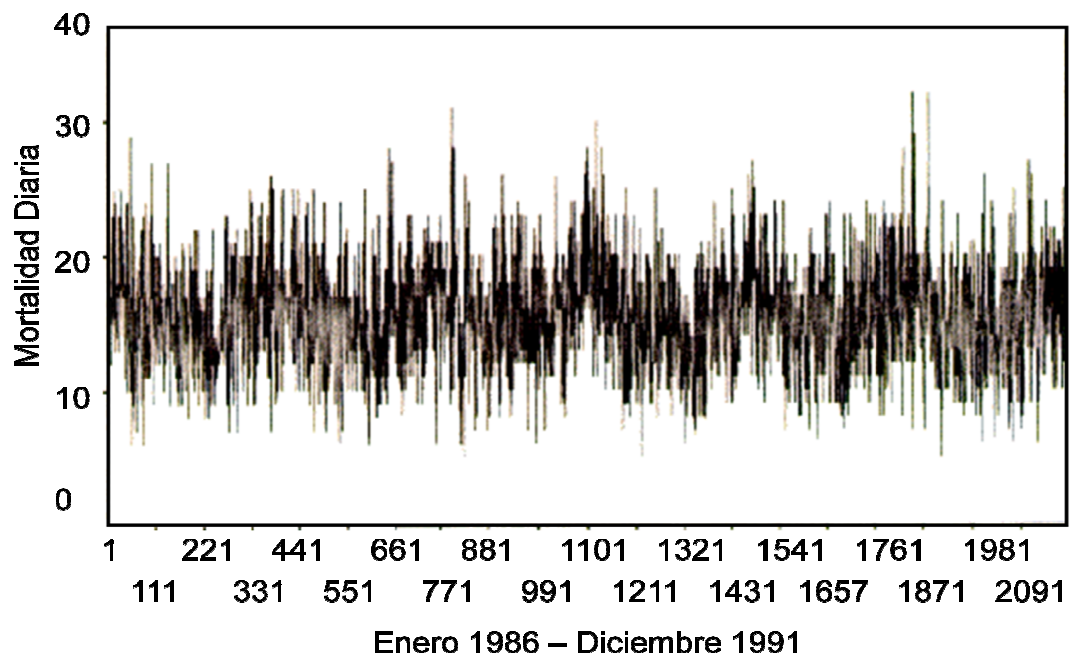
Fenómenos estacionales	Fenómenos cíclicos
La navidad	El fenómeno del niño
Las estaciones climáticas	El fenómeno del la niña
Los fenómenos naturales	
Las fiestas en las regiones	

(MORA, 2008)

#### 1.4.2.5 Componente aleatorio

La componente aleatoria está dada por variaciones al azar por encima o por debajo de una media, debido a fuerzas inexplicables en los hábitos de consumo, esta componente se conoce técnicamente como ruido.

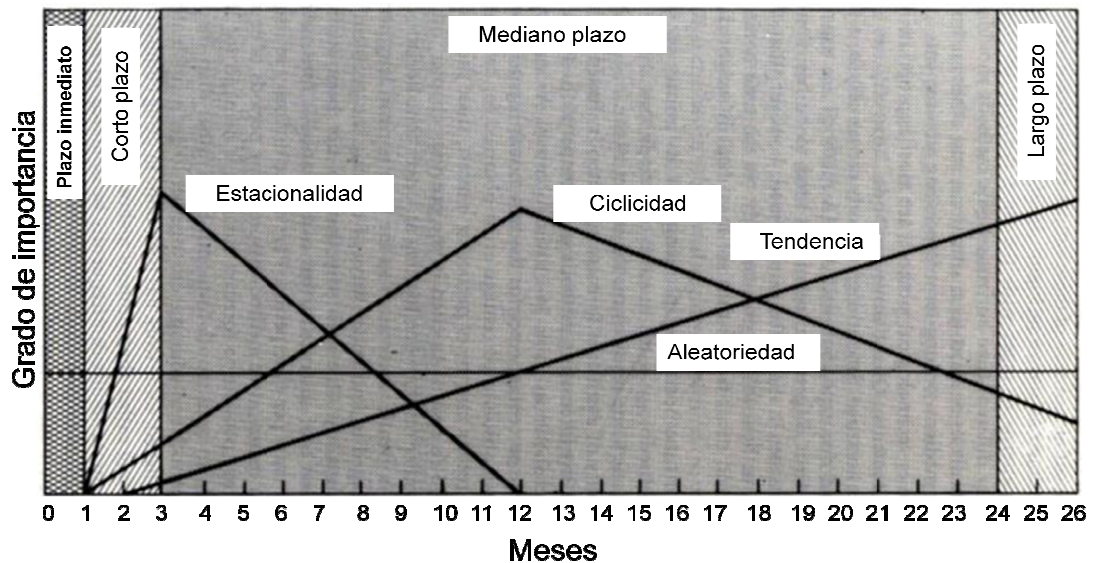
Figura 13. Ejemplo de una serie con ruido



(PAJARES@, 1997)

Los pronósticos se dividen en dos grandes grupos, que son los modelos clásicos y los modelos modernos, más conocidos como AR.I.MA, y en los que posteriormente se hace un especial énfasis.

Figura 14. Características de las series temporales



(MAKRIDAKIS, 1978)

#### 1.4.3 Modelos AR.I.MA

La definición de AR.I.MA está dada por: *Auto Regressive* (AR), *Integrated* (I), *Moving Average* (MA). Los modelos universales de pronósticos consisten en determinar aquellos que mejor se acomodan a las características de la serie que se analiza (HANKE, 2006).

Figura 15. Valoración de datos irregulares



(MORA, 2008)

La parte de AR referencia los datos que traen la historia de la serie, que no son aleatorios y además son datos formales que solo dependen del pasado. El segmento MA son los datos aleatorios futuros no formales que entrega el pronóstico. Y la parte I es la integración del de los dos segmentos, lo que lleva a relacionar el pasado con el futuro.

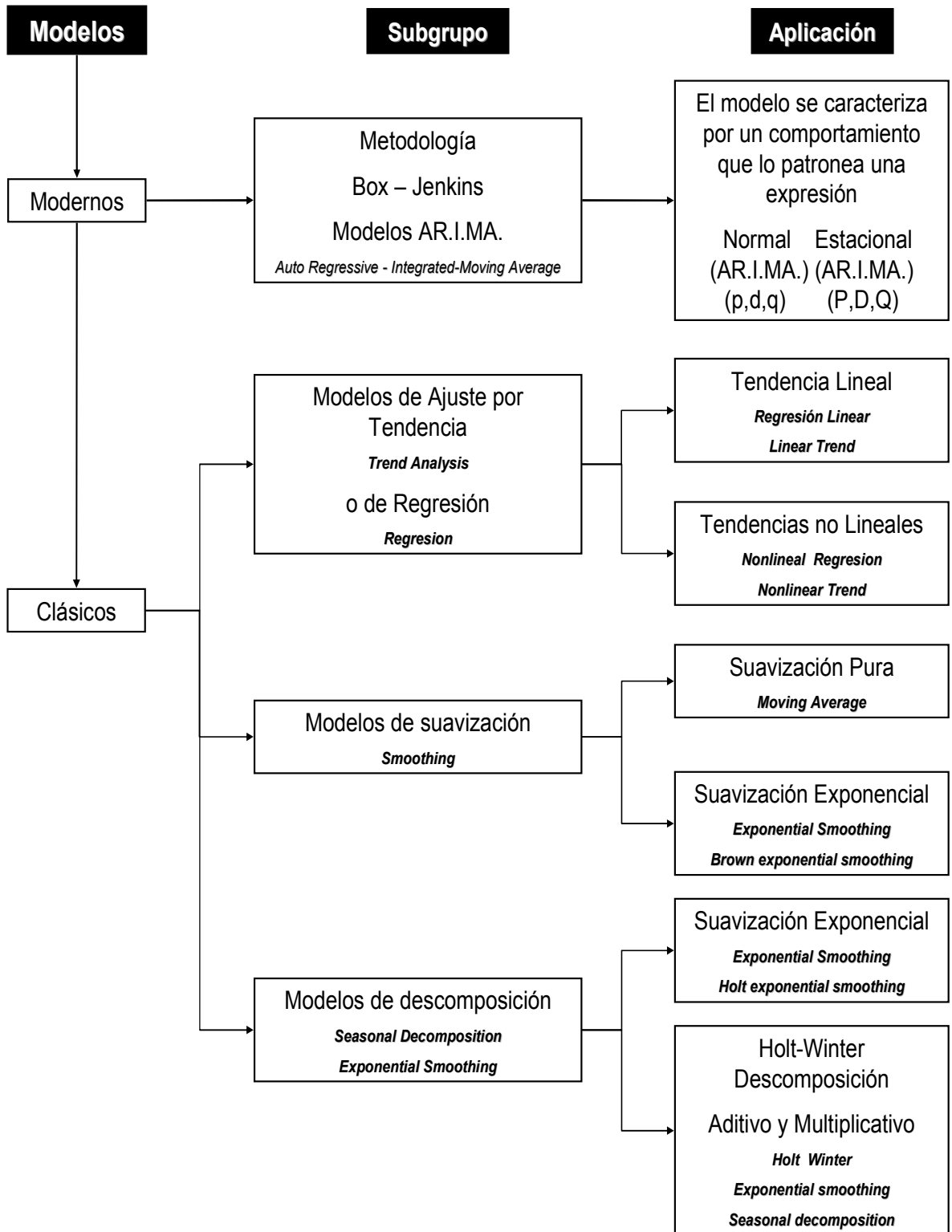
#### 1.4.3.1 Características de los modelos AR.I.MA

Los modelos AR.I.MA cumplen con unas características propias, necesarias para su realización; estos criterios se presentan a continuación.

- Estocásticos: bajo este procesos, no es necesario expresarlo en forma determinística con ecuaciones, sino con expresiones que involucran operadores.
- Pronósticos: los modelos modernos pueden lanzar pronósticos que estén en función neta del pasado, pero también pueden predecir hechos totalmente novedosos que muy poca o ninguna relación tengan con los eventos ya descritos del pasado; como también una combinación de los anteriores, pronósticos que por una parte dependan del pasado y por otra parte sean totalmente aleatorios.
- Fenómenos exógenos: estos fenómenos son aquellos que se involucran, alteran la serie y pasan a formar parte de ella.
- Simple vista: no es factible predecir el comportamiento futuro de la serie con la simple observación humana, en los modelos modernos.

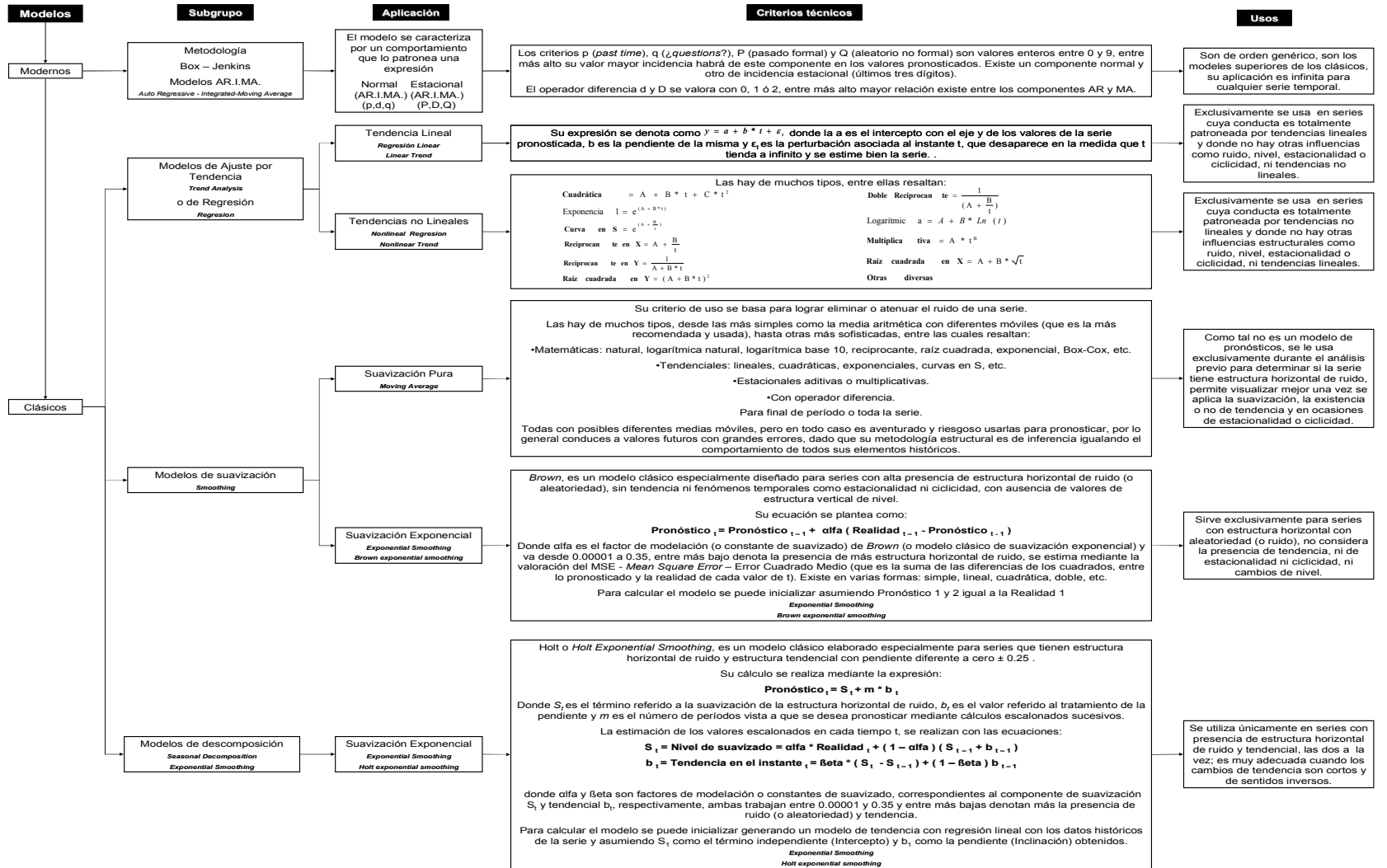
Los modelos AR.I.MA son herramientas de alto refinamiento que utilizan los valores reales y anteriores de la variable dependiente para generar pronósticos bastante exactos de corto plazo, son muy indispensables cuando los valores de la serie que se pronostica se correlacionan o forman una dependencia estadística entre sí (HANKE, 2006).

Figura 16. Tipos, criterios y usos de los diferentes modelos de pronósticos



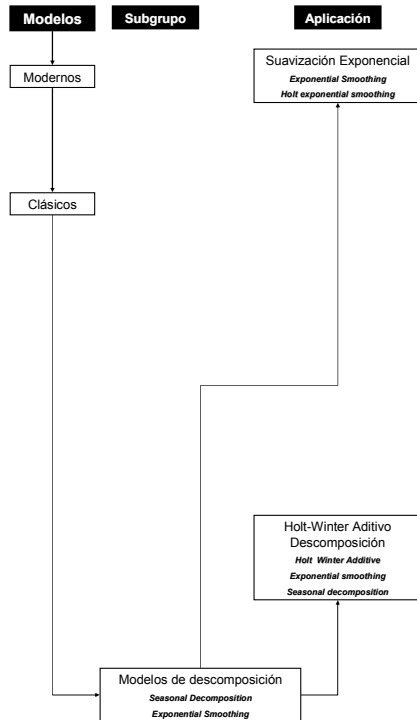
(MORA, 2008)

Figura 17. Modelos de pronósticos



(MORA, 2008)

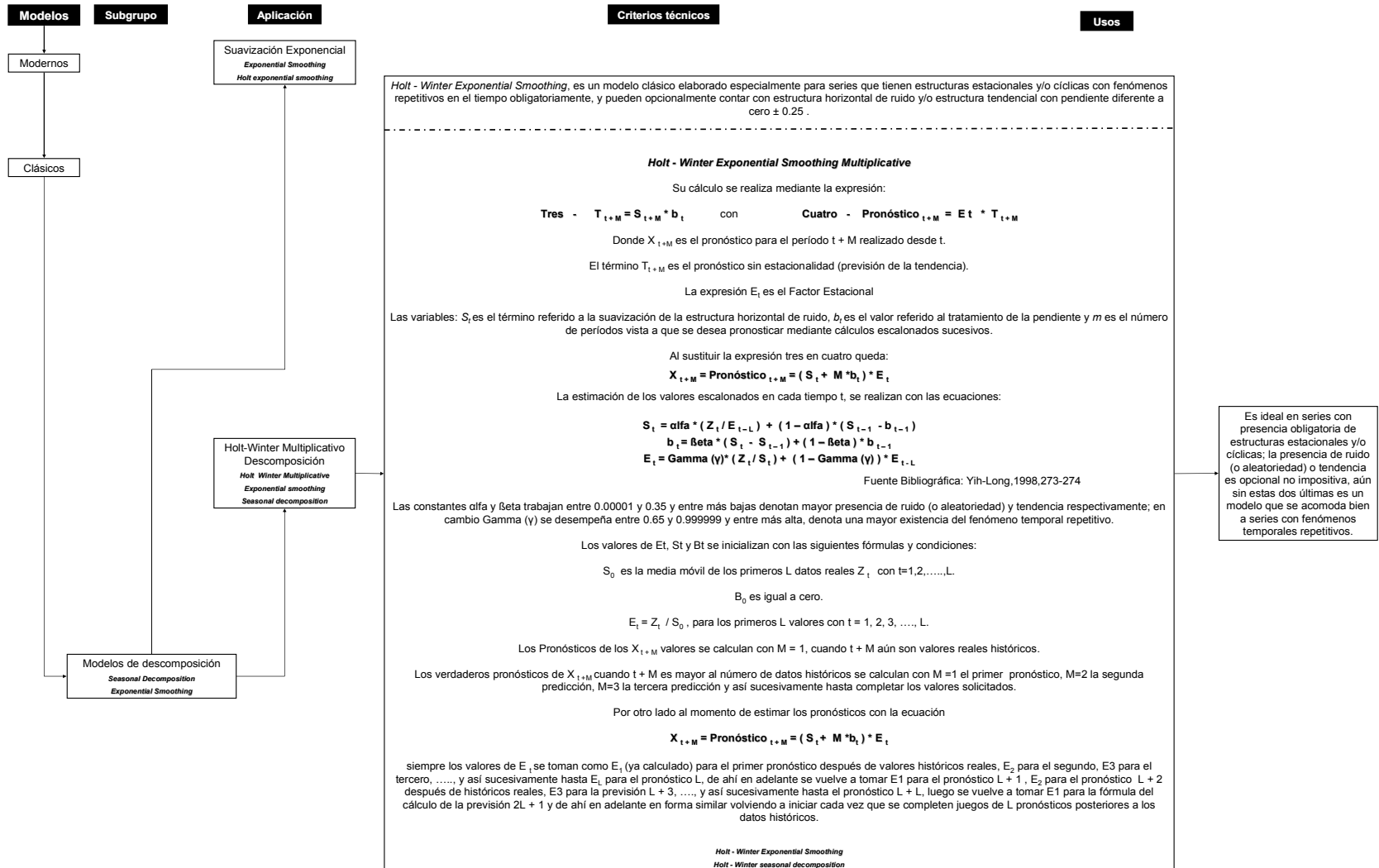
Figura 18. (Continuación)



Criterios técnicos	Usos
<p><i>Holt - Winter Exponential Smoothing</i>, es un modelo clásico elaborado especialmente para series que tienen estructuras estacionales y/o cíclicas con fenómenos repetitivos en el tiempo obligatoriamente, y pueden opcionalmente contar con estructura horizontal de ruido y/o estructura tendencial con pendiente diferente a cero <math>\pm 0.25</math>.</p> <hr/> <p><b>Holt - Winter Exponential Smoothing Additive</b>                      Su cálculo se realiza mediante la expresión:  <b>Uno -</b> <math>T_{t+M} = S_t + M * b_t</math> con <b>Dos - Pronóstico</b> <math>X_{t+M} = E_t + T_{t+M}</math>                      Donde <math>X_{t+M}</math> es el pronóstico para el período <math>t + M</math> realizado desde <math>t</math>.                      El término <math>T_{t+M}</math> es el pronóstico sin estacionalidad (previsión de la tendencia).                      La expresión <math>E_t</math> es el Factor Estacional</p> <p>Las variables: <math>S_t</math> es el término referido a la suavización de la estructura horizontal de ruido, <math>b_t</math> es el valor referido al tratamiento de la pendiente y <math>m</math> es el número de períodos vista a que se desea pronosticar mediante cálculos escalonados sucesivos.</p> <p>Al sustituir la expresión dos en uno queda:  <math>X_{t+M} = \text{Pronóstico}_{t+M} = (S_t + M * b_t) + E_t</math></p> <p>La estimación de los valores escalonados en cada tiempo <math>t</math>, se realizan con las ecuaciones:  <math>S_t = \alpha * (Z_t - E_{t-L}) + (1 - \alpha) * (S_{t-1} - b_{t-1})</math>  <math>b_t = \beta * (S_t - S_{t-1}) + (1 - \beta) * b_{t-1}</math>  <math>E_t = \gamma * (Z_t - S_t) + (1 - \gamma) * E_{t-L}</math></p> <p>Fuente Bibliográfica: Yih-Long,1998,273</p> <p>donde <math>\alpha</math>, <math>\beta</math> y <math>\gamma</math> son factores de modelación o constantes de suavizado, correspondientes así: <math>\alpha</math> al componente de suavización <math>S_t</math>, <math>\beta</math> al componente tendencial <math>b_t</math> y <math>\gamma</math> al factor temporal (cíclico o estacional). En las expresiones enunciadas <math>L</math> es la longitud del ciclo, <math>M</math> es el número de períodos futuros a pronosticar (Yih-Long,1998,273).</p> <p>Las constantes <math>\alpha</math> y <math>\beta</math> trabajan entre 0.00001 y 0.35 y entre más bajas denotan mayor presencia de ruido (o aleatoriedad) y tendencia en forma respectiva; en cambio <math>\gamma</math> se desempeña entre 0.65 y 0.999999 y entre más alta, denota una mayor existencia del fenómeno temporal repetitivo.</p> <p>Los valores de <math>E_t</math>, <math>S_t</math> y <math>B_t</math> se inicializan con las siguientes fórmulas y condiciones:  <math>S_0</math> es la media móvil de los primeros <math>L</math> datos reales <math>Z_t</math> con <math>t = 1, 2, \dots, L</math>.  <math>B_0</math> es igual a cero  <math>E_t = Z_t - S_0</math>, para los primeros <math>L</math> valores con <math>t = 1, 2, 3, \dots, L</math>.</p> <p>Los Pronósticos de los <math>X_{t+M}</math> valores se calculan con <math>M = 1</math>, cuando <math>t + M</math> aún son valores reales históricos.</p> <p>Los verdaderos pronósticos de <math>X_{t+M}</math> cuando <math>t + M</math> es mayor al número de datos históricos se calculan con <math>M = 1</math> el primer pronóstico, <math>M = 2</math> la segunda predicción, <math>M = 3</math> la tercera predicción y así sucesivamente hasta completar los valores solicitados.</p> <p>Por otro lado al momento de estimar los pronósticos con la ecuación  <math>X_{t+M} = \text{Pronóstico}_{t+M} = (S_t + M * b_t) + E_t</math></p> <p>siempre los valores de <math>E_t</math> se toman como <math>E_t</math> (ya calculado) para el primer pronóstico después de valores históricos reales, <math>E_2</math> para el segundo, <math>E_3</math> para el tercero, ..., y así sucesivamente hasta <math>E_L</math> para el pronóstico <math>L</math>, de ahí en adelante se vuelve a tomar <math>E_1</math> para el pronóstico <math>L + 1</math>, <math>E_2</math> para el pronóstico <math>L + 2</math> después de históricos reales, <math>E_3</math> para la previsión <math>L + 3</math>, ..., y así sucesivamente hasta el pronóstico <math>L + L</math>, luego se vuelve a tomar <math>E_1</math> para la fórmula del cálculo de la previsión <math>2L + 1</math> y de ahí en adelante en forma similar volviendo a iniciar cada vez que se completan juegos de <math>L</math> pronósticos posteriores a los datos históricos.</p> <p>siempre los valores de <math>E_t</math> se toman como <math>E_t</math> (ya calculado) para el primer pronóstico después de valores históricos reales, <math>E_2</math> para el segundo, <math>E_3</math> para el tercero, ..., y así sucesivamente hasta <math>E_L</math> para el pronóstico <math>L</math>, de ahí en adelante se vuelve a tomar <math>E_1</math> para el pronóstico <math>L + 1</math>, <math>E_2</math> para el pronóstico <math>L + 2</math> después de históricos reales, <math>E_3</math> para la previsión <math>L + 3</math>, ..., y así sucesivamente hasta el pronóstico <math>L + L</math>, luego se vuelve a tomar <math>E_1</math> para la fórmula del cálculo de la previsión <math>2L + 1</math> y de ahí en adelante en forma similar volviendo a iniciar cada vez que se completan juegos de <math>L</math> pronósticos posteriores a los datos históricos.</p> <p style="text-align: center;"><small>Holt - Winter Exponential Smoothing Holt - Winter seasonal decomposition</small></p>	<p>Es ideal en series con presencia obligatoria de estructuras estacionales y/o cíclicas; la presencia de ruido (o aleatoriedad) o tendencia es opcional no impositiva, aún sin estas dos últimas es un modelo que se acomoda bien a series con fenómenos temporales repetitivos.</p>

(MORA, 2008)

Figura 19. (Continuación)



(MORA, 2008)

#### 1.4.3.2 Metodología Box – Jenkins

La metodología Box – Jenkins de pronósticos es bastante particular y muy diferente de la mayoría de los demás métodos de previsiones, ella no asume ningún patrón específico de los valores de la serie que se pronostica, utiliza un modelo que se basa en iteraciones que permite identificar el mejor modelo a partir de patrones de tipo general.

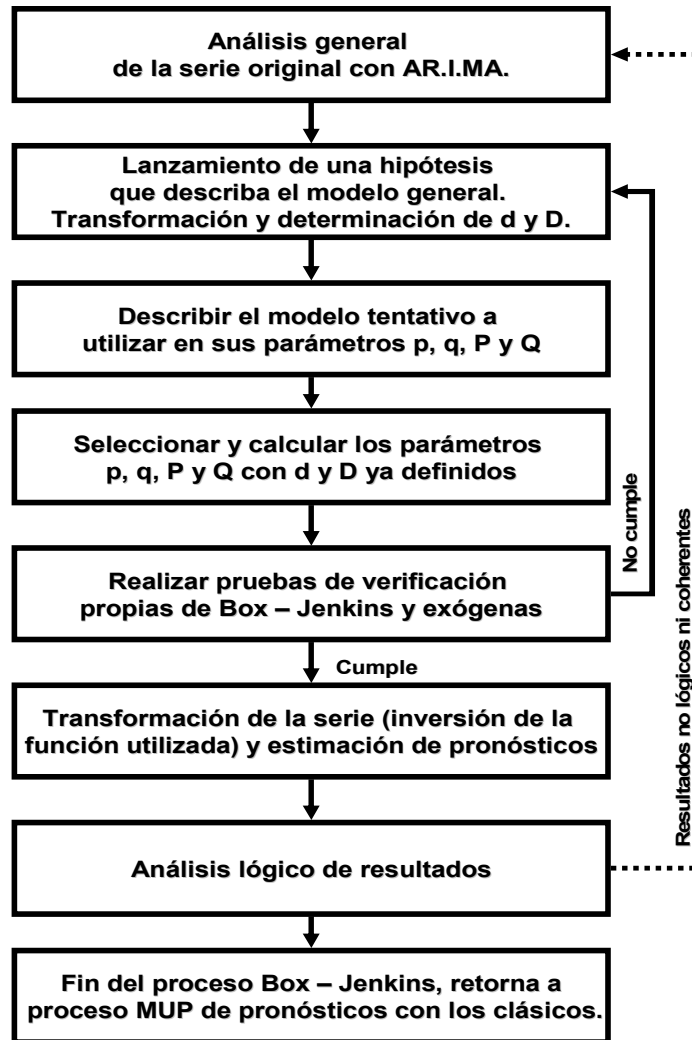
La metodología Box – Jenkins se construye a partir de la aplicación de una estrategia para la creación de un modelo, este consta de cuatro pasos y se enuncian a continuación.

- Paso 1: Identificación del modelo
- Paso 2: Estimación de modelos
- Paso 3: Evaluación del modelo
- Paso 4: Realización de pronósticos con el modelo

La metodología Box – Jenkins se refiere a una serie de procedimientos para identificar, ajustar y verificar los modelos AR.I.MA con los datos de la serie de tiempo. Los pronósticos proceden directamente de la forma del modelo ajustado (HANKE, 2006).

La ventaja de los modelos AR.I.MA., es su simpleza, dado que son una suma lineal de términos, a diferencia de los clásicos, que son de expresiones más complejas, otra gran ventaja de los AR.I.MA., es que pueden predecir de una forma conjunta los hechos futuros en función de los valores pasados y de otros componentes aleatorios no exactamente dados en el pasado, sino que se derivan de los errores de estimación de los primeros (de las correlaciones comparativas de los datos del pasado) (UAARIMA@, 2006) (Alceing@, 2006).

Figura 20. Metodología AR.I.MA. Box – Jenkins



(MORA, 2008)

La siguiente figura muestra los parámetros de éxito en la futurología que son necesarios para la realización de un estudio futurístico con la estructura real de aplicación de métodos integrales de planeación estratégica clásica y tecnológica, la cual podría realizarse en cualquier empresa, donde se apliquen durante varios años, muchos métodos tanto de orden proyectivo, de transición y de prospectiva de distinto orden y que se organicen de una forma lógica y coherente (MORA, 2008).

Figura 21. Parámetros de éxito en la futurología

<b>PARÁMETROS DE ÉXITO EN LA FUTUROLOGÍA</b>
Coherencia intelectual
Importancia
Verosimilitud
Transparencia
Pertinencia
Contenido científico
Continuidad (se aplica en un período tiempo relativamente largo)
Repetibilidad (se aplican similarmente en diferentes épocas del tiempos y ubicaciones en el espacio (en varias ciudades y poblaciones))
Consenso (participa, un altísimo porcentaje de empleados y trabajadores
Proveedores
Cientes

(MORA, 2008)

#### 1.4.4 Turbulencia

Los métodos de turbulencia o de transición se utilizan en la frontera de los anteriores, más que todo, estos trabajan con apoyo de métodos de orden estadístico, con herramientas como: correlaciones, varianza, covarianza, coeficiente alfa de Cronbach, redes neuronales, componentes principales (HAIR, y otros, 2005) (PEARSON, 1921), métodos *eigen vector* y *eigen-value* (SANTESMASES, 2001).

La turbulencia define un horizonte de tiempo comprendido entre dos meses y dos años, en los cuales trabaja metodologías cuantitativas y a la vez cualitativas; en un entorno de transición entre lo estable y lo inestable; este grupo tiene las bases en los métodos proyectivos.

#### 1.4.5 Prospectiva

El tercer grupo tiene características opuestas a la proyectiva ya que sus análisis son a largo plazo, ya que su horizonte de tiempo está comprendido en el intervalo de dos a 22 años, en los cuales es muy improbable tener aceración con un alto grado de precisión.

El entorno es completamente inestable e incierto y la visión de futuro se basa en conocimientos de los expertos que realizan este tipo de análisis. Las hipótesis que se lanzan son subjetivas con respecto a la opinión personal que tienen los futurólogos.

El resumen de los métodos futurísticos (proyectivos, turbulentos y prospectivos) muestran que el futuro es posible evaluarlo de diversas formas y estudios, todo según las características del producto o materia prima con que trabaja, los actores que participan, el entorno en donde se marca su existencia, la metodología precedida para su desarrollo y finalmente las características cualitativas o cuantitativas del desarrollo que use para obtener los resultados y según otros parámetros.

La realización de un estudio del porvenir en un sistema empresarial es un punto vital para el enfoque de los métodos futurísticos, ya que permite dotar a las compañías de cierta confiabilidad a la hora de tomar sus decisiones permitiendo entonces un casi seguro desarrollo de sus actividades y aumento en su producción y por lo tanto en las utilidades netas.

Las principales cualidades y condiciones de los métodos para las tres grandes categorías que se establecen a la hora de un estudio de métodos futurísticos se describen en la siguiente figura.

Figura 22. Síntesis de los métodos futurísticos

		<b>Tipo</b>		
		<b>Proyectiva</b>	<b>Transición o Turbulencia</b>	<b>Prospectiva</b>
<b>Críterios y parámetros de clasificación de los métodos</b>	<b>Tiempo de aplicación</b>	Sus aplicaciones son de corto plazo, se utilizan de cero a dos meses, se recomienda hasta un tope del 10% de los datos históricos que se tengan siempre y cuando no pase de dos meses.	Se aplican normalmente para periodos que van de dos meses a dos años	La utilización de uno o varios métodos prospectivos es netamente de largo plazo, lo común es que trabajen entre dos a veintidós años vista. Se recomienda para procesos de diez o más años, repetirlos cada tres (Godet, 1999)
	<b>Entorno</b>	El entorno donde se realiza el pronóstico con series temporales debe ser totalmente estable, aún cuando la variación de la variable sea alta, se requiere esta condición para que cumpla su buen desempeño. Bajo ninguna condición se deben aplicar a sistemas inestables	Son muy útiles cuando se enfrenta un proceso de cambio en el entorno, cuando se pasa de un entorno estable a inestable o viceversa	Básicamente su entorno presenta cambios en el tiempo, por lo cual exclusivamente se usa en entornos inestables de mediano o largo plazo
	<b>Materia prima fuente</b>	En el caso de la mayoría de ellos parten de variables cualitativas que se les asignan valores, su materia prima base de cálculos son netamente números, así haya estado precedido de selección cualitativa. En el caso de series temporales normalmente es univariado	Trabajan básicamente con números y algo de ideas, sirven para establecer modelos matemáticos nuevos con correlaciones diferentes a las originales cuando estaban en condición de estables o a la inversa	Su base de partida son ideas, conceptos o contribuciones de expertos, se basa en las percepciones, intuiciones, conocimientos, etc. aunque posteriormente en su desarrollo use el aporte de rigurosos métodos matemáticos, probabilísticos, estadísticos o estocásticos
	<b>Espacio</b>	Casi siempre permanecen en el mismo espacio, sobretodo dadas sus características de corto plazo en el tiempo	Sirven para espacios iguales o con leves cambios de sitio de las organizaciones	Trabaja básicamente con la posibilidad de que el entorno donde se evalúa el estado futuro sea otro, aunque trabaja perfectamente cuando es el mismo espacio o este solo tiene cambios moderados
	<b>Número de personas que intervienen</b>	Normalmente pocas, en el caso de series temporales intervienen el pronosticador y dos o tres asesores especialistas en la variable pronosticada	Mediano, ya empiezan a converger mayor número de actores, trabajan en un punto intermedio de personas, entre pocas de la proyectiva y bastantes de la prospectiva	La exigencia para lograr el consenso o la validez estadística exige en estos métodos la participación de muchas personas o expertos, en la medida que recoja las ideas de más individuos mayor es su calidad y veracidad científica
	<b>Procedimiento base de inicio</b>	Inician con un proceso cualitativo para seleccionar las (s) variable (s) a pronosticar pero posteriormente su proceso central de cálculo es matemático y/o estadístico y/o estocástico	Casi siempre son números históricos de series temporales que se proyectan ante una situación de cambio, es decir dos o más variables que eran estables se vuelven una sola situación de fusión, también aplica en escisión cuando se tenía un modelo estable de una variables y se abre en varias cambiando su entorno	Normalmente se inicia con métodos cualitativos, para luego concursar con la intervención de métodos matemáticos complejos o simples, dependiendo de lo que se desee, habitualmente participan muchos métodos de todos los órdenes (cualitativos, cuantitativos, temporales, probabilísticos, estadísticos, estocásticos, etc.)

(MORA, 2008)

## 1.5 PRODUCTIVIDAD

La productividad se considera como una medida de lo bien que se combinan y se utilizan los recursos para cumplir los resultados específicos que se quieren lograr. Esta definición de productividad se asocia con el logro de un producto eficiente, su atención se enfoca de una forma específica en la relación del producto con el insumo que se utiliza para obtenerlo.

El concepto de productividad es una evolución a través del tiempo y sobre todo influye en ello los cambios que se operan en la manera en que en el mercado empresarial contemporáneo le da importancia a la calidad (CARBALLAL@, 2006).

Las empresas colombianas buscan mejorar la productividad; para esto, muchas veces incentivan a sus trabajadores con remuneraciones por un trabajo de alta calidad y una realización de este de una forma más rápida, no siempre es esto lo más apropiado; ya que cuando el operario se siente satisfecho, nuevamente su nivel de producción baja convirtiéndose esto en una red interminable de aumento y disminución de la productividad (CASTRO@, 2006).

El mejoramiento de la productividad bajo la Gestión Total de la Productividad GTP implica llevar de manera sistemática los siguientes pasos:

- Seleccionar el conjunto de técnicas que más se ajustan y que permiten el mejoramiento de la productividad en función de las características propias de la empresa y su entorno.
- Desarrollar un plan de implementación para poner en práctica las técnicas que se seleccionan.

Los pasos del GTP puestos en práctica, permiten a nivel de empresas lograr un nivel de productividad mayor al del promedio nacional de su industria, además de

contar con mayores márgenes de utilidad; si dicha productividad crece más rápido que la de la competencia, los márgenes de utilidad se incrementan todavía más. En tanto que para aquellas cuyos niveles y tasas de crecimiento de productividad sean inferiores a sus promedios industriales corren graves riesgos en cuanto a su competitividad y permanencia (LEFCOVICH@, 2008).

#### 1.5.1 Indicadores asociados a la productividad y a la calidad

La evaluación del desempeño de un sistema está muy relacionados con la calidad y la productividad: eficiencia, efectividad y eficacia. Sin embargo a veces, se les mal interpreta, mal utiliza o se consideran sinónimos; por lo que es importante puntualizar sus definiciones y su relación con la calidad y la productividad.

##### 1.5.1.1 Eficiencia

La eficiencia se utiliza para dar cuenta del uso de los recursos o cumplimiento de actividades, para su análisis es necesario considerar dos criterios:

- Relación entre la cantidad de recursos que se utilizan y la cantidad de recursos que se estiman o que se programan.
- Grado en el que se aprovechan los recursos que se utilizan y que se transforman en productos.

##### 1.5.1.2 Efectividad

La efectividad es la relación entre los resultados que se quieren lograr y los resultados propuestos; es decir permite medir el grado de cumplimiento de los objetivos que se planifican. Este criterio se vincula con la productividad a través de impactar en el logro de mayores y mejores productos (según el objetivo); sin embargo, adolece de la noción del uso de recursos.

### 1.5.1.3 Eficacia

La eficacia valora el impacto del producto o servicio que se presta. No basta con producir con 100% de efectividad el servicio o producto que se fija, tanto en cantidad y calidad, sino que es necesario que el mismo sea el adecuado; aquel que logra realmente satisfacer al cliente o impactar en el mercado.

La productividad encierra dentro de sí a la eficacia como un criterio que se relaciona con lo que se define de calidad (adecuación al uso, satisfacción del cliente), sin embargo considerando ésta en su sentido amplio calidad del sistema.

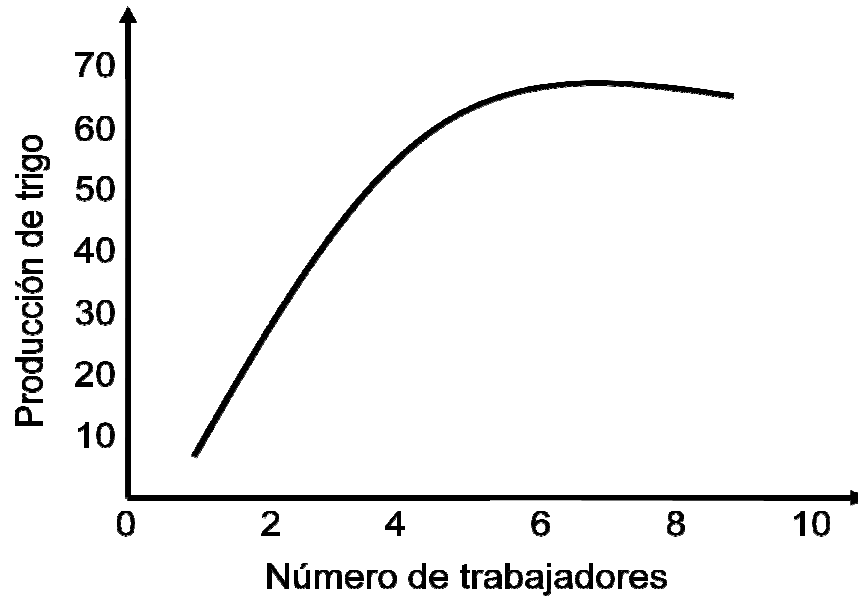
El análisis de la eficiencia, efectividad y eficacia desprende la idea de que estos tres niveles no se consideran ni se estudian de forma independiente, ya que cada uno brinda una medición parcial de los resultados; es por ello que se consideran como un sistema de Indicadores que sirven para medir de forma integral la productividad (CARBALLAL@, 2006).

## 1.6 FUNCIÓN DE PRODUCCIÓN

La función de producción es una relación o ecuación matemática, que indica la cantidad máxima de producto que se puede obtener con un conjunto de insumos o factores de producción que se determinan, como son Trabajo (L), Tierra (T) y Capital (K) (E-Magister@, 2006).

El supuesto *Ceteris paribus*, permite representar una función de múltiples variables, dependiente e independientes, en un eje de coordenadas, al suponer que se mantiene constante todas menos una cada vez; de tal forma que, si se mantiene constante el nivel de T y K en la función de producción, solo variando los trabajadores, esta queda así (BURGALETA@, 2004):

Figura 23. Ejemplo de función de producción



(E-Magister@, 2006)

#### 1.6.1 Estructura de la función de producción

La estructura de la función de producción se compone del Producto Total (PT), el Producto Medio (PMe) y el Producto Marginal (PMg), su análisis se muestra a continuación.

##### 1.6.1.1 Producto Total

La función de producción a corto plazo indica la producción total máxima obtenida de diferentes cantidades de insumos o factores variables, dadas las cantidades del factor fijo, y las que se requieren de insumos ingredientes (E-Magister@, 2006).

El análisis de la gráfica anterior muestra que la función de producción es creciente hasta un nivel, a partir del cual, se torna decreciente. Esta característica es un desarrollo de los autores clásicos que consideran que es inevitable este comportamiento y que, por tanto, se puede definir como ley de rendimientos decrecientes del factor trabajo (CLEMENT, 1997).

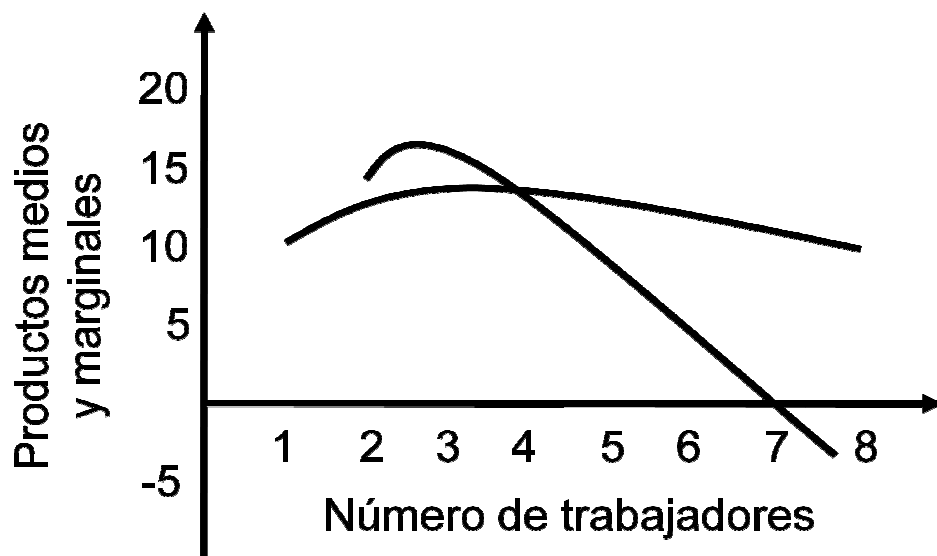
### 1.6.1.2 Producto Medio

El PME es el producto total dividido por la cantidad del insumo que se emplea en esa producción. Es decir, el PME es la relación producto insumo para cada nivel de producción y el volumen correspondiente del insumo.

### 1.6.1.3 Producto Marginal

El cambio del producto total (en valor absoluto) que se relaciona con un incremento o una disminución de una unidad del insumo variable es el concepto de producto marginal, que se expresa matemáticamente como la derivada de la producción con respecto a la variable. En este caso, el factor variable es el trabajo, mientras que el resto de los factores se mantienen fijos (Econlink@, 2009).

Figura 24. Producto medio y marginal



(E-Magister@, 2006)

### 1.6.1.4 Ley de rendimientos decrecientes del factor trabajo

La ley establece que, cuando la cantidad de un insumo es fija y se alteran los otros, el producto marginal de todos ellos empezara a declinar en algún momento, un ejemplo de ellos, es que si aumentamos el trabajo (mano de obra) al principio

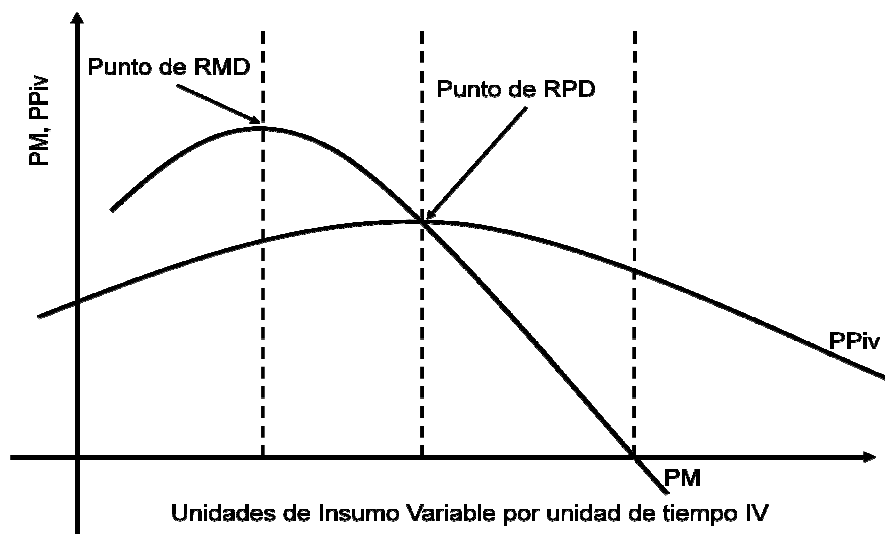


La producción que se espera por la utilización de más horas-hombre, por ejemplo, aumenta a través de la etapa I, lo que indica que la misma producción se obtiene con una cantidad menor de insumo fijo. En la etapa III no es conveniente la producción; ya que unidades adicionales de IV realmente reducen la producción total.

La eficiencia del proceso productivo se mide por el producto promedio ya que el mismo indica la cantidad de producto obtenido por unidad de insumo, lo anterior deja de manifiesto que la etapa II es la mejor desde el punto de vista de la eficiencia.

Las etapas tienen un significado especial para analizar la eficiencia con la que se utilizan los recursos. El máximo de PMg vs unidades de IV define el punto de RMD a partir del cual un aumento en los IV significan una disminución en el PMg. La primera etapa corresponde al rango en el cual el PMe aumenta como resultado de la utilización de cantidades crecientes de insumos variables (materia prima, mano de obra, etc.) (E-Magister@, 2006).

Figura 26. Función de producción y curvas PMg y PPiv



(E-Magister@, 2006)

## 1.7 CONCLUSIONES DE CAPÍTULO

La combinación de la utilización de los métodos de pronósticos con un pensamiento ingenieril son clave para el desarrollo de un proceso de planeación y gestión en la administración de recursos dentro de una empresa, lo cual permite tomar las decisiones más importantes en cuanto a insumos, materia prima y mano de obra necesaria para llevar a cabo alguna actividad.

Las áreas de tecnología, inventarios, ventas, producción y recursos humanos dentro de una empresa, son las áreas que más atención necesitan en cuanto a su planeación, ejecución y control, es por esto que requieren mayor necesidad de aplicación de los métodos de pronósticos para visualizar los acontecimientos futuros y lograr establecer los planes estratégicos adecuados hoy.

El modelo universal de pronósticos es una metodología que permite facilitar la toma de decisiones, pero es necesario reconocer que sus resultados no son perfectos ni exactos, pero si son confiables; lo cual hace entender que la participación del hombre en su análisis es importante para decidir lo que considera o no correcto.

Los informes de pronósticos son de gran ayuda para aquellas personas responsables en la toma de decisiones de diversos aspectos dentro de una empresa o compañía, de esta manera, desde un supervisor hasta un gerente, pueden, según los datos que se analizan prepararse para luego desenvolverse de una manera muy certera tanto dentro de la empresa, como en los escenarios futuros nacionales e internacionales para garantizar su competitividad y aumento de utilidades a largo plazo.

La función de producción demuestra que existe un punto en el cual la producción tiene una eficiencia máxima, lo que indica que si se aumenta el personal u otro factor de producción la cantidad de producto final decrece.

## 2 VARIABLES A PRONOSTICAR

### 2.1 OBJETIVO

Reconocer las principales variables de las actividades de Re-Proceso (RP) con el fin de encontrar los parámetros a pronosticar – Nivel 2 – Comprender

### 2.2 INTRODUCCIÓN

El reconocimiento de las principales variables de RP de una empresa ensambladora de motos es el paso a seguir para lograr un desarrollo correcto y completo de un estudio del porvenir. Las variables principales que se reconocen dentro de una zona RP en una empresa ensambladora de motos son la cantidad de piezas necesarias a re-trabajar y el tiempo que tardan éstas en estar listas.

La identificación de la cantidad de piezas que son necesarias a reprocesar es importante, además del tipo de proceso que necesitan, ya que permite establecer un cronograma en el cual pueda ser asignado a cada operario la actividad que debe realizar por día, además del tiempo límite para realizar ésta (MEJÍA, 2008).

## DESARROLLO DEL CAPÍTULO

### 2.3 CONCEPTOS BÁSICOS

Los conceptos que se muestran a continuación son fundamentales para la comprensión del capítulo que se comienza a desarrollar.

#### 2.3.1 La empresa

El contexto actual de la empresa se refiere a ésta como el instrumento para obtener beneficios; además de considerar al empresario como la persona que dispone de unos medios humanos, materiales y financieros que ha de usarlos de una manera conveniente para alcanzar objetivos económicos, técnicos, humanos y sociales.

La empresa industrial, en un sentido más amplio, es la unidad orgánica compuesta por medios materiales (capital, inmuebles), personales (directivos, técnicos y obreros) y jurídicos (que estipulan las relaciones entre los distintos elementos) para la obtención de productos al menor costo, dentro de la calidad fijada, para su venta, con el mayor beneficio posible y creando satisfacciones humanas (CRIOLLO, 1998).

### 2.3.2 Zona RP

La zona RP dentro de una empresa ensambladora de motos es una zona destinada a realizar trabajos imprevistos, correcciones y reparaciones de algunas piezas que se dañan dentro de la misma empresa, pero el fin más importante de ésta, es asumir cada una de los procesos que se deben realizar para todas las piezas defectuosas que llegan del lugar de origen de donde se importó los insumos para el respectivo ensamble.

El manejo de la logística dentro de una zona RP es muy importante, ya que muchas veces el departamento de producción destina ensamblar determinado número de motos, esta decisión puede resultar de un día para otro, lo que hace indispensable saber cómo responder ante el pedido, para ello es imprescindible conocer la capacidad de los operarios que trabajan dentro de la zona, las habilidades que ellos poseen y la forma en cómo suelen responder ante este tipo de eventualidades (MEJÍA, 2008).

El trabajo dentro de la zona RP considera obrar con sinergia, ya que muchas veces la asociación entre personas conlleva a la elaboración de un proceso de una forma más rápida, eficiente, óptima y organizada, así que es indispensable entonces tener en cuenta que las personas vinculadas a estas actividades deben tener un estricto orden, cooperantes y proactivas.

Figura 27. Ubicación típica de la zona RP dentro de la empresa



El análisis de la zona RP dentro de una empresa ensambladora de motocicletas considera muchos factores que conllevan a que ésta funcione de una forma armónica y siempre en pro de las actividades asignadas y de los requerimientos estipulados por la empresa, en especial la gerencia.

El funcionamiento de esta zona es la clave para lograr una secuencia activa en todos los procesos que se llevan a cabo dentro de la empresa, algunos de ellos es pintura, producción, recibos y envíos de piezas para los proveedores, despachos, bodegaje, calidad y reparación (MEJÍA, 2008).

Las personas que hacen que estos procesos sean efectivos son principalmente los operarios, los cuales participan diaria y activamente con su mano de obra; también

participa en esta sincronía una persona encargada de vigilar los procesos y de velar para que se lleve a cabo todos los trabajos en el tiempo establecido y de la mejor manera en cuanto a los criterios de calidad designados por la empresa.

El objetivo final de la zona RP en general es lograr realizar cada uno de los procesos de la mejor forma posible, cumpliendo con los estándares de calidad llevados por la empresa y en el menor tiempo posible, garantizando así ningún paro en la línea de producción y nunca la necesidad de volver a realizar un re-trabajo (SALAZAR, 2008).

#### 2.3.2.1 La mano de obra

La Mano de Obra (MO) o trabajo fabril representa el factor humano de la producción, sin cuya intervención no podría realizarse la actividad manufacturera, independientemente del grado de desarrollo mecánico o automático de los procesos transformativos (RCV@, 2008).

La MO se clasifica según la relación directa o indirecta que tenga con los productos elaborados; es así entonces como la MO de producción que está directamente comprometida con la fabricación de los productos, se conoce como Mano de Obra Directa (MOD) y aquella que no está directamente comprometida con la producción se llama Mano de Obra Indirecta (MOI) que se convierte en parte de los costos indirectos de fabricación (Centroe@, 2008).

#### 2.3.3 Supervisión del trabajo

La actividad de supervisión está a cargo del analista o persona que toma los tiempos o que dirige el trabajo dentro de la zona de RP puede ser vista de buena o mala manera por parte de los operarios, esto depende en gran medida de cómo el analista realice su labor.

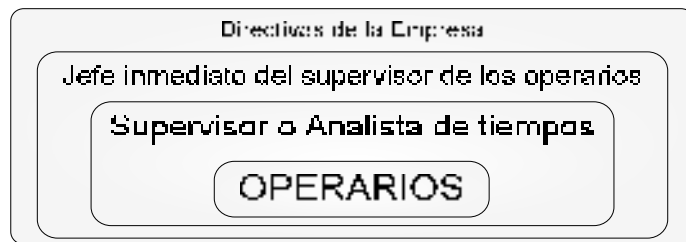
El estudio de trabajo es una técnica muy importante: en primer lugar, porque contribuye a mejorar la utilización de los recursos de las empresas y en segundo lugar, porque, al aplicar dichas técnicas, resultan patentes otros defectos de organización y funcionamiento (OIT, 1995).

La realización de un estudio del trabajo dentro de la zona RP, debe considerar los siguientes ítems para conseguir un buen trabajo y establecer y mantener una buena relación con los empleados (CRIOLLO, 1998):

1. Darle importancia al trabajador en la elaboración del estudio consultándolo y explicándole las técnicas, procedimientos y los resultados que se esperan obtener.
2. Explicar la importancia del estudio y sus aplicaciones dentro de la zona RP que es en donde ellos laboran.
3. La persona que realiza el estudio nunca debe de actuar como un desconocido al lado del trabajador.
4. El supervisor o analista debe dar tiempo para que el trabajador domine el método que desarrolla, debe esperar a que esté bien entrenado y que se adapte a la presencia del supervisor encargado para adquirir la confianza necesaria que le permita participar en el estudio haciendo comentarios o recomendaciones.
5. Se debe de ubicar de pie, a la izquierda del operario, aproximadamente a un metro de distancia para no incomodar al trabajador en su labor.

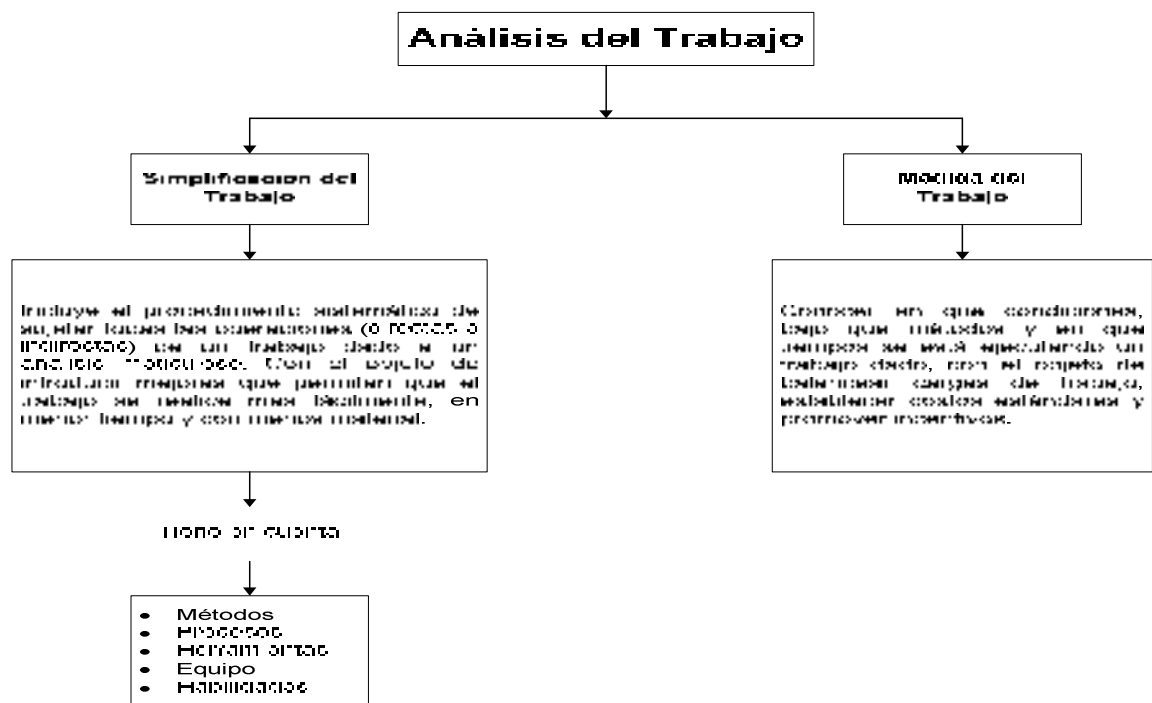
El supervisor que se encuentra a cargo de la zona RP debe velar por un bien común y tratar al máximo de enfocar y repartir las actividades de una forma equilibrada, teniendo en cuenta las fases o criterios principales de simplificación y control del tiempo que demora la ejecución de una labor para así garantizar el desarrollo de un buen trabajo (SALAZAR, 2008).

Figura 28. Relación del recurso humano



La relación entre las dos fases principales para la realización de un estudio de trabajo dentro de una empresa industrial dedicada al ensamble de motocicletas en Medellín se muestra a continuación y consta de la fase de simplificación y medida del trabajo, las cuales enmarcan la manera más óptima de realizar reducciones concisas al trabajo; es decir enfocar nuevas mejoras para reducir la complejidad de alguna labor, además de conseguir un balance en las actividades orientadas al equipo de trabajo (CRIOLLO, 1998).

Figura 29. Fases principales para la realización de un análisis del trabajo



(CRIOLLO, 1998)

#### 2.3.4 El tiempo

El conocimiento del tiempo es necesario para la elaboración de los costos de fabricación, la determinación de los plazos de entrega de producción, la determinación de la capacidad productiva de la planta; la forma como se debe determinar las necesidades de la mano de obra y para conocer la eficiencia de producción individual o colectiva (CASTAÑO, 1982).

La medición del trabajo y en consecuencia del tiempo, es a final de cuentas un procedimiento para determinar la cantidad de tiempo requerido, bajo ciertas condiciones estándares de medición, para tareas que implican alguna actividad humana (MUNDEL, 1960).

El análisis del estudio y toma de tiempos dentro de una zona determinada de una empresa se considera como una técnica muy útil que permite determinar con la mayor exactitud posible, de qué forma, partiendo de un número limitado de observaciones, el tiempo óptimo necesario para llevar a cabo una tarea o serie de tareas respectivas de acuerdo a una norma de rendimiento preestablecido.

La realización de un estudio de tiempos no pretende fijar lo que tarda un hombre en ejercer un trabajo; no es tampoco un procedimiento para hacer caer al operario en el agotamiento físico; en definitiva, de lo que se trata es de establecer un tiempo de ejecución que cualquier operario que conozca su trabajo pueda hacerlo continuamente y con agrado (RUIZ, 1973).

#### 2.3.5 Estructura del estudio del trabajo dentro de la zona RP

La realización de un trabajo eficiente dentro de cualquier zona de trabajo dentro de una empresa, debe tener en cuenta tres criterios básicos de la organización: planeación, coordinación y control, los cuales permiten llegar a un resultado confiable y óptimo para establecer la forma más viable de proceder dentro de la zona estudiada (PRIETO, 1990).

La importancia que tiene este estudio se enfoca a un solo fin: maximizar la capacidad de reacción de la zona para lograr un producto con excelente calidad y en el menor tiempo posible.

La zona RP dentro de una empresa, es una zona congestionada por la constante entrada y salida de trabajo, es necesario desarrollar una metodología basada en prioridades las cuales muestren una ruta de trabajo específico y orienten al supervisor y por lo tanto a los empleados de cómo atacar cada una de las actividades que se presentan.

#### 2.3.5.1 La planeación

La planeación es el proceso de mirar hacia el futuro a través del cual se prevén acciones y recursos con respecto a lo que una organización espera alcanzar; acorde a esto, se quiere entonces reducir al máximo los RP de la forma más eficiente (menor tiempo y menor costo) y lograr así evitar paros en la línea de ensamble (Virtual@, 2005).

#### 2.3.5.2 La coordinación

La coordinación es establecer la armonía entre todos los actos de una empresa y lograr ordenar el esfuerzo de grupal, con el propósito de conseguir la unidad de acción en la persecución de un objetivo común; se trata entonces que un grupo de operarios trabajen en conjunto para lograr la máxima eficiencia de la zona que se estudia (Manager@, 2008).

La necesidad de establecer una comunicación encaminada a la acción, en donde un supervisor, gerente o administrador forman grupos coordinados; los cuales por medio de la cooperación consiguen un flujo normal de las actividades para mantener un equilibrio entre las operaciones que desarrollan los distintos niveles de organización es lo que impulsa a la empresas a establecer criterios de coordinación que permitan siempre mejorar en su planeación y logística.

### 2.3.5.3 El control

El control es la medición de lo logrado en relación con lo previsto; así como la detección y corrección de desviaciones, para asegurar el logro de las metas y objetivos propuestos (PRIETO, 1990).

El proceso de control tiene como función principal asegurar que lo que se hace es lo que se piensa hacer, además de señalar las debilidades y errores a fin de rectificarlos e impedir que se produzcan de nuevo.

## 2.4 VARIABLES A PRONOSTICAR

El análisis de la serie temporal a pronosticar se concentra en la cantidad de piezas mensuales que entran a la zona de reprocesos. Se realizan tres pronósticos correspondientes a cada referencia, estos se muestran más adelante.

Figura 30. Medición de las variables a pronosticar

<b>Nombre de la variable</b>	<b>Medición</b>
Cantidad del RP	Número de piezas/mes

## 2.5 PIEZAS QUE SE TRABAJAN EN LA ZONA DE REPROCESOS

La zona RP está continuamente saturada por piezas a las cuales es necesario realizarles diferentes procesos, para lograr una completa restauración y cumplir al máximo con los estándares de calidad de la empresa.

Las piezas que se reprocesan se utilizan en casos extremos inmediatamente en la línea, en otras ocasiones, estas pieza nuevamente se empacan y se despachan a la bodega, en donde se almacenan hasta que sea necesario desempacarlas para ensamblarlas (MEJÍA, 2008).

La lista de piezas que se pretende analizar se muestra a continuación:

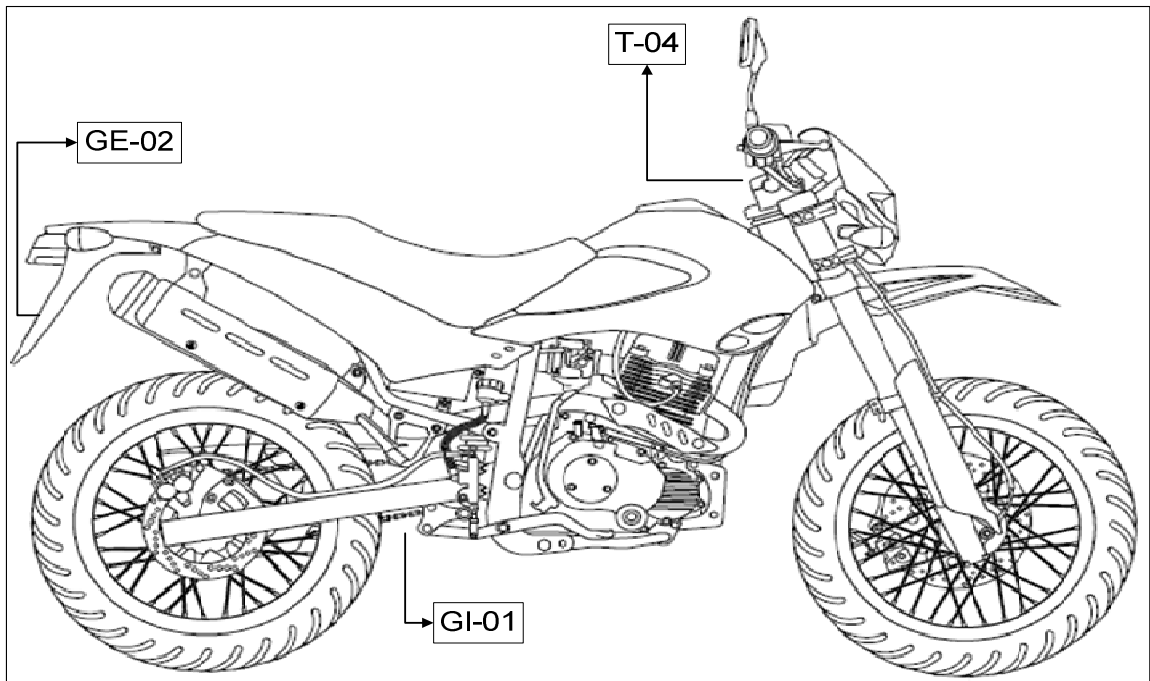
Figura 31. Variables a pronosticar

Código	Nombre de la pieza
GI-01	Guardapolvo del guardabarro trasero interno
GE-02	Guardabarro trasero externo
T-04	Tacómetro

El análisis de las piezas que se reprocesan pueden identificarse fácilmente en una motocicleta, además el conocimiento respectivo de su ubicación permite establecer que tan importante y cuidadoso debe ser el trabajo a realizar, ya que muchas veces un proceso mal hecho puede conllevar a un daño significativo en una parte mucho mas importante como es el motor (AGUIRRE, 2009).

La siguiente figura permite identificar cada pieza del catálogo a reprocesar, y ubicar así la importancia que dentro de la moto esta tiene.

Figura 32. Modelo de motocicleta

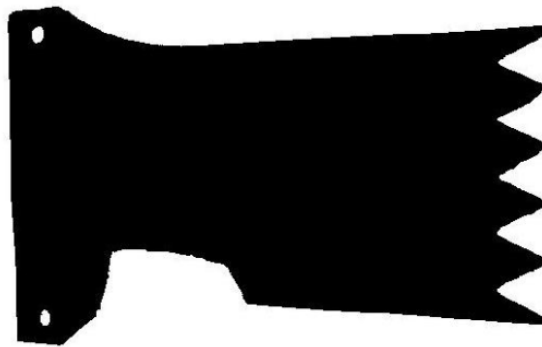


(AKT@, 2007)

### 2.5.1 Guardapolvo del guardabarro trasero interno

El guardapolvo del guardabarro trasero interno, es una pieza que se ubica en la motocicleta en la parte de atrás, justo entre la llanta trasera y el motor; ésta se sostiene del guardabarro trasero interno y se desliza por todo el interior de la tijera. Su función es proteger que el barro, el agua y demás impurezas de suelo lleguen hasta el motor y sus partes (AGUIRRE, 2009).

Figura 33. Guardapolvo del guardabarro trasero interno



El trabajo que se le realiza a esta pieza consiste en recortar un acabo en forma triangular que tiene en su borde inferior y que da al suelo, esto se hace por motivos técnicos y de apariencia (URREGO, 2009).

El esquema del reproceso que se realiza a esta pieza se explica y se muestra a continuación:

El RP comienza con una canasta que se trae de la bodega y que se ubica en la zona de re-trabajos, luego, un operario toma cada una de las piezas y las dispone una a una en una mesa en donde se realiza el siguiente paso del trabajo.

Figura 34. Ubicación del guardapolvo trasero en la mesa de trabajo



La pieza que se ubica en la mesa de trabajo se sujeta firmemente por el operario sobre una pieza de madera, luego de esto se coloca una plantilla encima de ella con el fin de delinear el lugar por donde se debe ejecutar el respectivo corte; es decir justo en los valles, luego del corte, el material excedente se elimina (URREGO, 2009).

El RP del guardapolvo del guardabarro trasero interno se realiza rápidamente ya que no es muy laborioso, se clasifica como un RP de atención y de cuidado, para evitar accidentes en los trabajadores y daños en la pieza que conlleven a un reproceso (MEJÍA, 2008).

Figura 35. Ubicación de la plantilla y corte del excedente de material



Los excedentes que se cortan se disponen en la basura, luego se toma cada pieza y con unas tijeras se hace redondeos, esto es un trabajo fácil pero algo manual y no mecánico, ya que se espera que el trabajador se esmere en un acabado bien hecho y que no malogre la pieza final. Una vez se termina el RP, cada pieza se guarda en la canasta y se lleva a la bodega para su futuro ensamble (MEJÍA, 2008).

Figura 36. Retoques finales para el guardapolvo interno



### 2.5.2 Guardabarro trasero externo

El guardabarro trasero externo es también conocido como cola porta placa o cola porta direccionales y farola trasera; esta pieza es fundamental en la motocicleta, ya que como su nombre lo dice es la encargada de sujetar la placa, las direccionales derecha e izquierda y la farola trasera. Esta pieza protege al motociclista de las impurezas del suelo, como son el barro, charcos de agua, etc. (AGUIRRE, 2009).

El trabajo que se realiza a esta pieza consiste en ampliar los agujeros que permiten sujetar las direccionales derecha e izquierda; esto se hace por motivos técnicos; ya que al ensamblar la pieza sin la previa realización del RP, las direccionales no se ensamblan de forma correcta (URREGO, 2009).

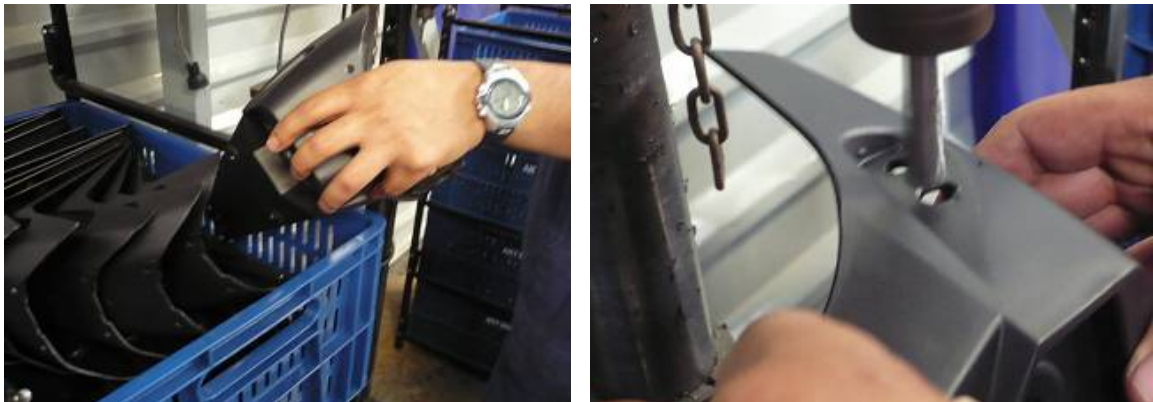
Figura 37. Guardabarro trasero externo



El esquema del reproceso que se realiza a esta pieza se explica y se muestra a continuación:

El RP comienza con una canasta que se trae de la bodega y que se ubica en la zona de re-trabajos, luego, un operario toma cada una de las piezas y las dispone en el taladro vertical para efectuar el respectivo proceso.

Figura 38. Ampliación del agujero del guardabarro trasero externo



El proceso que se realiza al guardabarro trasero externo consiste en ampliar un agujero que se encuentra a ambos lados de la pieza, para lograr esto es necesario taladrar con una broca de un diámetro específico, esta se ubica en el taladro solo

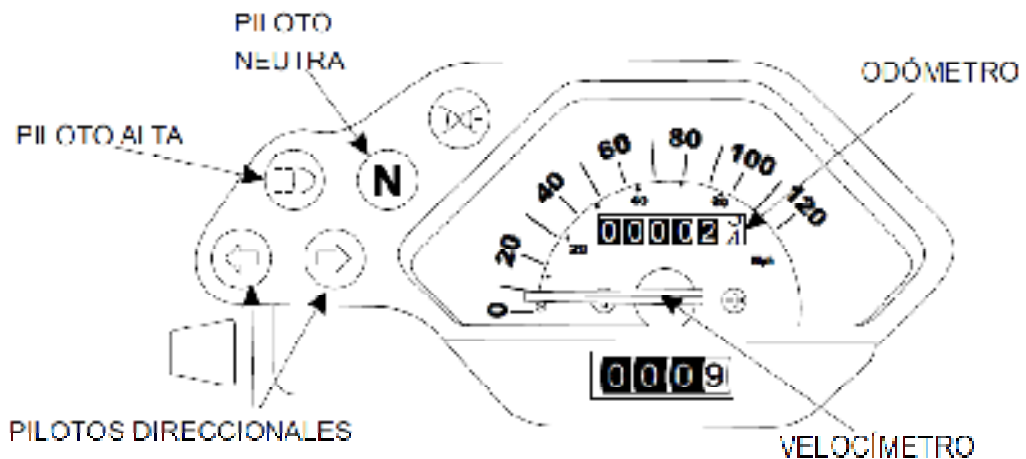
una vez antes de comenzar el procedimiento y así se puede lograr muchas piezas de una forma sencilla y rápida (URREGO, 2009).

El guardabarro trasero externo es una pieza fácil de reprocessar, para lograrlo es necesario que el operario tenga buena concentración y esté atento continuamente para evitar errores y accidentes, este RP es sencillo de conseguir pero algo monótono (MEJÍA, 2008).

### 2.5.3 Tacómetro

El tacómetro es el dispositivo en el cual se muestran las variables más relevantes de la motocicleta como son la velocidad, revoluciones por minuto, direccionales, estado de las luces e indicador de neutra. Los tacómetros pueden ser análogos o digitales (AGUIRRE, 2009).

Figura 39. Tacómetro genérico



(AKT@, 2007)

El proceso que se realiza al tacómetro consiste en reforzar con silicona el interior de este; con el fin de prevenir y mitigar las filtraciones de agua que se concentran dentro de este (URREGO, 2009).

El RP comienza cuando cada tacómetro se saca de su empaque original, luego, cuidadosamente se coloca en una superficie llana y libre de impurezas para proteger la pantalla y proceder a destornillar cada uno de los tornillos que lo sujetan (MEJÍA, 2008).

Figura 40. Desempaque y destornillada del tacómetro



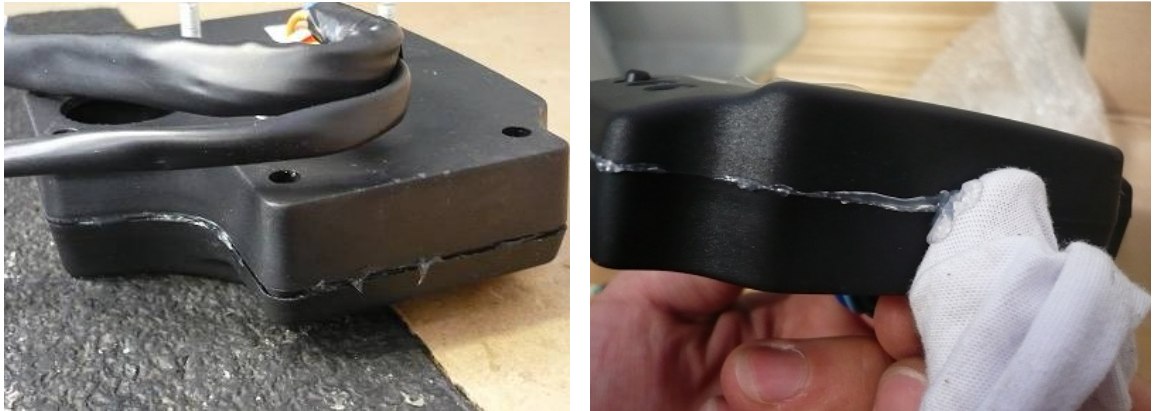
La cubierta superior se retira del cuerpo principal y con la pistola de silicona se agrega esta en todo el alrededor de la carcasa y por todos aquellos sectores donde es propicio para que el agua se filtre.

Figura 41. Destape y adecuación de silicona al tacómetro



La silicona húmeda se dispersa para luego tapar nuevamente el tacómetro y proceder a atornillar nuevamente. Finalmente la silicona que sobresale se limpia con el cuidado suficiente de no manchar la pantalla para empacarlo y llevarlo a la bodega (AGUIRRE, 2009).

Figura 42. Limpieza de los excedentes de silicona del tacómetro



El RP del tacómetro es sencillo pero toma mucho tiempo, ya que su ejecución tiene muchos procesos. El operario encargado debe ser muy cuidadoso, paciente, atento ya que este trabajo es algo monótono (MEJÍA, 2008).

## 2.6 CONCLUSIONES DE CAPÍTULO

Las tareas que se asigna a una zona de trabajo se deben planear, coordinar y controlar, para garantizar su plena realización, con los estándares requeridos y en el tiempo que se estima, lo cual permite obtener la utilidad máxima de la mano de obra y así un buen provecho de todos y cada uno de los recursos que la empresa dispone para cumplir con su objeto social.

El estudio del trabajo que se realiza dentro de un área laboral de una empresa, debe ser un enfoque que permita desarrollar metodologías para facilitar las tareas que se asignan y establecer un control general de la duración de las actividades que se planean.

La justificación que tiene una empresa para tener una zona RP es sobre todo de índole financiero; ya que resulta más favorable tener esta zona que se encarga de tener las piezas disponibles para su ensamble a un corto plazo de tiempo, que tener que realizar una devolución a China que puede tomar varias semanas y consumir gastos de envío.

## 3 PREDICCIONES

### 3.1 OBJETIVO

Predecir el comportamiento futuro de los parámetros de reproceso en una ensambladora de motos – Nivel 3 – Aplicar

### 3.2 INTRODUCCIÓN

El análisis del comportamiento futuro de las principales variables de RP de una empresa ensambladora de motos tales como el guardapolvo del guardabarro trasero interno (GI-01), guardabarro trasero externo (GE-02) y tacómetro (T-04), que se analizan a través de la cantidad en número de piezas por día, es el fundamento del presente capítulo, cuyo fin es pronosticar con éxito la demanda de dichas piezas.

El estudio del porvenir que se presenta a continuación se realiza a partir del uso de programas como *Statgraphics Centurion 2008 XV.0.1.02 (SGC)*, Excel, *Forecast Pro Basic (FPB)*, *Forecast Expert 5.3 (FE)*, *Vanguard Decision Pro (VDP)*, y *WINQSB (WQSB)*, entre otros; a partir de los cuales se obtiene la información necesaria luego de introducir los datos de las variables a pronosticar.

## DESARROLLO DE CAPÍTULO

La ciencia, la técnica y los Sistemas de Información (SI) evolucionan cada día, lo que permite una interacción entre sí con el fin de apoyar las actividades de una empresa o negocio. Para el correcto y óptimo funcionamiento de los SI, es necesario disponer del recurso humano quien trabaja con éste para realizar las tres tareas básicas: almacenamiento, procesamiento y salida de información (Monografía@, 2009).

La MUP requiere de la implementación de diversos softwares que permitan realizar de una forma rápida el procesamiento de información; gracias a estas nuevas técnicas, es posible manejar volúmenes de información grandes que permiten resultados más confiables y exitosos.

Los programas que se utilizan para pronosticar requieren de datos históricos que el usuario debe ingresar; luego de una forma automática se analizan estos a través de métodos estadísticos y gráficos que permite un fácil análisis de las características de las series temporales (Forecast@, 2006).

### 3.3 METODOLOGÍA UNIVERSAL DE PRONÓSTICOS

El MUP garantiza la repetitividad de los procesos de pronósticos, además de contener los pasos básicos de la metodología científica que se aplica a las series temporales, esto permite garantizar la calidad científica de la aplicación, aparte de lograr una realización fácil y metodológica (MORA, 2008).

El capítulo tres del presente proyecto que se titula predicciones, se encarga de analizar los datos históricos de las variables a pronosticar descritas en el capítulo dos, a través de la aplicación del MUP y de la identificación de cada uno de sus pasos (análisis previo de la serie de demanda, postulación de los modelos, validación de la hipótesis y nuevo cálculo de pronóstico de demanda en próximo periodo).

#### 3.3.1 Análisis previo de la serie de demanda

El análisis previo hace parte del primer paso del método científico, el cual obliga a desarrollar un proceso de observación, análisis y estudio de los datos que se tienen para ser proyectados; para este fin es necesario definir las características básicas de la información con la que se cuenta antes de iniciar con el proceso de pronósticos (MORA, 2008).

#### 3.3.1.1 Síntesis descriptiva

Las piezas que se reprocesan dentro de una empresa ensambladora de motocicletas tienen duraciones específicas, todo depende de quién lo realice, donde lo realice y como lo realice, para lograr una uniformidad en los datos es necesario normalizar las técnicas y utilizar los métodos del estudio del trabajo para lograr una coordinación y así optimizar el tiempo que tarde la ejecución de un RP.

#### 3.3.1.2 Calidad y cantidad de datos

Los datos que se obtienen para realizar los pronósticos se toman de forma manual e individual a cada reproceso; en primera instancia se tiene en cuenta el tiempo de duración de cada actividad, además de la cantidad de piezas que entran a la zona en un tiempo determinado de un mes; para esta serie se tiene historia desde enero del 2005; estos datos de cantidad se obtienen por medio del departamento de producción.

#### 3.3.1.3 Cumplimiento de estabilidad del entorno

El entorno de donde se obtienen los datos es estable ya que aunque el mercado de las motos tiende a disminuir o aumentar, los reprocesos son una actividad típica y constante en una empresa ensambladora.

#### 3.3.1.4 Análisis previo de la serie completa

Las bases de datos que se muestran a continuación son todos los datos que representan la serie temporal de la demanda de piezas para la referencia GI-01 a la cual se le hace todo el proceso descrito en el MUP.

Los datos comienzan desde el año 2005 y van hasta el año 2008; cada mes representa la demanda de piezas de RP que entran a la zona de re-trabajos dentro de la empresa ensambladora de motos.

Figura 43. Datos originales de la serie a pronosticar

	2005	2006	2007	2008
<b>ENERO</b>	1394	1534	1521	1469
<b>FEBRERO</b>	1426	1499	1565	1491
<b>MARZO</b>	1391	1415	1537	1514
<b>ABRIL</b>	1408	1422	1585	1521
<b>MAYO</b>	1413	1495	1533	1565
<b>JUNIO</b>	1404	1473	1489	1537
<b>JULIO</b>	1470	1488	1562	1585
<b>AGOSTO</b>	1487	1443	1485	1533
<b>SEPTIEMBRE</b>	1445	1445	1556	1489
<b>OCTUBRE</b>	1460	1469	1485	1562
<b>NOVIEMBRE</b>	1451	1491	1521	1485
<b>DICIEMBRE</b>	1476	1514	1562	1556

#### 3.3.1.4.1 Estructura vertical: determinación de nivel

La estructura vertical es la forma horizontal que adopta la serie en su comportamiento histórico y actual; si se presentan varios niveles, es necesario tomar el periodo más reciente. Los cambios de nivel expresan una variación en la condición del entorno lo que refleja que se está en un ambiente diferente al natural de la serie.

Los cambios de nivel se descubren a través de la observación de la gráfica, o de una forma más rigurosa la cual consiste en calcular la relación de la desviación estándar de toda la serie entre la media total; si esta es superior al 50%, lo más probable es que los cambios de nivel afecten la calidad de los pronósticos y la precisión (MORA, 2008).

El historial de datos se utiliza para calcular matemáticamente si la serie temporal tiene nivel por medio de la siguiente ecuación:

Ecuación 1. Variabilidad

$$\text{Variabilidad} = \frac{\text{Desviación Estándar}}{\text{Media}}$$

El cálculo de la variabilidad para la serie temporal de la referencia GI-01 es:

$$\text{Variabilidad} = \frac{52.8938}{1492.1041} = 0.0354 = 3.54\%$$

El resultado de 3.54%, menor que 50% muestra que la serie no tiene cambios significativos de nivel y hace que la serie sea pronosticable hasta ahora, por lo tanto no es necesario realizar recortes de datos.

Los recortes para la serie temporal se usan para verificar la presencia de nivel a lo largo del tiempo; en este caso con los recortes de 12, 24 y 36 datos no hay presencia de cambios de nivel ya que la variabilidad en cada uno de ellos es menor del 50%. La figura siguiente muestra el cálculo de estos valores a partir del uso de la ecuación 1.

Figura 44. Análisis de variabilidad

<b>SERIE COMPLETA</b>		<b>RECORTE DE 24 DATOS</b>	
DESVIACIÓN ESTÁNDAR	52.894	DESVIACIÓN ESTÁNDAR	35.023
MEDIA	1492.104	MEDIA	1529.500
<b>VARIABILIDAD</b>	<b>3.54%</b>	<b>VARIABILIDAD</b>	<b>2.29%</b>

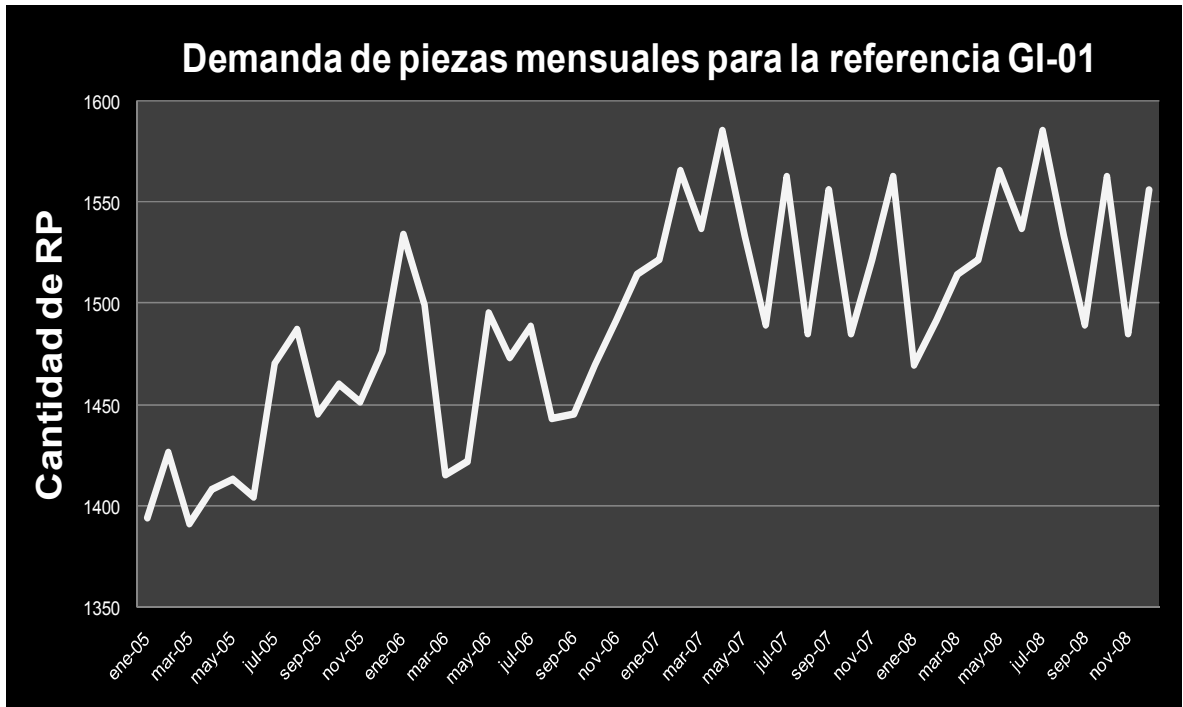
  

<b>RECORTE DE 12 DATOS</b>		<b>RECORTE DE 36 DATOS</b>	
DESVIACIÓN ESTÁNDAR	43.954	DESVIACIÓN ESTÁNDAR	37.000
MEDIA	1511.000	MEDIA	1525.583
<b>VARIABILIDAD</b>	<b>2.91%</b>	<b>VARIABILIDAD</b>	<b>2.43%</b>

Los resultados de variabilidad para los todos los recortes cumplen con el criterio de nivel (menor del 50%), como todos ellos sirven, el análisis de estructura vertical se realiza con la serie completa de 48 datos.

El análisis de la estructura vertical en Excel se muestra a continuación:

Figura 45. Estructura de nivel en Excel para la referencia GI-01



### 3.3.1.4.2 Estructura horizontal: análisis de ruido o aleatoriedad

La estructura horizontal se presenta cuando posee una desviación estándar pequeña y constante a lo largo de toda ella. La forma más fácil de determinar la existencia de esta estructura es a través del uso de la suavización, cuyo fin es minimizar la desviación estándar (MORA, 2008).

La suavización para la serie temporal de la demanda de piezas de la referencia GI-01 que permite determinar si existe o no estructura horizontal se realiza en simultáneo con los softwares Excel, Statgraphics Centurion y WinQSB; las respectivas figuras se presentan a continuación:

Las gráficas presentan una curva de suavización que se mueve dentro de la variación u oscilación de los datos de la serie que se estudia.

Figura 46. Suavización con Excel para la referencia GI-01

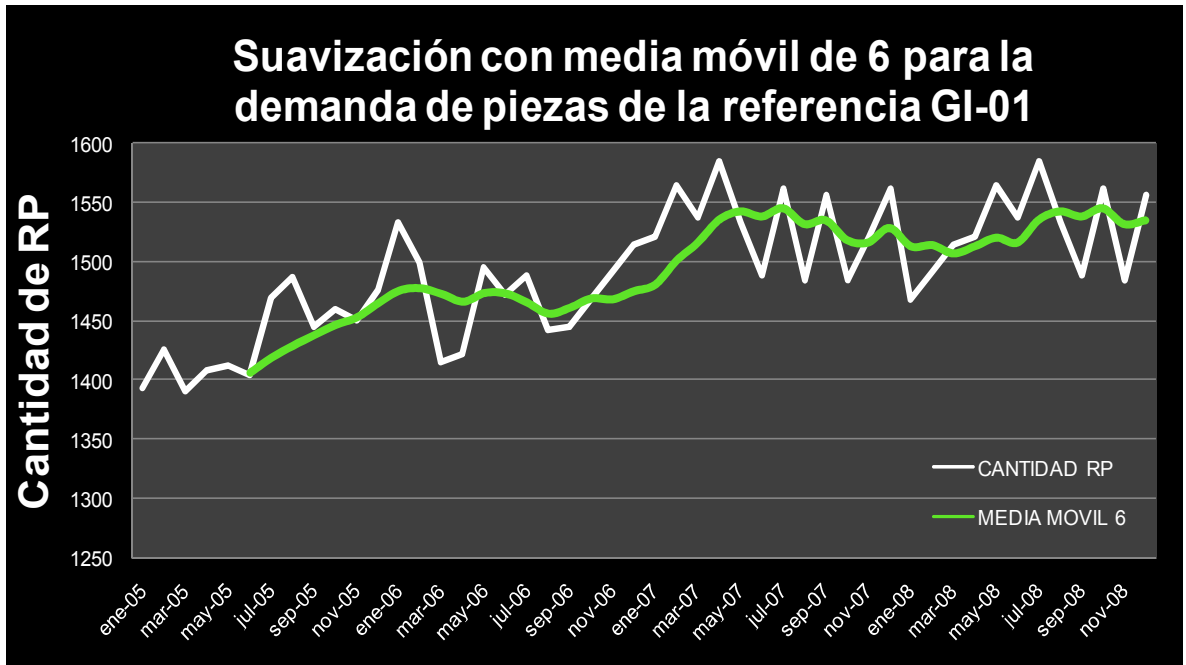
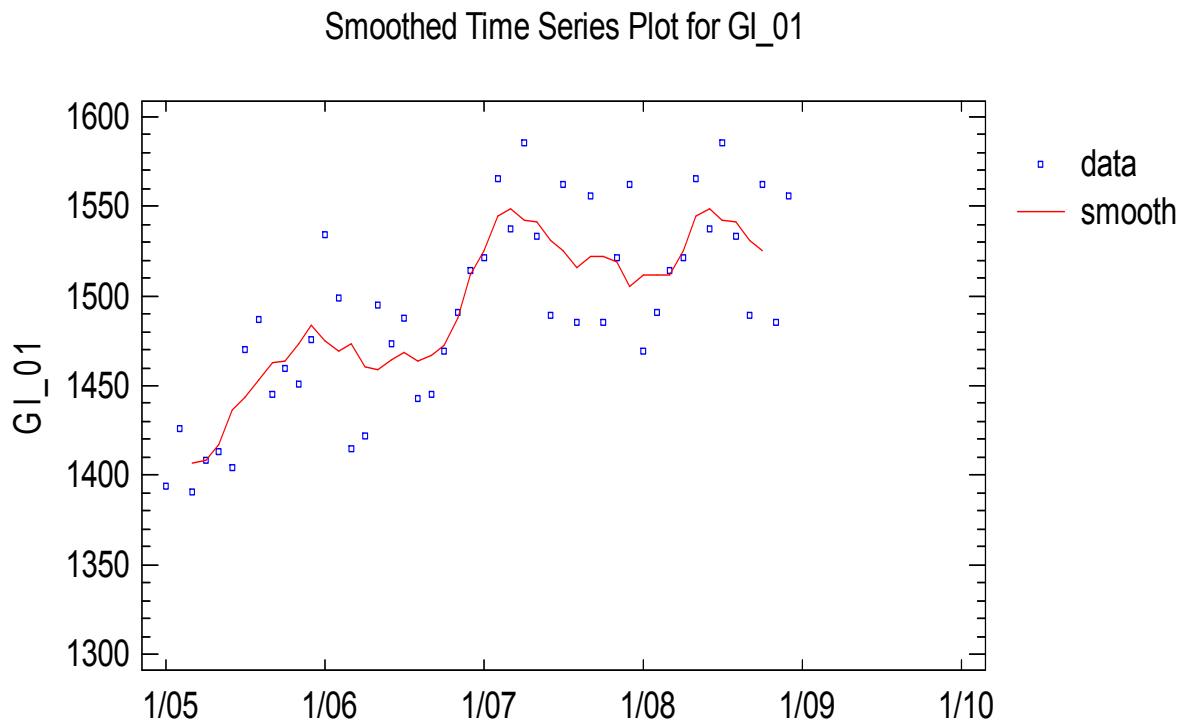
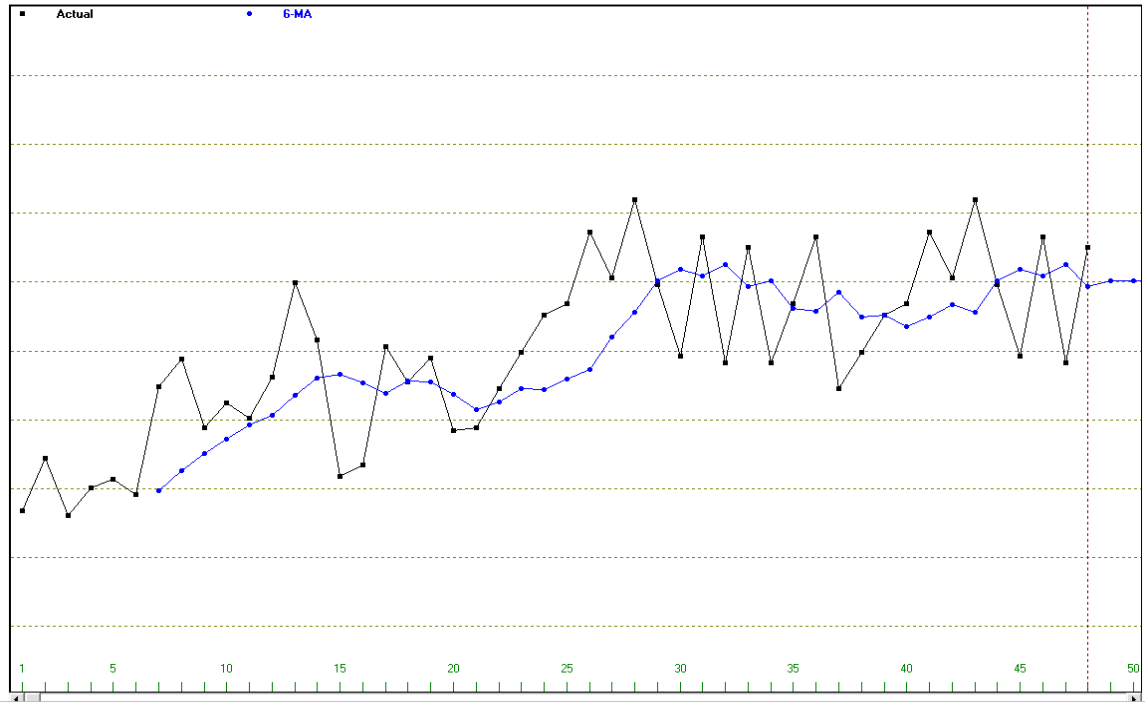


Figura 47. Suavización con Statgraphics Centurion para la referencia GI-01



(SGC, 2006)

Figura 48. Suavización con WinQSB para la referencia GI-01



(WQSB, 2005)

La presencia de ruido en la serie es notable, luego de hacer en simultaneo el análisis con varios softwares y de utilizar una media móvil de 6, se observa que como no coinciden los valores reales con los que se calculan en la suavización, entonces si existe índices de esta estructura en la serie original de datos a pronosticar para la referencia GI-01.

#### 3.3.1.4.3 Estructura tendencial: estimación de forma lineal y/o no lineal

La estructura tendencial se determina a través de dos formas: con la observación cualitativa de la gráfica, la que permite detectar si esta es creciente o decreciente, lineal o no lineal y la segunda forma es aplicar un ajuste de regresión lineal; si la pendiente es mayor que 0.25, se considera que hay presencia de tendencia (MORA, 2008).

La estructura tendencial para la referencia GI-01 se analiza con varios softwares tales como Excel y Statgraphics Centurion, el análisis se presenta a continuación:

Figura 49. Estructura tendencial en Excel para la referencia GI-01



La información que se muestra a continuación hace parte de los datos que se obtienen luego de realizar el análisis de regresión lineal con Excel; estos describen un intercepto de 1425.4060 con la respectiva pendiente de 2.7223.

Figura 50. Datos estadísticos de la regresión lineal en Excel

<b>Estadísticas de la regresión</b>	
Coefficiente de correlación múltiple	0.720561133
Coefficiente de determinación R <sup>2</sup>	0.519208346
R <sup>2</sup> ajustado	0.508756354
Error típico	37.07262206
Observaciones	48
<b>ANÁLISIS DE VARIANZA</b>	
	Grados de libertad
Regresión	1
Residuos	46
Total	47
	Coefficientes
<b>Intercepción</b>	<b>1425.406028</b>
<b>Pendiente</b>	<b>2.722372992</b>

El uso del software Statgraphics Centurion muestra la similitud de resultados de intercepto y pendiente; además de presentar la ecuación  $Col\_1 = 1425,4 + 2,72259*Col\_2$ ; la cual es idéntica a la de Excel; estos datos se resumen en el siguiente recuadro:

Figura 51. Datos estadísticos de la regresión lineal en Statgraphics Centurion

Parameter	Least Squares Estimate	Standard Error	T Statistic	P-Value
Intercept	1425.4	111	128	0
Slope	2.72259	0.403059	675	0

El análisis de la tendencia requiere de una prueba más, conocida con el nombre de prueba de función de auto correlación o por sus siglas en ingles ACF<sup>3</sup>, la que permite asegurar si hay o no estructura tendencial; esta se hace a partir del software Statgraphics Centurion; los datos que se obtienen se analizan en Excel en donde se determina si están o no fuera del rango; esto se hace luego de conocer el límite superior e inferior y se calcula con la siguiente ecuación:

Ecuación 2. Intervalo de confianza

$$\text{Intervalo de confianza} = 1.96 * \left( \frac{1}{\sqrt{N}} \right)$$

La ecuación anterior permite establecer dos límites en donde los datos de la serie temporal deben oscilar, la letra N describe el número total de datos.

El siguiente cuadro es el análisis de la tendencia con ACF.

---

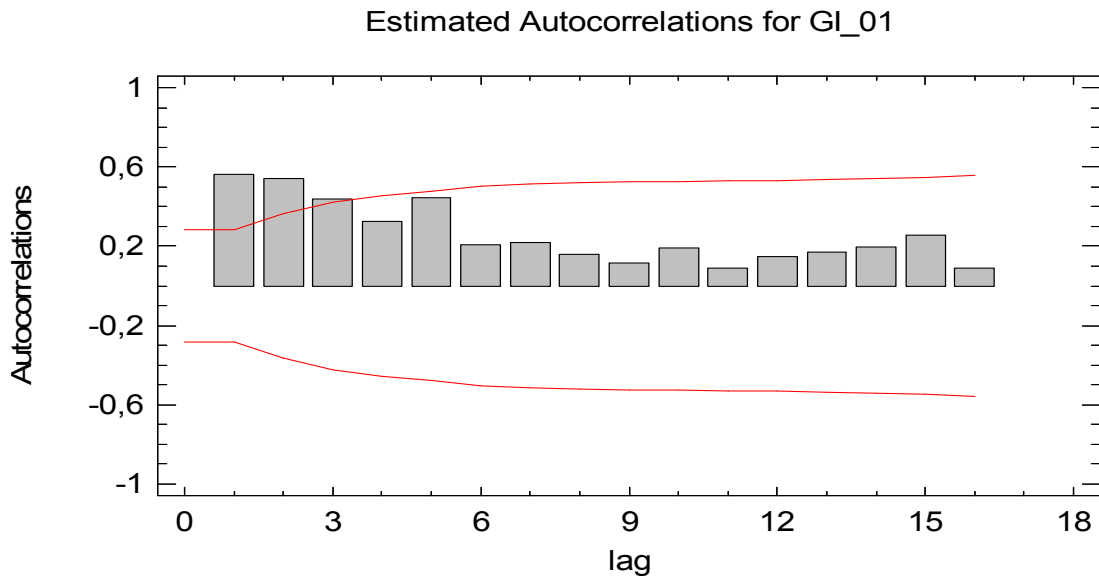
<sup>3</sup> *Auto Correlation Function*

Figura 52. Evaluación de tendencia con auto correlación ACF

EVALUACIÓN DE TENDENCIA CON AUTO CORRELACIÓN ACF					
Lag	Autocorrelation	Std. Error	Lower 95,0% Prob. Limit	Upper 95,0% Prob. Limit	FUERA DE RANGO
1	0.563689	0,144338	-0,282897	0,282897	SI
2	0.542352	0,184588	-0,361786	0,361786	SI
3	0.439319	0,215241	-0,421866	0,421866	SI
4	0.326569	0,233175	-0,457015	0,457015	SI
5	0.443144	0,242516	-0,475324	0,475324	SI
6	0.209998	0,258837	-0,507312	0,507312	NO
7	0.217309	0,262362	-0,514222	0,514222	NO
8	1.61033	0,266086	-0,521519	0,521519	SI
9	0.114241	0,268108	-0,525484	0,525484	NO
10	0.192609	0,269121	-0,527468	0,527468	NO
11	0.0872711	0,271977	-0,533067	0,533067	NO
12	0.150087	0,27256	-0,534209	0,534209	NO
13	0.171956	0,274276	-0,537573	0,537573	NO
14	0.194525	0,276513	-0,541957	0,541957	NO
15	0.258066	0,27935	-0,547516	0,547516	NO
16	0.0874759	0,284273	-0,557166	0,557166	NO
<b>INTERVALO DE CONFIANZA</b>			<b>NÚMERO DE DATOS</b>		48
<b>LÍMITE INFERIOR</b>		-0.282901632		Intervalo de confianza = $1.96 * \left(\frac{1}{\sqrt{N}}\right)$	
<b>LÍMITE SUPERIOR</b>		0.282901632			

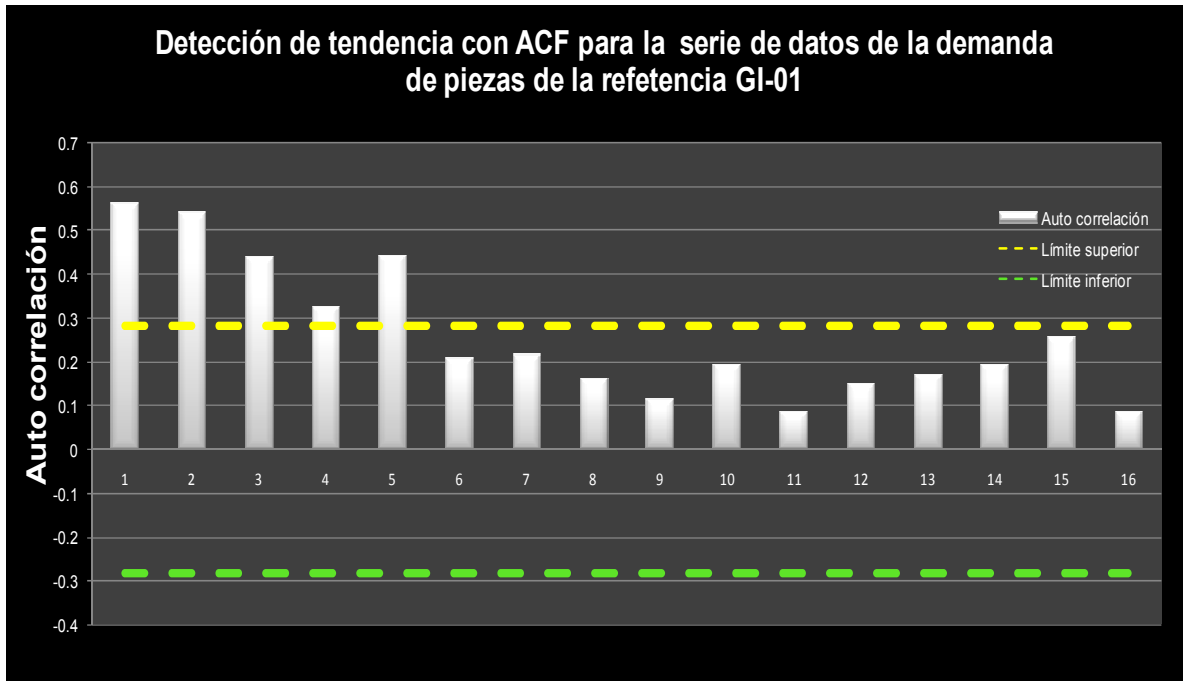
La importancia de la prueba ACF es observar a través de una gráfica de barras cuántas de ellas se salen a través de los límites superior e inferior que se calculan con la ecuación del intervalo de confianza, estas gráficas se realiza tanto el Excel como con Statgraphics Centurion y se presentan a continuación:

Figura 53. Tendencia con auto correlación en Statgraphics Centurion



(SGC, 2006)

Figura 54. Detección de tendencia con auto correlación en Excel



Las figuras de detección de tendencia con ACF en Excel y Statgraphics Centurion muestran que algunas de las barras o palotes (línea vertical) sobrepasan la banda de confianza, esto asevera que hay tendencia y por lo tanto los datos se relacionan entre si además de no ser aleatorios.

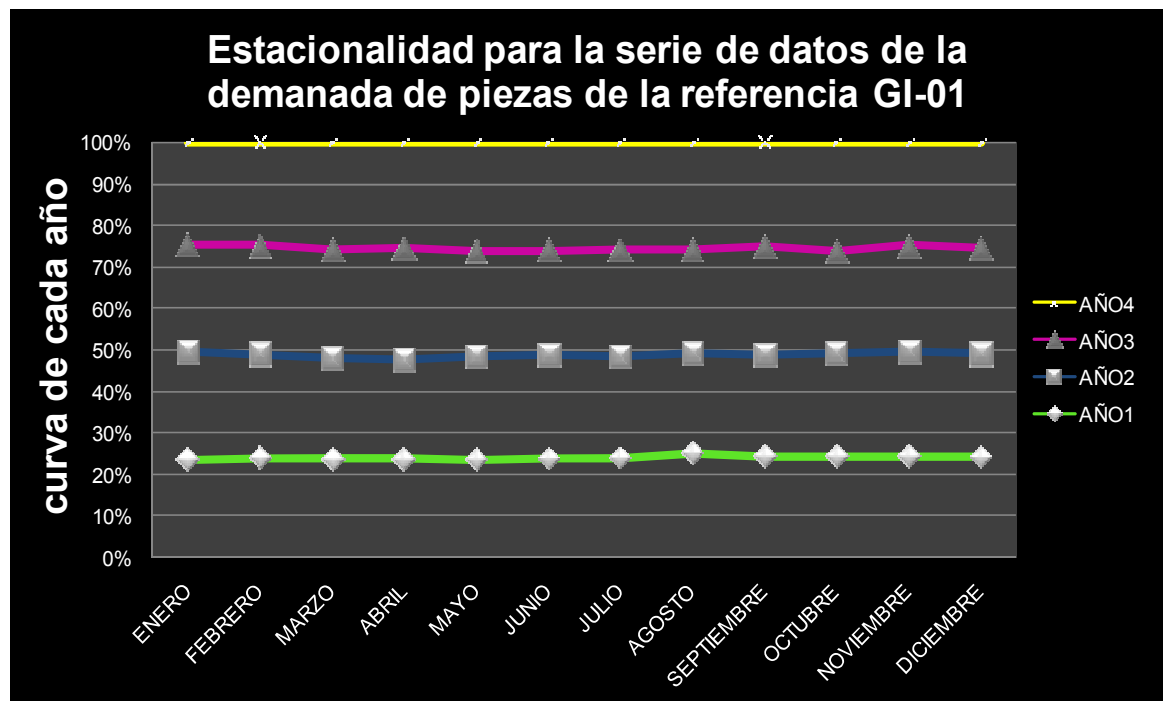
#### 3.3.1.4.4 Estructura estacional y/o cíclica

La estructura estacional es casi imposible detectar a simple vista; para hacerlo es necesario el uso de Excel y Statgraphics Centurion; si se usa Excel, es necesario introducir los datos y luego a partir de la curva, se identifica en ella si existe o no un paralelismo; si este existe hay presencia de estacionalidad.

El uso de Statgraphics Centurion permite hacer los análisis de forma gráfica un poco más exacta que con el uso de Excel, cada palote de la gráfica es pictóricamente muy similar, tanto en longitud como en dirección vertical (MORA, 2008).

La detección de la estructura cíclica consiste en graficar en Excel y Statgraphics Centurion; ciclos de 12, 24, 36 meses, con el fin de observar si en cada ciclo se presentan o no cruces o paralelismos.

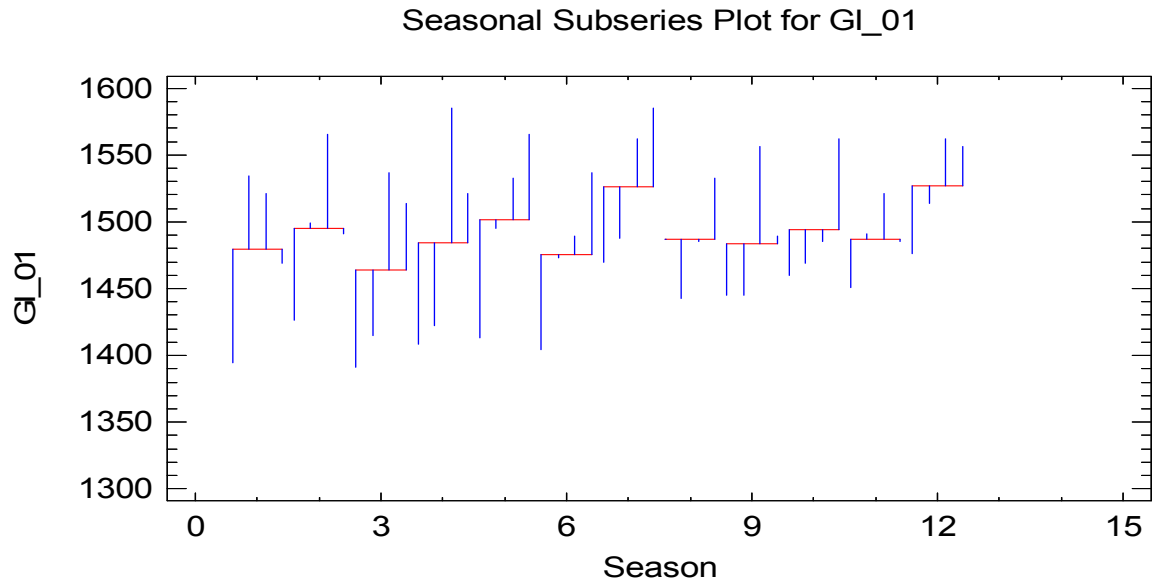
Figura 55. Estacionalidad en Excel para la referencia GI-01



La estructura estacional en Statgraphics Centurion permite establecer con certeza lo que en Excel no se observa de una forma clara. Aunque Excel presenta una gráfica con un mínimo de paralelismo, esto no es suficiente para afirmar que hay estacionalidad.

La configuración de palotes o líneas verticales de la gráfica en Statgraphics Centurion no son pictóricamente similares, esto quiere decir que no hay presencia de estructura estacional; este análisis se presenta a continuación:

Figura 56. Estacionalidad en Statgraphics Centurion para la referencia GI-01



(SGC, 2006)

La gráfica de estacionalidad de la figura anterior muestra 12 iconos, estos se leen de izquierda a derecha; en el primer icono se observa el primer palote mediano y negativo, este mismo se analiza en el icono dos en el cual se presenta negativo y de similar longitud, este comportamiento es usual hasta el icono siete, ya que en el ocho el primer palote desaparece.

El palote dos en el primer icono tiene un comportamiento singular, este es mediano y positivo pero en el segundo icono disminuye, y pasa a ser negativo y mediano en el tercero. El palote tres tiene un comportamiento muy similar, comienza con una magnitud positiva y se mantiene hasta el icono siete, en el icono ocho se vuelven negativos, y de inmediato (icono nueve) comienza a ser mediano y positivo

La detección de la estructura cíclica se analiza de forma similar que la estructura estacional; esta se hace en simultáneo tanto en Excel como en Statgraphics

Centurion. Las gráficas que se muestran a continuación pertenecen a ciclos de 12, 24 y 36 meses respectivamente.

Figura 57. Ciclicidad de 12 meses en Excel para la referencia GI-01

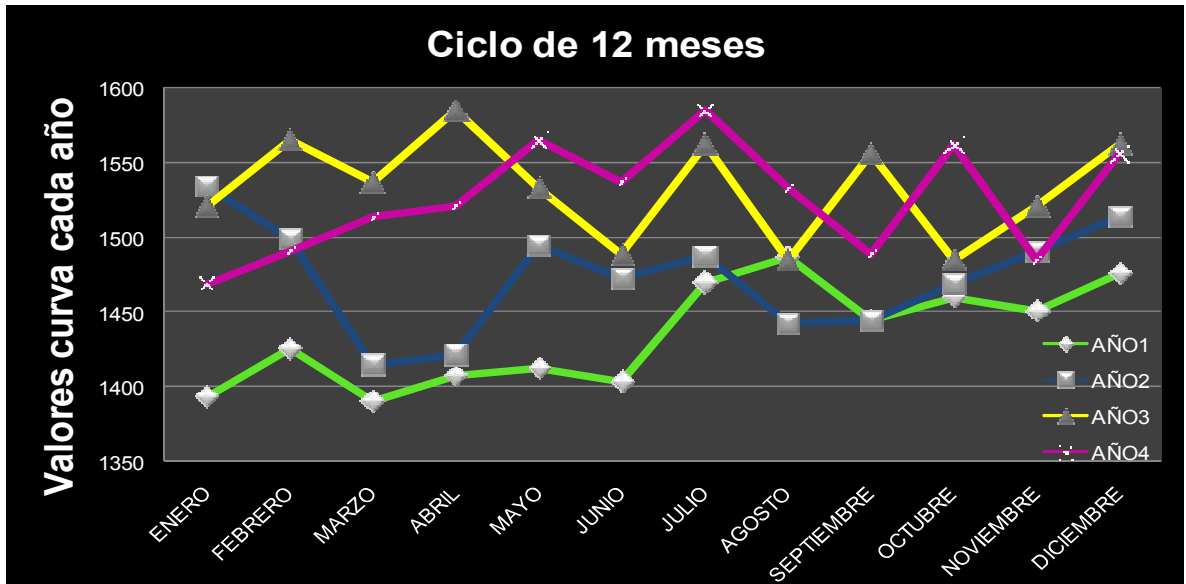
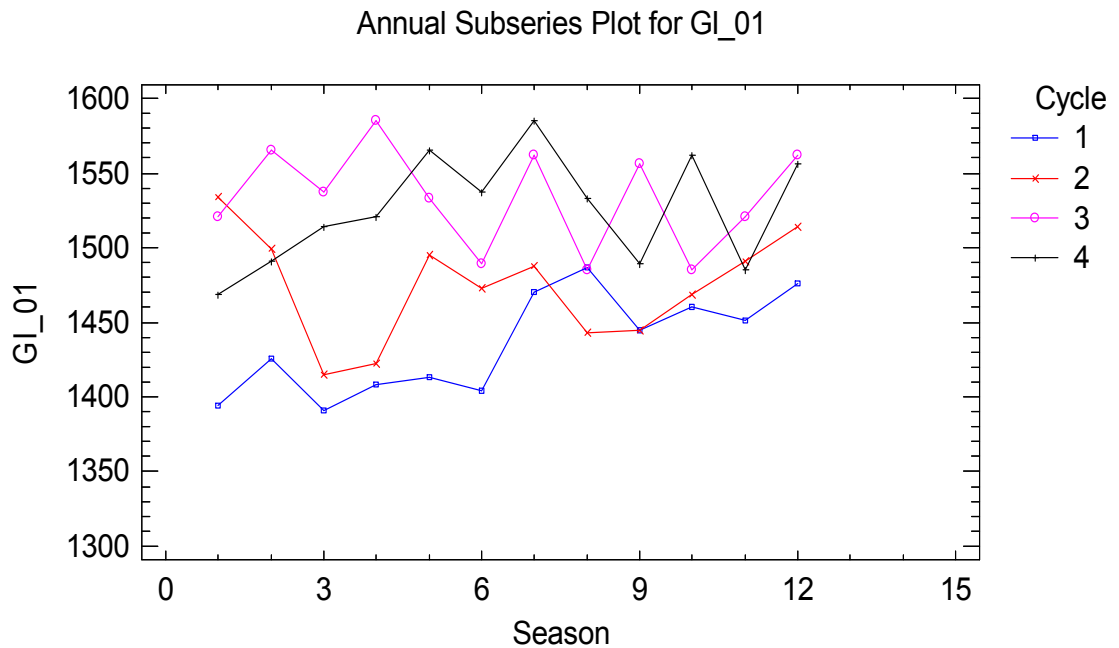


Figura 58. Ciclicidad de 12 meses en Statgraphics Centurion para GI-01



(SGC, 2006)

Figura 59. Ciclicidad de 24 meses en Excel para la referencia GI-01

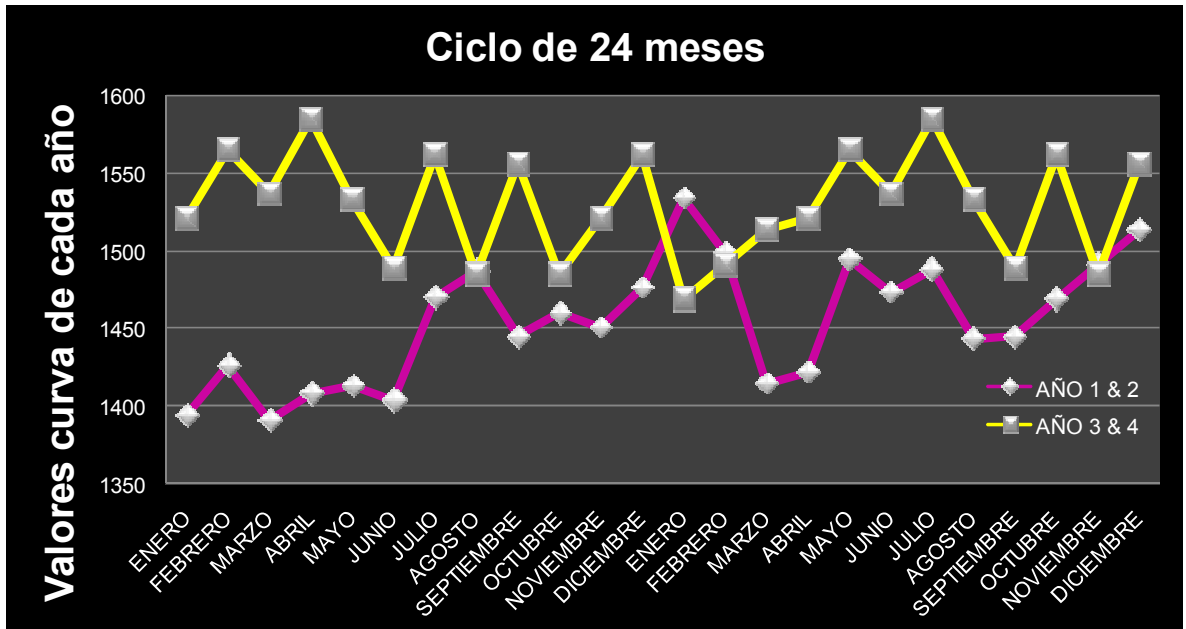
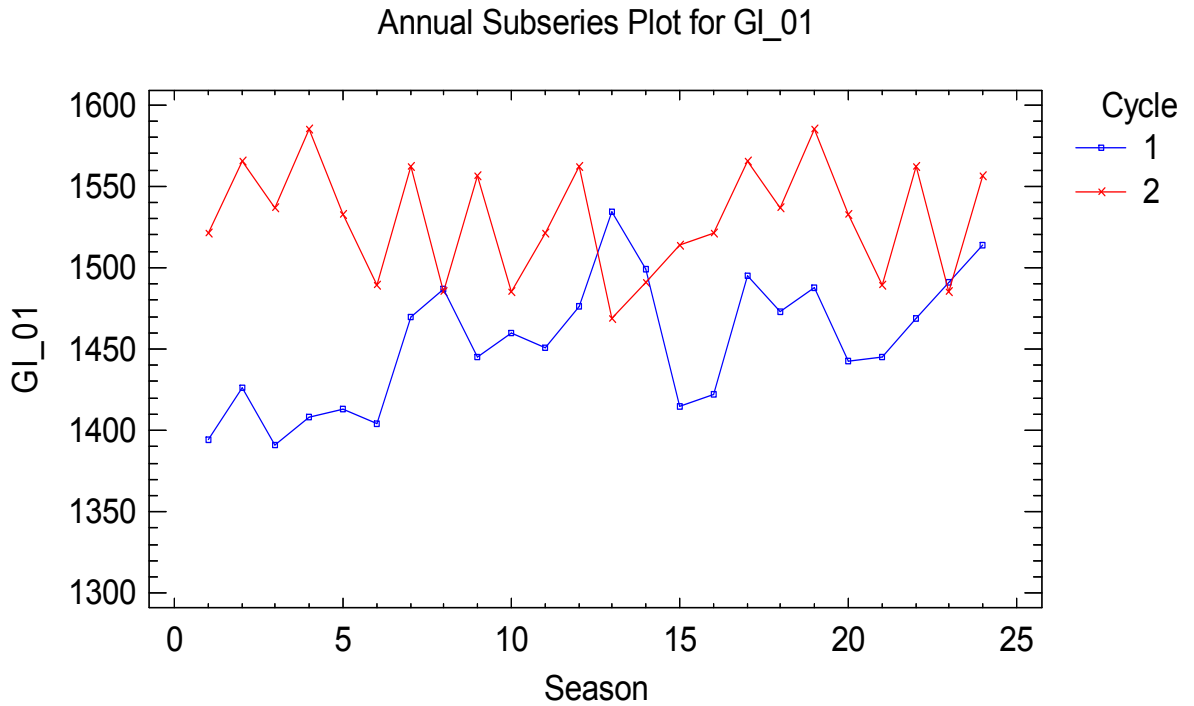
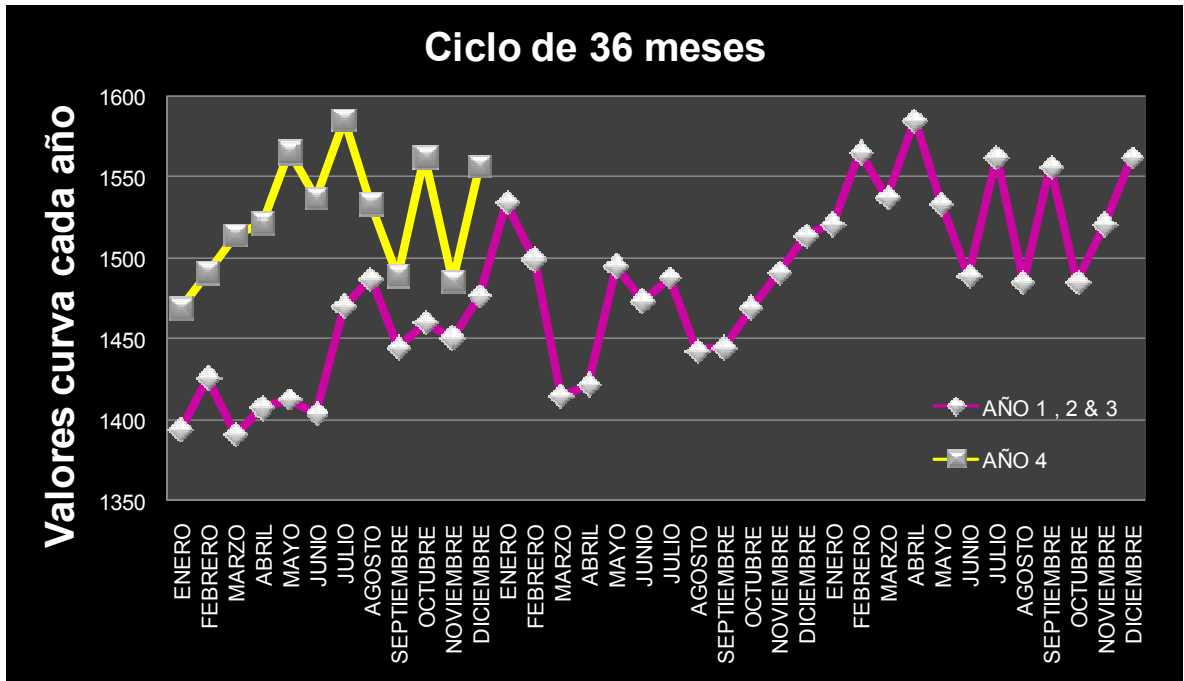


Figura 60. Ciclicidad de 24 meses en Statgraphics Centurion para GI-01



(SGC, 2006)

Figura 61. Ciclicidad de 36 meses en Excel para la referencia GI-01



Los datos de ciclicidad para 36 meses no son suficientes para presentar la gráfica de Statgraphics Centurion; es por esto que solo se presenta la estructura cíclica de 36 meses en Excel.

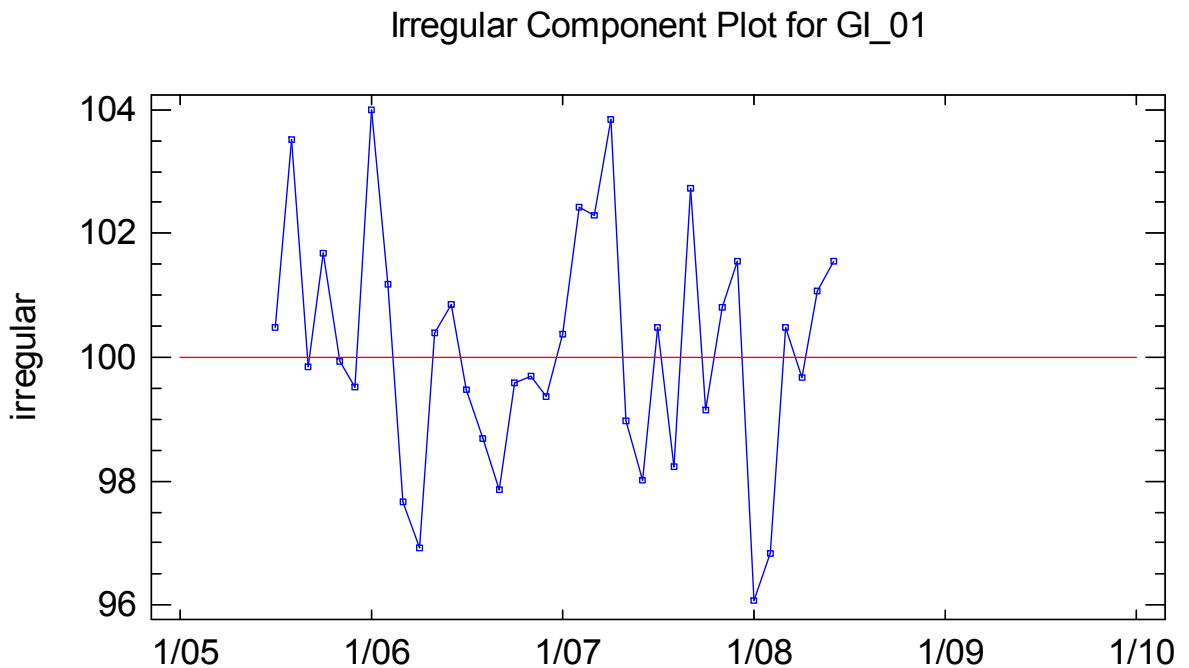
El análisis de las gráficas anteriores permite establecer que no es muy clara la presencia de datos cíclicos; por lo que se afirma que no hay ciclicidad en la serie temporal de la demanda de piezas de la referencia GI-01.

### 3.3.1.5 Valoración de datos irregulares

La valoración de datos irregulares se hace a partir de la tabla de datos originales de la serie. Cuando se analiza si hay o no datos irregulares lo que se trata es de verificar si existe uno o más datos fuera de la desviación estándar normal, esto se logra con la observación cualitativa.

El software Statgraphics Centurion tiene un módulo que permite revisar la calidad de los datos de una serie; a través de la existencia de componentes irregulares. Cuando se analiza la serie de datos de la referencia GI-01, se obtiene la siguiente gráfica:

Figura 62. Componentes irregulares para la referencia GI-01



(SGC, 2006)

El análisis de los componentes irregulares muestra que la serie temporal de la demanda de piezas de la referencia GI-01 tiene un comportamiento normal, con lo cual es factible decir que no hay valores con irregularidades.

### 3.3.1.6 Encuentro de fenómenos exógenos

El análisis de las gráficas que se presentan en el análisis previo dan por manifiesto que no ha presencia de fenómenos exógenos; es decir, no hay presencia de figuras raras o datos fuera de lo común.

### 3.3.1.7 Determinación del patrón estructural gráfico y numérico

El patrón estructural se realiza con Statgraphics Centurion y permite transformar la serie en el evento de que las previsiones den de forma lineal; sobre todo para aquellos modelos que no manejen fenómenos cíclicos de tiempo, es importante recordar que esto se da en casi todos los modelos clásicos.

La serie temporal de la demanda de piezas para la referencia GI-01, se grafica con un pronóstico lineal, estos aunque no son muy útiles en el medio empresarial, permiten desarrollar e implementar una metodología para darle una forma natural propia al fenómeno evaluado.

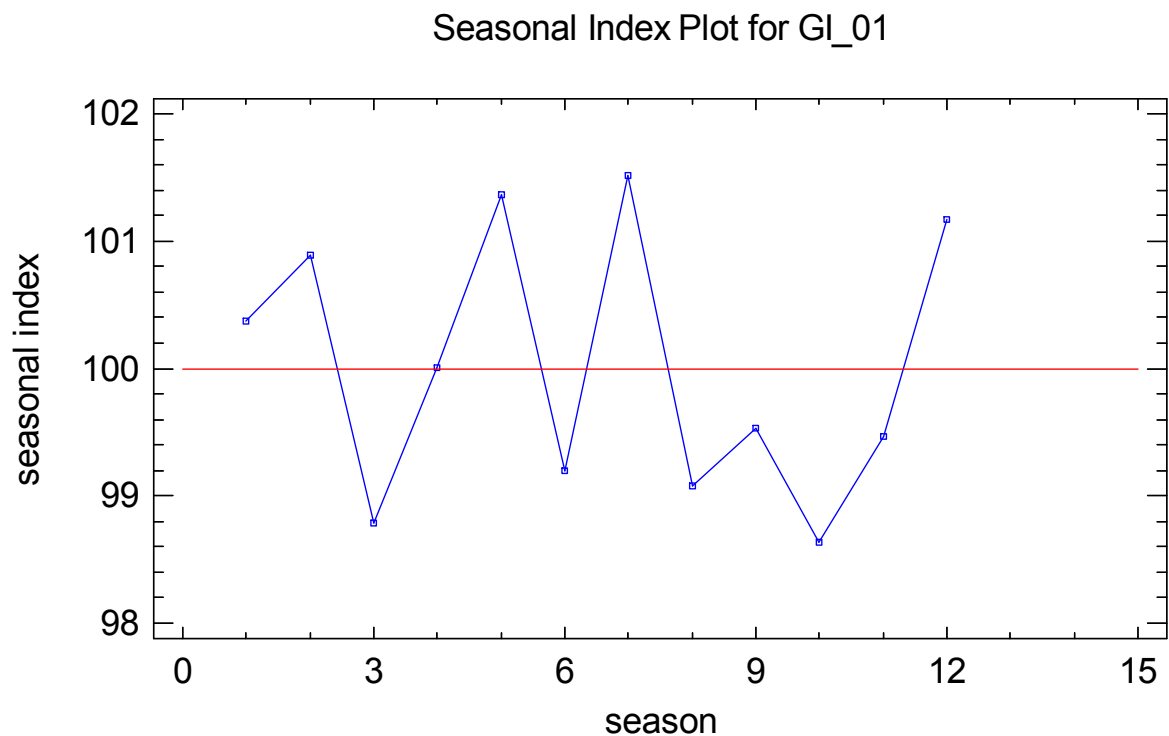
Figura 63. Pronósticos en línea recta para la referencia GI-01



EL software Statgraphics Centurion permite analizar los datos lineales que se pronostican y luego de realizar una desalineación de los valores se llega a obtener el patrón histórico natural de la serie que se estudia.

La gráfica del patrón que se obtiene a partir de Statgraphics Centurion se presenta a continuación:

Figura 64. Patrón de la serie temporal de la referencia GI-01



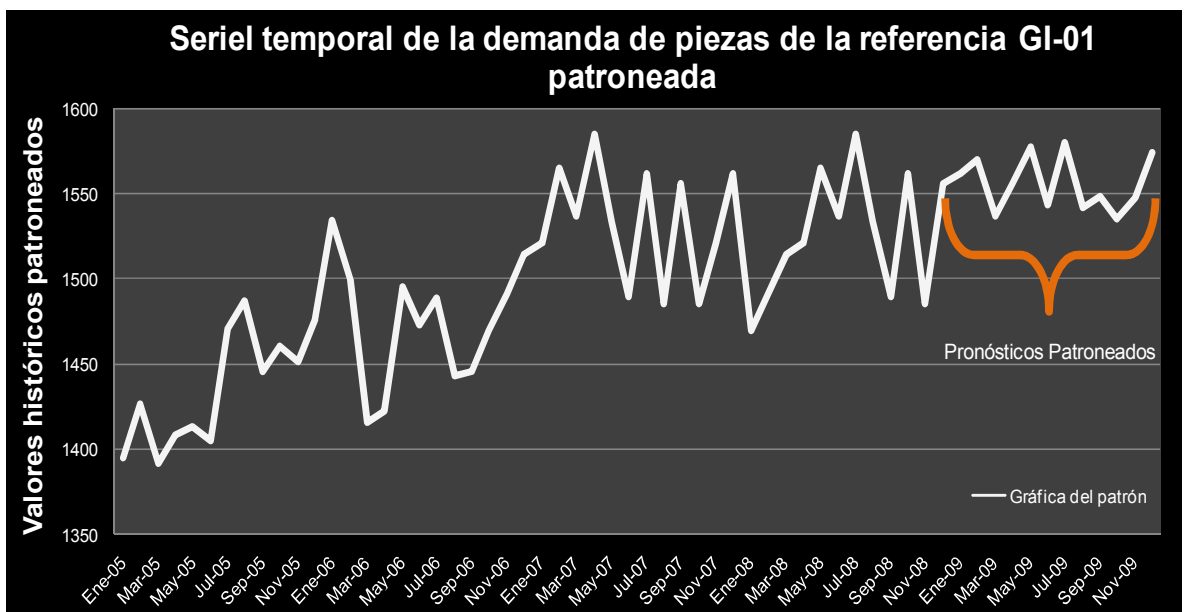
(SGC, 2006)

Los datos que se hallan a partir del uso del software Statgraphics Centurion son el patrón; este permite completar la gráfica en el punto en donde los datos son lineales.

Figura 65. Serie de tiempo patroneada

	Año1	Año2	Año3	Año4	Año 5 Patrón lineal	Patrón obtenido en Statgraphics	Patrón desalineado
<b>ENERO</b>	1394	1534	1521	1469	1556	100.376	<b>1561.85056</b>
<b>FEBRERO</b>	1426	1499	1565	1491	1556	100.886	<b>1569.78616</b>
<b>MARZO</b>	1391	1415	1537	1514	1556	98.784	<b>1537.077484</b>
<b>ABRIL</b>	1408	1422	1585	1521	1556	100.008	<b>1556.12448</b>
<b>MAYO</b>	1413	1495	1533	1565	1556	101.363	<b>1577.20828</b>
<b>JUNIO</b>	1404	1473	1489	1537	1556	99.192	<b>1543.429076</b>
<b>JULIO</b>	1470	1488	1562	1585	1556	101.518	<b>1579.62008</b>
<b>AGOSTO</b>	1487	1443	1485	1533	1556	99.073	<b>1541.5681</b>
<b>SEPTIEMBRE</b>	1445	1445	1556	1489	1556	99.528	<b>1548.657236</b>
<b>OCTUBRE</b>	1460	1469	1485	1562	1556	98.637	<b>1534.785496</b>
<b>NOVIEMBRE</b>	1451	1491	1521	1485	1556	99.463	<b>1547.647392</b>
<b>DICIEMBRE</b>	1476	1514	1562	1556	1556	101.172	<b>1574.23632</b>

Figura 66. Datos de la referencia GI-01 transformados con el patrón



La gráfica muestra el patrón en el punto inmediato en donde describe con anterioridad una forma lineal.

### 3.3.1.8 Resultado del análisis integral previo

El análisis integral previo presenta una síntesis de los resultados que se obtienen luego del estudio e interpretación de las estructuras de nivel, ruido, tendencia,

estacionalidad, ciclicidad; además de corroborar la existencia de irregularidades, del patrón y de fenómenos exógenos.

Figura 67. Síntesis del análisis previo

SÍNTESIS DEL ANÁLISIS PREVIO					
ANÁLISIS PREVIO	ALTO	REGULAR	BAJO	MUY LEVE	INEXISTENTE
Estructura Vertical: Nivel					X
Estructura Horizontal: Ruido	X				
Estructura Tendencial	X				
Estructura Estacional					X <sub>mes</sub>
Estructura Cíclica					X <sub>12</sub> X <sub>24</sub> X <sub>36</sub>
Irregularidades					X
Existencia patrón	X				
Fenómenos exógenos					X

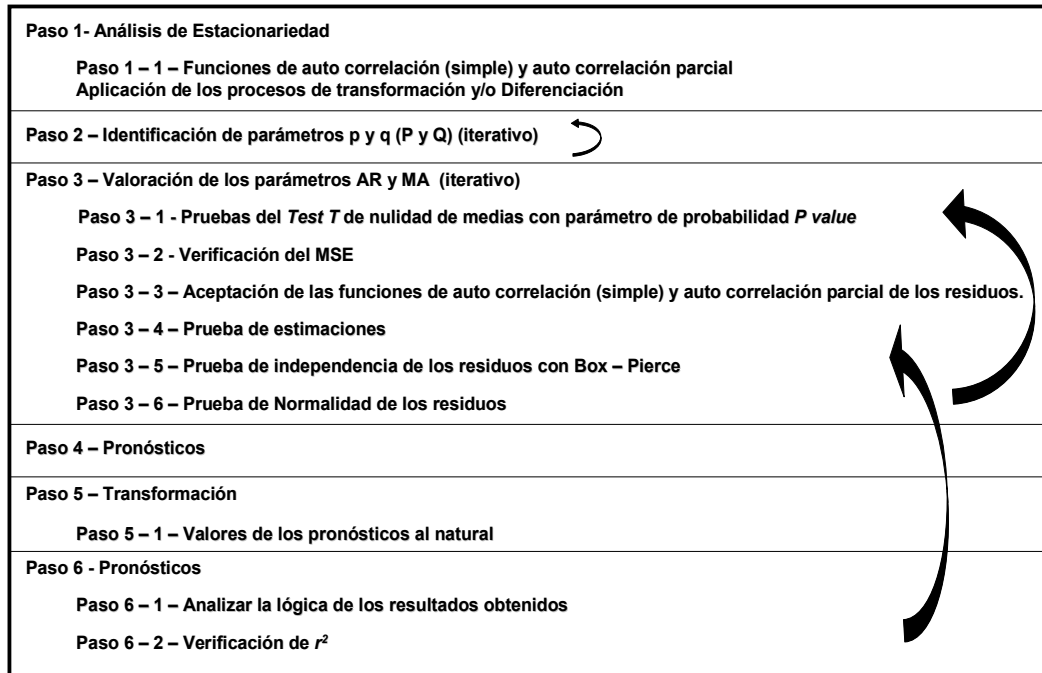
La aplicación de los modelos modernos permite identificar de forma concisa la presencia de estacionalidad en la serie; este análisis se realiza a partir de los modelos AR.IMA.

### 3.3.2 Análisis con AR.I.MA.

Los modelos modernos permiten encontrar de una manera más precisa y rápida las estructuras más importantes de la serie temporal que se analiza, para su desarrollo es fundamental seguir los siguientes pasos: análisis de estacionariedad, identificación de los parámetros p, q y P, Q, pronósticos y transformación. El detalle de cada uno de ellos se presenta en la siguiente figura.

La figura siguiente es el proceso general de los modelos AR.I.MA con la metodología Box – Jenkins, la cual permite realizar paso a paso este estudio para obtener el modelo que más se ajusta a la serie temporal de interés; en este caso para la referencia GI-01.

Figura 68. Proceso general de los modelos AR.I.MA



(MORA, 2008)

### 3.3.2.1 Análisis de estacionariedad

El análisis del proceso estacionario consiste en transformar la serie temporal de la referencia GI-01 en una forma en la cual ni la media, la varianza y las auto correlaciones dependan del tiempo. Para lograr esto, es necesario evaluar las funciones de ACF y auto correlación parcial o sus siglas en inglés PACF<sup>4</sup>.

El estudio del proceso de estacionariedad comprende la conversión con logaritmos de la serie temporal, esto permite mejorar las variaciones u oscilaciones de la varianza.

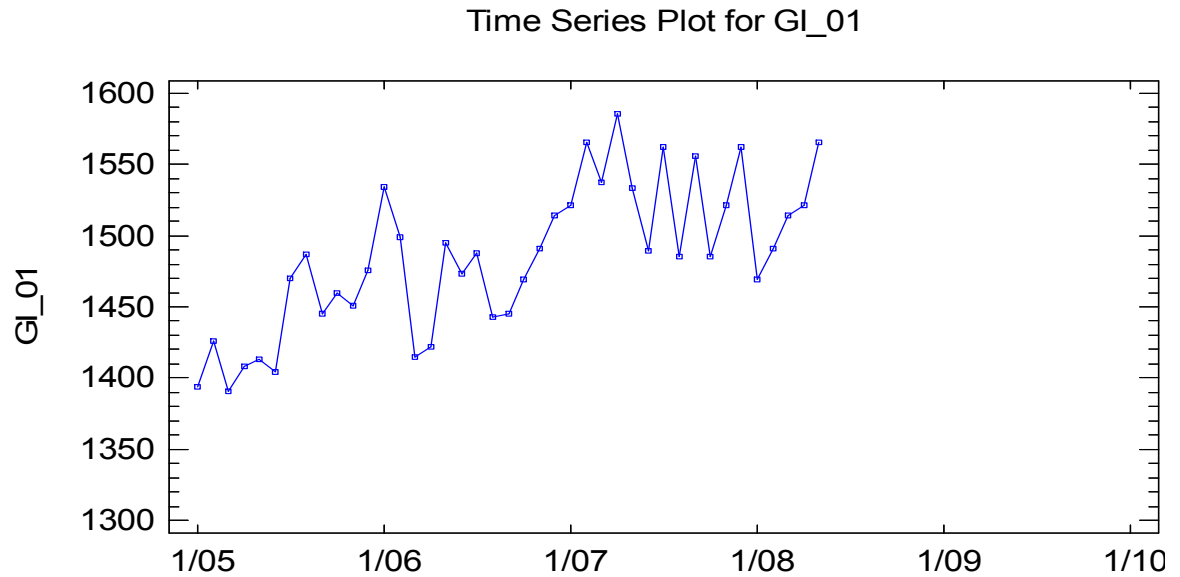
#### 3.3.2.1.1 Conversión con logaritmos

Los logaritmos se aplican a la serie temporal de la demanda de piezas de la referencia GI-01; para lograrlo es necesario utilizar la serie con un recorte; es decir

<sup>4</sup> *Partial Auto Correlation Function*

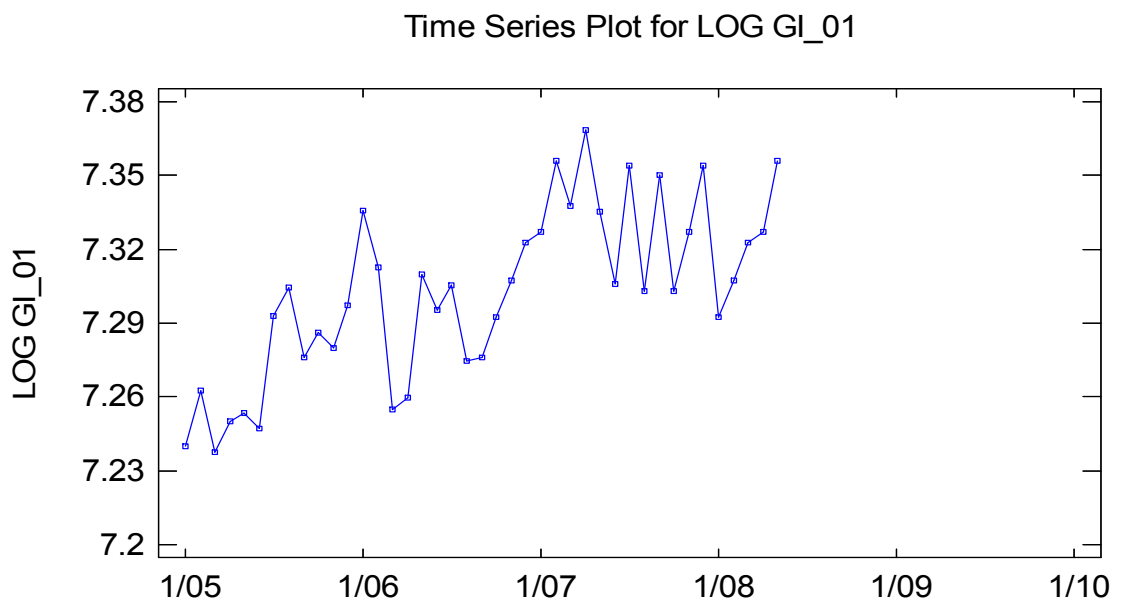
sacar los últimos siete datos, esto permite proceder en Statgraphics Centurion y desarrollar lo que se muestra a continuación.

Figura 69. Serie temporal de la referencia GI-01 con el primer recorte



(SGC, 2006)

Figura 70. Serie temporal de la referencia GI-01 con función logaritmo



(SGC, 2006)

El análisis de las dos gráficas permite establecer que no se aprecia ningún cambio con la función logaritmo en la variación de la varianza, esto indica que este método no se usa.

### 3.3.2.1.2 Función de auto correlación simple y parcial: ACF y PACF

La función ACF y PACF se realiza en simultáneo en Excel y en Statgraphics Centurion, es importante reconocer que la serie temporal de la referencia GI-01 debe tener el recorte de siete datos.

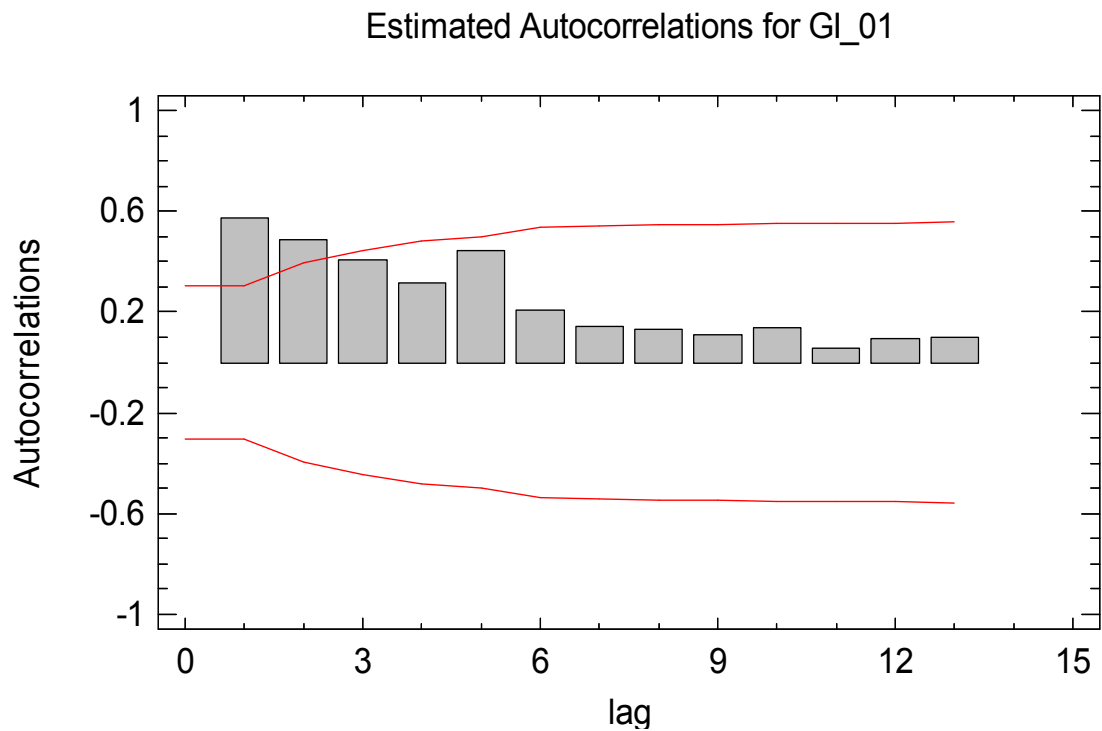
Los datos de la serie temporal para la referencia GI-01 se introducen en Statgraphics Centurion y luego se selecciona  $d = 0$  y  $D = 0$ ; con lo que se obtiene los valores de auto correlación para este tipo de estacionariedad. Es necesario establecer los límites superior e inferior para saber si los palotes se salen de la banda de confianza. La siguiente tabla muestra la relación de todos los valores.

Figura 71. Auto correlación simple con  $d = 0$  y  $D = 0$

<b>d = 0 y D = 0</b>					
<b>AUTO CORRELACIÓN SIMPLE</b>					
<b>Lag</b>	<b>Autocorrelation</b>	<b>Stnd. Error</b>	<b>Lower 95,0% Prob. Limit</b>	<b>Upper 95,0% Prob. Limit</b>	<b>FUERA DE RANGO</b>
1	0.575212	0.156174	-0.306096	0.306096	SI
2	0.486249	0.201321	-0.394583	0.394583	SI
3	0.406851	0.228175	-0.447215	0.447215	SI
4	0.316321	0.245231	-0.480645	0.480645	SI
5	0.443096	0.254989	-0.49977	0.49977	SI
6	0.207282	0.273124	-0.535313	0.535313	NO
7	0.144961	0.276934	-0.542781	0.542781	NO
8	0.131603	0.278778	-0.546397	0.546397	NO
9	0.109481	0.28029	-0.549359	0.549359	NO
10	0.139963	0.281331	-0.551399	0.551399	NO
11	0.055988	0.283024	-0.554718	0.554718	NO
12	0.0919246	0.283294	-0.555247	0.555247	NO
13	0.101644	0.284021	-0.556671	0.556671	NO
<b>INTERVALO DE CONFIANZA</b>			<b>NÚMERO DE DATOS</b>		41
<b>LÍMITE INFERIOR</b>		-0.306100573	Intervalo de confianza = $1.96 * \left( \frac{1}{\sqrt{N}} \right)$		
<b>LÍMITE SUPERIOR</b>		0.306100573			

Los valores que se obtienen permiten graficar la función ACF tanto en Excel como en Statgraphics Centurion. La siguiente gráfica se realiza con una estacionariedad  $d = 0$  y  $D = 0$ .

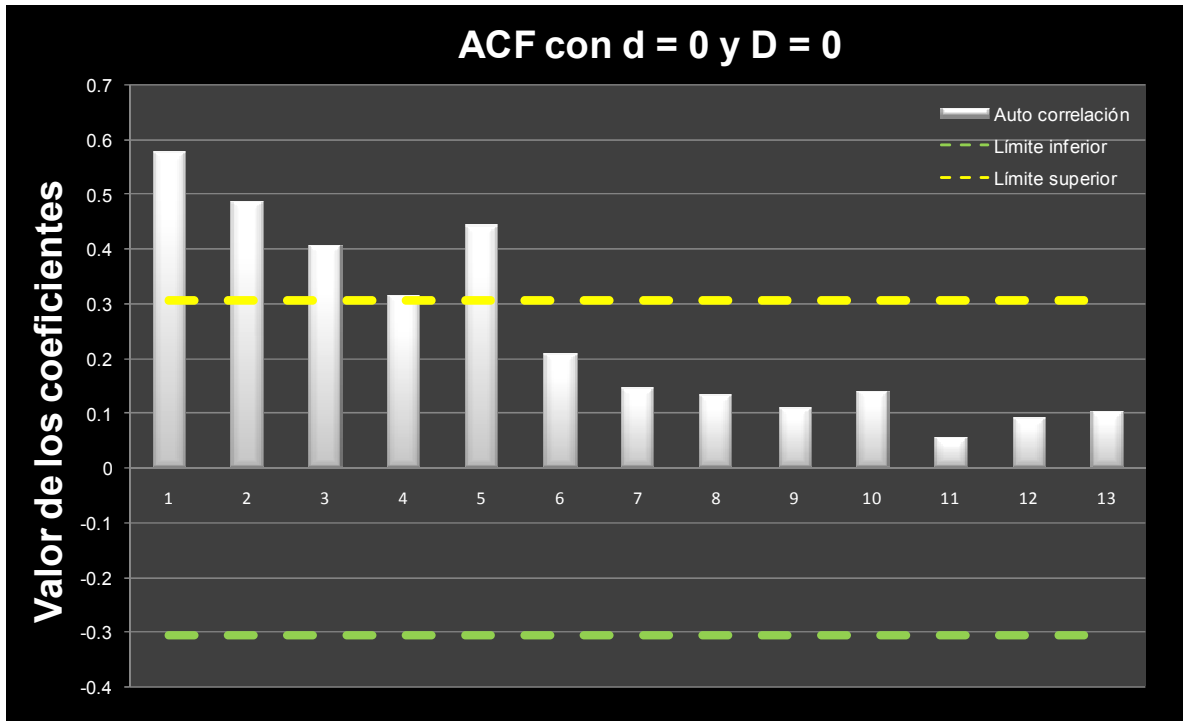
Figura 72. Auto correlación simple en Statgraphics Centurion para GI-01



(SGC, 2006)

El software Excel permite observar de igual manera que en Statgraphics Centurion que los palotes sobresalen la banda de confianza, es de anotar que muchos coeficientes salen de los límites lo que asevera que son significativos diferentes de cero, esto augura una relación importante entre ellas y por ende, lo más probable presencia de tenencia.

Figura 73. Auto correlación simple en Excel para la referencia GI-01



Los valores de PACF para la serie temporal de la demanda de piezas de la referencia GI-01 con el recorte respectivo se calculan de igual forma con Statgraphics Centurion; es de anotar que para esta función la estacionariedad que se tiene en cuenta es la misma que se usa en la ACF; es decir  $d = 0$  y  $D = 0$ .

La tabla siguiente muestra la relación de todos los valores para PACF y permite establecer cuáles de los coeficientes están fuera del rango o de la bondad de confianza.

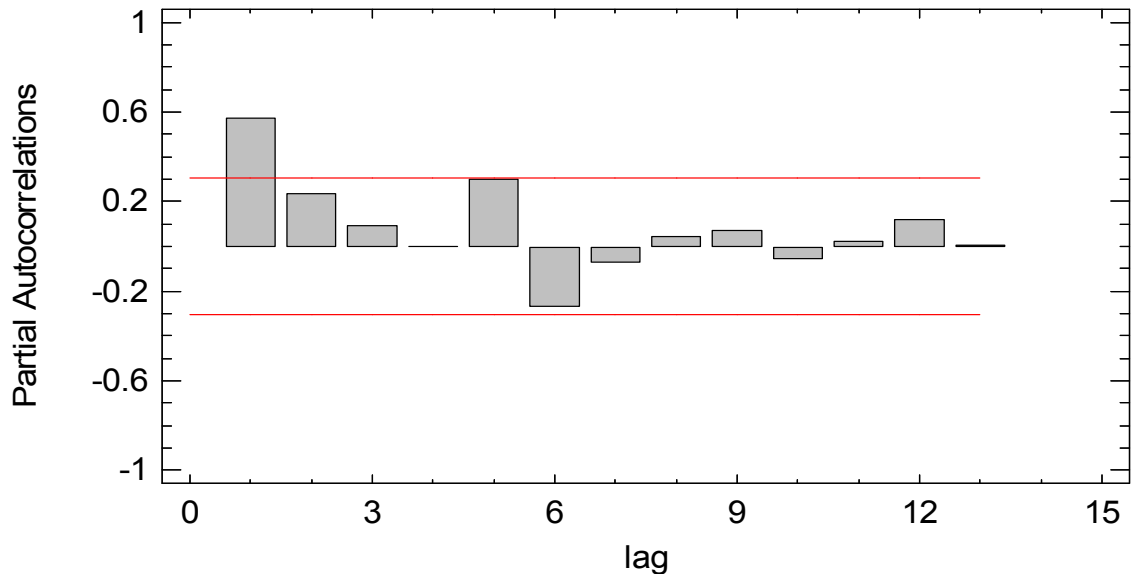
Figura 74. Auto correlación parcial con d = 0 y D = 0

d = 0 y D = 0					
AUTO CORRELACIÓN PARCIAL					
Lag	Autocorrelation	Std. Error	Lower 95,0% Prob. Limit	Upper 95,0% Prob. Limit	FUERA DE RANGO
1	0.575212	0.156174	-0.306096	0.306096	SI
2	0.232212	0.156174	-0.306096	0.306096	NO
3	0.0924611	0.156174	-0.306096	0.306096	NO
4	-0.00138241	0.156174	-0.306096	0.306096	NO
5	0.299107	0.156174	-0.306096	0.306096	NO
6	-0.272506	0.156174	-0.306096	0.306096	NO
7	-0.0787218	0.156174	-0.306096	0.306096	NO
8	0.0421456	0.156174	-0.306096	0.306096	NO
9	0.0721709	0.156174	-0.306096	0.306096	NO
10	-0.062659	0.156174	-0.306096	0.306096	NO
11	0.0206878	0.156174	-0.306096	0.306096	NO
12	0.122605	0.156174	-0.306096	0.306096	NO
13	0.00805007	0.156174	-0.306096	0.306096	NO
INTERVALO DE CONFIANZA		NÚMERO DE DATOS		41	
LÍMITE INFERIOR		-0.306100573		Intervalo de confianza = $1.96 * \left(\frac{1}{\sqrt{N}}\right)$	
LÍMITE SUPERIOR		0.306100573			

Los valores de la tabla anterior permiten obtener la gráfica respectiva de PACF con Statgraphics Centurion para la referencia GI-01.

Figura 75. Auto correlación parcial en Statgraphics Centurion para la GI-01

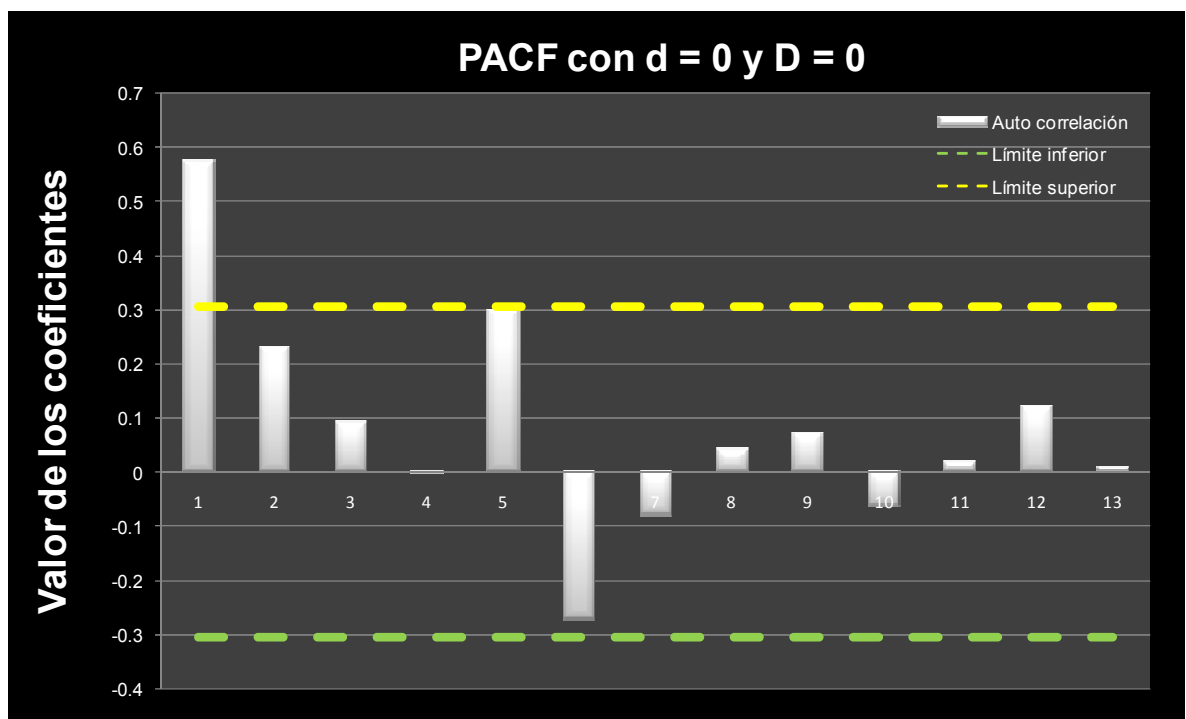
Estimated Partial Autocorrelations for GI\_01



(SGC, 2006)

Las gráficas que se realizan en Statgraphics Centurion y en Excel permiten apreciar que el primer coeficiente que está fuera del rango es de una forma muy significativa diferente de cero (0.6), después, estos valores caen a cero y algunos vuelven y suben hasta el límite sin sobrepasar este. Este tipo de formas asevera la presencia de tendencia; más no la existencia de estacionariedad en media, con lo cual se debe aplicar diferenciación.

Figura 76. Auto correlación parcial en Excel para la referencia GI-01



El análisis continúa cuando se cambia la entrada de datos en el software Statgraphics Centurion, en donde se selecciona nuevos valores de estacionariedad; tales como  $d = 1$  y  $D = 0$ , todo esto se le hace a la serie temporal con el recorte de siete datos de la referencia GI-01; con el fin de obtener el ACF.

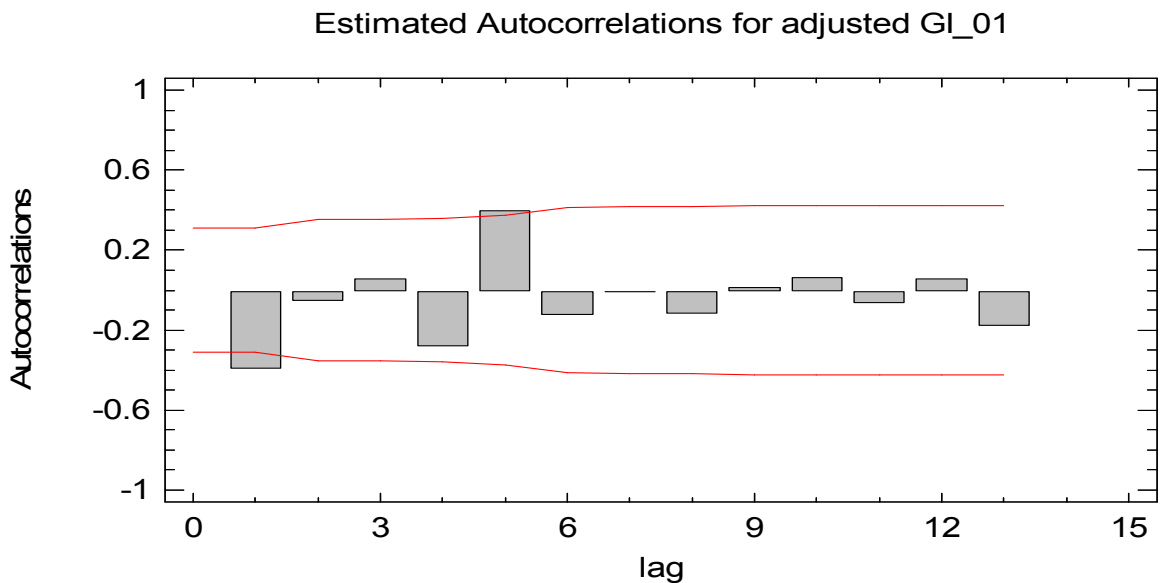
La tabla que se muestra a continuación relaciona los valores de ACF para los criterios  $d = 1$  y  $D = 0$  con la banda de confianza para la serie que se estudia.

Figura 77. Auto correlación simple con d = 1 y D = 0

d = 1 y D = 0					
AUTO CORRELACION SIMPLE					
Lag	Autocorrelation	Stnd. Error	Lower 95,0% Prob. Limit	Upper 95,0% Prob. Limit	FUERA DE RANGO
1	-0.396322	0.158114	-0.309898	0.309898	SI
2	-0.0551701	0.181255	-0.355255	0.355255	NO
3	0.0548027	0.181675	-0.356077	0.356077	SI
4	-0.28244	0.182088	-0.356886	0.356886	NO
5	0.394365	0.192729	-0.377743	0.377743	SI
6	-0.128103	0.211945	-0.415405	0.415405	NO
7	-0.0127344	0.213872	-0.419182	0.419182	NO
8	-0.120408	0.213891	-0.419219	0.419219	NO
9	0.0145732	0.215579	-0.422528	0.422528	SI
10	0.0615852	0.215603	-0.422576	0.422576	SI
11	-0.0664605	0.216043	-0.423437	0.423437	NO
12	0.0569608	0.216553	-0.424438	0.424438	SI
13	-0.178988	0.216928	-0.425171	0.425171	NO
INTERVALO DE CONFIANZA			NÚMERO DE DATOS		41
LÍMITE INFERIOR		-0.306100573	Intervalo de confianza = $1.96 * \left(\frac{1}{\sqrt{N}}\right)$		
LÍMITE SUPERIOR		0.306100573			

Los valores que se obtienen permiten graficar la ACF tanto en Excel como en Statgraphics Centurion. La figura que se muestra a continuación se realiza con una estacionariedad d = 1 en la parte regular o normal y D = 0 en la estacional.

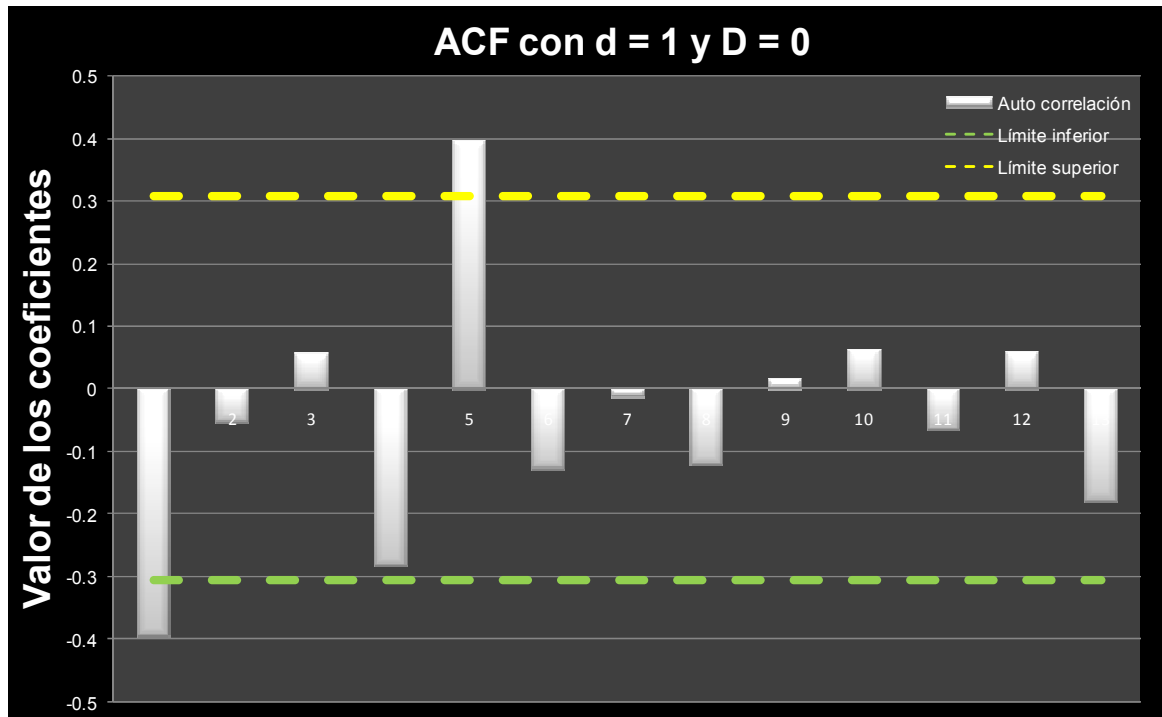
Figura 78. Auto correlación simple en Statgraphics Centurion para GI-01



(SGC, 2006)

El software Excel permite observar de igual manera que Statgraphics Centurion aquellos palotes que sobresalen la banda de confianza; es de anotar que algunos coeficientes salteados salen de los límites lo que asevera que aún no se logra la estacionariedad en media, aunque su coeficiente disminuye de 0.6 a 0.4.

Figura 79. Auto correlación simple en Excel para la referencia GI-01



Los valores de PACF para la serie temporal de la demanda de piezas de la referencia GI-01 con el recorte respectivo se calculan de igual forma con Statgraphics Centurion; es de anotar que para esta función la estacionariedad que se tiene en cuenta es la misma que se usa en la ACF; es decir  $d = 1$  y  $D = 0$ .

La tabla siguiente muestra la relación de todos los valores para PACF y permite establecer cuáles de los coeficientes están fuera del rango o de la bondad de confianza.

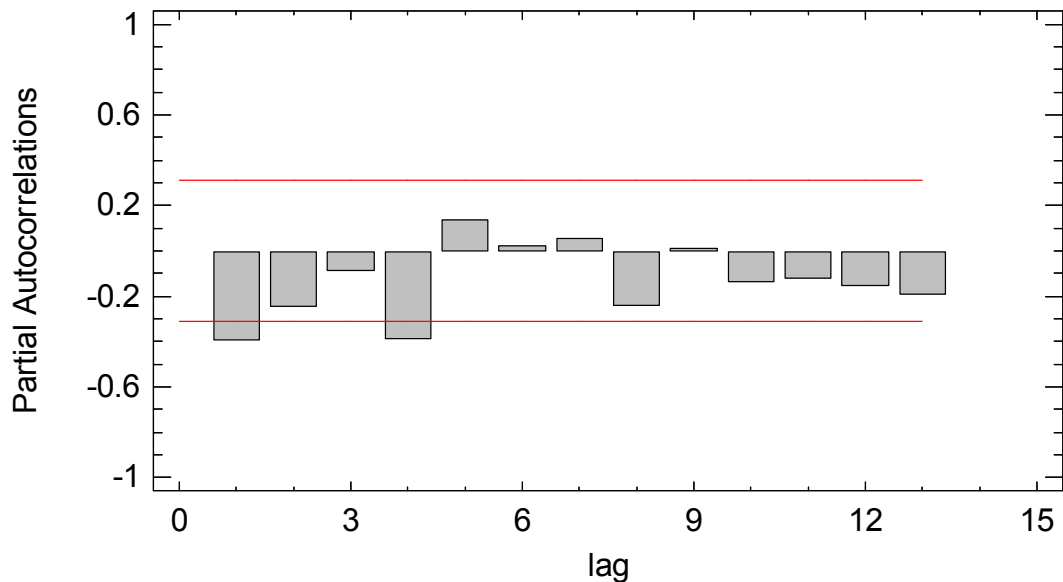
Figura 80. Auto correlación parcial con d = 1 y D = 0

d = 1 y D = 0					
AUTO CORRELACIÓN PARCIAL					
Lag	Autocorrelation	Stnd. Error	Lower 95,0% Prob. Limit	Upper 95,0% Prob. Limit	FUERA DE RANGO
1	-0.396322	0.158114	-0.309898	0.309898	SI
2	-0.25179	0.158114	-0.309898	0.309898	NO
3	-0.0916511	0.158114	-0.309898	0.309898	NO
4	-0.391783	0.158114	-0.309898	0.309898	SI
5	0.133858	0.158114	-0.309898	0.309898	SI
6	0.0201294	0.158114	-0.309898	0.309898	SI
7	0.052515	0.158114	-0.309898	0.309898	SI
8	-0.244103	0.158114	-0.309898	0.309898	NO
9	0.010619	0.158114	-0.309898	0.309898	SI
10	-0.142948	0.158114	-0.309898	0.309898	NO
11	-0.123075	0.158114	-0.309898	0.309898	NO
12	-0.156268	0.158114	-0.309898	0.309898	NO
13	-0.196931	0.158114	-0.309898	0.309898	NO
INTERVALO DE CONFIANZA			NÚMERO DE DATOS		41
LÍMITE INFERIOR		-0.306100573	Intervalo de confianza = $1.96 * \left(\frac{1}{\sqrt{N}}\right)$		
LÍMITE SUPERIOR		0.306100573			

Los valores de la tabla anterior permiten obtener la gráfica respectiva de PACF con Statgraphics Centurion para la referencia GI-01.

Figura 81. Auto correlación parcial en Statgraphics Centurion para GI-01

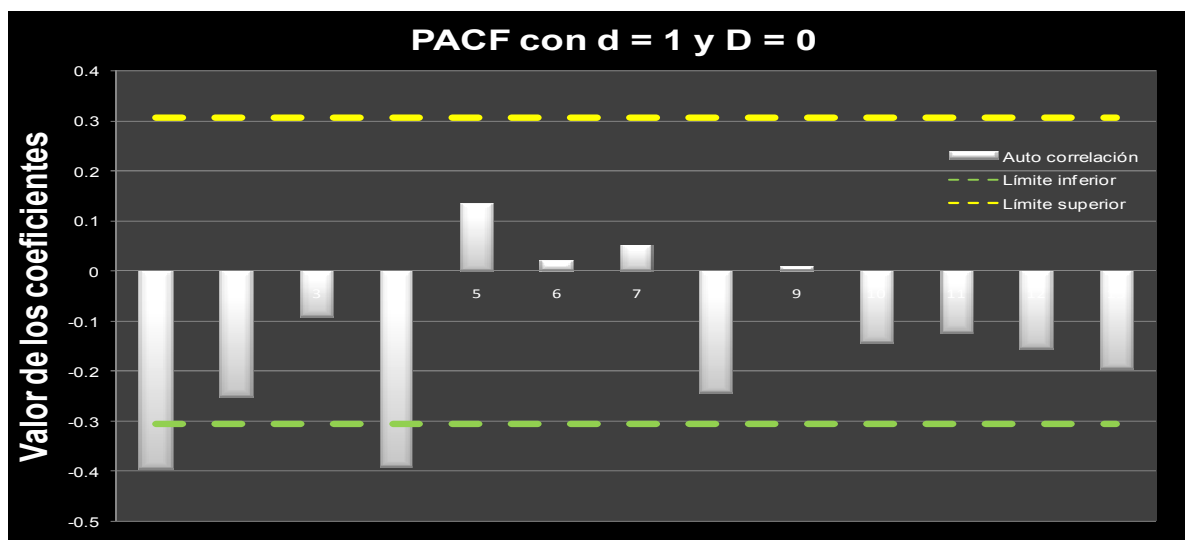
Estimated Partial Autocorrelations for adjusted GI\_01



(SGC, 2006)

Las gráficas que se realizan en Statgraphics Centurion y en Excel permiten apreciar que el primer coeficiente está fuera del rango pero ya no es significativo diferente de cero, esto mismo sucede con el palote cuatro. Este tipo de formas asevera la presencia de tendencia, más no la existencia de estacionariedad en media, con lo cual se debe aplicar otra diferenciación pero ahora en la parte estacional D.

Figura 82. Auto correlación parcial en Excel para la referencia GI-01



El análisis previo de las gráficas anteriores permite establecer que luego de realizar cambios en la estacionariedad:  $d = 0$ ,  $D = 0$  y  $d = 1$ ,  $D = 0$  de la serie se observa que aún existen palotes que sobrepasan la banda de confianza o límites superior e inferior respectivos, es necesario ahora establecer una nueva configuración dada por  $d = 1$  y  $D = 1$ ; los análisis respectivos son los que siguen a continuación.

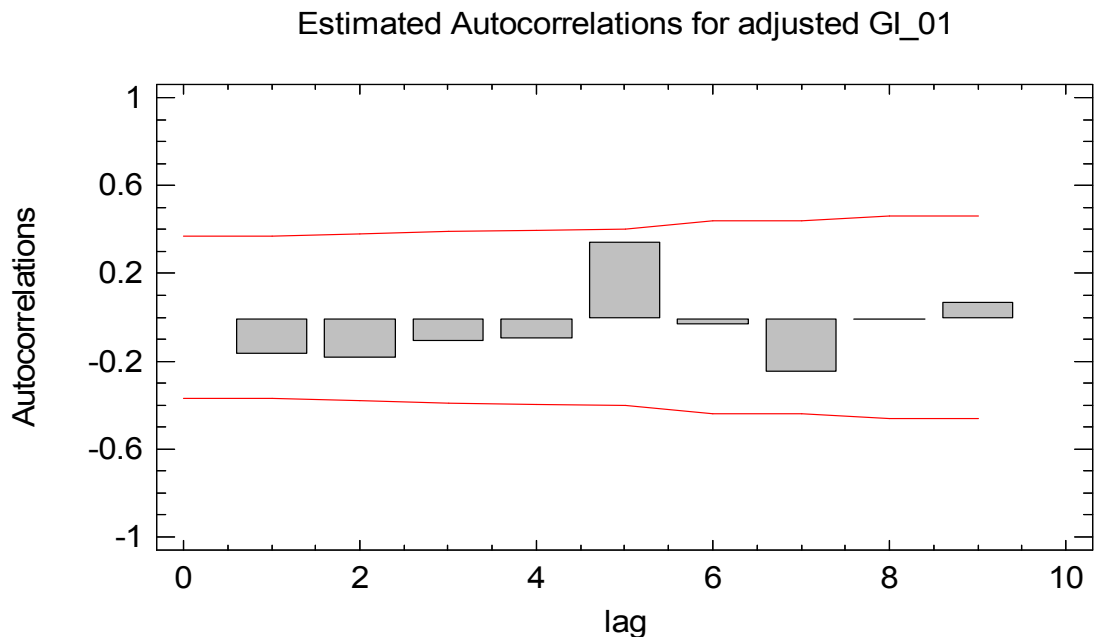
La tabla siguiente muestra la relación de todos los valores para ACF con una estacionariedad de  $d = 1$  en la parte regular o normal y  $D = 1$  en la parte estacional; esto permite además establecer cuáles de los coeficientes están fuera del rango o de la bondad de confianza.

Figura 83. Auto correlación simple con  $d = 1$  y  $D = 1$

<b>d = 1 y D = 1</b>					
<b>AUTO CORRELACIÓN SIMPLE</b>					
<b>Lag</b>	<b>Autocorrelation</b>	<b>Stnd. Error</b>	<b>Lower 95,0% Prob. Limit</b>	<b>Upper 95,0% Prob. Limit</b>	<b>FUERA DE RANGO</b>
1	-0.170836	0.188982	-0.370399	0.370399	NO
2	-0.187318	0.194419	-0.381056	0.381056	NO
3	-0.108627	0.200762	-0.393486	0.393486	NO
4	-0.0987518	0.20285	-0.397579	0.397579	NO
5	0.345104	0.20456	-0.40093	0.40093	SI
6	-0.0353611	0.224391	-0.4398	0.4398	NO
7	-0.249199	0.22459	-0.44019	0.44019	NO
8	-0.0122899	0.234258	-0.459137	0.459137	NO
9	0.0674449	0.234281	-0.459182	0.459182	NO
<b>INTERVALO DE CONFIANZA</b>			<b>NÚMERO DE DATOS</b>		41
<b>LÍMITE INFERIOR</b>		-0.306100573	Intervalo de confianza = $1.96 * \left(\frac{1}{\sqrt{N}}\right)$		
<b>LÍMITE SUPERIOR</b>		0.306100573			

El análisis de la gráfica permite identificar que a partir de los criterios  $d = 1$  y  $D = 1$ , los palotes se atenúan un poco más que con los otros casos de estacionariedad. Existe la posibilidad que para este punto la serie comience a ser estacionaria.

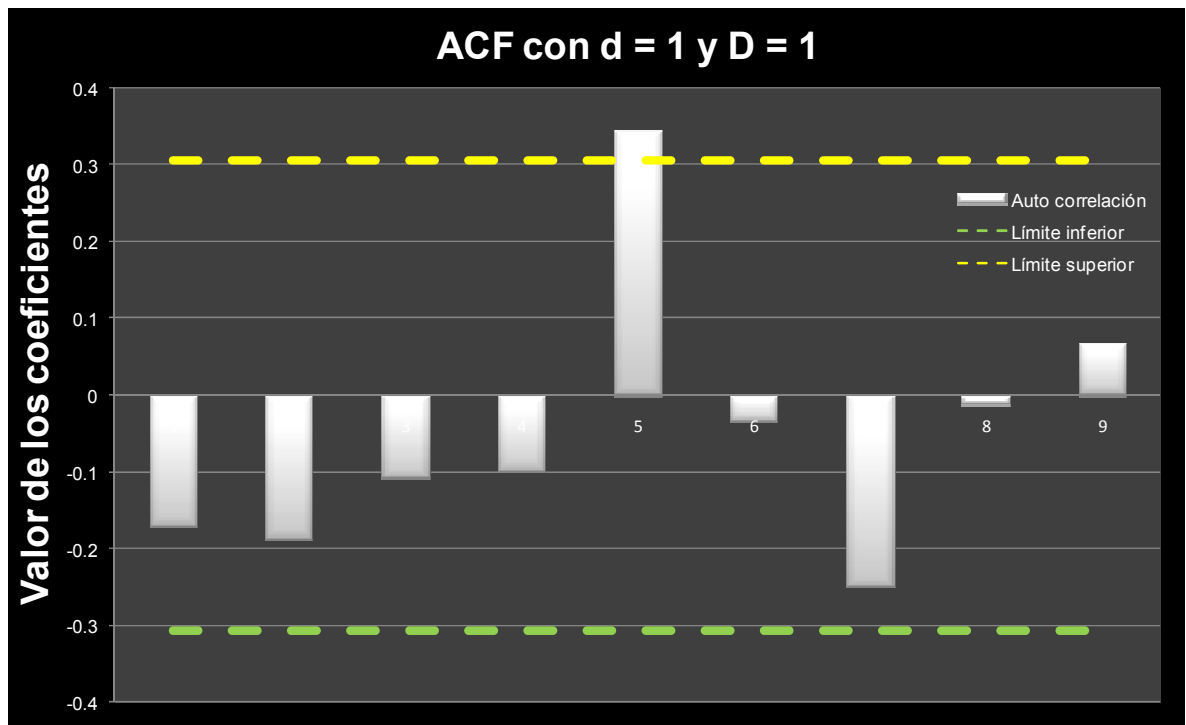
Figura 84. Auto correlación simple en Statgraphics Centurion para GI-01



(SGC, 2006)

El coeficiente que esta fuera de la banda de confianza, no es diferente de cero de una forma notoria, este coeficiente cae de 06 hasta 0.3, se afirmar que la serie ya tiene algo de estacionariedad en media y que los coeficientes no se relacionan entre sí. Se puede observar que este modelo es opcional por sus valores atenuados.

Figura 85. Auto correlación simple en Excel para la referencia GI-01



La tabla siguiente muestra la relación de todos los valores para PACF y permite establecer cuáles de los coeficientes están fuera del rango ó de la bondad de confianza con un configuración de estacionariedad  $d = 1$  y  $D = 1$ .

Los datos que se analizan son para la serie temporal de la demanda de piezas de la referencia GI-01, es necesario mencionar que para todas las configuraciones de estacionariedad que se presentan, el recorte es de siete datos; es decir, los últimos meses del año.

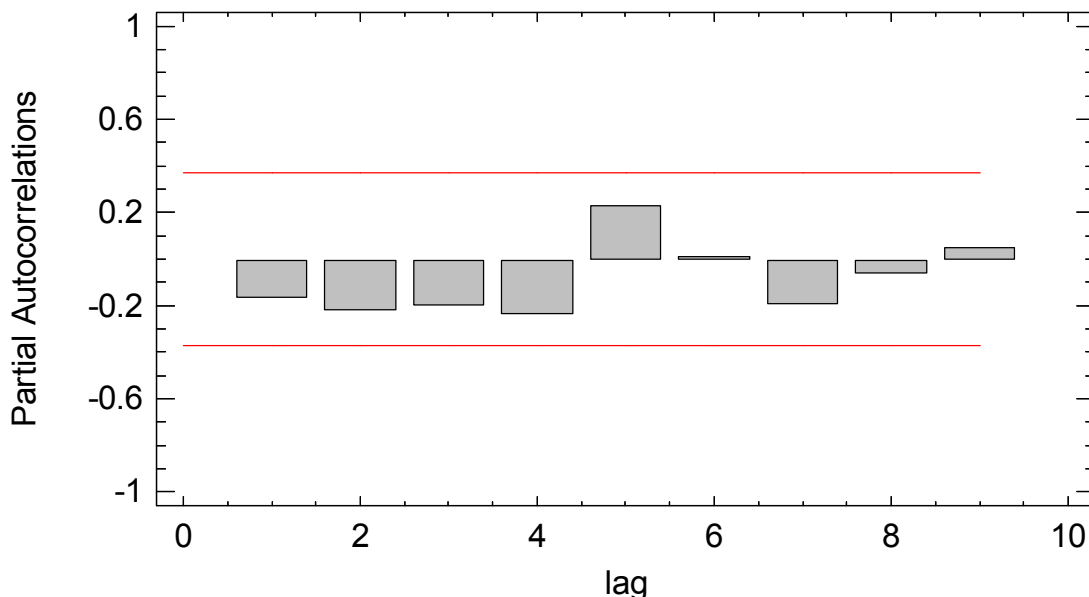
Figura 86. Auto correlación parcial con d = 1 y D = 1

d = 1 y D = 1					
AUTO CORRELACIÓN SIMPLE					
Lag	Autocorrelation	Stnd. Error	Lower 95,0% Prob. Limit	Upper 95,0% Prob. Limit	FUERA DE RANGO
1	-0.170836	0.188982	-0.370399	0.370399	NO
2	-0.223011	0.188982	-0.370399	0.370399	NO
3	-0.201469	0.188982	-0.370399	0.370399	NO
4	-0.237723	0.188982	-0.370399	0.370399	NO
5	0.227534	0.188982	-0.370399	0.370399	NO
6	0.0132124	0.188982	-0.370399	0.370399	NO
7	-0.198158	0.188982	-0.370399	0.370399	NO
8	-0.0633083	0.188982	-0.370399	0.370399	NO
9	0.0467803	0.188982	-0.370399	0.370399	NO
INTERVALO DE CONFIANZA			NÚMERO DE DATOS		41
LÍMITE INFERIOR		-0.306100573		Intervalo de confianza = $1.96 * \left(\frac{1}{\sqrt{N}}\right)$	
LÍMITE SUPERIOR		0.306100573			

La gráfica de PACF que se presenta a continuación permite observar a la mayoría de los coeficientes que son diferentes de cero con una atenuación completa dentro de la banda de confianza.

Figura 87. Auto correlación parcial en Statgraphics Centurion para GI-01

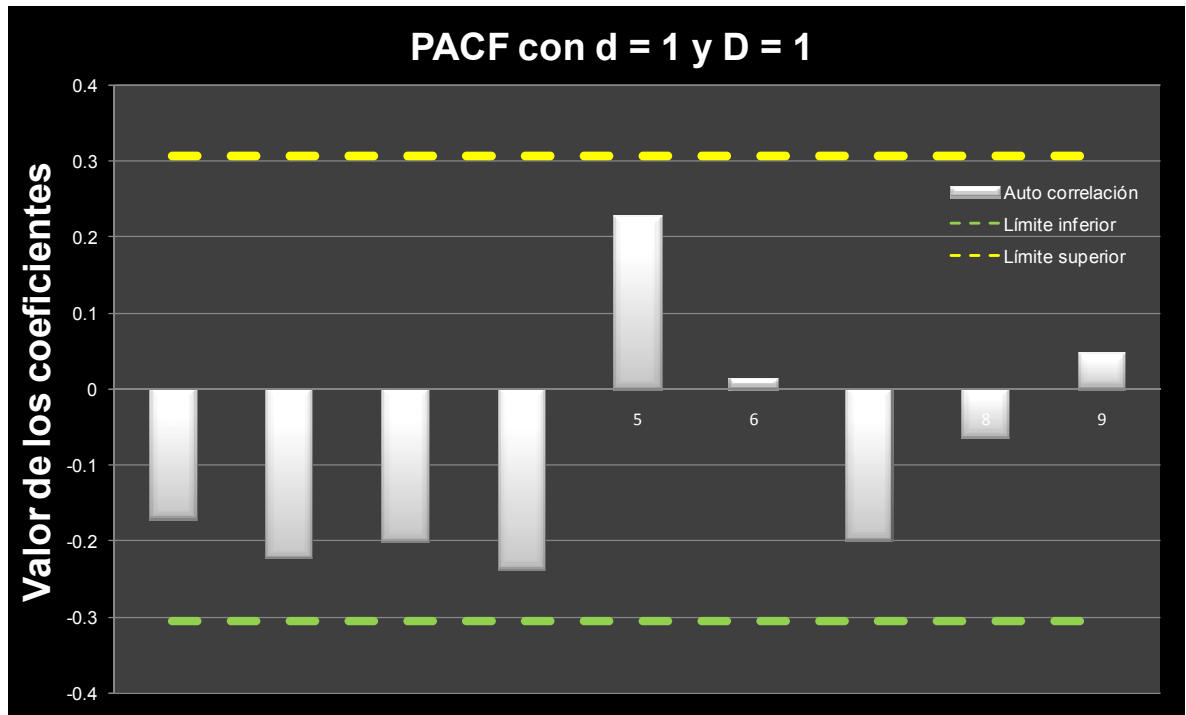
Estimated Partial Autocorrelations for adjusted GI\_01



(SGC, 2006)

La diferenciación de orden uno estacional ( $D = 1$ ) permite atenuar las auto correlaciones estacionales y demás palotes, finalmente se dice que hay estacionariedad en media ya que todos los valores no son significativos diferentes de cero.

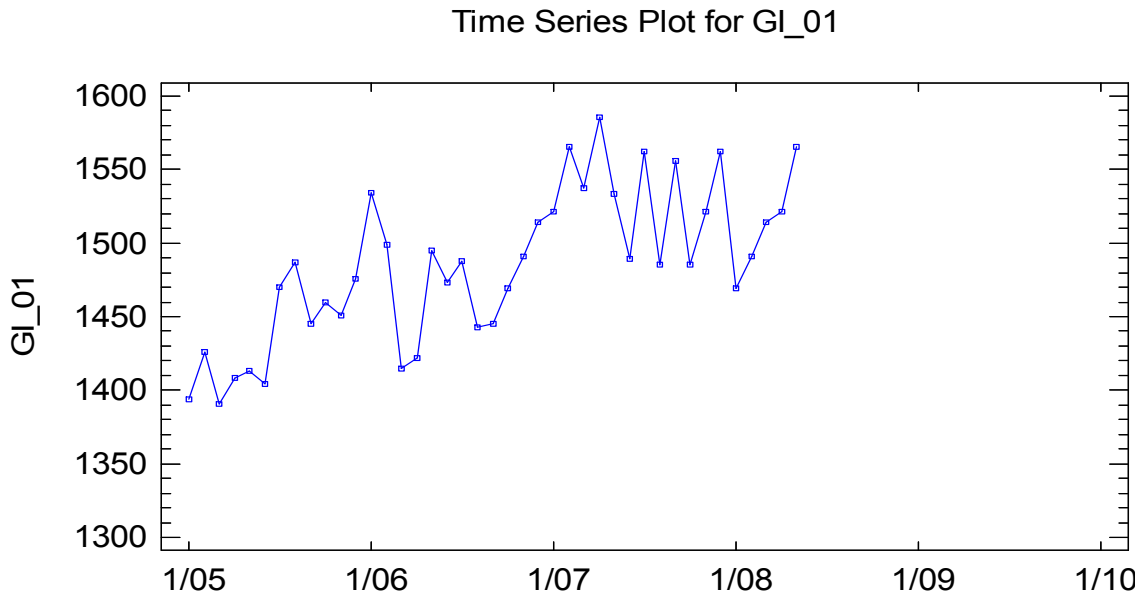
Figura 88. Auto correlación parcial en Excel para la referencia GI-01



El análisis del ACF y PACF para una configuración  $d = 1$  en la parte normal o regular y  $D = 1$  en la parte estacional, muestra como todos los palotes a excepción del cinco (que no es significativo diferente de cero) entran en la banda de confianza, lo que supone una estacionariedad en media y una variación de la varianza casi constante; se selecciona este modelo y se tiene en este momento un ARIMA ( $p, 1, q$ ) ( $P, 1, Q$ ).

Se presenta a continuación las diferentes gráficas de la variación de la media, para observar la tendencia luego de modificar  $d$  y  $D$ .

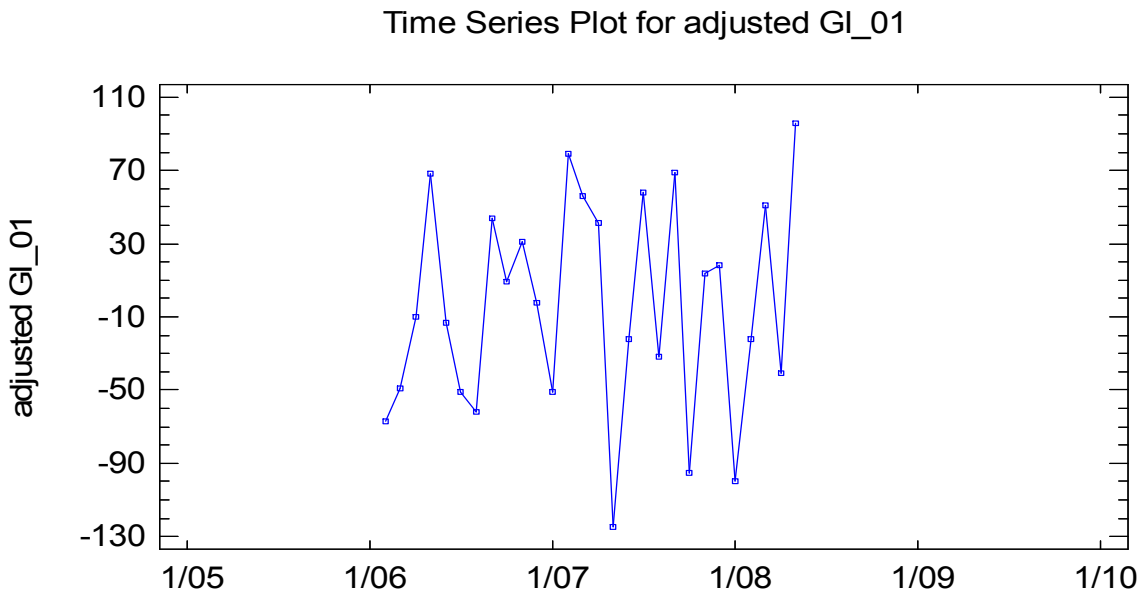
Figura 89. Serie original con primer recorte



(SGC, 2006)

La gráfica de ajuste evidencia como se centra la media con la diferenciación  $d = 1$  y  $D = 1$ , y así se logra encontrar la estacionariedad de la serie que se estudia.

Figura 90. Serie con ajuste



(SGC, 2006)

### 3.3.2.2 Identificación de parámetros $p$ , $q$ , $P$ y $Q$

La identificación de los parámetros es importante para la realización de los AR.I.MA; para ello se toman los dos correlogramas que se analizan en las funciones de auto correlación simple y parcial de  $d = 1$  y  $D = 1$  de la serie.

El análisis de la gráfica PACF es útil para identificar  $p$  y/o  $P$  en su parte normal, además de apreciar si hay valores iniciales significativos y diferentes de cero. En el caso particular no los hay por lo cual  $p$  y  $P$  parecen ser cero. Lo que hasta ahora se postula es entonces un posible modelo ARIMA  $(0, 1, q)$   $(0, 1, Q)$ .

La función ACF sirve para definir los valores de  $q$  y  $Q$ , esta se usa para buscar palotes diferentes de cero significativos. Como no los hay para el presente análisis, se deduce un posible modelo  $(0, 1, 0)$   $(0, 1, 0)$ .

Los análisis muestran ausencia de parte estacional en ACF y en PACF; a pesar de que no se ven palotes significativos diferentes de cero, es necesario probar diferentes opciones de combinaciones de  $p$ ,  $q$ ,  $P$  y  $Q$ .

### 3.3.2.3 Valoración de los parámetros de AR y MA

La valoración de los parámetros se logra a partir del uso de Statgraphics Centurion con el cual es necesario realizar diferentes valoraciones para  $p$ ,  $d$ ,  $q$ ,  $P$ ,  $D$  y  $Q$ , todo esto se logra con las diferentes pruebas de validación de resultados; entre las cuales se resaltan las siguientes:

- MSE – *Mean Square Error*: El error cuadrado medio debe ser lo más bajo posible; este método de validación ayuda escoger el mejor modelo.
- Prueba *Test T* de nulidad de medias para el valor de probabilidad *P-value*: esta prueba debe ser menor del 5%, y sirve para aceptar o rechazar el modelo.

- Examen de gráficas: consiste en analizar las gráficas ACF y PACF de los residuos para verificar que los coeficientes de auto correlación simple y parcial sean aleatorios; este método se usa para rechazar o aceptar el modelo a seleccionar.
- Box – Pierce: Esta prueba se aplica a valores que sean significativos y diferentes de cero, su resultado debe ser mayor al 10%. Este método sirve para aceptar o rechazar el modelo que se postula.
- Prueba de normalidad de residuos: Consiste en analizar los residuales a partir de una gráfica de distribución normal; si presenta una distribución muy normal, entonces se acepta.

### 3.3.2.3.1 Valoración de parámetros para el modelo (1, 1, 0) (0, 1, 0)

El parámetro AR y MA que se valora en el modelo 1, tiene la siguiente forma en su parte normal y estacional.

Parte normal o regular			Parte estacional		
AR	I	MA	AR	I	MA
1	1	0	0	1	0

El MSE que se obtiene con la combinación (1, 1, 0) (0, 1, 0) es equivalente a 58.5083; la prueba test T de nulidad para el valor P que se calcula con Statgraphics Centurion presenta los siguientes resultados.

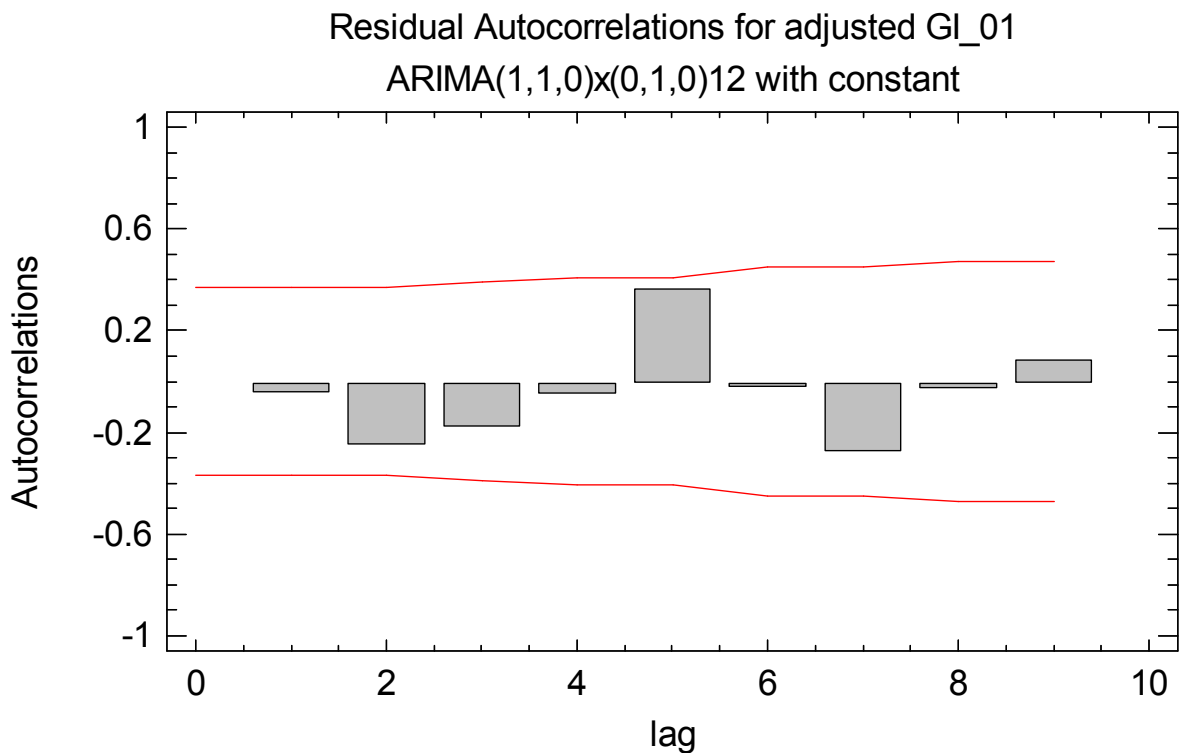
Parameter	Estimate	Stnd. Error	t	P-value
AR(1)	-0.189197	0.199786	-0.946998	0.352359

Los resultados presentan un *P value* de 0.3523 = 35.23%, este modelo no cumple bajo estas circunstancias; ya que la prueba test T de nulidad exige que el valor de P debe ser menor del 5%; para este caso 35.23% es mayor que 5%.

El análisis de las gráficas de ACF y PACF trata de identificar una completa aleatoriedad en los coeficientes; el esquema de barras siguiente permite observar que los valores se encuentran dentro de la banda de confianza; por lo tanto este modelo en cuanto a las gráficas si cumple.

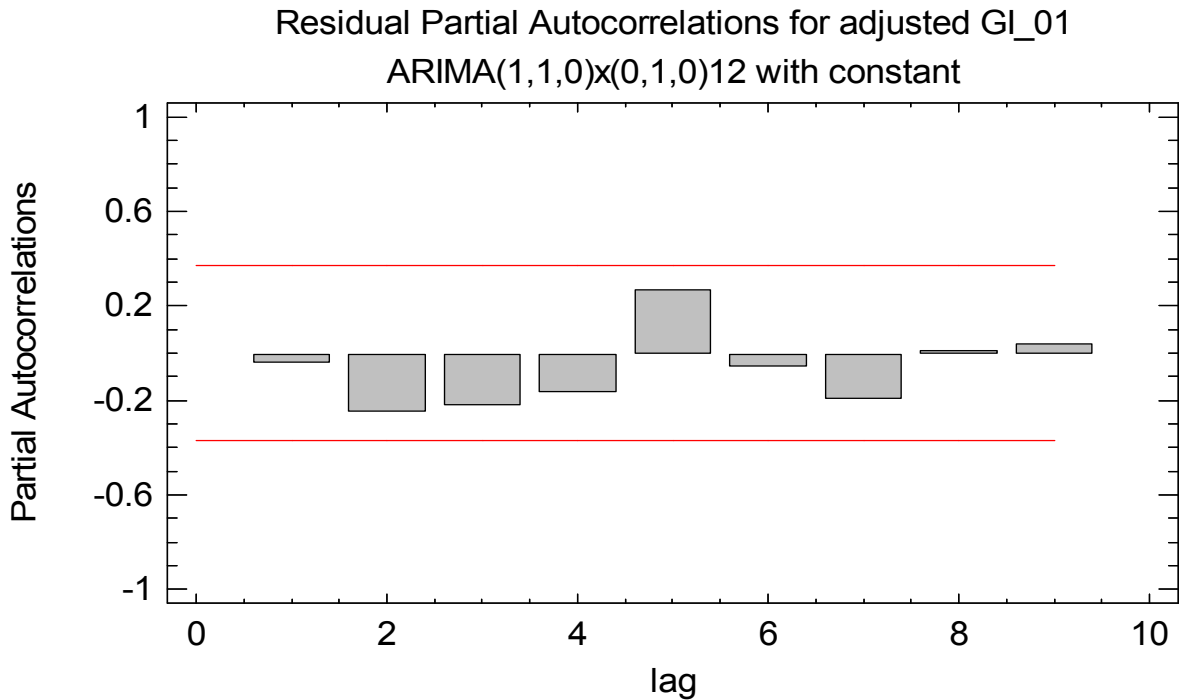
La prueba de independencia de los residuos con Box – Pierce muestra un resultado aproximado a 57.63% el cual cumple; ya que es mayor al 10%.

Figura 91. Examen de la gráfica ACF para el modelo (1, 1, 0) (0, 1, 0)



(SGC, 2006)

Figura 92. Examen de la gráfica PACF para el modelo (1, 1, 0) (0, 1, 0)



(SGC, 2006)

### 3.3.2.3.2 Valoración de parámetros para el modelo (0, 1, 1) (0, 1, 0)

El parámetro AR y MA que se valora en el modelo 2, tiene la siguiente forma en su parte normal y estacional.

Parte normal o regular			Parte estacional		
AR	I	MA	AR	I	MA
0	1	1	0	1	0

El MSE que se obtiene con la combinación (0, 1, 1) (0, 1, 0) es equivalente a 55.8938; la prueba test T de nulidad para el valor P que se calcula con Statgraphics Centurion presenta los siguientes resultados.

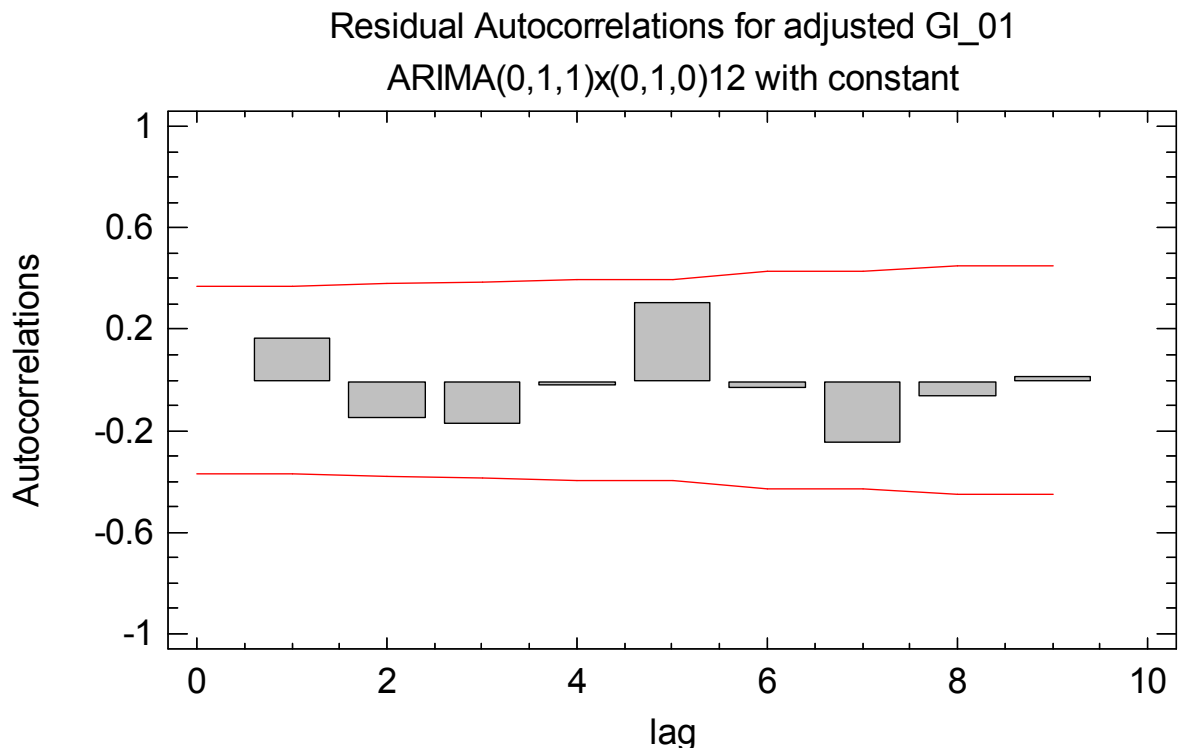
Parameter	Estimate	Stnd. Error	t	P-value
MA(1)	0.577131	0.15947	3.61905	0.001252

Los resultados presentan un *P-value* de  $0.00125 = 0.1252\%$ , este modelo si cumple bajo estas circunstancias; ya que la prueba test T de nulidad exige que el valor de P debe ser menor del 5%; para este caso  $0.1252\%$  es menor que 5%.

El análisis de las gráficas de ACF y PACF trata de identificar una completa aleatoriedad en los coeficientes; el esquema de barras siguiente permite observar que los valores se encuentran dentro de la banda de confianza; por lo tanto este modelo en cuanto al examen de las gráficas cumple.

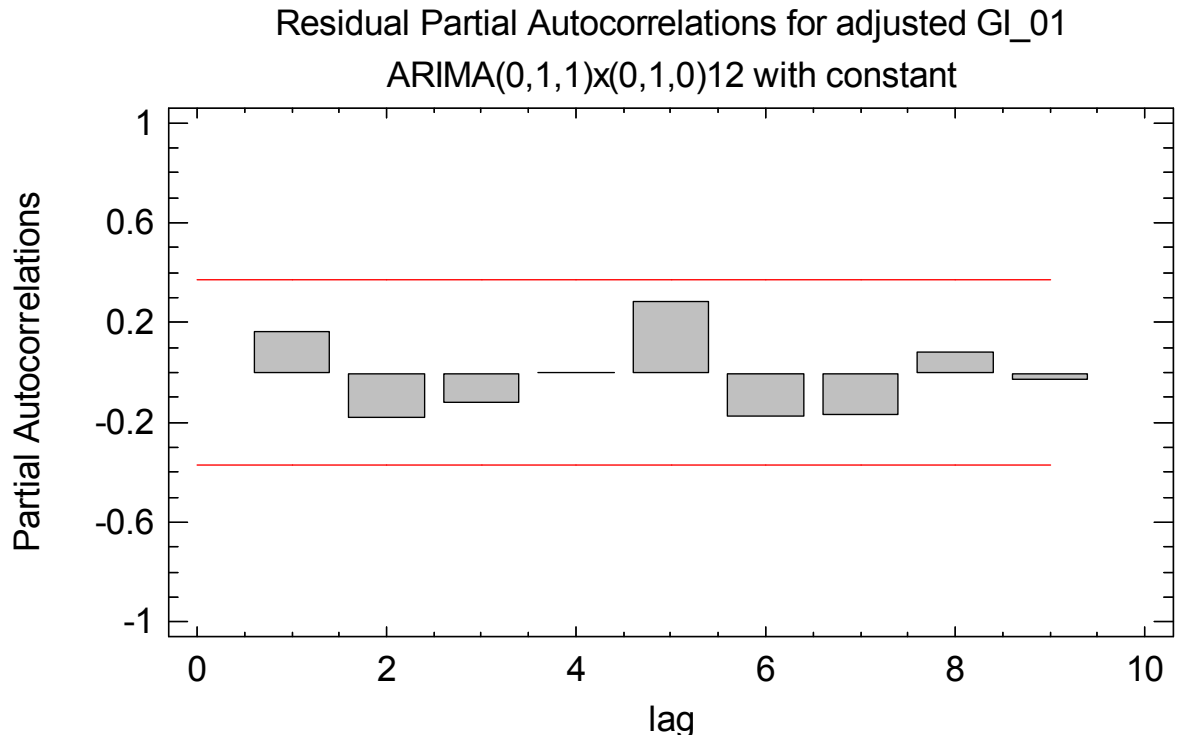
La prueba de independencia de los residuos con Box – Pierce muestra que el valor que se obtiene es de  $55.5755\%$  mayor que el 10% que la prueba sugiere, entonces se puede afirmar que el modelo cumple.

Figura 93. Examen de la gráfica ACF para el modelo  $(0, 1, 1) (0, 1, 0)$



(SGC, 2006)

Figura 94. Examen de la gráfica PACF para el modelo (0, 1, 1) (0, 1, 0)



(SGC, 2006)

3.3.2.3.3 Valoración de parámetros para el modelo (0, 1, 1) (0, 0, 0)

El parámetro AR y MA que se valora en el modelo 3, tiene la siguiente forma en su parte normal y estacional.

Parte normal o regular			Parte estacional		
AR	I	MA	AR	I	MA
0	1	1	0	0	0

El MSE que se obtiene con la combinación (0, 1, 1) (0, 0, 0) es equivalente a 37.9767; la prueba test T de nulidad para el valor P que se calcula con Statgraphics Centurion presenta los siguientes resultados.

Parameter	Estimate	Stnd. Error	t	P-value
MA(1)	0.742397	0.111554	6.65505	0

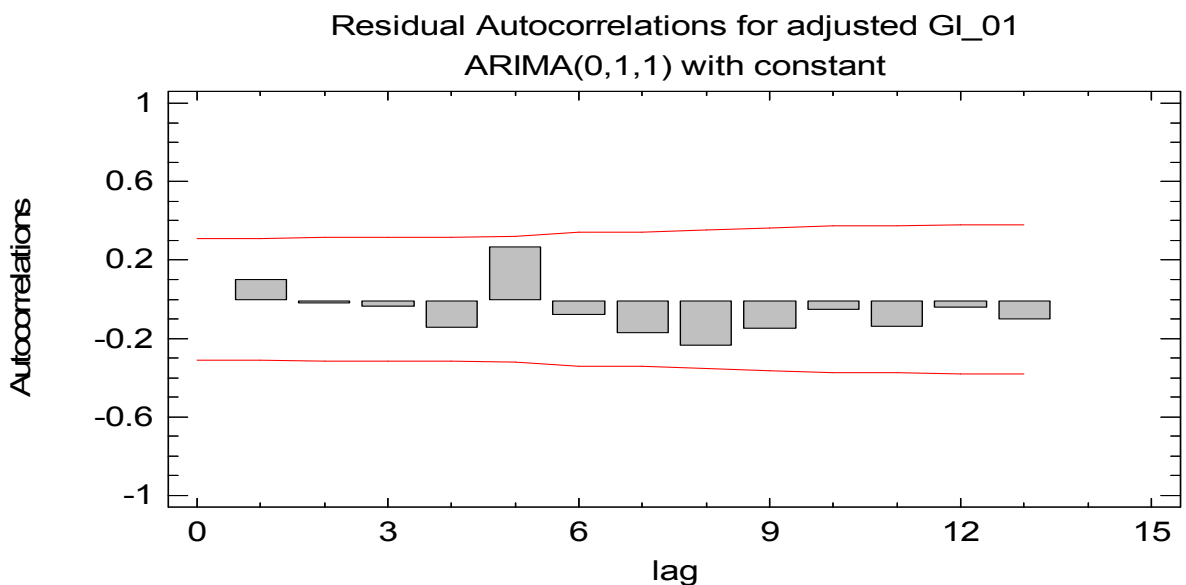
Los resultados presentan un *P-value* del 0%; este modelo si cumple bajo estas circunstancias; ya que la prueba test T de nulidad exige que el valor de P debe ser menor del 5%; para este caso 0% es menor que 5%.

El análisis de la gráfica de ACF identifica una completa aleatoriedad en los coeficientes; el esquema de barras siguiente permite observar que todos los valores se encuentran dentro de la banda de confianza;

La gráfica de PACF muestra todos los coeficientes dentro de los límites, incluyendo el palote cinco que se acerca mucho al límite superior pero no lo sobrepasa, se puede decir a partir del examen de gráficas de este modelo hasta ahora cumple.

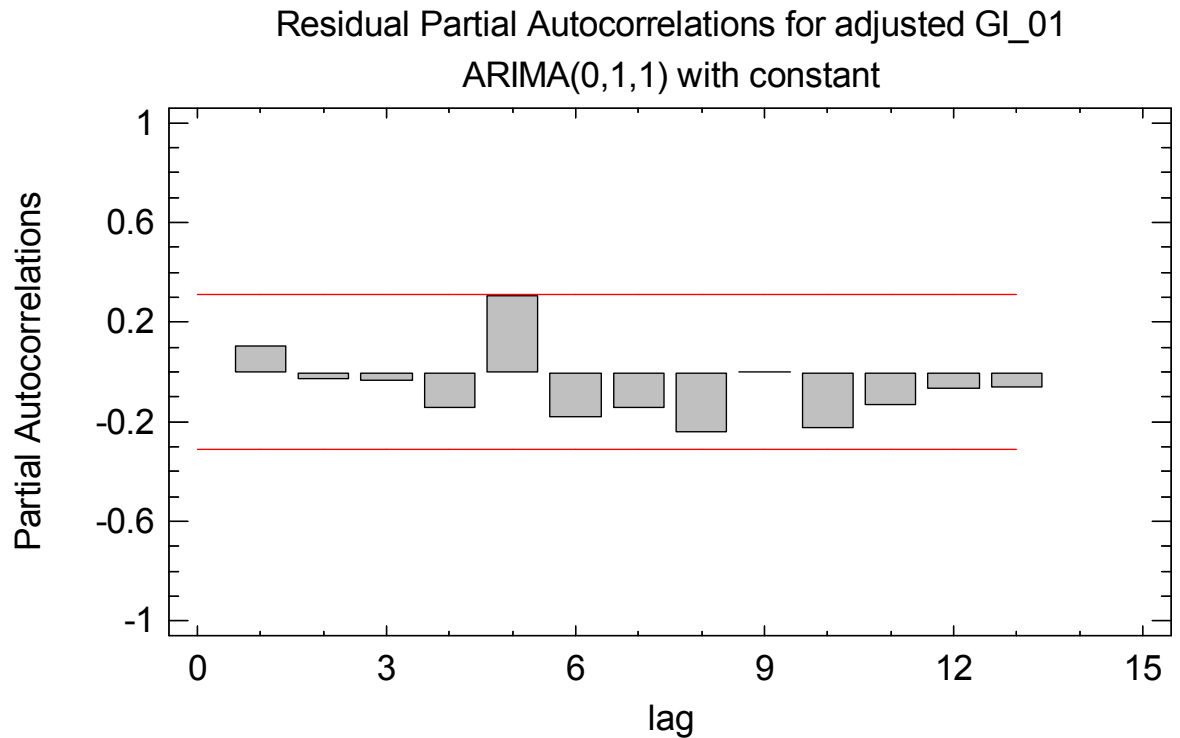
La prueba de independencia de los residuos con Box – Pierce muestra que el valor que se obtiene es de 57.8362%, mayor que el 10% que la prueba sugiere, entonces se puede afirmar que el modelo cumple.

Figura 95. Examen de la gráfica ACF para el modelo (0, 1, 1) (0, 0, 0)



(SGC, 2006)

Figura 96. Examen de la gráfica PACF para el modelo (0, 1, 1) (0, 0, 0)



(SGC, 2006)

### 3.3.2.3.4 Valoración de parámetros para el modelo (0, 1, 1) (0, 1, 1)

El parámetro AR y MA que se valora en el modelo 4, tiene la siguiente forma en su parte normal y estacional.

Parte normal o regular			Parte estacional		
AR	I	MA	AR	I	MA
0	1	1	0	1	1

El MSE que se obtiene con la combinación (0, 1, 1) (0, 1, 1) es equivalente a 40.8926; la prueba test T de nulidad para el valor P que se calcula con Statgraphics Centurion presenta los siguientes resultados.

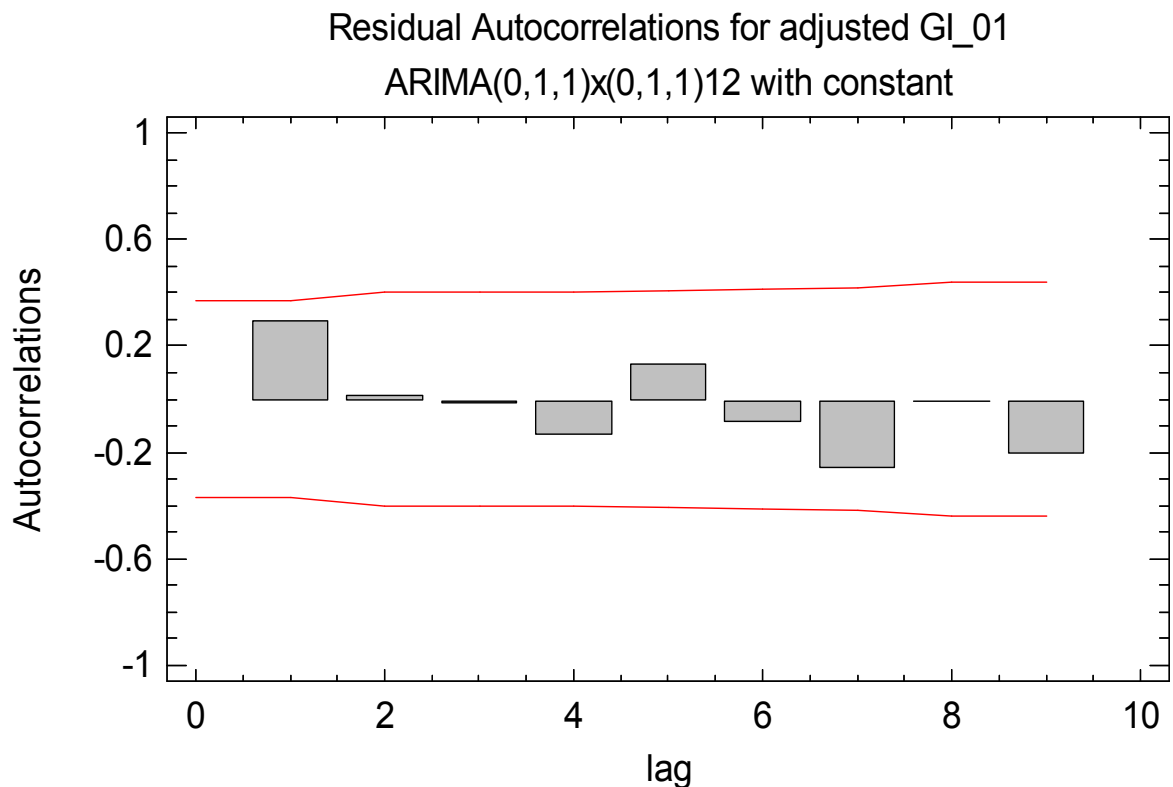
Parameter	Estimate	Stnd. Error	t	P-value
MA(1)	0.73382	0.139779	5.24986	0.00002

Los resultados presentan un *P-value* de 0.00002 = 0.002%; este modelo si cumple bajo estas circunstancias; ya que la prueba test T de nulidad exige que el valor de P debe ser menor del 5%; para este caso 0.002%; es menor que 5%.

El análisis de las gráficas de ACF y PACF identifica una completa aleatoriedad en los coeficientes; el esquema de barras siguiente permite observar que los valores se encuentran dentro de la banda de confianza; por lo tanto este modelo en cuanto al examen de las gráficas cumple.

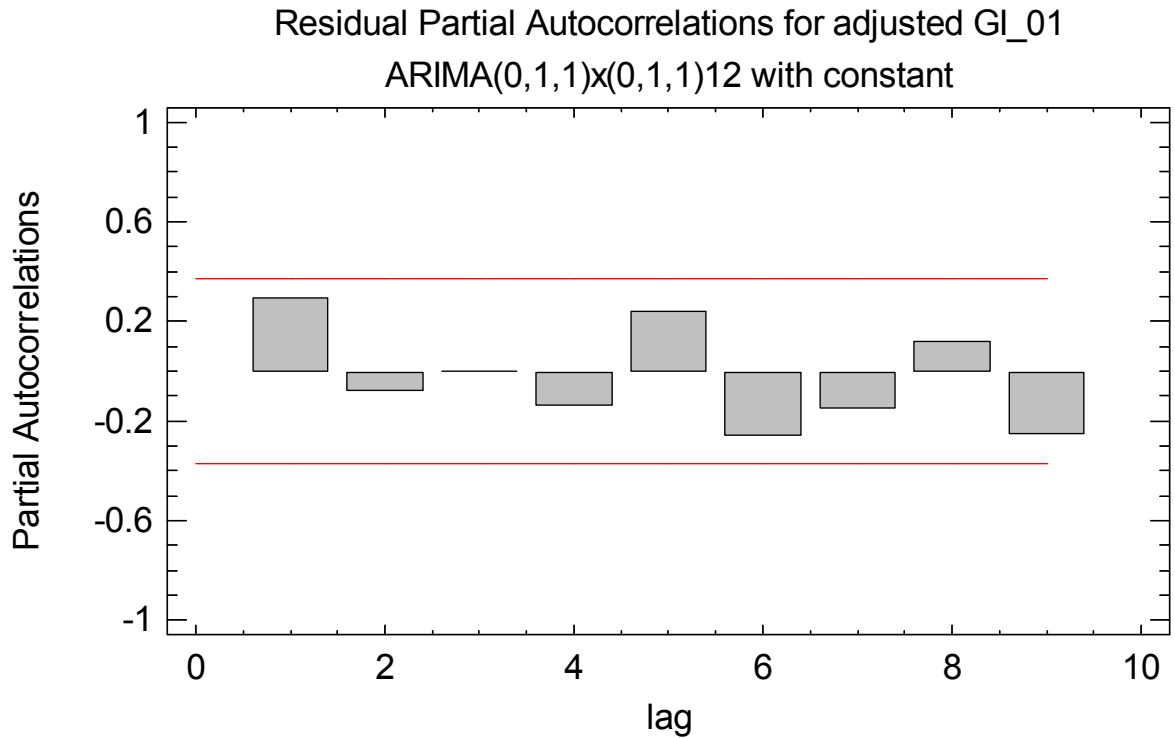
La prueba de independencia de los residuos con Box – Pierce muestra que el valor que se obtiene es de 45.1348%, mayor que el 10% que la prueba sugiere, entonces se puede afirmar que el modelo cumple.

Figura 97. Examen de la gráfica ACF para el modelo (0, 1, 1) (0, 1, 1)



(SGC, 2006)

Figura 98. Examen de la gráfica PACF para el modelo (0, 1, 1) (0, 1, 1)



(SGC, 2006)

### 3.3.2.3.5 Valoración de parámetros para el modelo (1, 1, 0) (1, 1, 0)

El parámetro AR y MA que se valora en el modelo 5, tiene la siguiente forma en su parte normal y estacional.

Parte normal o regular			Parte estacional		
AR	I	MA	AR	I	MA
1	1	0	1	1	0

El MSE que se obtiene con la combinación (0, 1, 1) (0, 1, 1) es equivalente a 48.6867; la prueba test T de nulidad para el valor P que se calcula con Statgraphics Centurion presenta los siguientes resultados.

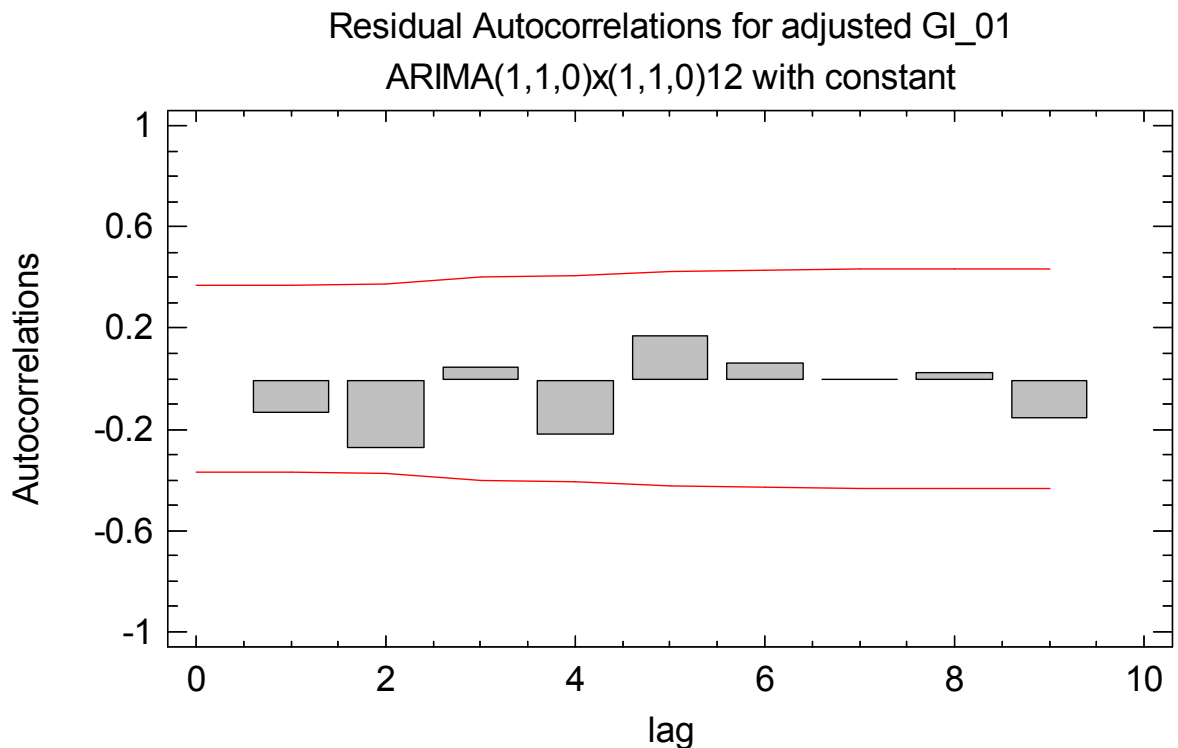
Parameter	Estimate	Stnd. Error	t	P-value
AR(1)	-0.385932	0.184874	-2.08754	0.047189

Los resultados presentan un *P-value* de 0.04718 = 4.7189% este modelo si cumple bajo estas circunstancias; ya que la prueba test T de nulidad exige que el valor de P debe ser menor del 5%; para este caso 4.7189% es menor que 5%.

El análisis de las gráficas de ACF y PACF para el modelo (1, 1, 0) (1, 1, 0), identifica una completa aleatoriedad en los coeficientes; los esquemas siguientes permiten observar que en ambas gráficas ninguno de los palotes se encuentra fuera de la banda de confianza, esto sugiere que no hay relación entre los valores; por lo tanto pasa el examen de las gráficas.

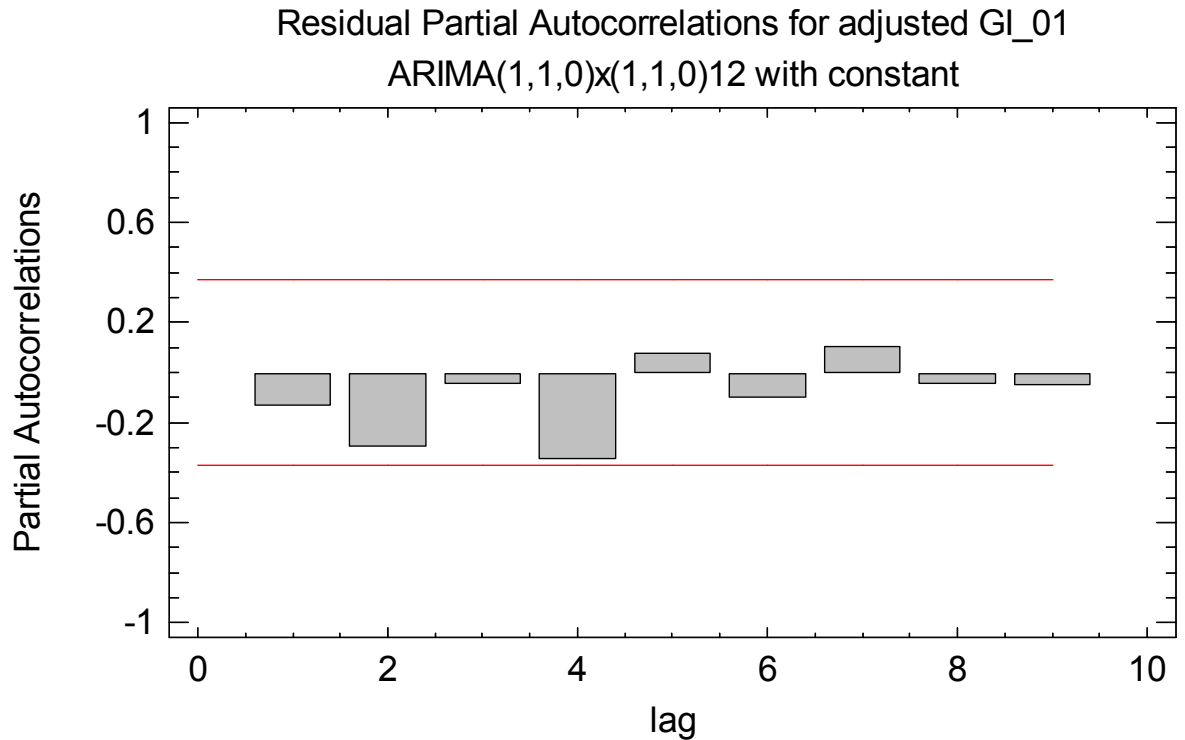
La prueba de independencia de los residuos con Box – Pierce muestra que el valor que se obtiene es de 56.5669%, mayor que el 10% que la prueba sugiere, entonces se puede afirmar que el modelo cumple.

Figura 99. Examen de la gráfica ACF para el modelo (1, 1, 0) (1, 1, 0)



(SGC, 2006)

Figura 100. Examen de la gráfica PACF para el modelo (1, 1, 0) (1, 1, 0)



(SGC, 2006)

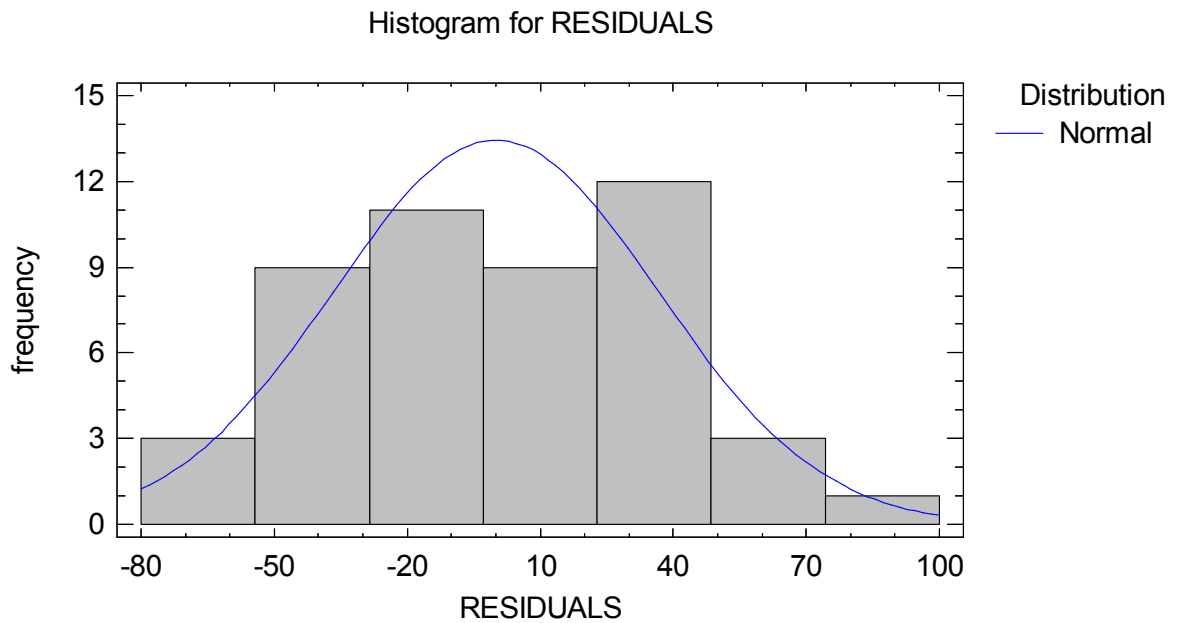
El análisis de la estacionariedad permite postular un modelo (0, 1, 0) (0, 1, 0), pero luego de analizar las variaciones de los parámetros AR y MA, se encuentra que la mejor combinación posible para la serie temporal de la referencia GI-01 es el modelo con los parámetros (0, 1, 1) (0, 0, 0); las otras combinaciones se muestran en la tabla siguiente, estas no cumplen de forma satisfactoria con las pruebas de validación.

Figura 101. Selección del mejor modelo AR I MA

MODELOS						PRUEBA	RESULTADO	OBSERVACIÓN	ORDEN
Modelo 1						MSE	58.5083	Se descarta este modelo, ya que el P-value no cumple, este debe ser menor que el 5%.	NO CUMPLE
Parte normal o regular			Parte estacional			P-value	35.23%		
AR	I	MA	AR	I	MA	Gráficas	Cumple		
1	1	0	0	1	0	Box-Pierce	57.63%		
Modelo 2						MSE	55.8938	El cuarto modelo, aunque tiene un buen P-value, el MSE no es el mas bajo.	4
Parte normal o regular			Parte estacional			P-value	0.13%		
AR	I	MA	AR	I	MA	Gráficas	Cumple		
0	1	1	0	1	0	Box-Pierce	55.58%		
Modelo 3						MSE	37.9767	Es el mejor modelo, tiene el MSE mas bajo, el P-value = 0%, el Box-Pierce, es mayor que 5% y es el mas grande de los modelos.	1
Parte normal o regular			Parte estacional			P-value	0%		
AR	I	MA	AR	I	MA	Gráficas	Cumple		
0	1	1	0	0	0	Box-Pierce	57.8362		
Modelo 4						MSE	40.8926	Es el segundo mejor modelo por tener un P-value y MSE muy bajos, su Box-Pierce no es el mayor, pero si superior al 10%.	2
Parte normal o regular			Parte estacional			P-value	0.002%		
AR	I	MA	AR	I	MA	Gráficas	Cumple		
0	1	1	0	1	1	Box-Pierce	45.13%		
Modelo 5						MSE	48.6867	Es el tercer mejor modelo de acuerdo al MSE, no tiene el mejor P-value, pero cumple con el criterio de ser menor que 5%.	3
Parte normal o regular			Parte estacional			P-value	4.72%		
AR	I	MA	AR	I	MA	Gráficas	Cumple		
1	1	0	1	1	0	Box-Pierce	56.57%		

La prueba de la normalidad de los residuos se realiza para el AR.I.MA (0,1,1) (0,0,0) que se selecciona como modelo que más se ajusta, muestra una distribución normal que se calcula en Statgraphics Centurion, y que cumple con el criterio de la normalidad de residuos.

Figura 102. Histograma de residuales para el AR.I.MA (0, 1, 1) (0, 0, 0)

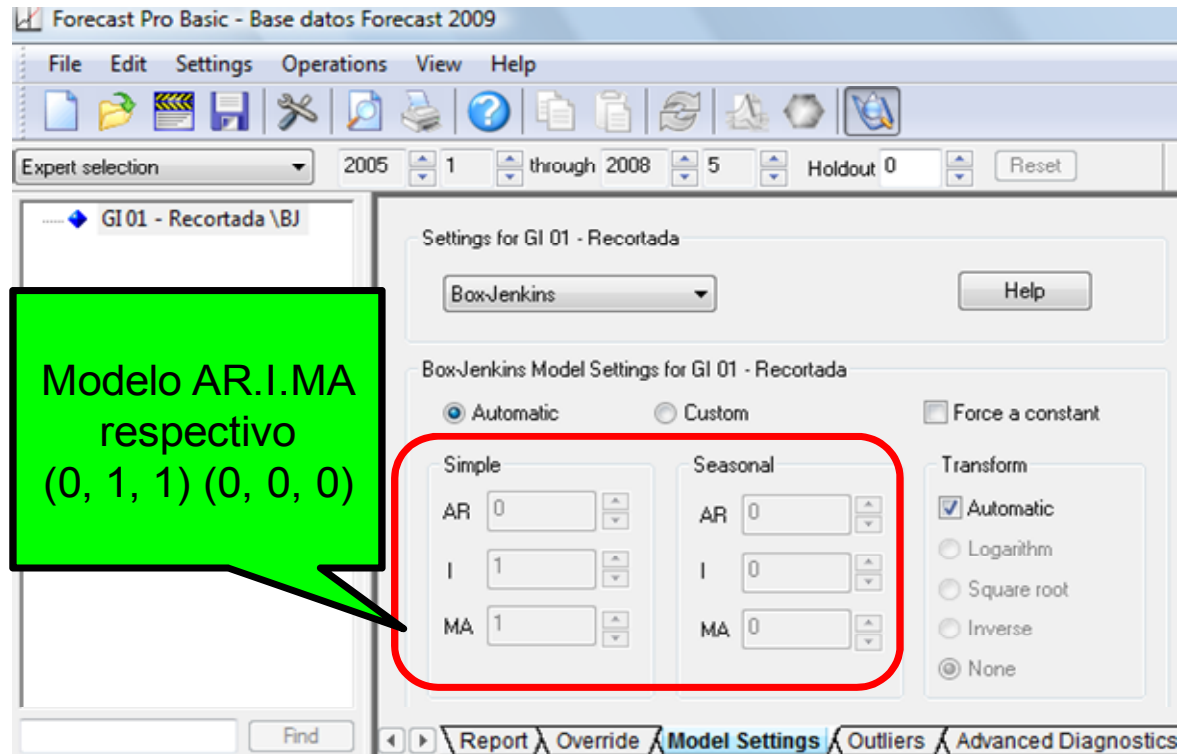


(SGC, 2006)

Los programas avanzados para la predicción de demanda de piezas que se usan en los métodos futurísticos son de gran ayuda, ya que ahorran mucho tiempo en estimaciones y cálculos parciales de modelos, el Forecast Pro Basic es uno de ellos ya que entrega de una forma rápida, didáctica y directa el modelo que más se ajusta, además de examinar las gráficas de ACF y PACF respectivas para la serie.

El modelo AR.I.MA se haya luego de cargar los datos de la serie temporal de la demanda de piezas para la referencia GI-01 con el respectivo recorte de siete datos; es decir a los 48 datos totales se le quitan los siete últimos, por lo cual, la serie original queda con 41 datos, este procedimiento de doble recorte se explica más adelante en donde se muestra paso a paso el resultado de la serie con la sustracción de los datos respectivos.

Figura 103. Modelo AR.I.MA con Forecast Pro Basic para GI-01



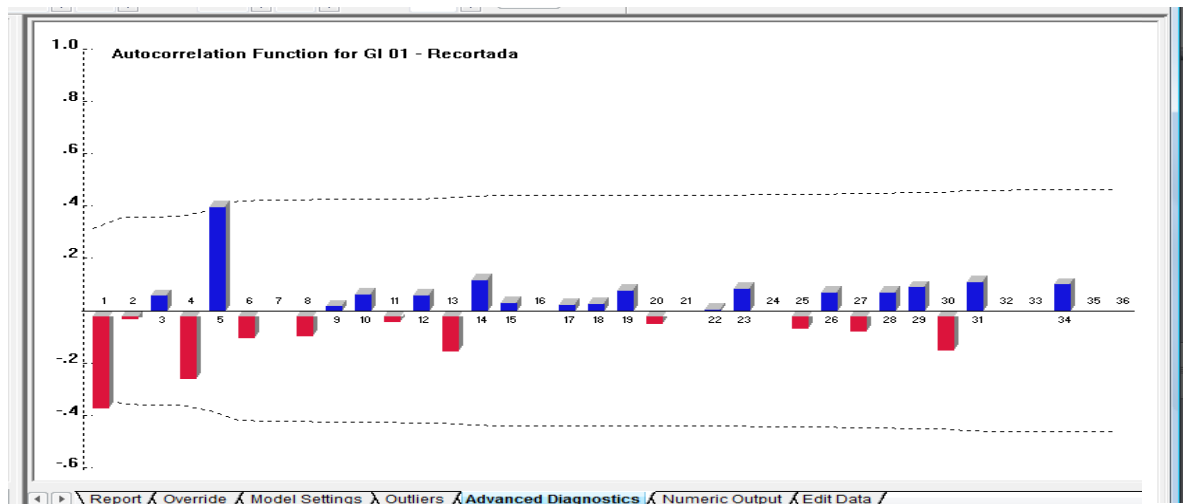
(FPB, 2008)

El Forecast Pro Basic permite encontrar las gráficas de ACF y PACF para la respectiva serie temporal de la demanda de piezas de la referencia GI-01 con el doble recorte; estas describen el comportamiento de cada uno de los palotes, su análisis se muestra a continuación.

El análisis de la gráfica de ACF identifica una completa aleatoriedad en los coeficientes; el esquema de barras muestra que solo los valores uno y cinco sobrepasan la banda de confianza y el resto están dentro, todos son significativos diferentes de cero.

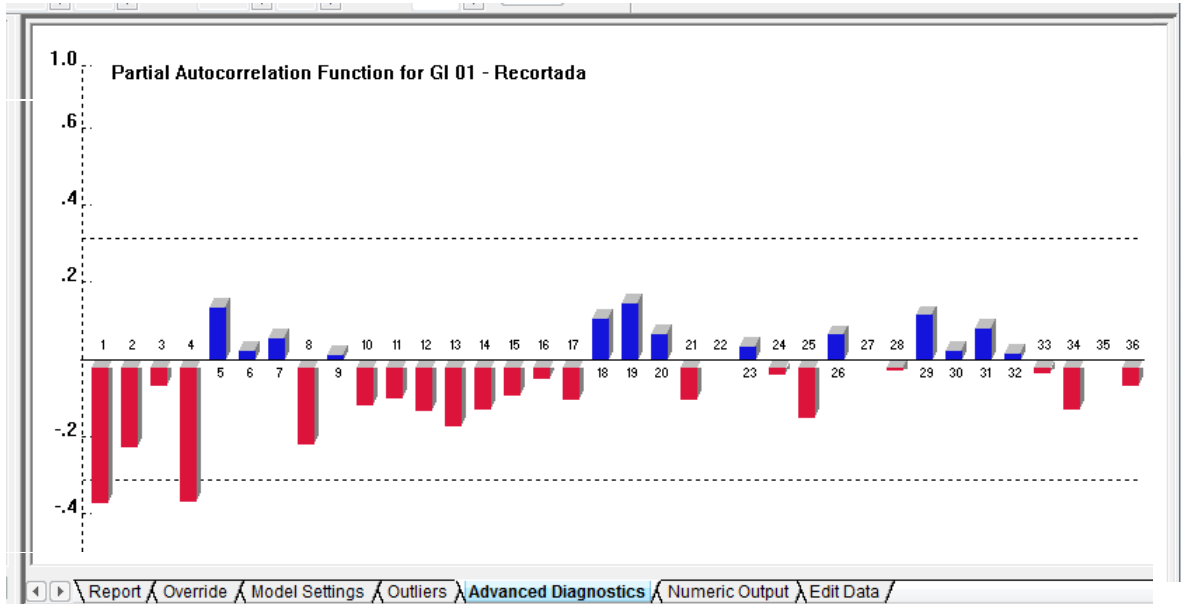
La gráfica de PACF muestra todos los coeficientes dentro de los límites, a excepción del palote uno y cuatro, estos se acerca mucho al límite superior y lo sobrepasan por muy poco margen, a partir de este análisis, el modelo cumple.

Figura 104. Gráfica ACF para el modelo (0, 1, 1) (0, 0, 0)



(FPB, 2008)

Figura 105. Gráfica PACF para el modelo (0, 1, 1) (0, 0, 0)



(FPB, 2008)

El modelo AR.I.MA permite mejorar el espectro de la estacionariedad; es decir, centrar la media y lograr la eliminación del ruido o aleatoriedad, a través del operador diferencia, que para este caso en particular es  $P = 0$  y  $Q = 0$ , lo que sugiere que aún después de los métodos modernos no se encuentra presencia de una estructura estacional en la serie, por lo cual la síntesis del análisis previo permanece igual después del AR.I.MA.

Figura 106. Análisis previo después del AR.I.MA

SÍNTESIS DEL ANÁLISIS PREVIO DESPUÉS DEL AR.I.MA					
ANÁLISIS PREVIO	ALTO	REGULAR	BAJO	MUY LEVE	INEXISTENTE
Estructura Vertical: Nivel					<b>X</b>
Estructura Horizontal: Ruido	<b>X</b>				
Estructura Tendencial	<b>X</b>				
Estructura Estacional					<b>Xmes</b>
Estructura Cíclica					<b>X12 X24 X36</b>
Irregularidades					<b>X</b>
Existencia patón	<b>X</b>				
Fenómenos exógenos					<b>X</b>

### 3.3.3 Postulación de los modelos: formulación de la hipótesis

El paso siguiente en el MUP consiste en determinar el modelo que mejor se ajuste a las características de la serie que se estudia en el análisis previo. Es necesario conocer las particularidades de cada uno de los modelos tanto de los clásicos como de los modernos con el fin de establecer para la serie temporal de demanda de piezas de la referencia GI-01 cuál es el más representativo.

La serie temporal de la referencia GI-01, presenta algunas características esenciales que hace que se acomode a un modelo en particular; algunas de ellas como presencia de nivel inexistente, alto ruido, presencia de tendencia e inexistencia tanto de estacionalidad como de ciclicidad hacen pensar en un modelo que se conoce como *Holt Exponential Smoothing*<sup>5</sup>.

El modelo Holt de suavización exponencial es un modelo clásico que se usa para series que tiene estructura horizontal de ruido, además de estructura tendencial con pendiente diferente de 0.25 (MORA, 2008). Esto asevera que para la serie de la referencia GI-01 este modelo es el que más aplica.

El análisis previo concluye que el mejor modelo AR.I.MA para pronosticar esta serie, de acuerdo a sus características es un modelo (0, 1, 1) (0, 0, 0).

La ecuación típica AR.I.MA para el pronóstico y el modelo que se plantea en la hipótesis tiene la siguiente forma:

Figura 107. Ecuación AR.I.MA para el modelo (0, 1, 1) (0, 0, 0)

Parte normal o regular			Parte estacional			Ecuación del pronóstico
AR	I	MA	AR	I	MA	Error $t$ - Error $t-1$ * Estimación $MA(1)$ + Realidad $t-1$
0	1	1	0	0	0	

<sup>5</sup> Holt de suavización exponencial.

### 3.3.4 Validación de la hipótesis

La validación de la hipótesis permite comprobar cuál de los posibles modelos es el que más se ajusta a la serie, el cual permita realizar los respectivos pronósticos.

#### 3.3.4.1 Doble recorte de la serie

La serie original de 48 datos sufre una reducción a fin de corroborar el modelo que más se ajusta a ella, por lo tanto es necesario hacer recortes que se recomienda del 10% de los datos totales, para así pronosticar valores reales y encontrar el modelo que menor error presente respecto a la realidad.

El primer recorte que se le hace a la serie original es el último dato (número 48) con el que se comparan los pronósticos de los tres mejores modelos que se obtienen por series temporales y con la comparación de resultados en el primer recorte.

El segundo recorte consiste en retirar los datos 42, 43, 44, 45, 46 y 47 que se usan para evaluar todos los modelos y pronosticar valores reales a fin de encontrar los tres mejores modelos.

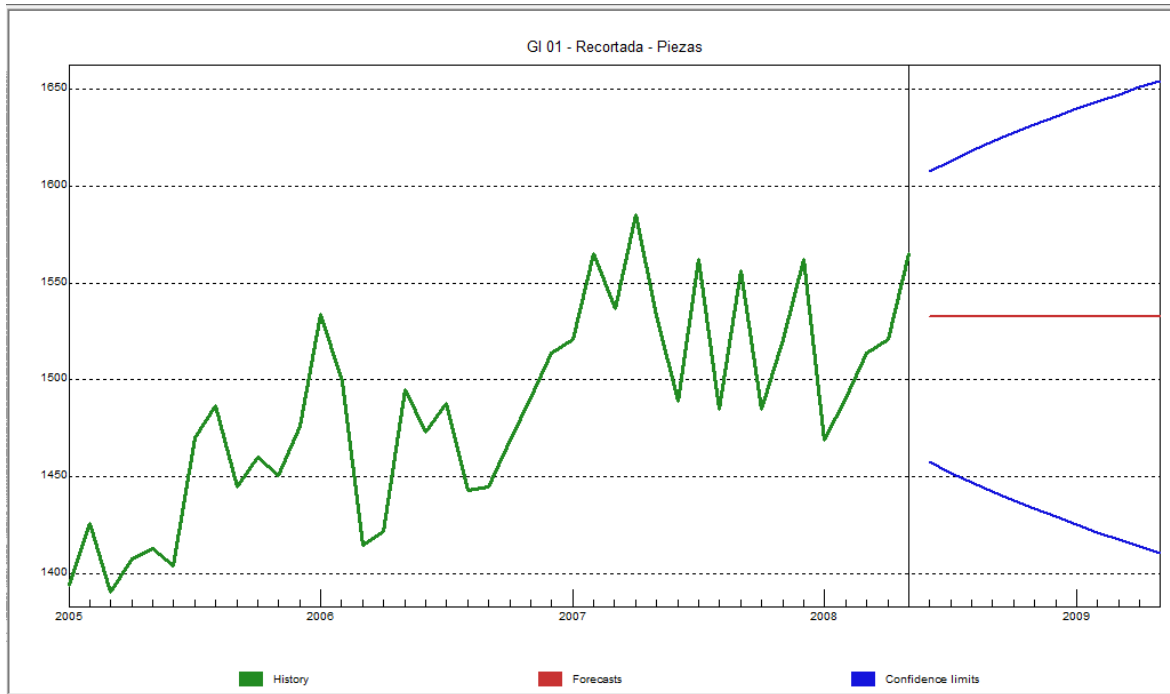
La figura siguiente muestra el recorte que se le hace a la serie original de la demanda de piezas para la referencia GI-01, se indica el segundo recorte con una sustracción de seis datos (1537, 1585, 1533, 1489, 1562, 1485) y primer recorte al cual se le quita el último dato (1556); con lo que la serie queda con 41 datos en total

Figura 108. Serie temporal de la referencia GI-01 con el doble recorte

	2005	2006	2007	2008
ENERO	1394	1534	1521	1469
FEBRERO	1426	1499	1565	1491
MARZO	1391	1415	1537	1514
ABRIL	1408	1422	1585	1521
MAYO	1413	1495	1533	1565
JUNIO	1404	1473	1489	1537
JULIO	1470	1488	1562	1585
AGOSTO	1487	1443	1485	1533
SEPTIEMBRE	1445	1445	1556	1489
OCTUBRE	1460	1469	1485	1562
NOVIEMBRE	1451	1491	1521	1485
DICIEMBRE	1476	1514	1562	1556

La gráfica de la serie temporal de la demanda de piezas para la referencia GI-01 con el doble recorte (siete datos menos) que se realiza con el software Forecast Pro se muestra a continuación.

Figura 109. Doble recorte a la referencia GI-01



(FPB, 2008)

#### 3.3.4.2 Ejecución de todos los modelos con el primer y segundo recorte

El procedimiento consiste en aplicar la mayor cantidad posible de modelos a la serie con los recortes (que cuenta con 41 datos) con los softwares: WinQSB (clásicos), Statgraphics MSDOS (clásicos y modernos), Statgraphics Centurion bajo Windows (clásicos y AR.I.MA), Forecast *Expert* (AR.I.MA), Forecast Pro Basic (AR.I.MA) y Vanguard Decision Pro (clásicos y AR.I.MA)

Los modelos pronostican los datos 42 al 47 (seis datos en total). Los tres modelos que se acercan más en las previsiones a los datos que se recortan, se toman como los más óptimos, luego se les completa los datos recortados y se pronostica con las características de cada uno de los tres modelos que se seleccionan.

El último dato que se recorta (48) se evalúa con los tres mejores modelos y aquel de ellos que más se acerque y que tenga el mejor o el más adecuado  $r^2$  coeficiente de determinación muestral se adopta como el mejor; luego con este modelo se le carga la serie completa y se le calculan los pronósticos posibles.

La siguiente figura muestra la solución de la ejecución de todos los modelos posibles a la serie temporal de la demanda de piezas para la referencia GI-01 con el segundo recorte correspondiente a los datos 42 al 47. En su orden respectivo la figura tiene en su primera columna el nombre del software y el modelo con el cual se ejecuta.

La segunda columna muestra los parámetros en cada uno de los modelos, como son los coeficientes de suavización alfa, gama y beta, además de los parámetros de los modelos AR.I.MA. La columna siguiente presenta los resultados de los pronósticos que se obtienen con cada modelo específico para los seis datos del segundo recorte (42 al 47).

Figura 110. Ejecución de todos los modelos

Software	Símbolo	Nombre corto	Pronóstico 1	Pronóstico 2	Pronóstico 3	Pronóstico 4	Pronóstico 5	Pronóstico 6	Diferencia 1	Diferencia 2	Diferencia 3	Diferencia 4	Diferencia 5	Diferencia 6	Diferencia total	Puesto
Forecast Pro ARIMA	Modelo AR.I.MA (0,1,1)(0,0,0)	FPARIMA	1532.3900	1532.3900	1532.3900	1532.3900	1532.3900	1532.3900	21.2521	2767.8121	0.3721	1882.6921	876.7521	2245.8121	7794692.60	1
ARIMA Stagraf	Modelo AR.I.MA (0,1,1)(0,0,0)	ARIMA	1532.7600	1532.7600	1532.7600	1532.7600	1532.7600	1532.7600	17.9776	2729.0176	0.0576	1914.9376	854.9776	2281.0176	7797985.60	2
Premo Window Single Exponential Smoothing	Alfa = 0.35	PSES	1530.6259	1530.6259	1530.6259	1530.6259	1530.6259	1530.6259	40.6298	2956.5480	5.6366	1732.7116	984.3372	2081.7184	7801581.40	3
WINQSB Window Single Exponential Smoothing	Brown Cuadrática Alfa = 0.34	SES	1530.0990	1530.0990	1530.0990	1530.0990	1530.0990	1530.0990	47.6238	3014.1198	8.4158	1689.1278	1017.6738	2033.9198	7810880.81	4
WINQSB Window Single Exponential Smoothing with Linear Trend	Holt Alfa = 0.34 y Beta = 0.02	SEST	1530.1360	1530.1490	1530.1630	1530.1760	1530.1900	1530.2030	47.1145	3008.6322	8.0486	1695.4630	1011.8761	2043.3112	7814445.55	5
Premo Tendencia Cuadrática	$283.5596 + 13.09145 \cdot T - 0.042671088 \cdot T^2$	PDAQ	1525.0544	1524.5645	1523.9065	1523.0803	1522.0860	1520.9236	142.6976	3652.4485	82.6919	1161.4686	1593.1258	1290.5031	7922935.50	6
Statgraphics DOS Tendencia Cuadrática	$1393.8 + 6.65561 \cdot T - 0.08406 \cdot T^2$	SDTQ	1525.0600	1524.5700	1523.9100	1523.0800	1522.0900	1521.5130	142.5636	3651.7849	82.6281	1161.4464	1592.8081	1333.1992	7964430.27	7
Decision Pro	LOG Theta		1531.9177	1533.5392	1535.1624	1536.7873	1538.4139	1540.0422	25.8298	2648.2171	4.6758	2283.6228	556.3044	3029.6484	8548298.40	8
WINQSB Window Moving Average	Medias móviles con 6	MA 6	1520.3330	1520.3330	1520.3330	1520.3330	1520.3330	1520.3330	277.7889	4181.8209	160.4529	981.7569	1736.1389	1248.4209	8586379.33	9
WINQSB Window Wheigted Moving Average	Media Móvil Distribuida con 6	WMA 6	1520.3300	1520.3300	1520.3300	1520.3300	1520.3300	1520.3300	277.8889	4182.2089	160.5289	981.5689	1736.3889	1248.2089	8586793.40	10
Premo Window Single Exponential Smoothing with Linear Trend	Alfa = 0.35 y Beta = 0.1	PSEST	1534.9450	1536.6311	1538.3173	1540.0034	1541.6895	1543.3756	4.2228	2339.5459	28.2732	2601.3420	412.5182	3407.7059	8793607.97	11
Premo Double Exponential	Alfa = 0.35	DES	1518.5489	1518.5489	1518.5489	1518.5489	1518.5489	1518.5489	340.4421	4415.7451	208.8335	873.1391	1887.9957	1125.5305	8851686.04	12
WINQSB Window Double Exponential	Alfa = 0.34	DES	1518.3810	1518.3810	1518.3810	1518.3810	1518.3810	1518.3810	346.6672	4438.0912	213.7152	863.2432	1902.6172	1114.2912	8878624.97	13
WINQSB Window Linear regression with time	Tendencia Lineal $1425.406 + 2.7223 \cdot T$	LR	1539.7460	1542.4680	1545.1900	1547.9130	1550.6350	1553.3580	7.5405	1808.9710	148.5961	3470.7416	129.1632	4672.8162	10237828.60	14
WINQSB Window Moving Average with Linear Trend	Meses 6 más Linear Trend	MAT 6	1539.7330	1545.2760	1550.8190	1556.3610	1561.9040	1567.4470	7.4693	1577.9962	317.5168	4537.5043	0.0092	6797.5078	13238003.57	15
Statgraphics DOS Tendencia Lineal	$1419.1 + 3.12509 \cdot T$	SDTL	1550.3600	1553.4800	1556.6100	1559.7300	1562.8600	1565.9830	178.4896	993.5104	557.4321	5002.7329	0.7396	6558.2463	13291150.89	16
Premo Tendencia Lineal	$324.09618 + 9.89114765 \cdot T$	PDAT	1550.3585	1553.4836	1556.6087	1559.7338	1562.8589	1565.9840	178.4505	993.2820	557.3712	5003.2702	0.7377	6558.4037	13291815.29	17
Premo Window Holt-Winters Multiplicative Algorithm 0.35 0.35 0.65	Alfa = 0.35, Beta = 0.0000001 y Gamma = 0.66	HWM	1490.8812	1546.1514	1489.8013	1529.8136	1498.1603	1530.3418	2126.9415	1509.2145	1866.1288	1665.7480	4075.5061	2055.8822	13299421.15	18
Premo Window Holt-Winters Additive alfa .35 Beta .0000001 Gamma 0.65	Alfa = 0.35, Beta = 0.0000001 y Gamma = 0.65	PHWA	1490.4382	1545.4085	1489.3611	1529.5330	1497.5633	1529.4167	2168.0009	1567.4862	1904.3532	1642.9259	4152.0924	1972.8416	13407700.10	19
WINQSB Window Holt-Winters Additive Algorithm	Holt Alfa = 0.35, Beta = 0.0000001 y Gamma = 0.65	HWA	1488.7100	1550.2330	1515.3910	1550.0030	1526.8480	1554.6090	2331.9241	1208.7443	310.0769	3721.3660	1235.6631	4845.4129	13653187.26	20
Statgraphics DOS Tendencia Exponencial	$EXP(7.25796 + 2.1158E-3 \cdot T)$	SDTE	1551.2600	1554.5500	1557.8400	1561.1400	1564.4400	1567.7310	203.3476	927.2025	617.0256	5204.1796	5.9536	6844.4184	13802127.26	21
Premo Tendencia Exponencial	$EXP(5.88 - .015 \cdot T)$	PDAE	1551.2606	1554.5463	1557.8389	1561.1384	1564.4450	1567.7585	203.3655	927.4303	616.9685	5203.9511	5.9779	6848.9736	13806666.85	22
Premo Tendencia de Curva en S	$EXP(6.5667 - 1.54027834 \cdot T)$	PDAS	1497.6079	1497.7023	1497.7923	1497.8784	1497.9608	1498.0396	1551.7382	7620.8963	1239.5797	78.8262	4101.0246	170.0312	14762096.20	23
Statgraphics DOS Tendencia de Curva en S	$EXP(7.31433 - 0.113791 \cdot T)$	SDTSC	1497.6100	1497.7000	1497.7900	1497.8800	1497.9600	1498.0520	1551.5721	7621.2900	1239.7441	78.8544	4101.1216	170.3547	14762936.90	24
WINQSB Window Double Exponential Smoothing with Linear Trend	Alfa = 0.34	DEST	1547.8540	1553.8910	1559.9270	1565.9640	1572.0010	1578.0370	117.8093	967.7699	725.0633	5923.4573	100.0200	8655.8834	16490003.19	25
Premo Window Double Exponential with trend	Alfa = 0.111064	PDEST	1496.6116	1494.7997	1492.9879	1491.1760	1489.3642	1487.5523	1631.2266	8136.0921	1600.9706	4.7351	5275.9616	6.5145	16655500.53	26
WINQSB Window Simple Average	Simple Average	SAQ	1484.7320	1484.7320	1484.7320	1484.7320	1484.7320	1484.7320	2731.9438	10053.6718	2329.7998	18.2158	5970.3438	0.0718	21104046.94	27
Forecast Expert Trial	(4,1,1) (0,0,0)x12	FET	1529.6000	1571.7500	1583.1800	1612.6500	1668.8800	1621.4800	54.7600	175.5625	2518.0324	15289.3225	11423.3544	18626.7904	48087802.20	28
WINQSB Window Holt-Winters Multiplicative Algorithm	Holt Alfa = 0.11, Beta = 0.01 y Gamma = 0.65	HWM	1447.8380	1465.0100	1377.7300	1395.6810	1343.1340	1354.2600	7949.8622	14397.6001	24108.7729	8708.4358	47902.3260	17092.9476	120159944.56	29
WINQSB Window Adaptive Exponential Smoothing	Alfa = 0.00001 y Beta = 321.36	AES	1394.0350	1394.0350	1394.0350	1394.0350	1394.0350	1394.0350	20438.9912	36467.6312	19311.2712	9018.3512	28212.2412	8274.6312	121723117.35	30
Realidad			1537	1585	1533	1489	1562	1485	0	0	0	0	0	0		

### 3.3.4.3 Selección de los tres mejores modelos

Los tres modelos que más se ajustan a la realidad luego del cálculo con el doble recorte son para la serie temporal de la demanda de piezas de la referencia GI-01: Forecast Pro con un modelo AR.I.MA (0, 1, 1) (0, 0, 0); Statgraphics Centurion bajo Windows con modelo ARIMA (0, 1, 1) (0, 0, 0) y WinQSB con un modelo Holt de suavización exponencial con Alfa de 0.34 y Beta 0.02.

Figura 111. Selección de los tres mejores modelos

Software	Símbolo	Nombre corto	Pronóstico 1	Diferencia total	Puesto
Forecast Pro ARIMA	Modelo AR.I.MA (0,1,1)(0,0,0)	FPARIMA	1532.3900	7794692.60	1
ARIMA Stagraf	Modelo AR.I.MA (0,1,1)(0,0,0)	ARIMA	1532.7600	7797985.60	2
WINQSB Window Single Exponential Smoothing with Linear Trend	Holt Alfa = 0.34 y Beta = 0.02	SEST	1530.1360	7814445.55	3
Premo Tendencia Cuadrática	$283.5596 + 13.09145 \cdot T - 0.042671088 \cdot T^2$	PDAQ	1525.0544	7922935.50	4

El proceso de validación de la hipótesis que se realiza de una forma previa a estos resultados, concluye que el mejor modelo para pronosticar esta serie es un modelo AR.I.MA con parámetros (0, 1, 1) (0, 0, 0) y Holt de suavización exponencial simple; la figura anterior corrobora este resultado y muestra una convergencia en los análisis que se realizan para la serie temporal de la referencia GI-01.

### 3.3.4.4 Aplicación de los tres mejores modelos al primer recorte

El cálculo del pronóstico del dato 48, con inclusión de los seis valores que se recortan, permite obtener los siguientes pronósticos, con los tres mejores modelos de la etapa previa.

Figura 112. Aplicación de los tres mejores modelos

<b>Aplicación de los tres mejores modelos al primer recorte</b>			
<b>Modelo</b>	<b>Forecast Pro ARIMA (0,1,1)(0,0,0)</b>	<b>WINQSB Window Single Exponential Smoothing with Linear Trend</b>	<b>DAQ Premo</b>
<b>Pronóstico</b>	<b>1519.28</b>	<b>1524.61</b>	<b>1394.03</b>
<b>Real (dato 48)</b>	<b>1556</b>	<b>1556</b>	<b>1556</b>
<b>Diferencia cuadrada</b>	<b>1348.358</b>	<b>985.332</b>	<b>26234.281</b>

#### 3.3.4.5 Selección del mejor modelo

El mejor modelo es según la figura anterior un método clásico de suavización exponencial simple con tendencia lineal Holt, que se calcula con WinQSB bajo Windows; este satisface de una forma plena la hipótesis, el coeficiente de determinación, los dos recortes y en general el MUP, por lo cual se adopta como el modelo más óptimo para realizar las previsiones que se requieren para el corto plazo de la serie temporal para la referencia GI-01.

#### 3.3.4.6 Cálculo del pronóstico con el mejor modelo y sus parámetros

La figura siguiente muestra los valores de la serie temporal para la referencia GI-01, esto comienzan desde el año 2005 y van hasta diciembre del 2008; de forma adicional se presenta el primer y el segundo recorte, además de los pronósticos que se calculan con el mejor modelo de Holt de suavización exponencial simple con tendencia lineal, con un respectivo Alfa = 0.34 y Beta = 0.02.

Figura 113. Valores de los pronósticos que se calculan con el mejor modelo

	2005	2006	2007	2008	Pronóstico con Holt de suavización exponencial para el 2009
ENERO	1394	1534	1521	1469	1540
FEBRERO	1426	1499	1565	1491	1548
MARZO	1391	1415	1537	1514	1516
ABRIL	1408	1422	1585	1521	1536
MAYO	1413	1495	1533	1565	1557
JUNIO	1404	1473	1489	1537	1537
JULIO	1470	1488	1562	1585	1585
AGOSTO	1487	1443	1485	1533	1533
SEPTIEMBRE	1445	1445	1556	1489	1489
OCTUBRE	1460	1469	1487	1562	1562
NOVIEMBRE	1451	1491	1521	1485	1485
DICIEMBRE	1476	1514	1521	1556	1556



Recorte 2: se usa para evaluar todos los modelos y pronosticar valores reales a fin de encontrar los tres mejores modelos.

Recorte 1: se le hace a la serie original en el último dato, con el que se comparan los pronósticos de los tres mejores modelos que se obtienen con el segundo recorte.

Los cinco pronósticos que se calculan con el modelo Holt se detallan en la siguiente figura, estos comienzan desde Enero del 2009 hasta Mayo del mismo año, es de tener en cuenta que los tres últimos valores son solo especulativos.

Figura 114. Pronósticos de la referencia GI-01

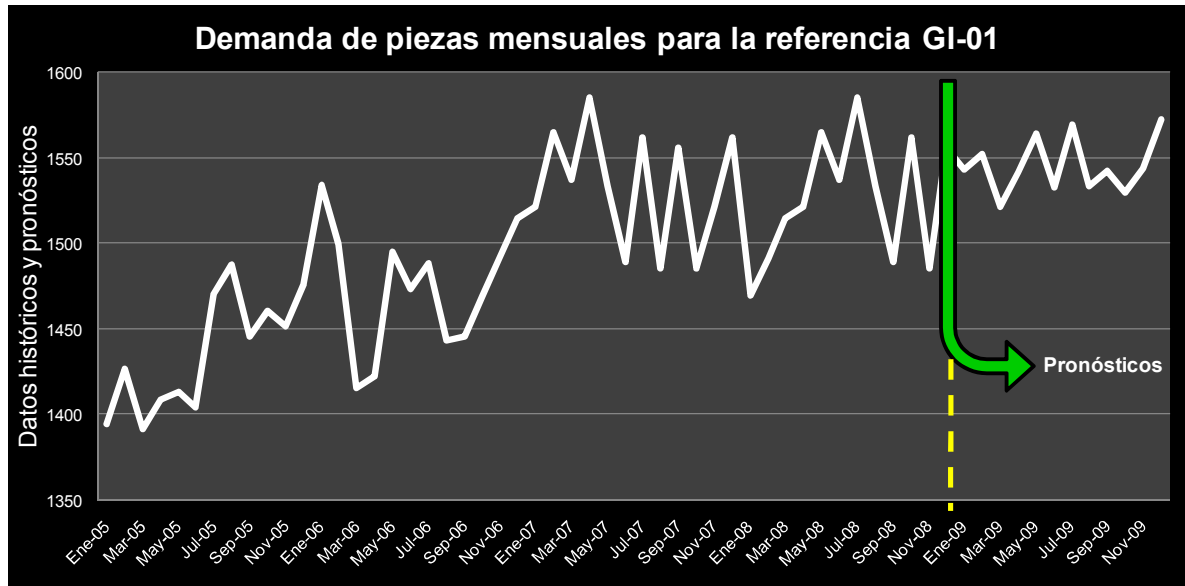
48	dic-08	1556	Realidad
49	ene-09	1540	Pronóstico
50	feb-09	1548	Estimado
51	mar-09	1516	Especulativo
52	abr-09	1536	Especulativo
53	may-09	1557	Especulativo

Último dato de la serie.

Pronóstico que se calcula con el modelo Holt de suavización exponencial simple

La gráfica que contiene los datos históricos y las previsiones de la serie temporal para la referencia GI-01 es:

Figura 115. Pronósticos para la referencia GI-01



La gráfica del pronóstico para la serie temporal de la referencia GI-01, muestra de una forma clara presencia de tendencia, esto se indica de acuerdo al modelo Holt de suavización exponencial simple con tendencia lineal, con un respectivo Alfa = 0.34 y Beta = 0.02.

Los pronósticos están sujetos a este comportamiento tendencial por lo que sus resultados van de la mano con este tipo de estructura; el conocimiento de esto permite determinar que tan confiables son las previsiones que se calculan y obtienen.

#### 3.3.4.7 Comparación de la realidad y el pronóstico del periodo anterior

La empresa en la cual se desarrolla el estudio de previsiones no cuenta con hasta el momento con análisis de proyectiva; por lo cual este es su primer análisis y por lo tanto no se tiene historia de pronostico alguno.

#### 3.3.4.8 Estimación de la bondad de ajuste

Los datos que se analizan en el presente trabajo comprenden una realidad histórica que va desde enero de 2005 hasta diciembre de 2008. Los resultados que se obtienen a través de la metodología de pronósticos arrojan datos de previsiones desde enero de 2009 hasta mayo del mismo año.

La bondad de ajuste se calcula con la siguiente ecuación.

Ecuación 3. Bondad de ajuste

$$\text{Bondad de ajuste} = \left| \frac{\text{Pronóstico} - \text{Realidad}}{\text{Realidad}} \right|$$

$$\text{Bondad de ajuste} = \left| \frac{1540 - 1565}{1565} \right| * 100\% = 1.60\%$$

El mes de enero presenta un valor real de 1565 piezas de RP para lo cual el cálculo de la bondad de ajuste tiene un porcentaje de 1.60% menor que el criterio del 11%, para que califique como adecuado.

El análisis se realiza para las otras referencias GE-02 y T-04; para ellas no es necesario aplicar paso a paso el MUP como se hace con la referencia GI-01, ya que la intención es mostrar una sola vez la ejecución completa de esta metodología.

El análisis previo de las dos series para las referencias de interés es muy similar al análisis de la referencia GI-01, el resumen muestra una presencia de nivel inexistente, una fuerte presencia de tendencia y de ruido, para la cual es necesaria aplicarle la metodología de diferenciación, se observa también inexistencia de estructura estacional y cíclica, además de irregularidades y fenómenos exógenos.

La serie temporal de la demanda de piezas de la referencia GE-02 se muestra a continuación, así como también la serie temporal de T-04, estas se presentan de la siguiente manera, en donde se resalta los últimos valores que corresponden al doble recorte.

Figura 116. Serie temporal de la referencia GE-02 con doble recorte

	2005	2006	2007	2008
<b>ENERO</b>	1393	1534	1585	1568
<b>FEBRERO</b>	1426	1489	1537	1582
<b>MARZO</b>	1406	1415	1521	1554
<b>ABRIL</b>	1408	1422	1533	1560
<b>MAYO</b>	1413	1495	1533	1550
<b>JUNIO</b>	1404	1473	1565	1541
<b>JULIO</b>	1470	1488	1562	1557
<b>AGOSTO</b>	1487	1443	1556	1544
<b>SEPTIEMBRE</b>	1445	1445	1521	1534
<b>OCTUBRE</b>	1460	1469	1485	1567
<b>NOVIEMBRE</b>	1451	1491	1489	1557
<b>DICIEMBRE</b>	1476	1514	1524	1557

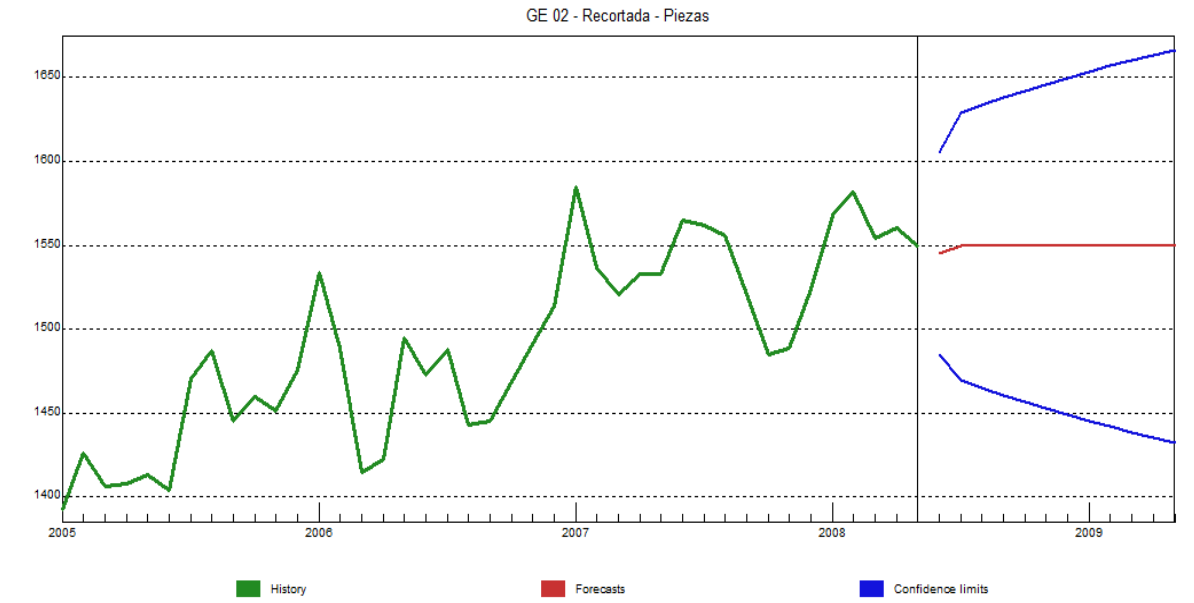
Figura 117. Serie temporal de la referencia T-04

	2005	2006	2007	2008
<b>ENERO</b>	413	428	403	407
<b>FEBRERO</b>	406	417	434	401
<b>MARZO</b>	412	361	455	404
<b>ABRIL</b>	407	396	458	400
<b>MAYO</b>	419	417	477	407
<b>JUNIO</b>	391	373	466	398
<b>JULIO</b>	398	411	460	396
<b>AGOSTO</b>	401	365	420	395
<b>SEPTIEMBRE</b>	419	392	437	399
<b>OCTUBRE</b>	421	369	428	401
<b>NOVIEMBRE</b>	405	397	408	405
<b>DICIEMBRE</b>	412	409	429	414

Las gráficas que se muestran a continuación son las series GE-02 y T-04 con los respectivos recortes de siete datos; es de anotar que estas figuras representan la importancia del análisis del MUP, ya que para todos los cálculos y estudios que se hacen con estas referencias, además de la implementación de ellas en los

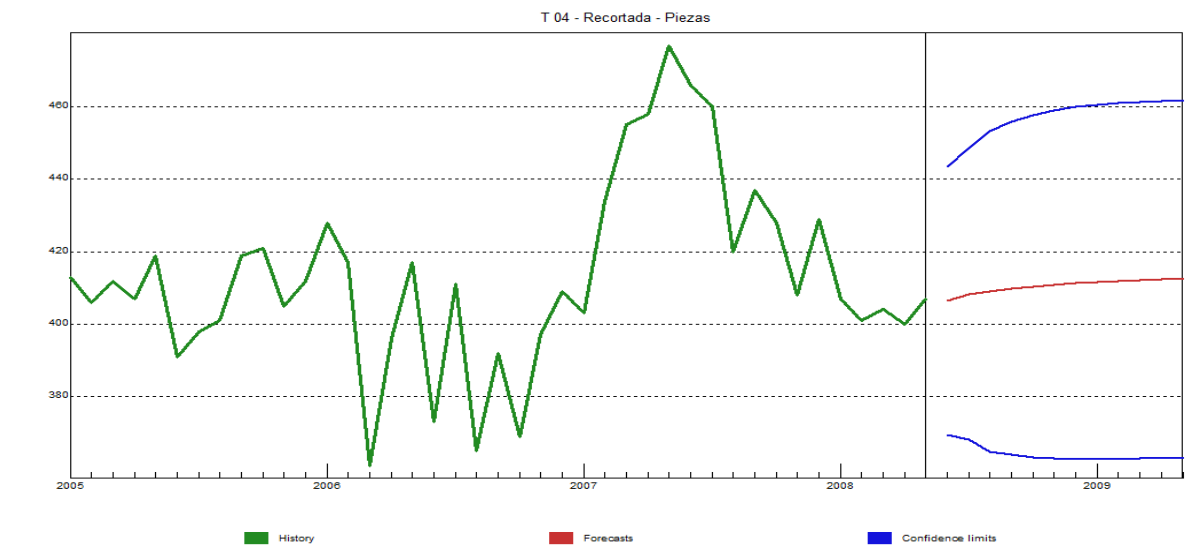
softwares, es necesario contar con los datos y su sustracción de valores necesaria.

Figura 118. Serie temporal para la referencia GE-02 con doble recorte



(FPB, 2008)

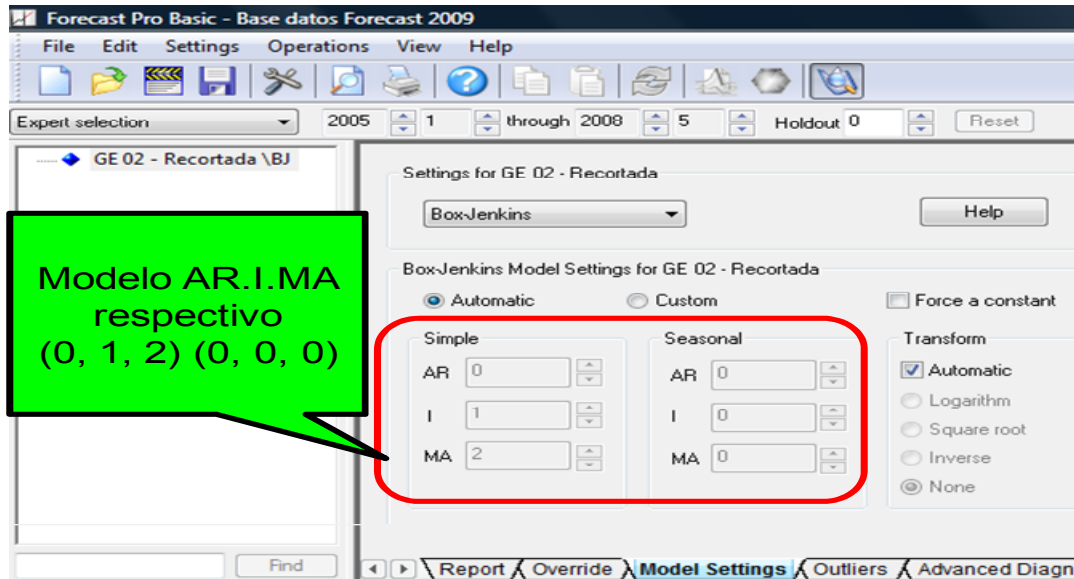
Figura 119. Serie temporal para la referencia T-04 con doble recorte



(FPB, 2008)

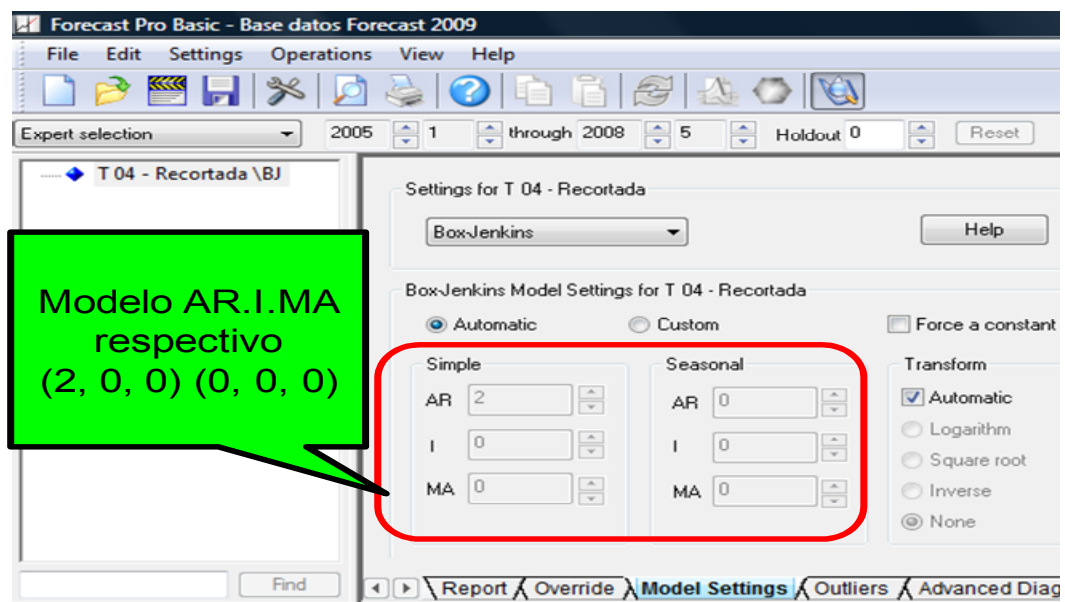
Los modelos AR.I.MA respectivos para estas dos series se muestran a continuación. Estas figuras se obtienen del software Forecast Pro Basic.

Figura 120. Modelo AR.I.MA con Forecast Pro Basic para GE-02



(FPB, 2008)

Figura 121. Modelo AR.I.MA con Forecast Pro Basic para T-04



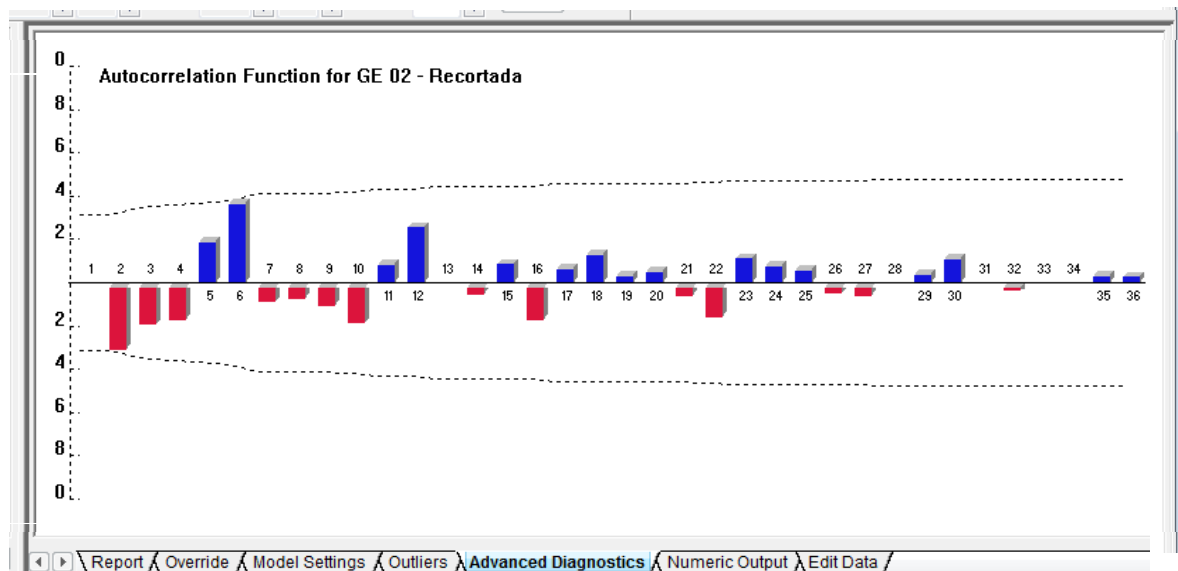
(FPB, 2008)

El Forecast Pro Basic encuentra las gráficas de ACF y PACF para las respectivas series temporales de la demanda de piezas de las referencias GE-02 y T-04 con el doble recorte; estas describen el comportamiento de cada uno de los palotes, su análisis se muestra a continuación.

El análisis de la gráfica de ACF para la referencia GE-02 identifica una completa aleatoriedad en los coeficientes; el esquema de barras muestra que solo los valores dos y seis suben hasta la banda de confianza pero no la sobrepasan, el resto de coeficientes se encuentran dentro de la banda y no son significativos diferentes de cero.

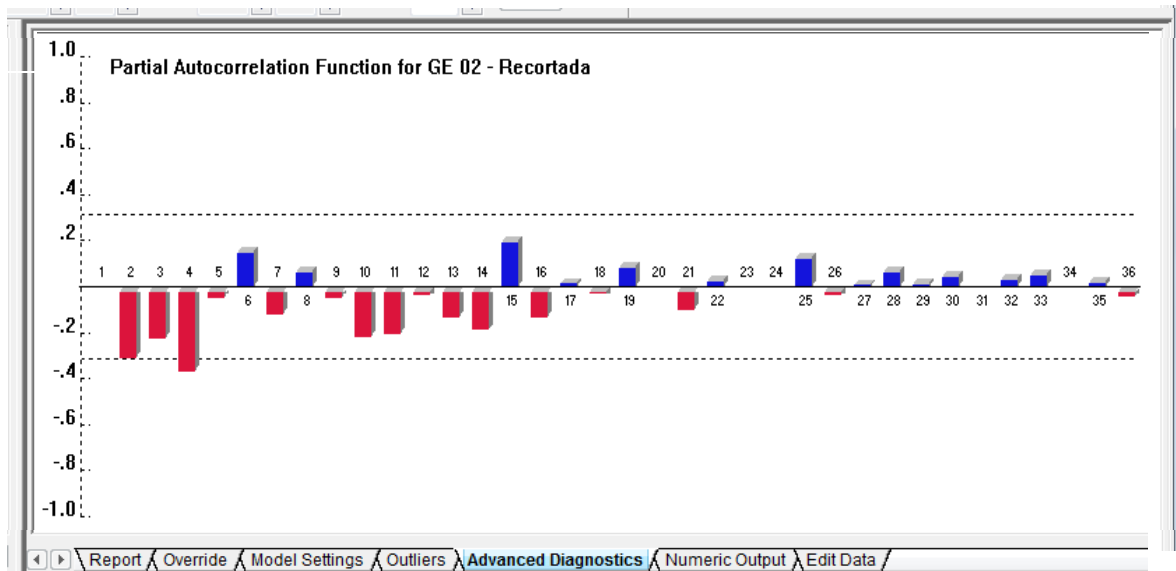
La gráfica de PACF para esta misma referencia muestra todos los coeficientes dentro de los límites, a excepción del palote dos que sube hasta la banda de confianza pero no logra sobrepasarla y el cuatro que si la pasa pero en un margen muy pequeño; se puede decir que el modelo cumple.

Figura 122. Gráfica ACF para el modelo (0, 1, 2) (0, 0, 0) con doble recorte



(FPB, 2008)

Figura 123. Gráfica PACF para el modelo (0, 1, 2) (0, 0, 0) con doble recorte

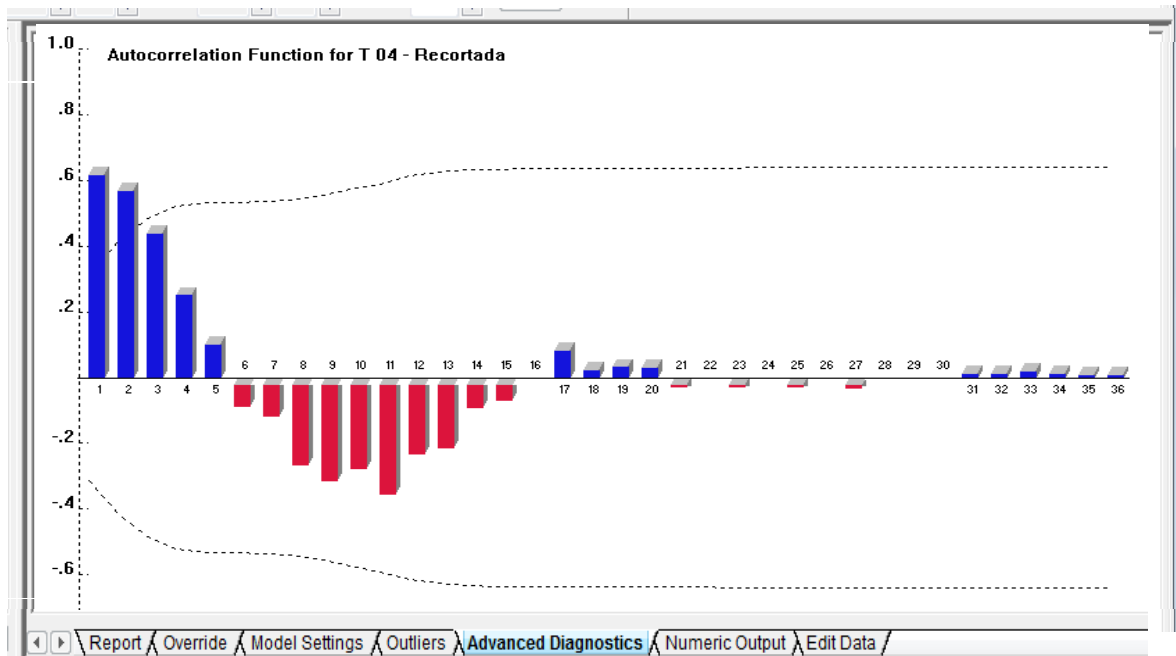


(FPB, 2008)

El análisis de la gráfica de ACF para la referencia T-04 identifica una fuerte presencia de tendencia entre los coeficientes; el esquema de barras muestra que los valores uno y dos suben y sobrepasan la banda de confianza, el resto de los coeficientes se encuentran dentro de los límites superior e inferior y no son significativos diferentes de cero.

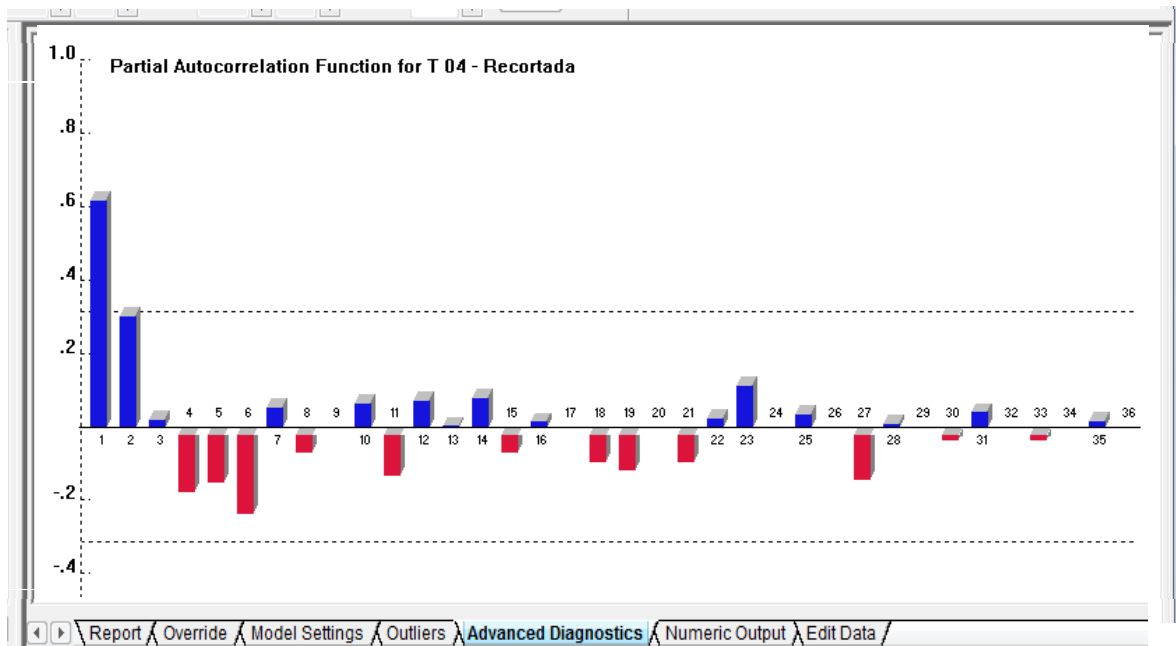
La gráfica de PACF para esta misma referencia muestra que la gráfica adquiere una fuerte aleatoriedad; el palote dos se acentúa de gran forma pero el uno continua fuera de la banda de confianza y es de forma significativa diferente de cero, los demás coeficientes que están todos dentro de la banda de confianza no son muy diferentes de cero.

Figura 124. Gráfica ACF para el modelo (2, 0, 0) (0, 0, 0) con doble recorte



(FPB, 2008)

Figura 125. Gráfica PACF para el modelo (2, 0, 0) (0, 0, 0) con doble recorte



(FPB, 2008)

La realización de los pronósticos con el conocimiento de los mejores modelos clásicos y AR.I.MA, y bajo el mismo procedimiento que se realiza para la primera referencia (GI-01) arroja los siguientes gráficos de previsiones para la referencia GE-02 y T-04.

Figura 126. Pronósticos para GE-02



Figura 127. Pronósticos para T-04

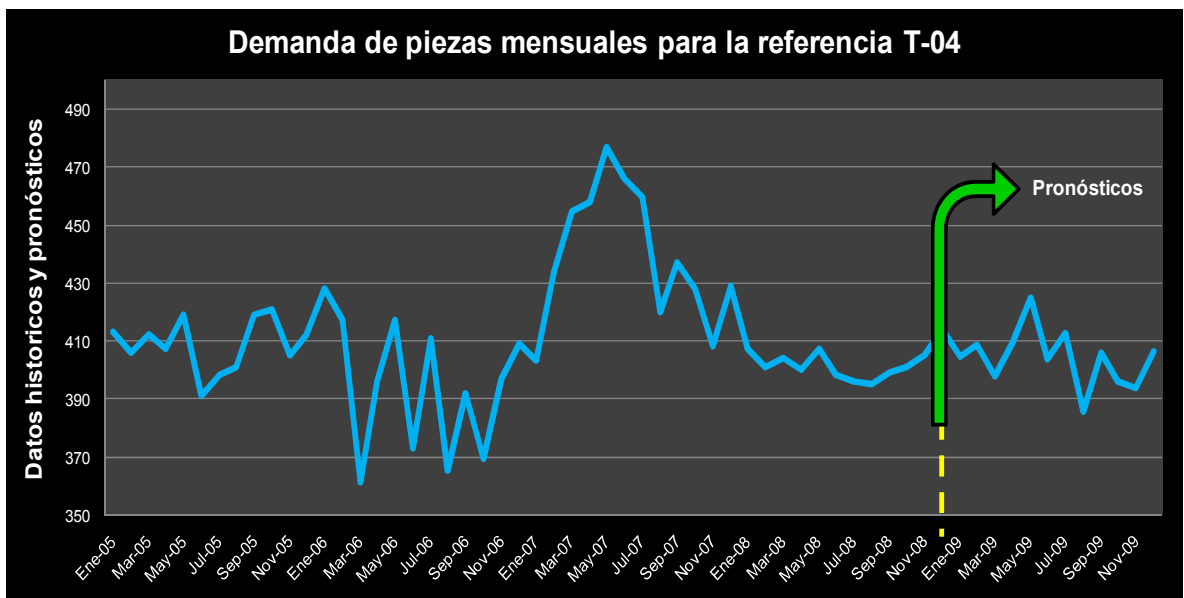


Figura 128. Resumen de pronósticos para las tres referencias con el MUP

<b>Resumen de los pronósticos para las referencias GI-01, GE-02 y T-04</b>					
<b>Dato</b>	<b>Mes - Año</b>	<b>GI-01</b>	<b>GE-02</b>	<b>T-04</b>	
1	ene-05	1394	1393	413	
2	feb-05	1426	1426	406	
3	mar-05	1391	1406	412	
4	abr-05	1408	1408	407	
5	may-05	1413	1413	419	
6	jun-05	1404	1404	391	
7	jul-05	1470	1470	398	
8	ago-05	1487	1487	401	
9	sep-05	1445	1445	419	
10	oct-05	1460	1460	421	
11	nov-05	1451	1451	405	
12	dic-05	1476	1476	412	
13	ene-06	1534	1534	428	
14	feb-06	1499	1489	417	
15	mar-06	1415	1415	361	
16	abr-06	1422	1422	396	
17	may-06	1495	1495	417	
18	jun-06	1473	1473	373	
19	jul-06	1488	1488	411	
20	ago-06	1443	1443	365	
21	sep-06	1445	1445	392	
22	oct-06	1469	1469	369	
23	nov-06	1491	1491	397	
24	dic-06	1514	1514	409	
25	ene-07	1521	1585	403	
26	feb-07	1565	1537	434	
27	mar-07	1537	1521	455	
28	abr-07	1585	1533	458	
29	may-07	1533	1533	477	
30	jun-07	1489	1565	466	
31	jul-07	1562	1562	460	
32	ago-07	1485	1556	420	
33	sep-07	1556	1521	437	
34	oct-07	1485	1485	428	
35	nov-07	1521	1489	408	
36	dic-07	1562	1524	429	
37	ene-08	1469	1568	407	
38	feb-08	1491	1582	401	
39	mar-08	1514	1554	404	
40	abr-08	1521	1560	400	
41	may-08	1565	1550	407	
42	jun-08	1537	1541	398	Recorte 2
43	jul-08	1585	1557	396	
44	ago-08	1533	1544	395	
45	sep-08	1489	1534	399	
46	oct-08	1562	1567	401	
47	nov-08	1485	1557	405	
48	dic-08	1556	1557	414	Recorte 1
<b>49</b>	<b>ene-09</b>	<b>1540</b>	<b>1612</b>	<b>410</b>	<b>Pronóstico</b>
50	feb-09	1548	1548	415	Estimado
51	mar-09	1516	1541	404	Especulativo
52	abr-09	1536	1548	416	Especulativo
53	may-09	1557	1569	433	Especulativo

### 3.4 CONCLUSIONES DE CAPÍTULO

Los pronósticos se realizan bajo una metodología integral, utilizando diversos software para determinar los resultados de los datos a pronosticar, todo esto siguiendo los pasos del modelo universal de pronósticos que sigue en paralelo los pasos del modelo científico.

El éxito de los pronósticos se fundamenta en seguir de forma rigurosa la metodología propuesta por el MUP, y en realizar cada uno de los pasos y detalles que sugiere este método.

Los valores que se calculan para la referencia que se estudia son muy congruentes, racionales y ajustados a la realidad, todo esto gracias a que el análisis previo destaca inicialmente ausencia de fenómenos extraños y errores en la toma de datos. Además de que las previsiones continúan con un patrón y valores similares a los reales de toda la serie.

La utilización de los métodos de previsiones, aparte de generar pronósticos, provee un conocimiento profundo del fenómeno que se analiza, sobretodo en el análisis previo y en la corrida de los modelos AR.I.MA, que es muy útil a la hora de analizar las serie en metodologías de consenso.

## 4 ANÁLISIS

### 4.1 OBJETIVO

Analizar los resultados obtenidos mediante la utilización de estadística y correlaciones matemáticas – Nivel 4 – Analizar

### 4.2 INTRODUCCIÓN

El análisis de los resultados del comportamiento futuro de las principales variables, que se estudian en una zona de re-trabajos de una empresa ensambladora de motos que se examinan a través de la cantidad en número de piezas por día, es el fundamento del presente capítulo, cuyo fin es confrontar con correlaciones matemáticas y estadísticas los resultados que se obtienen del desarrollo de las previsiones.

Los resultados se analizan con los criterios de correlación lineal y el coeficiente alfa ( $\alpha$ ) de Cronbach<sup>6</sup>, todo esto se ejecuta y se comprueba con el programa Diseño y Análisis de Encuestas (DYANE) que muestra todo de una forma gráfica y muy ordenada con el fin de mejorar la presentación de los resultados.

El software DYANE es la combinación de un libro y un programa informático, realizado en entorno Windows, que tienen la finalidad de realizar investigación social y de mercados, además de aplicar una gran variedad de técnicas estadísticas de análisis de datos, desde las más básicas a las más sofisticadas.

---

<sup>6</sup> Lee Joseph Cronbach psicólogo del siglo XX, nace en California en el año de 1916, sus trabajos más citados se refieren a la instrumentación estadística y a la tecnología evaluativa. Entre otros muchos aportes se destaca el coeficiente alfa en 1951 (FERNÁNDEZ@, 1986).

## DESARROLLO DE CAPÍTULO

Las técnicas de correlaciones estadísticas se usan para medir la fuerza de la relación entre dos variables; el desarrollo de su estudio involucra plantear y entender preguntas que relacionan de una forma directa algunos eventos que asocian las diversas variables de interés.

Las preguntas que se formulan entre otras son: ¿hay una relación entre los promedios de la preparatoria y los promedios del primer semestre en la universidad?, ¿existe alguna relación entre los gastos en publicidad de un negocio y sus ventas?, ¿hay relación entre el número de años en el trabajo y la productividad?, ¿existe relación entre los accidentes de tráfico y el sexo femenino?, entre otras (SANTESMASES, 2001).

Los métodos de correlación se emplean para conocer la significación y relación que existe entre las series de datos que se estudian, los principales métodos se explican y analizan a continuación:

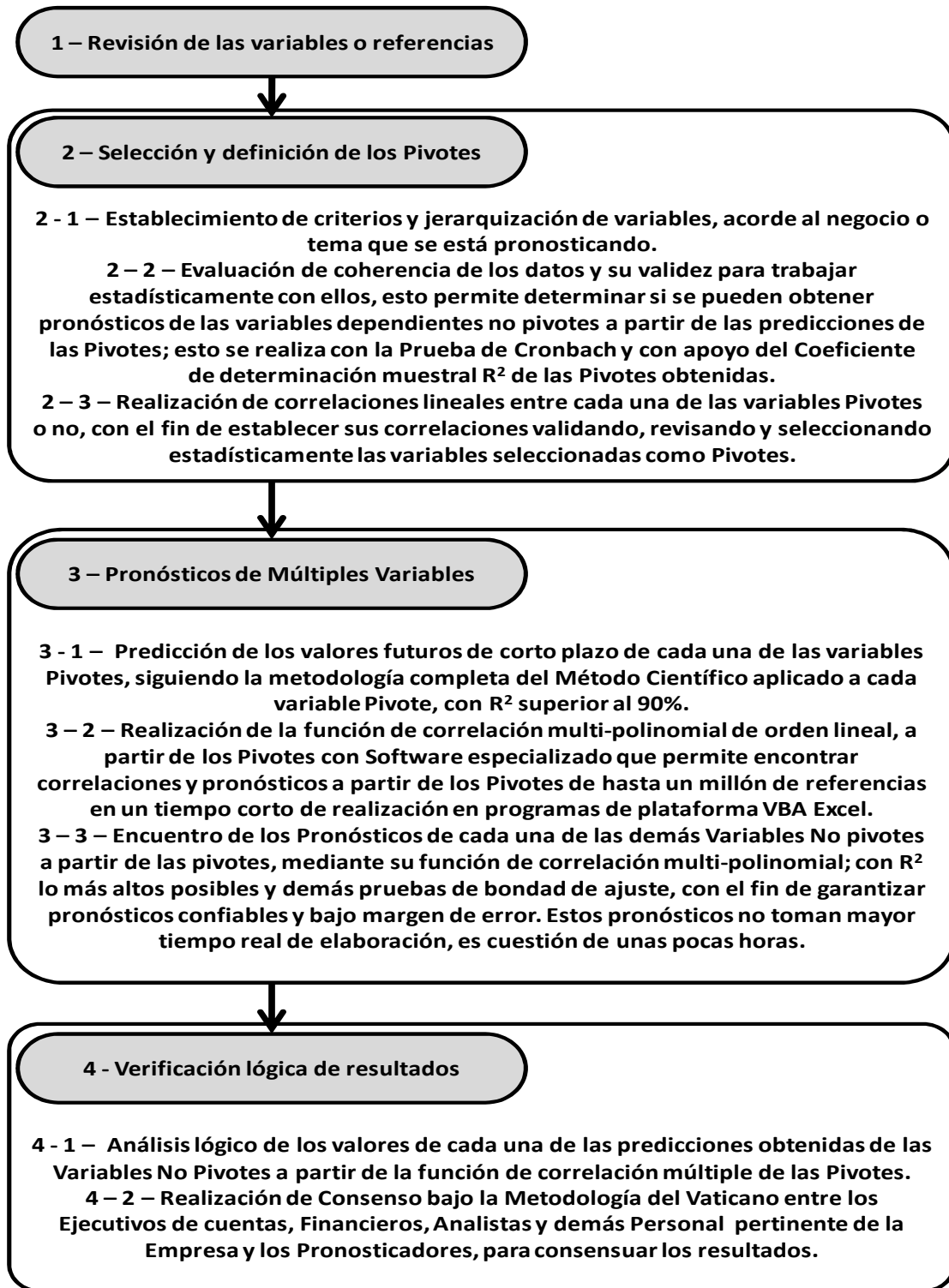
### 4.3 CORRELACIÓN

La correlación es la asociación entre las variaciones de los valores de dos variables. Esta asociación puede ser positiva o negativa. Una medida de la misma es el coeficiente de correlación lineal de Pearson<sup>7</sup>, que puede tomar valores comprendidos entre -1 y 1 (Fisterra@, 2009).

---

<sup>7</sup> Karl Pearson (1857-1936) nace en Londres, se considera hoy día uno de los padres de la estadística moderna; se le deben aportaciones tan importantes como el coeficiente de correlación lineal, la distribución  $\chi^2$ , el test que lleva su nombre, el cual se usa para estudiar la bondad del ajuste de una distribución empírica mediante una teórica (ETSIT@, 2006).

Figura 129. Pasos para la implementación de correlaciones matemáticas



(MORA, 2009)

#### 4.3.1 Correlación lineal

El coeficiente de correlación lineal es una medida del grado y dirección de la asociación entre dos variables. Puede tomar valores entre -1 y 1; un valor cero indica ausencia de correlación. Si el coeficiente es positivo expresa una covariación de las variables en el mismo sentido, y un coeficiente negativo, expresa lo contrario (SANTESMASES, 2001).

El coeficiente de correlación entre dos variables (x e y) se calcula al dividir la covarianza de ambas variables, por el producto de las desviaciones típicas de cada una de ellas; la ecuación siguiente muestra esta relación:

Ecuación 4. Coeficiente de correlación

$$r = \frac{s(x,y)}{s(x)s(y)}$$

Los coeficientes de correlación entre un conjunto de variables pueden presentarse en forma de matriz de correlación, que es una tabla de doble entrada en la que se muestran los coeficientes de correlación entre todos los pares posibles de las variables consideradas en el análisis.

El análisis de correlación se realiza para las referencias que son de interés especial en este estudio, estas son el guardapolvo del guardabarro trasero interno (GI-01), guardabarro trasero externo (GE-02) y tacómetro (T-04).

Las series temporales de las referencias de interés en este estudio se presentan a continuación:

Figura 130. Serie temporal para la referencia GI-01

	2005	2006	2007	2008
<b>ENERO</b>	1394	1534	1521	1469
<b>FEBRERO</b>	1426	1499	1565	1491
<b>MARZO</b>	1391	1415	1537	1514
<b>ABRIL</b>	1408	1422	1585	1521
<b>MAYO</b>	1413	1495	1533	1565
<b>JUNIO</b>	1404	1473	1489	1537
<b>JULIO</b>	1470	1488	1562	1585
<b>AGOSTO</b>	1487	1443	1485	1533
<b>SEPTIEMBRE</b>	1445	1445	1556	1489
<b>OCTUBRE</b>	1460	1469	1485	1562
<b>NOVIEMBRE</b>	1451	1491	1521	1485
<b>DICIEMBRE</b>	1476	1514	1562	1556

Figura 131. Serie temporal para la referencia GE-02

	2005	2006	2007	2008
<b>ENERO</b>	1393	1534	1585	1568
<b>FEBRERO</b>	1426	1489	1537	1582
<b>MARZO</b>	1406	1415	1521	1554
<b>ABRIL</b>	1408	1422	1533	1560
<b>MAYO</b>	1413	1495	1533	1550
<b>JUNIO</b>	1404	1473	1565	1541
<b>JULIO</b>	1470	1488	1562	1557
<b>AGOSTO</b>	1487	1443	1556	1544
<b>SEPTIEMBRE</b>	1445	1445	1521	1534
<b>OCTUBRE</b>	1460	1469	1485	1567
<b>NOVIEMBRE</b>	1451	1491	1489	1557
<b>DICIEMBRE</b>	1476	1514	1524	1557

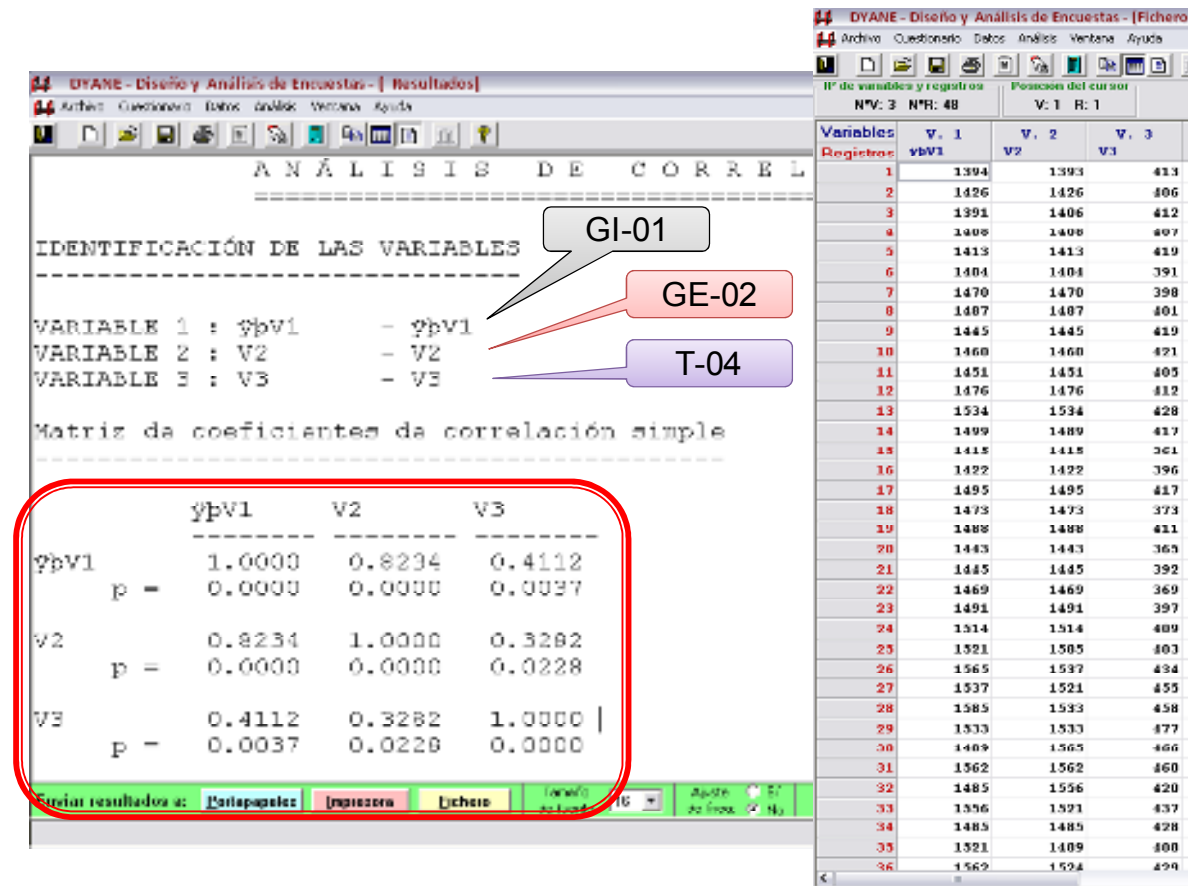
Figura 132. Serie temporal para la referencia T-04

	2005	2006	2007	2008
<b>ENERO</b>	413	428	403	407
<b>FEBRERO</b>	406	417	434	401
<b>MARZO</b>	412	361	455	404
<b>ABRIL</b>	407	396	458	400
<b>MAYO</b>	419	417	477	407
<b>JUNIO</b>	391	373	466	398
<b>JULIO</b>	398	411	460	396
<b>AGOSTO</b>	401	365	420	395
<b>SEPTIEMBRE</b>	419	392	437	399
<b>OCTUBRE</b>	421	369	428	401
<b>NOVIEMBRE</b>	405	397	408	405
<b>DICIEMBRE</b>	412	409	429	414

El análisis de las correlaciones para las referencias se hace en el programa DYANE, es necesario establecer que el software no muestra los nombres respectivos de las series, es por esto que se identifica a GI-01 como V1, GE-02 como V2 y TE-04 como V3.

Los datos se ingresan en el respectivo programa y se ejecuta el módulo correspondiente que permite obtener los resultados de la correlación. Se muestra el *P-value* para todas las referencias; a partir de lo cual se identifica al pivote que es aquella referencia que tenga el mejor valor; es decir el mejor *P-value* menor del 5%.

Figura 133. Análisis de correlaciones en DYANE para las tres referencias



(DYANE, 2001)

La variable V1 presenta el *P-value* menor de todas las referencias; por esto se selecciona como la referencia pivote para el cálculo de los pronósticos múltiples.

El análisis de la correlación se realiza en forma adicional y como criterio de comparación en el software Excel al usar la herramienta análisis de datos, los resultados son idénticos a los que se calculan con DYANE; estos son:

Figura 134. Análisis de correlaciones en Excel para las tres referencias

<b>Coefficiente de correlación lineal</b>			
Referencia	GI-01	GE-02	T-04
GI-01	1	0.8234	0.4112
GE-02	0.8234	1	0.3282
T-04	0.4112	0.3282	1

#### 4.4 COEFICIENTE ALFA DE CRONBACH

El coeficiente  $\alpha$  de Cronbach permite estimar la consistencia interna de una escala de medida, esto se hace con el fin de establecer la confiabilidad de la medida que se analiza.

La confiabilidad es el grado en que la medida de una variable está libre de error aleatorio y, por tanto, proporciona resultados consistentes que permiten establecer si un método de investigación es confiable al proporcionar resultados casi idénticos en todos los casos que se repita la investigación (Gobierno@, 2009).

La fórmula del coeficiente  $\alpha$  de Cronbach es la siguiente:

Ecuación 5. Coeficiente alfa de Cronbach

$$\alpha = \frac{k}{k-1} \left( 1 - \frac{\sum_{i=1}^k \sigma_i^2}{\sigma_s^2} \right)$$

La ecuación se compone por varios factores:  $k$  que es el número de ítems de la escala,  $\sigma_i^2$  que es la varianza del ítem  $i$  y  $\sigma_s^2$  que es la varianza total de la escala.

El valor de  $\alpha$  aumenta a medida que se incrementa el número de ítems de la escala. El coeficiente suele variar entre 0 y 1, aunque algunas veces toma valores negativos cuando hay ítems que se correlacionan de forma negativa. En este caso, el supuesto de aditividad<sup>8</sup> de la escala se viola y el coeficiente  $\alpha$  no es un buen índice de fiabilidad. Si se obtiene un valor negativo debe considerarse como nulo.

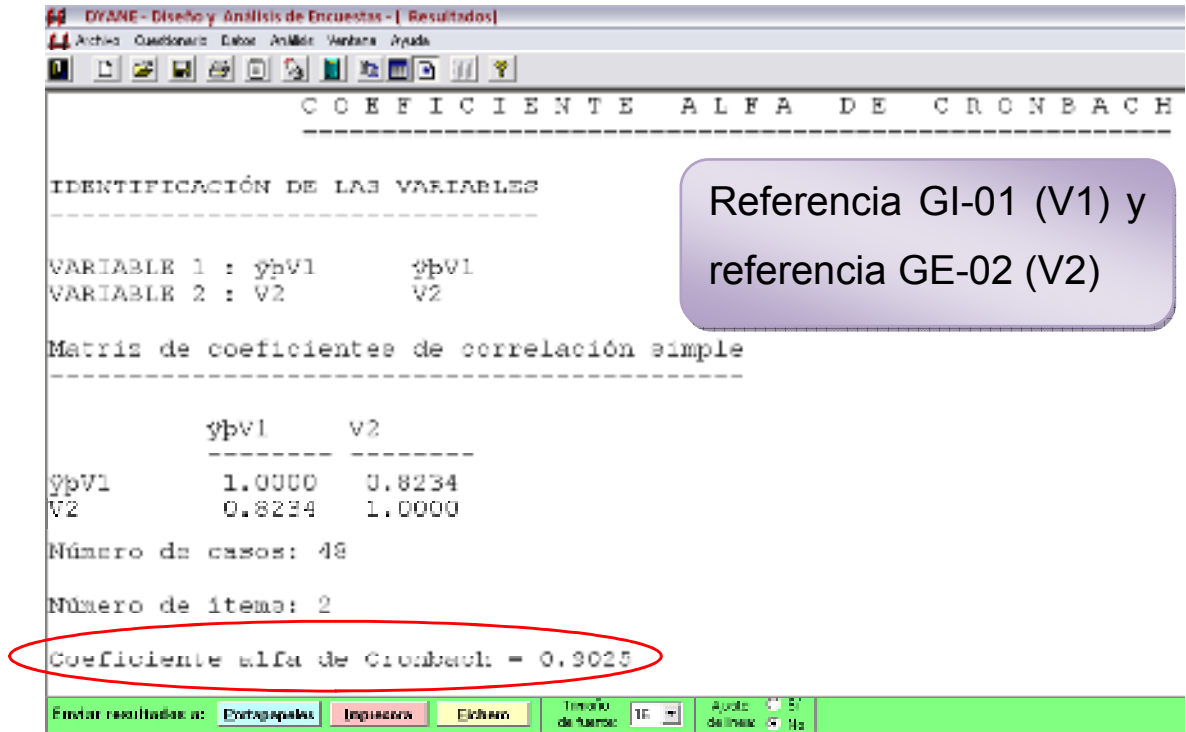
El coeficiente  $\alpha$  de Cronbach es uno de los que más se usan para medir la confiabilidad de una escala. Un valor del coeficiente inferior a 0.7 indica, por lo general, una baja consistencia interna; es decir, que la escala no mide un solo fenómeno, sino varios y, por lo tanto no es la mejor para los fines de la investigación (SANTESMASES, 2001).

El software DYANE permite calcular el coeficiente  $\alpha$  de Cronbach, esto se hace con los datos de las series originales para las referencias específicas. La figura siguiente muestra la consistencia interna entre la referencia GI-01 (V1) y la referencia GE-02 (V2); a partir del análisis se obtiene un  $\alpha$  de 0.9025 superior al criterio de 0.7, esto indica que hay una alta relación entre los datos y por lo tanto confiabilidad de la medida que se analiza.

---

<sup>8</sup> La suposición de aditividad consiste en que el valor total del objetivo es la suma de las contribuciones parciales de cada actividad y el total de cualquier restricción  $i$  es la suma de los valores parciales de las  $n$  actividades.

Figura 135. Análisis en DYANE de Cronbach para GI-01 y GE-02

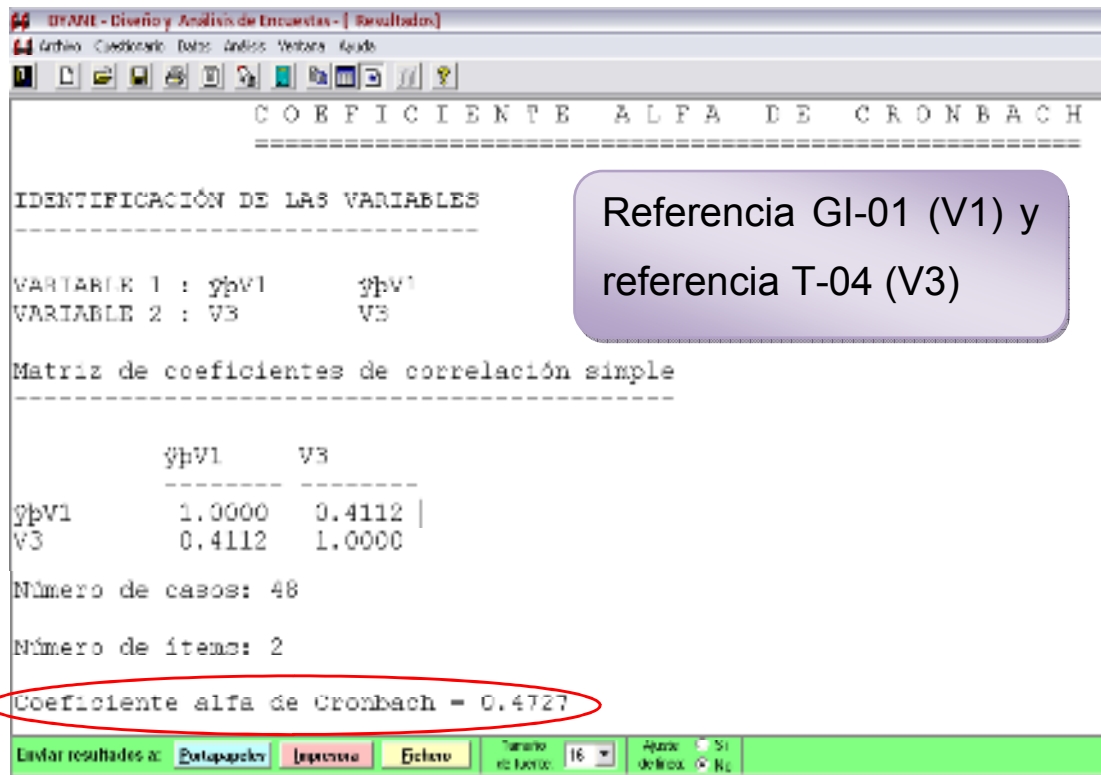


(DYANE, 2001)

La figura siguiente muestra la relación entre las referencias GI-01 (V1) y T-04 (V3), el  $\alpha$  que se obtiene es de 0.4727, menor que el 0.7 requerido, este valor que de forma aparente no sirve, se explica del siguiente modo: las referencias GI-01 (V1) y GE-02 (V2) son piezas de motocicleta que tienen la misma rotatividad en la zona RP, llegan en el mismo contenedor del lugar de donde se importan y requieren el re-trabajo al mismo tiempo.

La referencia T-04 es diferente ya que su re-trabajo es más laborioso y no se realiza de la misma manera que para las otras referencias. La rotatividad dentro de la zona RP no es igual que para GI-01 y GE-02, ya que se hacen menos piezas por ser un proceso más sofisticado y minucioso.

Figura 136. Análisis en DYANE de Cronbach para GI-01 y T-04

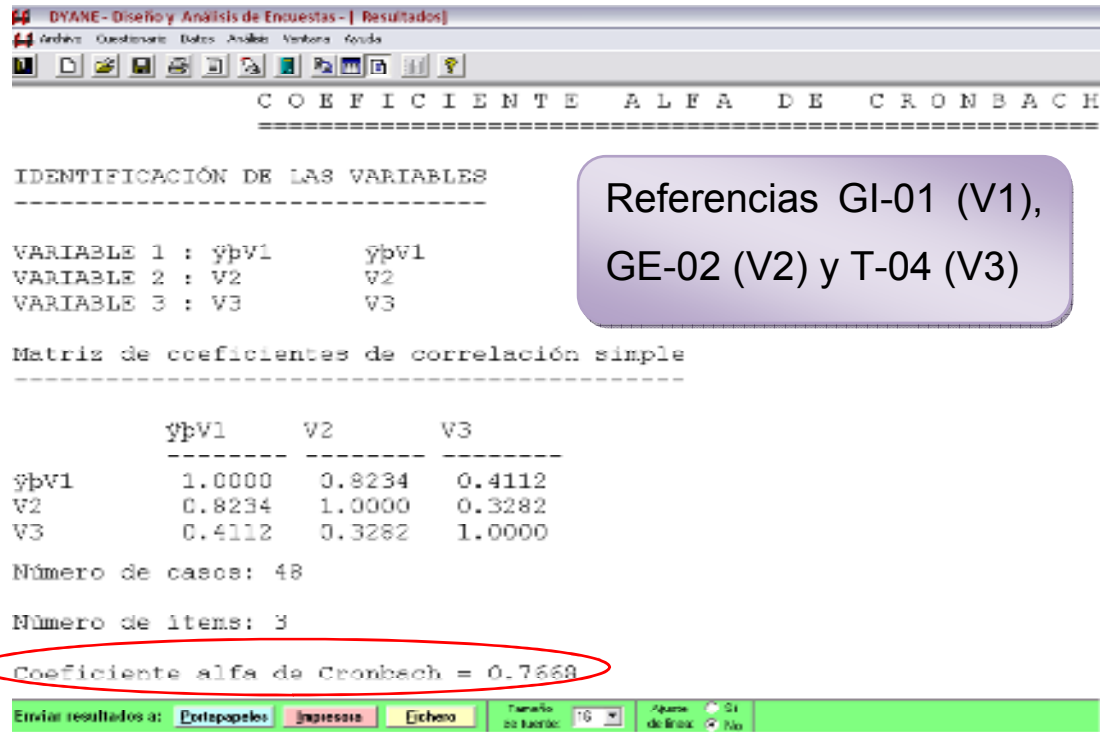


(DYANE, 2001)

El objetivo del coeficiente  $\alpha$  de Cronbach es mostrar las relación que existe entre todas las referencias, es por esto que se analizan las tres variables con el software DYANE. Los resultados muestran un  $\alpha$  de 0.7678 que no es muy cercano a 1, pero que cumple con el criterio de ser superior a 0.7; por lo tanto existe una relación entre los datos y la medida es confiable.

La importancia de todos estos métodos es el hecho de que se pueden comprobar una y otra vez a través del uso e implementación de otras metodologías, con lo que es posible confirmar la consistencia de la información y la veracidad de los datos, así como también la confiabilidad de la medida.

Figura 137. Análisis en DYANE de Cronbach para las tres referencias



Referencias GI-01 (V1),  
 GE-02 (V2) y T-04 (V3)

(DYANE, 2001)

#### 4.5 REGRESIÓN MULTIVARIABLE

El método de pronósticos que se analiza a continuación se conoce con el nombre de regresión multivariable, regresión múltiple o pronósticos múltiples, se utiliza cuando se conocen varias series para las cuales se les conoce el respectivo pronóstico y que cumplen con un buen  $R^2$ ; a partir de estas previsiones se busca pronosticar otras series temporales ya sea porque no tienen buenos indicadores de nivel, ACF, correlación, variabilidad, rotación, etc. o por confrontación con el MUP (MORA, 2008).

La regresión multivariable se realiza cuando se tiene una referencia pivote de un pronóstico que se conoce, el cual tiene un buen  $R^2$  y un modelo de previsión que cumple bien con el MUP, a partir de este se desea hallar los pronósticos de otra serie temporal la cual se desconoce.

La serie temporal de la demanda de piezas para la cual se conoce el pronóstico y se selecciona como la de más peso entre las tres variables, de acuerdo a la correlación lineal, es la de la referencia GI-01 (V1), los datos que corresponden a las previsiones acordes al MUP se muestran a continuación:

Figura 138. Pronósticos con el MUP de la serie temporal de GI-01

Dato	Mes - Año	Pivote 1 GI-01 (V1)	Descripción
1	Ene-05	1394	Realidad 1
2	Feb-05	1426	Realidad 2
3	Mar-05	1391	Realidad 3
4	Abr-05	1408	Realidad 4
5	May-05	1413	Realidad 5
6	Jun-05	1404	Realidad 6
7	Jul-05	1470	Realidad 7
8	Ago-05	1487	Realidad 8
9	Sep-05	1445	Realidad 9
10	Oct-05	1460	Realidad 10
11	Nov-05	1451	Realidad 11
12	Dic-05	1476	Realidad 12
13	Ene-06	1534	Realidad 13
14	Feb-06	1499	Realidad 14
15	Mar-06	1415	Realidad 15
16	Abr-06	1422	Realidad 16
17	May-06	1495	Realidad 17
18	Jun-06	1473	Realidad 18
19	Jul-06	1488	Realidad 19
20	Ago-06	1443	Realidad 20
21	Sep-06	1445	Realidad 21
22	Oct-06	1469	Realidad 22
23	Nov-06	1491	Realidad 23
24	Dic-06	1514	Realidad 24
25	Ene-07	1521	Realidad 25
26	Feb-07	1565	Realidad 26
27	Mar-07	1537	Realidad 27
28	Abr-07	1585	Realidad 28
29	May-07	1533	Realidad 29
30	Jun-07	1489	Realidad 30
31	Jul-07	1562	Realidad 31
32	Ago-07	1485	Realidad 32
33	Sep-07	1556	Realidad 33
34	Oct-07	1485	Realidad 34
35	Nov-07	1521	Realidad 35
36	Dic-07	1562	Realidad 36
37	Ene-08	1469	Realidad 37
38	Feb-08	1491	Realidad 38
39	Mar-08	1514	Realidad 39
40	Abr-08	1521	Realidad 40
41	May-08	1565	Realidad 41
42	Jun-08	1537	Realidad 42
43	Jul-08	1585	Realidad 43
44	Ago-08	1533	Realidad 44
45	Sep-08	1489	Realidad 45
46	Oct-08	1562	Realidad 46
47	Nov-08	1485	Realidad 47
48	Dic-08	1556	Realidad 48
49	Ene-09	1539.8732	Pronóstico
50	Feb-09	1548.1612	Estimado
51	Mar-09	1516.3585	Especulativo
52	Abr-09	1535.6088	Especulativo
53	May-09	1556.8820	Especulativo

Los pronósticos de la referencia GE-02 (V2) y T-04 (V3), se calculan a partir de la información del pivote 1 (GI-01) y las respectivas previsiones que cumplen con el MUP. Para realizar la regresión multivariable es necesario conocer la pendiente y el intercepto que existe entre las referencias de interés especial a analizar, en este caso V1 y V2.

El cálculo de la pendiente y el intercepto se realiza en Excel y los resultados que se obtienen son, una pendiente de 0.8671 y un intercepto de 206.1502.

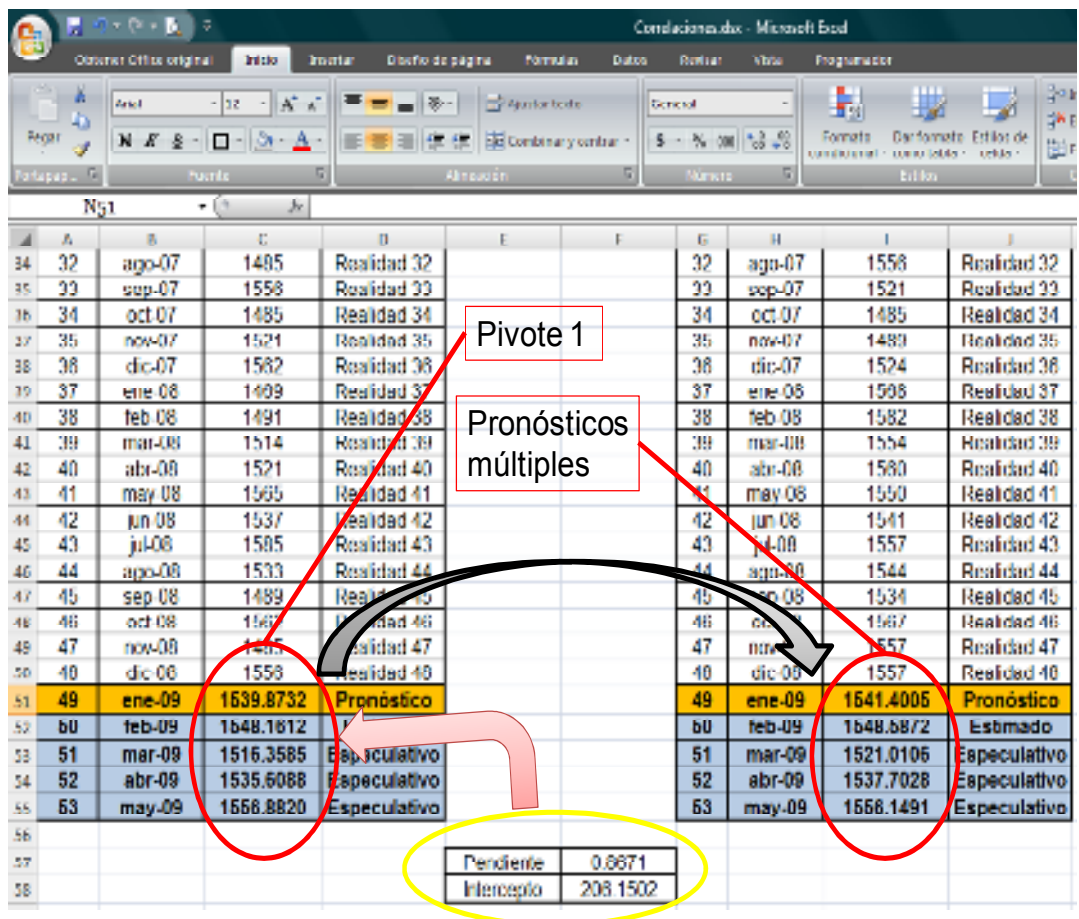
La información que se encuentra con el análisis de la pendiente e intercepto, permiten encontrar los pronósticos que se desconocen a partir del pivote 1. La ecuación necesaria para realizar este cálculo es la siguiente:

Ecuación 6. Pronósticos múltiples con pendiente e intercepto

$$\text{Pronóstico nuevo} = \text{Intercepto} + \text{pendiente} * (\text{pivote del pronóstico conocido})$$

Los pronósticos múltiples que se calculan en Excel para la referencia GE-02 a través del uso del método de regresión multivariable se presentan a continuación, estos comienzan en el dato 49 y terminan en el 53.

Figura 139. Cálculo del pronóstico múltiple con el pivote para GE-02



Los valores que se encuentran con el pivote y que se usan luego para reemplazarlos en la ecuación con la que se calcula el pronóstico nuevo de la referencia que se desconoce, en este caso GE-02, se grafican y se muestra a continuación.

Figura 140. Pronósticos múltiples para la referencia GE-02



El pronóstico múltiple para la referencia T-04 se realiza a partir del pivote 1 que son los datos que se conocen luego de realizar el MUP para la referencia GI-01.

El análisis es similar a la previsión que se realiza para la referencia GE-02 (V2); es por esto que se realiza un nuevo cálculo de la pendiente e intercepto entre V1 y V3. Con el uso de Excel se obtiene una pendiente de 0.1866 y un intercepto de 132.8126, esto permite calcular los nuevos pronósticos.

Figura 141. Cálculo del pronóstico múltiple con el pivote para T-04

Dato	Mes - Año	Desconocido T-04 (V3)	Descripción
1	Ene-05	413	Realidad 1
2	Feb-05	406	Realidad 2
3	Mar-05	412	Realidad 3
4	Abr-05	407	Realidad 4
5	May-05	419	Realidad 5
6	Jun-05	391	Realidad 6
7	Jul-05	398	Realidad 7
8	Ago-05	401	Realidad 8
9	Sep-05	419	Realidad 9
10	Oct-05	421	Realidad 10
11	Nov-05	405	Realidad 11
12	Dic-05	412	Realidad 12
13	Ene-06	428	Realidad 13
14	Feb-06	417	Realidad 14
15	Mar-06	361	Realidad 15
16	Abr-06	396	Realidad 16
17	May-06	417	Realidad 17
18	Jun-06	373	Realidad 18
19	Jul-06	411	Realidad 19
20	Ago-06	365	Realidad 20
21	Sep-06	392	Realidad 21
22	Oct-06	369	Realidad 22
23	Nov-06	397	Realidad 23
24	Dic-06	409	Realidad 24
25	Ene-07	403	Realidad 25
26	Feb-07	434	Realidad 26
27	Mar-07	455	Realidad 27
28	Abr-07	458	Realidad 28
29	May-07	477	Realidad 29
30	Jun-07	466	Realidad 30
31	Jul-07	460	Realidad 31
32	Ago-07	420	Realidad 32
33	Sep-07	437	Realidad 33
34	Oct-07	428	Realidad 34
35	Nov-07	408	Realidad 35
36	Dic-07	429	Realidad 36
37	Ene-08	407	Realidad 37
38	Feb-08	401	Realidad 38
39	Mar-08	404	Realidad 39
40	Abr-08	400	Realidad 40
41	May-08	407	Realidad 41
42	Jun-08	398	Realidad 42
43	Jul-08	396	Realidad 43
44	Ago-08	395	Realidad 44
45	Sep-08	399	Realidad 45
46	Oct-08	401	Realidad 46
47	Nov-08	405	Realidad 47
48	Dic-08	414	Realidad 48
<b>49</b>	<b>39814</b>	<b>420.1855</b>	<b>Pronóstico</b>
<b>50</b>	<b>39845</b>	<b>421.7323</b>	<b>Estimado</b>
<b>51</b>	<b>39873</b>	<b>415.7972</b>	<b>Especulativo</b>
<b>52</b>	<b>39904</b>	<b>419.3897</b>	<b>Especulativo</b>
<b>53</b>	<b>39934</b>	<b>423.3597</b>	<b>Especulativo</b>

Las previsiones que se encuentran con el método de pronósticos múltiples se representan en la figura siguiente, en donde se muestra la serie temporal que comienza desde enero del 2005 y finaliza en mayo del 2009 con un pronóstico especulativo.

Figura 142. Pronósticos múltiples para la referencia T-04



El análisis de la regresión multivariable se realiza de forma adicional con el programa VALPOMOR, el cual es una macro que funciona bajo el software Excel. Luego de ingresar los datos y ejecutar la macro, se obtienen los siguientes resultados:

Figura 143. Ejecución de VALPOMOR

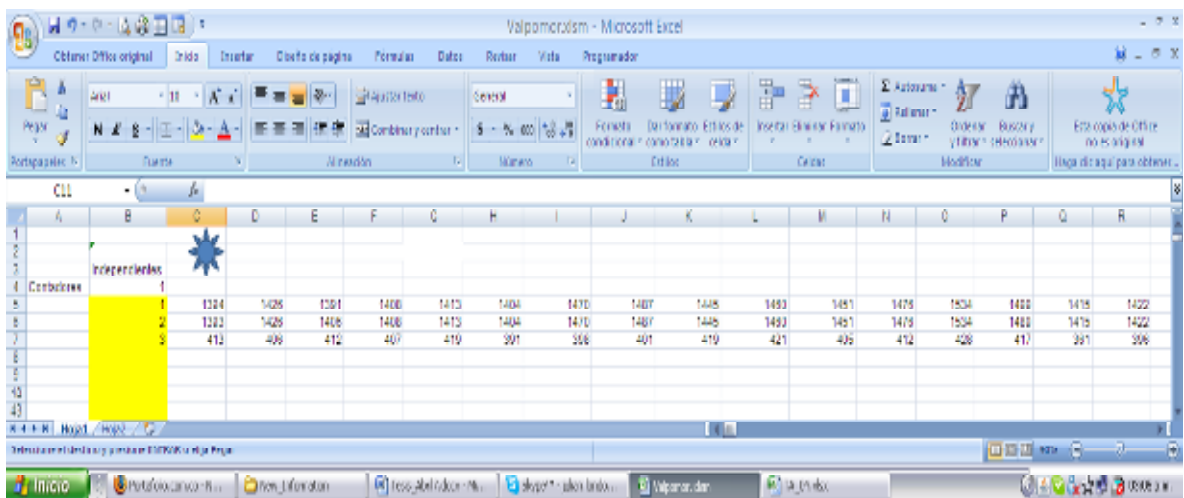


Figura 144. Regresión multivariable con VALPOMOR

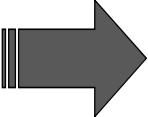
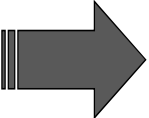
<b>Análisis con VALPOMOR®</b>			
<b>Referencia</b>	<b>R<sup>2</sup></b>	<b>Pendiente</b>	<b>Intercepto</b>
GI-01 y GE-02	0.6780	0.8671	206.1502
GI-01 y T-04	0.1691	0.1866	132.8127

Los datos que se muestran coinciden con el cálculo de la pendiente y el intercepto que se realiza en párrafos anteriores, para pivotar las referencias que se desconocen a las cuales se les quiere hallar los pronósticos múltiples. Los análisis que se muestran luego de la ejecución de VALPOMOR muestran que los datos y los procedimientos que se realizan son correctos y que las previsiones son muy exactas ya que concuerdan en su totalidad.

El software Excel tiene una herramienta que se llama estimación lineal, esta permite corroborar los resultados que se hallan con los pasos anteriores de pronósticos múltiples en los que se encuentra la pendiente y el intercepto y se usa la ecuación 6.

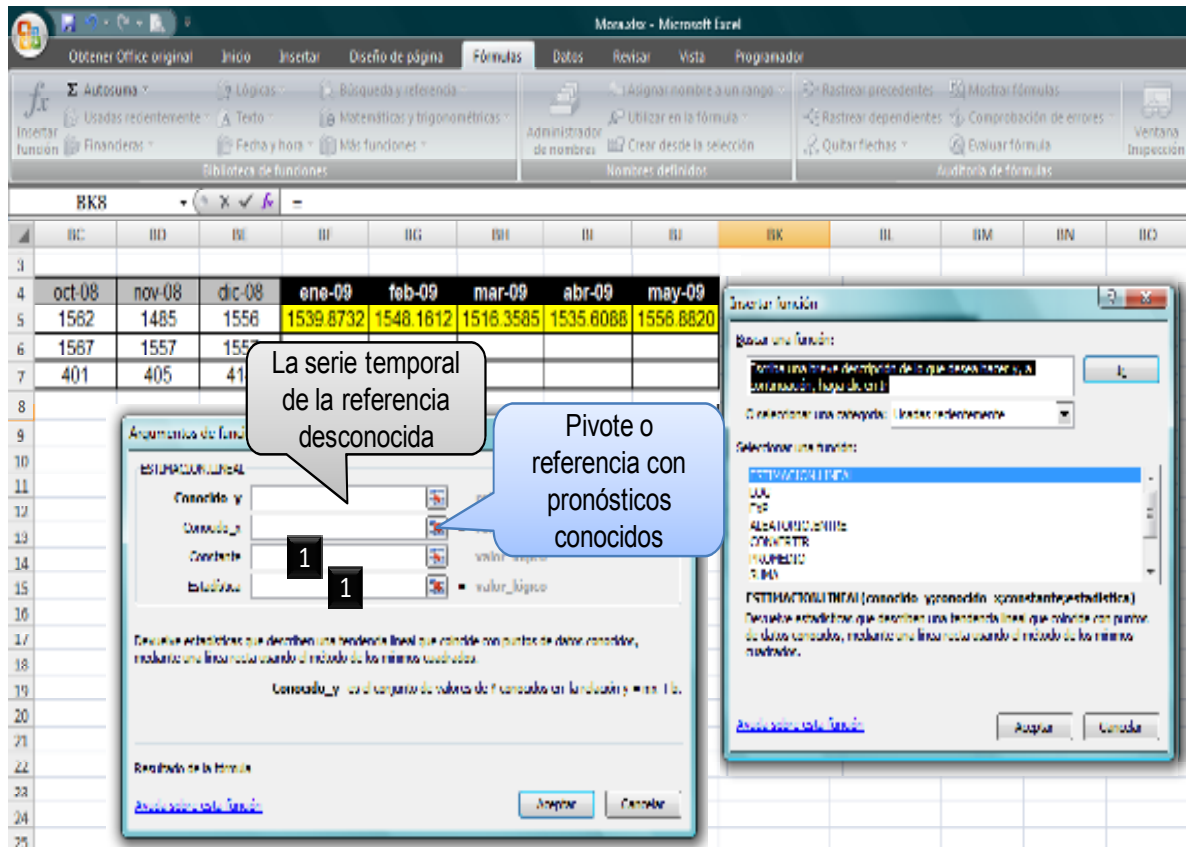
El procedimiento consiste en ubicar el pivote (referencia con el pronóstico que se conoce) y las referencias que se desconocen de forma horizontal, tal como se muestra a continuación:

Figura 145. Series temporales para pronosticar por estimación lineal

	ene-05	feb-05	mar-05	abr-05	may-05	jun-05	jul-05	ago-05	
<b>Pivote</b>	1394	1426	1391	1408	1413	1404	1470	1487	
<b>GE-02</b>	1393	1426	1406	1408	1413	1404	1470	1487	
<b>T-04</b>	413	406	412	407	419	391	398	401	
									
	jun-07	jul-07	ago-07	ene-09	feb-09	mar-09	abr-09	may-09	
	1489	1562	1485	1539.8732	1548.1612	1516.3585	1535.6088	1556.8820	
	1565	1562	1556						
	466	460	420						

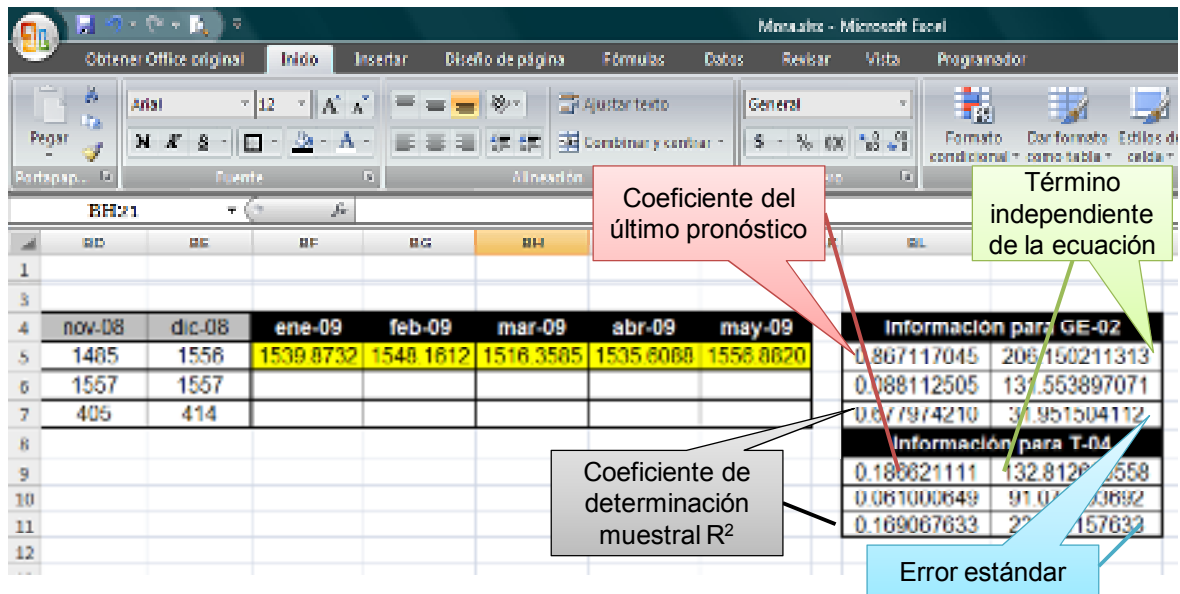
La herramienta de estimación lineal de Excel llama una ventana de diálogo en donde el valor y que pide es lo desconocido; es decir para la primera instancia es la serie temporal de la referencia GE-02, el valor x que pide, es el pivote y por defecto, tanto en constante como en estadística se colocan valores iguales a uno.

Figura 146. Estimación lineal en Excel



Los resultados que se obtienen luego de ingresar la información necesaria del pivote (GI-01) y las series desconocidas GE-02 y T-04 se muestran en Excel de la siguiente forma: se presenta una doble ventana con los títulos respectivos de información para GE-02 y T-04, en donde se muestra la información de vital importancia para realizar el cálculo de los nuevos pronósticos para las referencias que se desconocen.

Figura 147. Obtención de resultados por estimación lineal en Excel



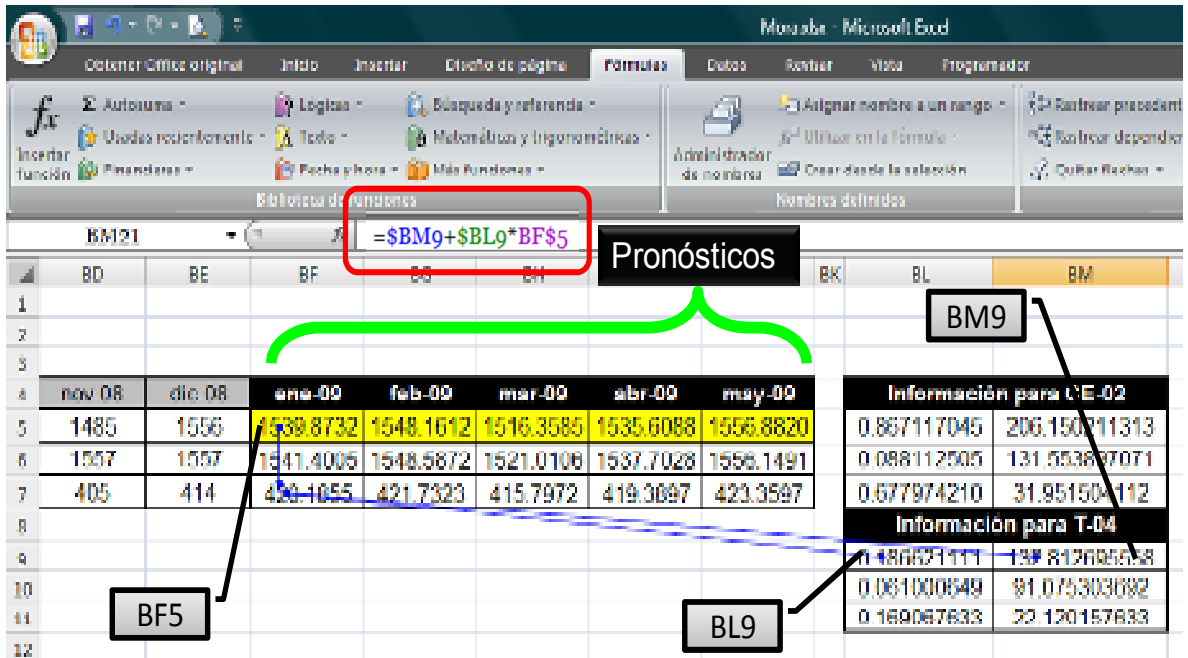
El cálculo del pronóstico se realiza luego de obtener la información necesaria que arroja el software Excel, esta información es el coeficiente del último pronóstico, el término independiente, el coeficiente de determinación muestral y el error estándar, aunque este último no es de utilidad en la ecuación que se muestra a continuación.

#### Ecuación 7. Pronósticos múltiples con estimación lineal

$$\text{Pronóstico nuevo} = \text{Término independiente} + \text{Coeficiente del pivote} * (\text{pivote del pronóstico conocido})$$

Los resultados de la ecuación son los pronósticos para las series temporales de las referencias GE-02 y T-04; una forma más didáctica de entender como es el procedimiento para hallar estas previsiones múltiples a partir del software Excel, por medio de estimación lineal, se muestra a continuación.

Figura 148. Cálculo de los pronósticos por estimación lineal en Excel



El pronóstico por estimación lineal para las referencias GE-02 y T-04, a partir del pivote conocido; es decir la referencia GI-01, son los siguientes; estos van desde enero del 2009 hasta mayo del mismo año.

Figura 149. Pronósticos con estimación lineal

	ene-09	feb-09	mar-09	abr-09	may-09
<b>Pivote (GI-01)</b>	1539.8732	1548.1612	1516.3585	1535.6088	1556.8820
<b>GE-02</b>	1541.4005	1548.5872	1521.0106	1537.7028	1556.1491
<b>T-04</b>	420.1855	421.7323	415.7972	419.3897	423.3597

Los resultados que se obtienen a través de la herramienta estimación lineal en Excel, coinciden de una forma plena con los resultados de la regresión multivariable y su cálculo respectivo de pendiente e intercepto, además de coincidir con los resultados que arroja la macro hecha en Excel con el nombre VALPOMOR.

Figura 150. Resumen de pronósticos con el MUP y las correlaciones

<b>Resumen de los pronósticos para las referencias GI-01, GE-02 y T-04</b>							
<b>Dato</b>	<b>Mes - Año</b>	<b>MUP</b>			<b>Pronósticos múltiples</b>		
		<b>GI-01</b>	<b>GE-02</b>	<b>T-04</b>	<b>GI-01</b>	<b>GE-02</b>	<b>T-04</b>
1	ene-05	1394	1393	413	1394	1393	413
2	feb-05	1426	1426	406	1426	1426	406
3	mar-05	1391	1406	412	1391	1406	412
4	abr-05	1408	1408	407	1408	1408	407
5	may-05	1413	1413	419	1413	1413	419
6	jun-05	1404	1404	391	1404	1404	391
7	jul-05	1470	1470	398	1470	1470	398
8	ago-05	1487	1487	401	1487	1487	401
9	sep-05	1445	1445	419	1445	1445	419
10	oct-05	1460	1460	421	1460	1460	421
11	nov-05	1451	1451	405	1451	1451	405
12	dic-05	1476	1476	412	1476	1476	412
13	ene-06	1534	1534	428	1534	1534	428
14	feb-06	1499	1489	417	1499	1489	417
15	mar-06	1415	1415	361	1415	1415	361
16	abr-06	1422	1422	396	1422	1422	396
17	may-06	1495	1495	417	1495	1495	417
18	jun-06	1473	1473	373	1473	1473	373
19	jul-06	1488	1488	411	1488	1488	411
20	ago-06	1443	1443	365	1443	1443	365
21	sep-06	1445	1445	392	1445	1445	392
22	oct-06	1469	1469	369	1469	1469	369
23	nov-06	1491	1491	397	1491	1491	397
24	dic-06	1514	1514	409	1514	1514	409
25	ene-07	1521	1585	403	1521	1585	403
26	feb-07	1565	1537	434	1565	1537	434
27	mar-07	1537	1521	455	1537	1521	455
28	abr-07	1585	1533	458	1585	1533	458
29	may-07	1533	1533	477	1533	1533	477
30	jun-07	1489	1565	466	1489	1565	466
31	jul-07	1562	1562	460	1562	1562	460
32	ago-07	1485	1556	420	1485	1556	420
33	sep-07	1556	1521	437	1556	1521	437
34	oct-07	1485	1485	428	1485	1485	428
35	nov-07	1521	1489	408	1521	1489	408
36	dic-07	1562	1524	429	1562	1524	429
37	ene-08	1469	1568	407	1469	1568	407
38	feb-08	1491	1582	401	1491	1582	401
39	mar-08	1514	1554	404	1514	1554	404
40	abr-08	1521	1560	400	1521	1560	400
41	may-08	1565	1550	407	1565	1550	407
42	39600	1537	1541	398	1537	1541	398
43	39630	1585	1557	396	1585	1557	396
44	39661	1533	1544	395	1533	1544	395
45	39692	1489	1534	399	1489	1534	399
46	39722	1562	1567	401	1562	1567	401
47	39753	1485	1557	405	1485	1557	405
48	dic-08	1556	1557	414	1556	1557	414
49	ene-09	1540	1612	410	1540	1541	420
50	feb-09	1548	1548	415	1548	1549	422
51	mar-09	1516	1541	404	1516	1521	416
52	abr-09	1536	1548	416	1536	1538	419
53	may-09	1557	1569	433	1557	1556	423

Recorte 2

Recorte 1

Pronóstico  
Estimado  
Especulativo  
Especulativo  
Especulativo

#### 4.6 REDES NEURONALES

Las redes neurales muestran una capacidad clasificatoria igual o superior que las técnicas estadísticas, pero tienen la ventaja de que es posible utilizarla independientemente del cumplimiento de los supuestos teóricos relativos a ellas (Dialnet@, 2009).

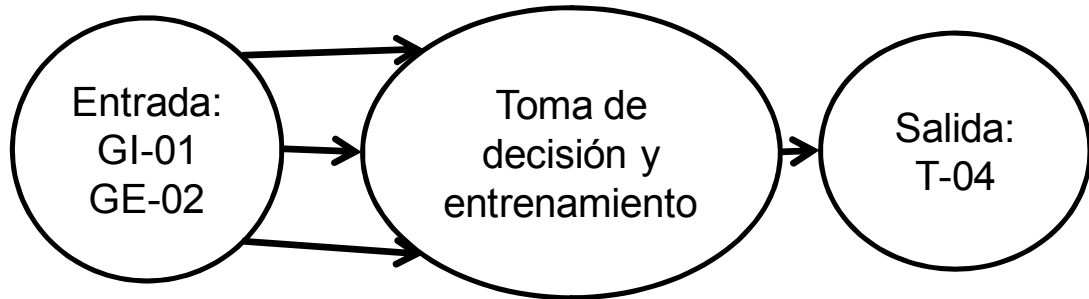
Los datos históricos de las referencias GI-01, GE-02 y T-04, con sus respectivos pronósticos son la información necesaria para realizar las simulaciones y aplicaciones de esta nueva metodología estadística. Lo que se busca es encontrar la similitud de resultados que se obtienen a partir del MUP, de la implementación de correlaciones y ahora de la aplicación de las redes.

La idea fundamental es extraer combinaciones lineales de un conjunto de variables que se denominan variables de entrada, con lo cual se busca modelar la variable respuesta como una función no lineal de estas combinaciones. El resultado es un método estadístico de aprendizaje potente, con un amplio conjunto de aplicaciones (S.E@, 2009).

La gran ventaja del proceso de aprendizaje de la red es también su mayor desventaja; ya que a la hora de realizar pronósticos puede aprender ruidos o movimientos aleatorios. Una buena red aísla los choques aleatorios mientras que aprende el componente de la serie que se repite. Al escoger una red es indispensable que ésta sea efectiva en sus pronósticos dentro y fuera de la muestra (VELASCO@, 2004).

El software DYANE realiza las simulaciones necesarias a partir de una referencia pivote conocida (GI-01 y GE-02) con lo cual es posible calcular la tercera (T-04), los resultados permiten comprobar la veracidad de los pronósticos que se realizan a través del MUP y las correlaciones.

Figura 151. Estructura topológica



El proceso de aprendizaje se basa en los cambios de las ponderaciones de sus conectores; es decir, el sistema adquiere nuevos conocimientos cuando se asigna a cada uno de los elementos de un conjunto un valor distinto en función de su importancia relativa dentro del mismo (VELASCO@, 2004).

La metodología para calcular la red neuronal a través del software DYANE es importar las tres referencias al programa, luego se selecciona las referencias de entrada, la referencia de salida, se opera la opción para crear las variables con los valores estimados y al final se entrena y corre el programa.

El paso siguiente es entrenar el programa dándole la cantidad de iteraciones que el usuario considera necesarias para obtener un error cuadrado medio mínimo. El programa por defecto comienza con 100 iteraciones, pero se le aumentan a 15.000 y en este punto se entrena y se obtienen los resultados.

Los procedimientos descritos son las gráficas siguientes; las cuales reflejan el paso a paso de la manipulación del software DYANE.

Figura 152. Series temporales en DYANE para la creación de la red

Variables	V. 1	V. 2	V. 3	V. 4	V. 12	V. 13	V. 14	V. 15
Registros	ypGI 01	GE-02	T-04					
1	1426	1426	406					
2	1426	1426	406					
3	1391	1406	412					
4	1408	1408	407					
5	1413	1413	410					
6	1404	1404	391					
7	1470	1470	398					
8	1487	1487	401					
9	1445	1445	419					
10	1460	1460	421					
11	1451	1451	405					
12	1476	1476	412					
13	1534	1534	428					
14	1499	1489						
15	1415	1415						
16	1422	1422	396					
17	1495	1495	417					
18	1473	1473	373					
19	1488	1488	411					
20	1443	1443	365					
21	1445	1445	392					
22	1469	1469	369					
23	1491	1491	397					
24	1514	1514						
25	1521	1585	466					
26	1565	1537	434					
27	1537	1521	455					
28	1505	1533	450					
29	1533	1533	477					
30	1489	1565	466					
31	1562	1562	460					

(DYANE, 2001)

Figura 153. Selección de las variables de entrada y de salida

Se selecciona las referencias de entrada: GI-01 y GE-02

Se selecciona la referencia de salida: T-04

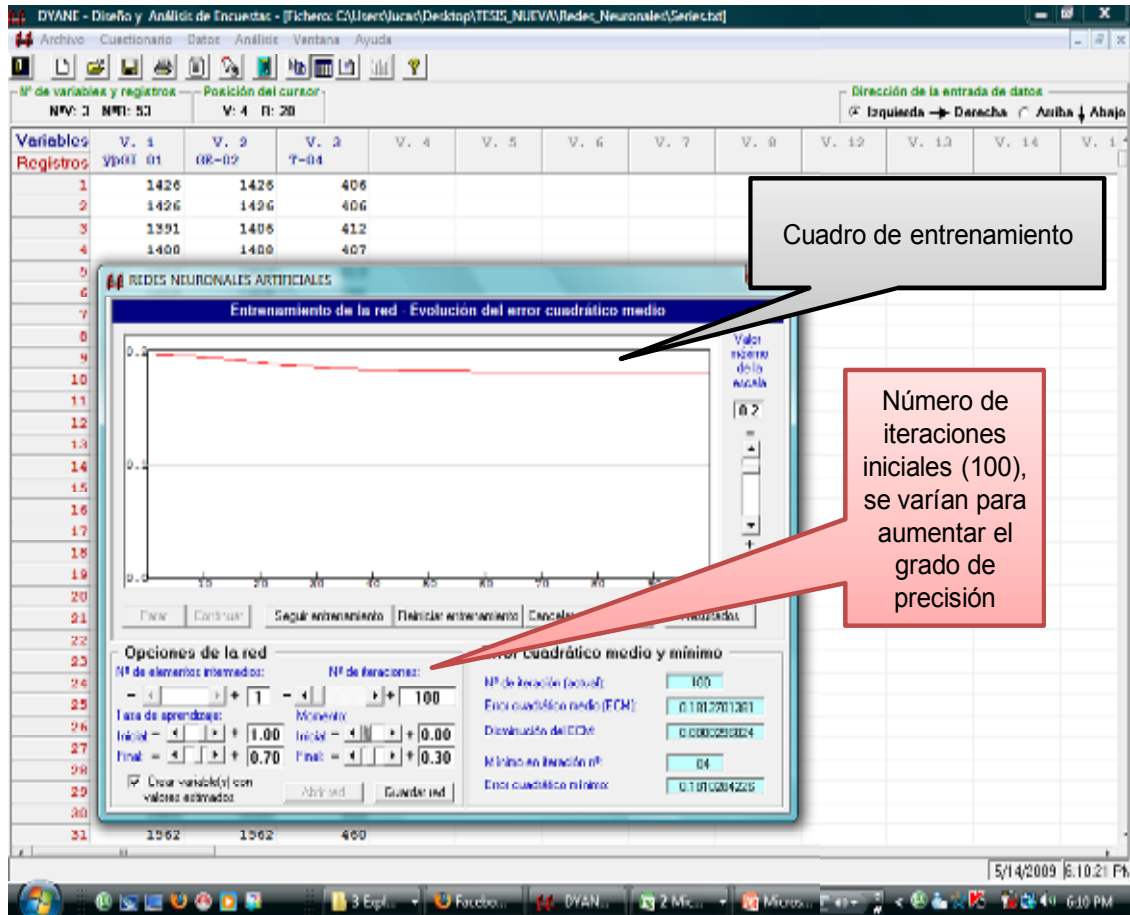
Click para crear valores estimados

Click para entrenar y correr el programa

Esquema de la red neuronal

(DYANE, 2001)

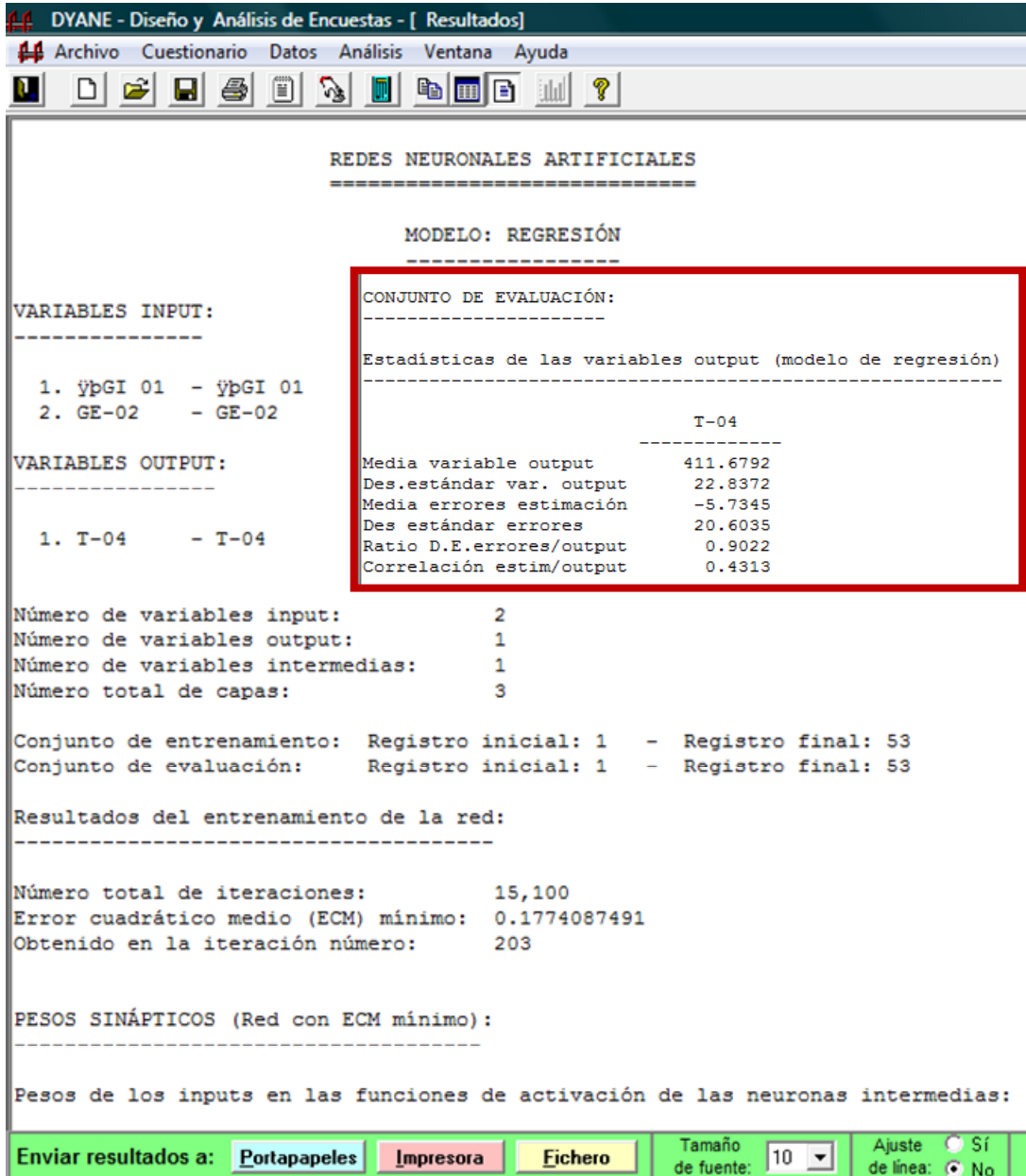
Figura 154. Iteración y entrenamiento de DYANE para la creación de la red



(DYANE, 2001)

La gráfica siguiente muestra la configuración de información que se suministra al programa, así como el análisis interno de la red neuronal, se establece las variables de entrada y la de salida; se estima la cantidad de iteraciones (15.000), el error cuadrático medio (0.1774); además de mostrar los resultados del conjunto de evaluación; es decir para la referencia calculada T-04; en donde se especifica la media de esta, el ratio y la correlación (40%); entre otras.

Figura 155. Resultados del conjunto de evaluación



(DYANE, 2001)

Los resultados de la referencia T-04, a través de la metodología de redes neuronales se obtienen luego de realizar los procedimientos que se explican en párrafos precedentes; estos resultados permiten realizar comparaciones con los que se obtienen a partir del MUP y de las correlaciones.

La siguiente figura muestra los resultados a partir de las variables de entrada por medio de la metodología de redes neuronales que se realiza con el programa DYANE.

Figura 156. Resultados para la referencia T-04 con redes neuronales

Registros	V. 1 ypGI 01	V. 2 GR-02	V. 3 T-04	V. 4 V_OUT 1	V. 12	V. 13	V. 14
1	1394	1393	413	389.76705916			
2	1426	1426	406	392.91017276			
3	1391	1406	412	389.51640663			
4	1408	1408	407	390.98336473			
5	1413	1413	419	391.47937182			
6	1404	1404	391	390.61202144			
7	1470	1470	398	399.60594071			
8	1407	1407	401	402.9410201			
9	1445	1445	419	395.44260381			
10	1460	1460	421	397.82803307			
11	1451	1451	405	396.35554529			
12	1476	1476	412	400.74079157			
13	1534	1534	428	413.33544913			
14	1499	1489	417	405.6241767			
15	1415	1415	361	391.68145524			
16	1422	1422	396	392.4440871			
17	1495	1495	417	404.62650211			
18	1473	1473	373	400.16722412			
19	1488	1488	411	403.14859731			
20	1449	1449	365	395.15052427			
21	1445	1445	392	395.44260381			
22	1469	1469	369	399.42164124			
23	1491	1491	397	403.77612976			
24	1514	1514	409	408.82444386			
25	1521	1585	403	410.18676884			
26	1565	1537	434	419.96419518			
27	1537	1521	455	414.05684041			
28	1585	1533	458	425.634266			
29	1533	1533	477	413.11195636			
30	1489	1565	466	403.11672787			
31	1562	1562	460	419.29141233			

(DYANE, 2001)

La diferencia en porcentajes entre los pronósticos que se hacen por medio del MUP y la metodología de las redes neuronales se muestra en la figura siguiente.

Figura 157. Comparación entre MUP y Redes Neuronales

<b>Tabla de comparación</b>		
<b>MUP</b>	<b>Red Neuronal</b>	<b>Diferencia</b>
410	414.42	-1.134%
415	416.40	-0.442%
404	409.19	-1.307%
416	413.74	0.635%
433	418.24	3.336%

La figura anterior muestra que el porcentaje de diferencia en comparación al MUP de implementar las redes neuronales es muy bajo; por lo cual su uso es válido y acierta mucho con la realidad.

#### 4.7 CONCLUSIONES DE CAPÍTULO

Los pronósticos por regresión multivariable se justifican cuando se tiene una cantidad significativa de variables a pronosticar; ya que cuando se posee a lo sumo tres referencias es prudente realizar el MUP para cada una de ellas y así tener un análisis más conciso y seguro de las referencias a estudiar.

El éxito de los pronósticos múltiples se basa en la confiabilidad de la medida de los datos y de la relación dependiente entre las variables, lo cual garantiza que el comportamiento futuro de una de ellas permita trazar el comportamiento de las demás; es de reconocer que el estudio de regresión múltiple se basa en la selección mas optima de la serie que se utiliza como pivote, y que es la clave para el desarrollo de las demás referencias.

Los datos que se obtienen son similares y racionales, ya sean a partir del uso del MUP o de la metodología de los pronósticos múltiples; sus resultados se analizan y verifican con el criterio de las personas que son comunes al fenómeno que se estudia.

## 5 CONCLUSIONES

### 5.1 OBJETIVO

Generar un plan estratégico de recomendación para la planeación de recursos en reproceso – Concluir

### 5.2 INTRODUCCIÓN

Los planes estratégicos son importantes dentro de una empresa ya que permiten lograr los objetivos y metas que se plantean, ya sea a corto, mediano y largo plazo, según los intereses particulares de la empresa y el tamaño de la misma.

El presente capítulo genera un plan de recomendaciones que se basa en los resultados que se obtienen de las previsiones de las referencias de interés particular, con esto se pretende enseñar a la empresa como aprovechar los resultados que se encuentran en el estudio de proyectiva y así garantizar a las directivas una correcta aplicación de la información sobre los procesos que se ejecutan dentro de la zona RP.

### DESARROLLO DE CAPÍTULO

El porvenir de las decisiones actuales tiene que ver de una forma directa con lo que se planea; es decir, la planeación estratégica observa la cadena de consecuencias de causas y efectos durante un tiempo y lo relaciona con una decisión real que la institución u organización quiere tomar.

La esencia de la planeación estratégica consiste en identificar las oportunidades y peligros que surgen en el futuro, los cuales se combinan con otros datos importantes para proporcionar la base con la cual una empresa tome mejores decisiones en el presente para explotar las oportunidades y evitar los peligros (Monografías@, 2007).

La planeación estratégica significa diseñar un futuro deseado e identificar las formas para lograrlo, este proceso se inicia al establecer las metas organizacionales, además de definir las estrategias y políticas para lograrlas, Consiste también en decidir de antemano qué tipo de esfuerzos de planeación debe hacerse, cuándo y cómo debe realizarse, quién lo llevará a cabo, y qué se hará con los resultados.

La información que se presenta en este trabajo es real e ilustrativa, la cual sirve para efectos académicos con el propósito de desarrollar aptitudes para implementar una metodología de pronósticos, que permita al estudiante conocer la aplicación de esta herramienta en ámbito industrial; y a la compañía ver nuevas formas que faciliten la planeación futura de sus actividades, con el fin de cumplir con su objeto social.

Los datos que se obtienen a partir del estudio de la proyectiva son verídicos y hacen parte del conocimiento que conlleva a la formación académica de los estudiantes que realizan este trabajo; las recomendaciones que se presentan son las ayudas que los realizadores consideran más relevantes de este estudio, pero no son de carácter obligatorio para su desarrollo al interior de la empresa.

### 5.3 CONCLUSIONES TÉCNICAS

El análisis cuantitativo particular de cada serie para el estudio de la proyectiva se presenta a continuación.

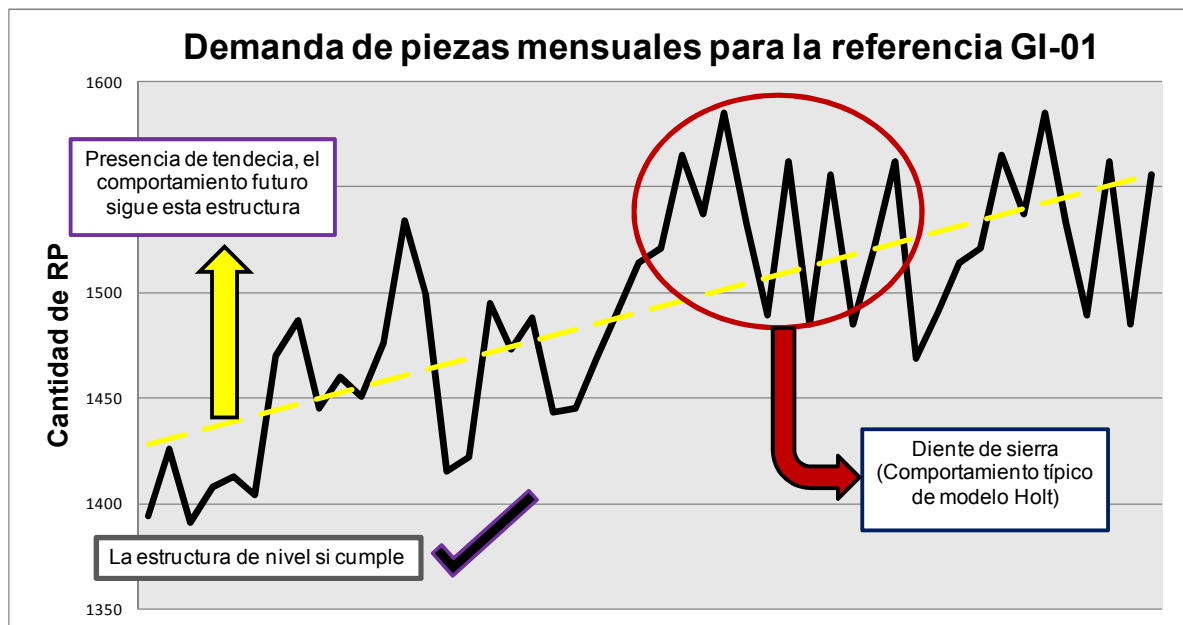
#### 5.3.1 Conclusiones para GI-01

Los resultados que se obtienen a través de la implementación de los diferentes métodos merecen un profundo análisis, con lo cual se pueda establecer una idea clara y concisa de lo que significan estos resultados; estos se orientan en especial a la serie temporal de la referencia G-01

### 5.3.1.1 Conclusión 1

La serie GI-01 muestra una forma gráfica del tipo diente de sierra; es decir, con picos altos y consecutivos, esto demuestra cambios de tendencia cortos, además de presencia de ruido; estas características son típicas del modelo Holt. Se observa también presencia de dos niveles, pero cuando se analiza de forma matemática se encuentra dentro de los valores que afirman que solo tiene un único nivel.

Figura 158. Conclusiones para la serie de la referencia GI-01



### 5.3.1.2 Conclusión 2

El análisis previo de la estacionalidad con modelos modernos demuestra que no existe estacionalidad en la serie, al elegir una configuración AR.I.MA, con valores  $P = 0$  y  $Q = 0$ . Esto establece que los pronósticos que se realizan a esta referencia se rigen por la tendencia y el ruido.

### 5.3.1.3 Conclusión 3

Los tres mejores modelos que se seleccionan para esta serie, en su orden son, Holt de suavización simple, ARIMA (0, 1, 1) (0, 0, 0) y el modelo de tendencia cuadrática; para los cuales es necesario analizar el error medio cuadrado.

Figura 159. Porcentaje de diferencia para los tres mejores modelos de GI-01

<b>Diferencia de los tres mejores modelos</b>			
Modelo	Forecast Pro ARIMA (0,1,1)(0,0,0)	WINQSB Window Single Exponential Smoothing with Linear Trend	DAQ Premo
<b>Pronóstico</b>	1519.28	1524.61	1394.03
<b>Real (dato 48)</b>	1556	1556	1556
<b>Diferencia cuadrada</b>	1348.358	985.332	26234.281
<b>Porcentaje de diferencia</b>	<b>36.8%</b>	<b>0.0%</b>	<b>2562.5%</b>

El modelo Holt aventaja en gran medida a los otros modelos, con unas diferencias en casi 40% con respecto al modelo ARIMA (0, 1, 2) (0, 0, 0) y 2500% respecto del modelo de tendencia cuadrática; se concluye que el modelo más adecuado para pronosticar la cantidad de guardabarras externos es el modelo Holt de suavización exponencial simple con tendencia lineal, con características alfa 0.34 que denota la no influencia de ruido y beta 0.02 que muestra un modelo básicamente tendencial.

### 5.3.1.4 Conclusión 4

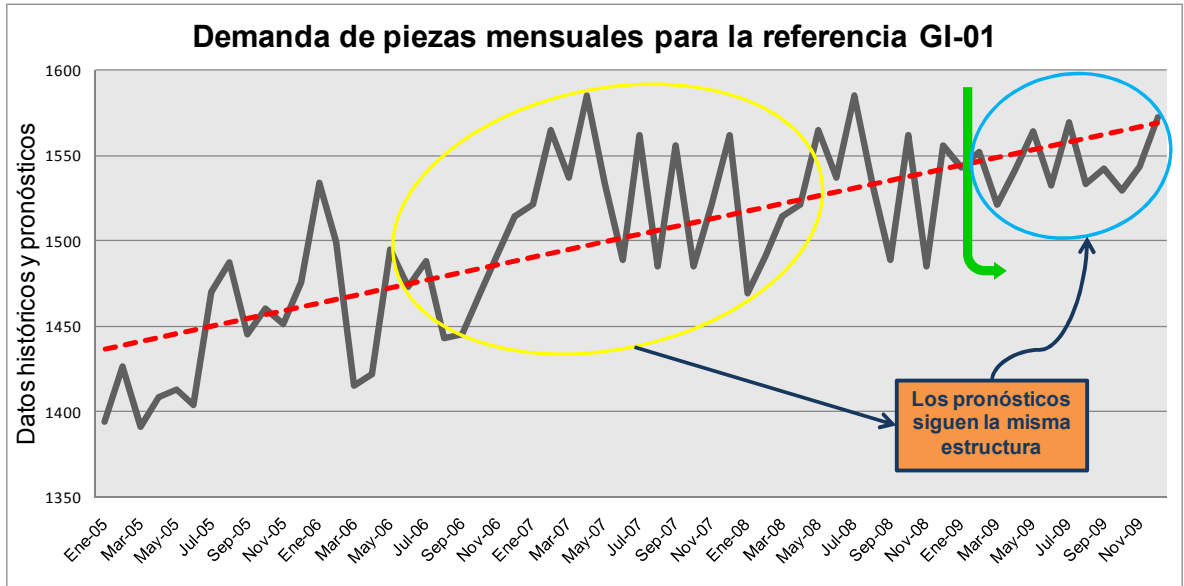
El segundo mejor modelo, el ARIMA (0, 1, 2) (0, 0, 0), demuestra que es una serie que depende de los datos aleatorios y denota valores que no tienen mucha influencia del pasado. Por lo cual los pronósticos que se realizan son datos del futuro que se ajustan a la tendencia del comportamiento clásico.

### 5.3.1.5 Conclusión 5

La empresa debe considerar el comportamiento tendencial que la serie posee, ya que los pronósticos que se calculan llevan la misma estructura del delta de datos

de los últimos seis meses; por lo tanto se aceptan como lógicos los datos que se obtienen en este proceso.

Figura 160. Forma tendencial de los pronósticos



### 5.3.1.6 Conclusión 6

El coeficiente de determinación muestral  $r^2$  que se tiene para estos datos es de 60%, lo que en teoría está por debajo de la exigencia del 90.25%; es importante conocer que en la práctica es casi imposible encontrar series de este tipo; por lo cual el valor se acepta y se considera bueno.

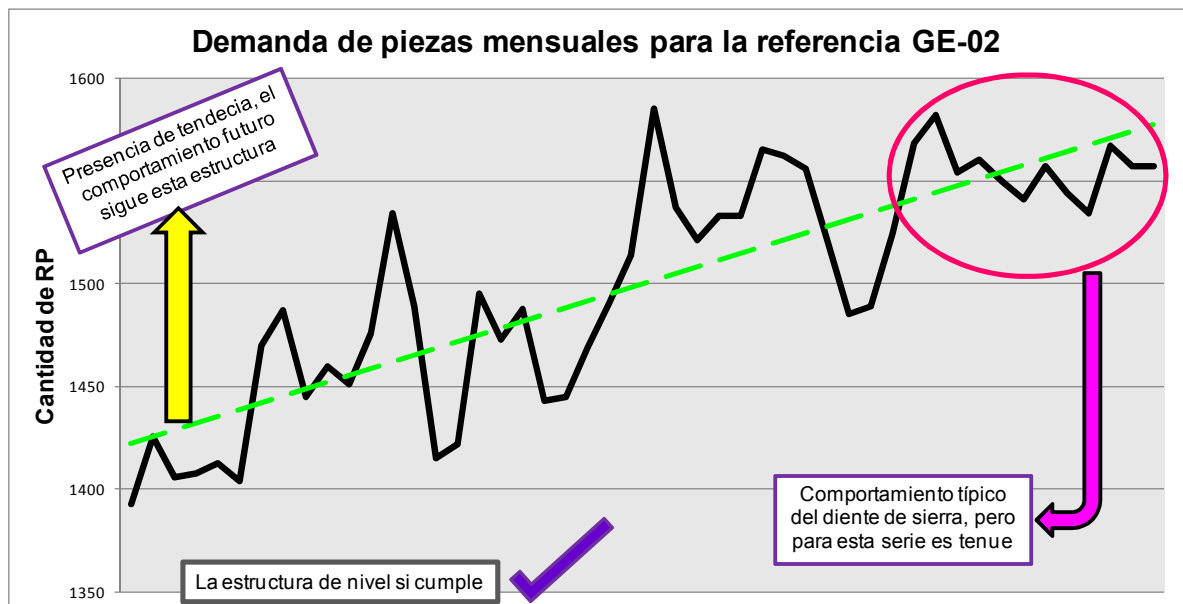
### 5.3.2 Conclusiones para GE-02

Los resultados que se obtienen a través de la implementación de los diferentes métodos merecen un profundo análisis, con lo cual se pueda establecer una idea clara y concisa de lo que significan estos resultados; estos se orientan en especial a la serie temporal de la referencia GE-02

### 5.3.2.1 Conclusión 1

La serie GE-02 aunque no muestra una gráfica con una forma de picos altos y consecutivos, presenta una alta tendencia, además de que la variabilidad para el análisis del nivel es un poco más alto que en la referencia GI-01, denota entonces presencia de ruido; estas características son típicas del modelo Holt. No se observa presencia de varios niveles, sino de una gráfica creciente y muy tendencial.

Figura 161. Conclusiones para la serie de la referencia GE-02



### 5.3.2.2 Conclusión 2

El análisis previo de la estacionalidad con los modelos modernos asevera que no hay presencia de estacionalidad en la serie; esto se infiere en el momento que se selecciona una configuración AR.I.MA con valores  $P = 0$  y  $Q = 0$  (parte estacional). Esta configuración establece que los pronósticos que se realizan al guardabarro externo se rigen por la tendencia y el ruido.

### 5.3.2.3 Conclusión 3

Los tres mejores modelos que aplican a la serie temporal GE-02, en su orden son, Holt de suavización simple, ARIMA (0, 1, 2) (0, 0, 0) y el modelo de tendencia cuadrática; para los cuales es necesario analizar el error medio cuadrado.

Figura 162. Porcentaje de diferencia para los tres mejores modelos de GE-02

<b>Diferencia de los tres mejores modelos</b>			
<b>Modelo</b>	<b>Forecast Pro ARIMA (0,1,2)(0,0,0)</b>	<b>WINQSB Window Single Exponential Smoothing with Linear Trend</b>	<b>DAQ Premo</b>
<b>Pronóstico</b>	1520.5	1530.74	1290.41
<b>Real (dato 48)</b>	1557	1557	1557
<b>Diferencia cuadrada</b>	1260.250	638.068	70538.048
<b>Porcentaje de diferencia</b>	<b>98%</b>	<b>0%</b>	<b>10955%</b>

El modelo Holt lleva la ventaja a grandes rasgos a los otros modelos por una diferencia casi del 98% con respecto al modelo ARIMA (0, 1, 2) (0, 0, 0) y 10000% respecto del modelo de tendencia cuadrática. La conclusión principal es que el modelo más adecuado para pronosticar la cantidad de guardabarros externos es el modelo Holt de suavización exponencial simple con tendencia lineal, con características alfa 0.34 que denota la no influencia de ruido y beta 0.02 que muestra un modelo básicamente tendencial.

### 5.3.2.4 Conclusión 4

La diferencia entre los pronósticos que se realiza por el MUP y por el método de pronósticos múltiples o regresión multivariable es muy baja, con lo cual se demuestra la confiabilidad que existe al implementa este segundo método; se considera también que es útil para pronosticar muchas referencias a partir de unas pocas.

Figura 163. Diferencia entre el MUP y regresión múltiple para GE-02

<b>Diferencia entre MUP y P. Múltiples</b>		
<b>MUP</b>	<b>P. Múltiples</b>	<b>Diferencia</b>
1612	1541	<b>4.38%</b>
1548	1549	<b>-0.04%</b>
1541	1521	<b>1.30%</b>
1548	1538	<b>0.67%</b>
1569	1556	<b>0.82%</b>

#### 5.3.2.5 Conclusión 5

El modelo ARIMA (0, 1, 2) (0, 0, 0), el cual es el segundo mejor luego del Holt, permite establecer que la serie para los guardabarros externos depende en gran medida de los datos aleatorios y denota valores que no tienen mucha influencia del pasado; esto concluye que los pronósticos que se realizan para esta referencia son datos del futuro que se ajustan a la tendencia que en su estructura lleva.

#### 5.3.2.6 Conclusión 6

La empresa dueña del fenómeno que se analiza, en este caso del guardabarros externo, debe considerar el comportamiento tendencial que la serie posee, ya que las previsiones que se estiman contienen la misma estructura de la diferencia de datos de los últimos meses; por lo que se aceptan como lógicos los valores que se obtienen en este proceso.

#### 5.3.2.7 Conclusión 7

El coeficiente de determinación muestral  $r^2$  que se obtiene para la referencia GE-02 es de 71%, lo que en teoría está por debajo de la exigencia del 90.25%; es importante reconocer que en la práctica es casi imposible encontrar series que estén por encima del criterio admisible; por lo cual el valor se acepta y se considera bueno.

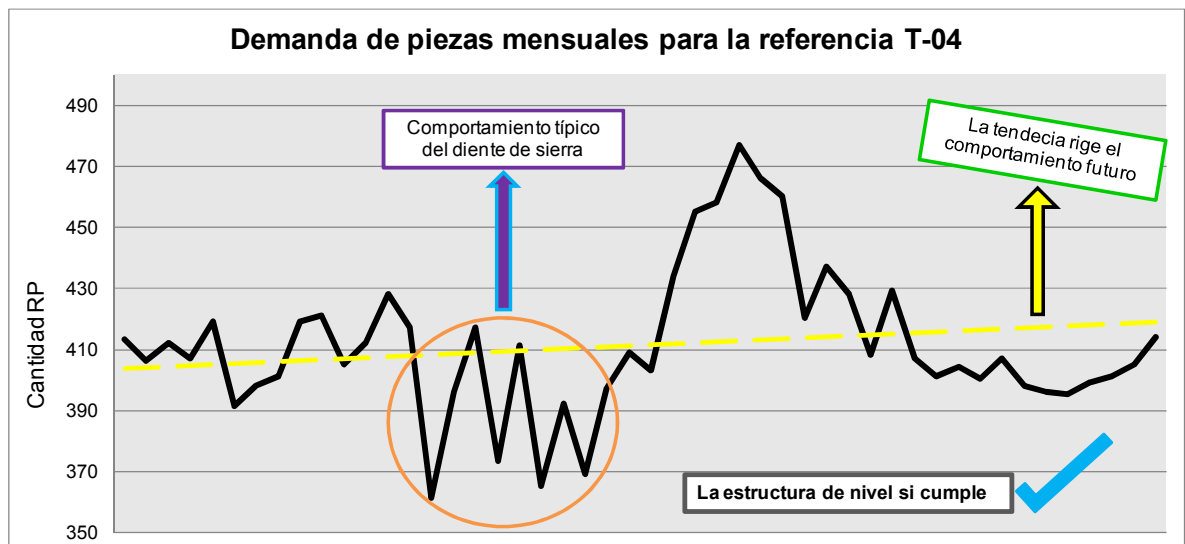
### 5.3.3 Conclusiones para T-04

Los resultados que se obtienen a través de la implementación de los diferentes métodos merecen un profundo análisis, con lo cual se pueda establecer una idea clara y concisa de lo que significan estos resultados; estos se orientan en especial a la serie temporal de la referencia T-04

#### 5.3.3.1 Conclusión 1

La serie T-04 presenta una tendencia horizontal de 0.15, inferior al exigido que es del 0.25; la presencia de estructura tendencial se corrobora en los correlogramas de ACF y PACF. Se muestra picos con la forma clásica de diente de sierra y la no presencia de estructura de nivel, además existencia de ruido; estas características son propias del modelo Holt.

Figura 164. Conclusiones para la serie de la referencia T-04



#### 5.3.3.2 Conclusión 2

El análisis previo de la estacionalidad con la ejecución de los modelos modernos demuestra que no existe estacionalidad en la serie del tacómetro, esto se asevera en el momento en que se usa una configuración AR.I.MA, con valores  $P = 0$  y  $Q = 0$  que son la nulidad de la parte estacional; a partir de esto se establece que los

pronósticos que se realizan a la referencia en cuestión se rigen por la tendencia y por la estructura de ruido.

### 5.3.3.3 Conclusión 3

Los tres mejores modelos que se seleccionan para esta serie, en su orden son, Holt de suavización simple con tendencia lineal, el modelo Brown con suavización exponencial simple y el ARIMA (2, 0, 0) (0, 0, 0); para los cuales es necesario analizar el error medio cuadrado.

Figura 165. Porcentaje de diferencia para los tres mejores modelos de T-04

<b>Diferencia de los tres mejores modelos</b>			
<b>Modelo</b>	<b>Forecast Pro ARIMA (2,0,0)(0,0,0)</b>	<b>WinQSB Windows Single Exponential Smoothing (Brown)</b>	<b>WINQSB Windows Single Exponential Smoothing with Linear Trend</b>
<b>Pronóstico</b>	404.39	405.76	408.72
<b>Real (dato 48)</b>	414	414	414
<b>Diferencia cuadrada</b>	92.4	67.9	27.9
<b>Porcentaje de diferencia</b>	<b>231%</b>	<b>144%</b>	<b>0%</b>

El modelo Holt aventaja a los otros modelos, con diferencias estrechas en casi 144% con respecto al modelo Brown de suavización exponencial simple y 231% respecto al ARIMA (2, 0, 0) (0, 0, 0); se concluye que el modelo más adecuado para pronosticar la cantidad de tacómetros es el modelo Holt de suavización exponencial simple con tendencia lineal, con características alfa 0.11 que denota la no influencia de ruido y beta 0.0001 que muestra un modelo básicamente tendencial. Es importante dar a conocer que el modelo Brown se ajusta mucho a las características que presenta esta serie en particular, pero no se seleccionan por la alta predominación de estructura tendencial.

#### 5.3.3.4 Conclusión 4

La diferencia entre las previsiones que se realizan a través del MUP y por medio del método de pronósticos múltiples es muy baja; esto permite demostrar la confiabilidad de la regresión multivariable y dar cuenta de lo útil que es para pronosticar muchas referencias a partir de unas pocas.

Figura 166. Diferencia entre el MUP y regresión múltiple para T-04

<b>Diferencia entre MUP y P. Múltiples</b>		
<b>MUP</b>	<b>P. Múltiples</b>	<b>Diferencia</b>
410	420	<b>-2.54%</b>
415	422	<b>-1.73%</b>
404	416	<b>-2.94%</b>
416	419	<b>-0.72%</b>
433	423	<b>2.15%</b>

#### 5.3.3.5 Conclusión 5

El coeficiente de determinación muestral  $r^2$  que se tiene para la referencia T-04 es del 49%, lo que en teoría está por debajo de la exigencia del 90.25%; es importante conocer que en la práctica es casi imposible encontrar series de este tipo; por lo cual el valor se acepta y se considera bueno.

### 5.4 CONCLUSIONES ACADÉMICAS

La realización del proyecto de grado permite interiorizar gran cantidad de conceptos acerca de los métodos futurísticos, esto brinda la posibilidad de desarrollar la capacidad necesaria para destacar la información más relevante.

#### 5.4.1 Conclusión 1

La aplicación correcta de todos y cada uno de los pasos del MUP con un tratamiento riguroso y serio, es la clave para el éxito de un pronóstico válido y correcto.

#### 5.4.2 Conclusión 2

Los modelos clásicos tienen igual importancia y validez que los modelos modernos dentro de los pronósticos, esto depende de la naturaleza de cada serie temporal, la cual es la que se encarga de definir qué modelo (clásico o moderno) es el que más se ajusta a sus valores históricos.

#### 5.4.3 Conclusión 3

El análisis previo determina si la variable que se estudia permanece en un entorno estable y supone que los valores de los pronósticos conserven la estabilidad del medio durante el tiempo de corto plazo que se pronostica.

#### 5.4.4 Conclusión 4

La realización de pronósticos de forma manual (MUP) y de forma automática a través del Forecast Pro Basic conlleva a los mismos resultados, con la diferencia que el primer método requiere de toda la sapiencia y criterios muy claros para la selección del mejor modelo, aparte de ser más laborioso

#### 5.4.5 Conclusión 5

La relación entre cada una de las tres variables se comprueba con los coeficientes de correlación y alfa de Cronbach, los cuales permiten reconocer la dependencia y la estrecha relación de las piezas de reproceso; el conocimiento de esto infiere que el modelo que se selecciona para el pivote (Holt de tendencia lineal) sirve de una forma probable para las demás referencias.

#### 5.4.6 Conclusión 6

El patrón de cada una de las series es diferente debido a la misma naturaleza de cada variable, esto se identifica en la realización de los pronósticos por el MUP; mientras que si se realiza por correlaciones, las variables que se desconocen obtienen el mismo patrón de la serie pivote.

#### 5.4.7 Conclusión 7

Los pronósticos tienen infinitas aplicaciones en el mundo empresarial, social e institucional; ejemplos de ellos son las finanzas, las ventas, la confiabilidad de equipos, la demografía y sobre todo la demanda, en especial cuando afecta los inventarios de materias primas, productos en proceso, bienes o servicios terminados, repuestos e insumos de ingeniería o mantenimiento.

#### 5.4.8 Conclusión 10

Los modelos clásicos tienen un enfoque determinista, en ellos la serie posee una pauta de comportamiento constante, las variaciones que se observan son desviaciones que se generan por eventos puntuales que ocurren en su entorno, sin que estas afecten la pauta básica del modelo.

Los modelos modernos se basan en planteamientos probabilísticos y asumen a las series temporales como manifestaciones de procesos estocásticos con cierta estructura, en la cual esas perturbaciones que el entorno introduce, forman parte de la propia estructura de la serie.

### 5.5 PLAN ESTRATÉGICO DE RECOMENDACIÓN

Los planes estratégicos de recomendación son los resultados de todas las previsiones que se orientan a la planeación de recursos dentro de la zona RP, además de la forma en cómo esta zona debe recibir los resultados y aprovecharse de ellos para sacar la mayor ventaja en los procedimientos que se realizan a diario.

Las recomendaciones para la planeación de recursos en reproceso se citan a continuación:

#### 5.5.1 Recomendación 1

Las empresas que reprocesan piezas, en especial las ensambladoras de motos deben considerar la importancia que tienen los pronósticos, ya que ellos permiten estimar la cantidad de partes de motos para re-trabajar en un tiempo futuro a corto plazo, este conocimiento es importante ya que permite preparar a la mano de obra para las eventualidades y así organizar los cronogramas de actividades, como también el itinerario de producción, en cuanto a la línea de ensamble se refiere.

#### 5.5.2 Recomendación 2

Los gerentes o altos dirigentes de una empresa que utiliza los estudios futurístico deben conocer que lo ideal es combinar a través del consenso, el análisis de los resultados de pronósticos numéricos ya sean automáticos o manuales; los cuales se obtienen con los cálculos y software, con la experiencia y sabiduría de los expertos o personas que están involucradas con la variable que se estima a futuro, ello da cierta lógica y validez adicional a los resultados que se obtienen.

#### 5.5.3 Recomendación 3

Las ensambladoras de motos que tienen reprocesos dentro de sus instalaciones y que realizan estudios de tiempo a la mano de obra para controlar los espacios improductivos y sacar provecho al máximo de los trabajadores, deben considerar a la proyectiva como una fuerte herramienta y lograr que estas dos trabajen de una forma sincrónica, ya que si se conoce el futuro de demanda de piezas al corto plazo, es posible conocer cuánto se demoran en reprocesar estas y así lograr una eficiencia al máximo.

#### 5.5.4 Recomendación 4

La proyectiva es una excelente herramienta para los gerentes, analistas y aquellas personas que se interesan en una zona de trabajo en particular de una empresa, ya sea ventas, mercadeo, finanzas, bodega, repuestos y en especial reprocesos, esta permite afianzar la toma de decisiones que se basa en el estado futuro y

lograr una alta confiabilidad en las resoluciones que son la guía para el futuro inmediato.

#### 5.5.5 Recomendación 5

Los pronósticos de demanda de piezas son muy útiles para controlar las partes de las motos que se reprocesan, esto permite conocer cuanta cantidad entra a la zona de trabajo en cierto tiempo y lograr estimar cuanta debe salir antes de recibir la nueva cantidad.

#### 5.5.6 Recomendación 6

Las previsiones entregan resultados con los cuales es posible generar informes que explican de una forma concisa la forma en cómo el interesado de la eficiencia de la zona RP debe proceder; es por esto que las empresas deben darle la importancia necesaria a los estudios futurísticos para lograr establecer que es lo que quiere hacer, como lo quiere hacer y en qué momento debe efectuar las acciones necesarias para cumplir con el trabajo que se requiere en la zona en cuestión.

#### 5.5.7 Recomendación 7

La futurología es una herramienta que permite a las empresas ensambladoras de motos conocer la forma en cómo debe afrontar las actividades de reproceso; es decir, el hecho de conocer las piezas que a futuro deben procesarse, garantiza a la empresa un margen de tiempo para decidir qué hacer y cómo hacerlo de la mejor manera. Conocer con anticipación cuantas y cuales piezas se deben trabajar, permite organizar los procesos prioritarios a las partes de las motos y disminuir los re-reprocesos lo cual permite aumentar las utilidades y reducir los costos de RP.

#### 5.5.8 Recomendación 8

Las empresas ensambladoras de motos que usan la metodología de pronósticos incrementan la eficiencia en el uso de los recursos y en el cumplimiento de actividades; de esta forma la implementación de esta metodología permite a los gerentes y a los interesados en la variable en cuestión, relacionar la cantidad de recursos que se utilizan y la cantidad de recursos que se estiman o que se programan para garantizar el logro de los objetivos diarios y al corto plazo.

#### 5.5.9 Recomendación 9

El plan estratégico de una compañía debe considerar los pronósticos como una tarea regular y constante que le sirva de base fundamental para realizar la programación de los recursos técnicos y humanos; además de ser el pronóstico un valor que se asume para realizar los presupuestos de las empresas, ya que este último es una de las variables críticas en la operación de cualquier compañía.

#### 5.5.10 Recomendación 10

La capacidad máxima instalada en la producción de motocicletas; en especial, la zona RP, es un factor fundamental a la hora de recibir la cantidad de piezas a reprocesar; es por esta razón que los pronósticos se convierten en avisos de alarma importantes con un tiempo suficiente de advertencia que permite saber si un valor que llega de partes de motos sobrepase la capacidad de operación de la planta o de la zona en particular.

#### 5.5.11 Recomendación 11

Las empresas no tienen la necesidad de adquirir todos los softwares que existen para realizar las previsiones; lo que se recomienda es hacer un trabajo de evaluación y selección del programa que se ajuste más a las necesidades, a las variables a pronosticar y al presupuesto.

#### 5.5.12 Recomendación 12

El plan estratégico fundamental dentro de una empresa que utiliza la metodología universal de pronósticos es aprovechar al máximo el conocimiento del estado futuro a corto plazo para lograr que los recursos que se poseen se utilicen y tratar de una forma eficiente transformarlos en productos de buena calidad y a un bajo costo de producción.

#### 5.5.13 Recomendación 13

Los pronósticos aumentan la efectividad dentro de la empresa; es decir, miden la relación entre los resultados que se quieren lograr y los resultados que se proponen; esto permite cuantificar el grado de cumplimiento de los objetivos que se planifican; este criterio se vincula con la productividad a través de impactar en el logro de mayores y mejores productos.

## 6 BIBLIOGRAFÍA

### 6.1 CLÁSICA

AGUIRRE, Carlos. 2009. *Ubicación e importancia de piezas en la motocicleta*. [entrev.] Lucas Mejía. Envigado, Febrero 5, 2009.

CARRIÓN, Andres. 1999. *Pronósticos con series temporales*. Valencia : Universidad Politécnica de Valencia, 1999.

CASTAÑO, José Fernando. 1982. *Medidas de tiempo con cronómetro*. Medellín : Copiservicio, 1982. pág. 180.

CLEMENT, Norris y POOL, Jhon Charles. 1997. *Economía, Enfoque América Latina*. Cuarta edición. Ciudad de Mexico : McGraw Hill, 1997. ISBN 970-10-1300-X.

CRIOLLO, Roberto Gracia. 1998. *Estudio del trabajo*. s.l. : McGraw-Hill, 1998. pág. 218. 970-10-1698-x.

DE MIGUEL FERNANDEZ, Enrique. 1990. *Introducción a la gestión "Management"*. Valencia : Servicio de publicaciones de la UPV, 1990. Vol. I y II. ISBN 84-7721-127-2.

DYANE. 2001. *Diseño y Análisis de Encuestas*. 2001. Imágen que se obtiene al ejecutar este programa.

FPB. 2008. *Forecast Pro basic*. 2008. Imágen que se obtiene del software Forecast Pro basic.

HAIR, Joseph F y ANDERSON, Ralph y TATHAM, Ronald. 2005. *Multivariate data analysis*. New York : Prentice Hall, 2005. ISBN 0130329290.

HANKE, Jonh E y WICHERN, Dean W. 2006. *Pronósticos en los negocios*. Octava edición. s.l. : Ed. Prentice Hall, 2006. Vol. I. ISBN 970-26-0759-0.

MAKRIDAKIS, Spyros y WHEELRIGHT, Steven C. 1978. *Forecasting: Methods and applications*. s.l. : Ed. John Wiley & sons, 1978. ISBN 0-471-93770-3.

—. 1989. *Manual de técnicas de pronósticos*. Mexico D.F. : Ed. Limusa, 1989. ISBN 0 471-08435-2.

MEJÍA, Lucas Andrés. 2008. *Confiabilidad en el reproceso de piezas*. Universidad EAFIT. Medellín : s.n., 2008.

MORA, Luis Alberto. 2009. *Estadística: clave exitosa para sortear las épocas de crisis empresariales*. Medellín : s.n., 2009.

—. 2008. *Pronósticos de demanda e inventarios*. Medellín : AMG Editorial, 2008. ISBN 978-958-44-0233-2.

MUNDEL, Marvin. 1960. *Estudio de tiempos y movimientos*. Ciudad de México : Continental, 1960.

OIT. 1995. *Introducción al estudio del trabajo*. s.l. : Limusa noriega, 1995. pág. 451. ISBN 968-1836-15-4.

PEARSON, W. M. 1921. *Argument of W.M. Pearson: The crucifixion of the tax payers of North Carolina, in the supreme court of North Carolina*. s.l. : Ed. desconocida, 1921. ISBN B00089M9WK.

PRIETO, Gustavo y CARVAJAL, Gustavo. 1990. *Curso básico de organización y métodos*. Bogotá : ESAP Publicaciones, 1990. ISBN 958-9079-14-8.

RUIZ, Rafael. 1973. *Cómo calcular los tiempos de trabajo*. s.l. : Deusto, 1973. pág. 169. ISBN 84-234-0041-7.

SALAZAR, Luis. 2008. *Análisis de tiempos*. [entrev.] Lucas Mejía. Envigado, Abril 16, 2008.

SANTESMASES, Miguel - Mestre. 2001. *Diseño y análisis de encuestas de investigación social y de mercados*. Madrid : Grupo editorial Anaya, 2001. ISBN 84-368-1557-2.

SGC. 2006. *Statgraphics Centurion XV*. 2006. Figura que se obtiene al ejecutar el programa.

URREGO, Carlos. 2009. *Reproceso de piezas de motocicletas*. [entrev.] Lucas Mejía. Envigado, Enero 21, 2009.

WQSB. 2005. *WinQSB forecasting models version 1.00 for Windows*. 2005. Figura que se obtiene al ejecutar el programa.

## 6.2 INTERNET

AKT@. 2007. AKT Motos. *Manual y partes de AK200SM*. [En línea] Septiembre 2007. [Citado el: Enero 31, 2009.]. Disponible en: [http://www.aktmotos.com/eContent/Library/Documents/manuales/manual\\_72.pdf](http://www.aktmotos.com/eContent/Library/Documents/manuales/manual_72.pdf).

Alceing@. 2006. Análisis de series temporales. *Asociacion de la Asociación Española de Hipertensión*. [En línea] 2006. [Citado el: Octubre 16, 2006.]. Disponible en: <http://www.seh-lilha.org/tseries.htm>.

BURGALETA@, Ramón. 2004. Estudio microeconomico de la produccion y factores determinantes. [En línea] Noviembre 2004. [Citado el: Septiembre 24, 2008.]. Disponible en: <http://perso.wanadoo.es/principios/indexProduccion.htm>.

CARBALLAL@, Esperanza. 2006. El Prisma. [En línea] Febrero 2006. [Citado el: Septiembre 25, 2008.]. Disponible en: [http://www.elprisma.com/apuntes/ingenieria\\_industrial/productividadconceptos/](http://www.elprisma.com/apuntes/ingenieria_industrial/productividadconceptos/).

CASTRO@, Maria Teresa. 2006. Monografias. [En línea] Julio 2006. [Citado el: Septiembre 27, 2008.]. Disponible en: <http://www.monografias.com/trabajos36/productividad/productividad2.shtml>.

Centroe@. 2008. Centroe. [En línea] Agosto 12, 2008. [Citado el: Enero 23, 2009.]. Disponible en: <http://www.centroe.com.ar/contenido.php?i=30>.

COBIELLA@, Nidia. 2005. Educar Org. [En línea] 24 de Octubre de 2005. [Citado el: 18 de Septiembre de 2008.]. Disponible en: <http://www.educar.org/inventos/rueda.asp>.

CRICYT@. 2008. Centro regional de investigaciones científicas y tecnológicas. [En línea] Enero 2008. [Citado el: Septiembre 22, 2008.]. Disponible en: <http://www.cricyt.edu.ar/enciclopedia/terminos/NecBas.htm>.

Dialnet@. 2009. Dialnet. [En línea] 2009. [Citado el: 14 de Mayo de 2009.] <http://dialnet.unirioja.es/servlet/oaiart?codigo=2011420>.

Econlink@. 2009. Producto marginal. [En línea] 2009. [Citado el: Abril 17, 2009.]. Disponible en: <http://www.econlink.com.ar/producto-marginal>.

E-Magister@. 2006. Teoría de la producción. [En línea] Abril 2006. [Citado el: Septiembre 26, 2008.]. Disponible en: [http://www.emagister.com/tutorial/frame.cfm?id\\_centro=5795303005295756486666952674548&id\\_curso=45316080050952575252525565544570&id\\_segmento=4&id\\_categ=591&url\\_frame=http://www.emagister.com/uploads\\_user\\_home/Comunidad\\_Emagister\\_2861\\_produccion.pdf](http://www.emagister.com/tutorial/frame.cfm?id_centro=5795303005295756486666952674548&id_curso=45316080050952575252525565544570&id_segmento=4&id_categ=591&url_frame=http://www.emagister.com/uploads_user_home/Comunidad_Emagister_2861_produccion.pdf).

ETSIT@. 2006. Escuela Técnica Superior de Ingenierías Informática y de Telecomunicaciones. [En línea] Enero 9, 2006. [Citado el: Abril 6, 2009.]. Disponible en: <http://etsit.ugr.es/web/jmaroza/anecdotario/anecdotario-p.htm>.

FERNÁNDEZ@, Rocío. 1986. Papeles del psicólogo. [En línea] Junio 1986. [Citado el: Abril 6, 2009.]. Disponible en: <http://www.papelesdelpsicologo.es/vernumero.asp?id=283>. ISSN 0214-7823.

Fisterra@. 2009. Fisterra. [En línea] 2009. [Citado el: Abril 1, 2009.]. Disponible en: <http://www.fisterra.com/mbe/investiga/pearson/pearson.asp>.

Forecast@. 2006. Sistemas y pronósticos. [En línea] Junio 15, 2006. [Citado el: Febrero 18, 2009.]. Disponible en: <http://www.sistemasypronosticos.com/products/fpfamily/index.html>.

Gobierno@. 2009. Gobierno. [En línea] 2009. [Citado el: Abril 1, 2009.]. Disponible en: <http://www.gobierno.pr/NR/rdonlyres/CC1286A8-310F-48CF-AB2C-D30417D9AF78/0/15confiabilidad.pdf>.

LEFCOVICH@, Mauricio. 2008. Monografías. [En línea] Enero 2008. [Citado el: Septiembre 25, 2008.]. Disponible en: <http://www.monografias.com/trabajos24/gestion-productividad/gestion-productividad.shtml>.

Manager@. 2008. Manager Help. [En línea] 2008. [Citado el: Enero 9, 2009.]. Disponible en: <http://www.managershelp.com/coordinacion.htm>.

Monografíasa@. 2009. Monografías. [En línea] Enero 5, 2009. [Citado el: Febrero 18, 2009.]. Disponible en: <http://www.monografias.com/trabajos7/sisinf/sisinf.shtml>.

Monografíasb@. 1997. Sotwares ilegales. [En línea] 1997. [Citado el: Septiembre 30, 2008.]. Disponible en: <http://www.monografias.com/trabajos30/sotware-ilegales.htm>.

Monografíasc@. 2007. Monografías. [En línea] 2007. [Citado el: Abril 7, 2009.]. Disponible en: <http://www.monografias.com/trabajos7/plane/plane.shtml>.

MORCILLO@, Eduardo. 2005. Diario El Mundo España. [En línea] Noviembre 16, 2005. [Citado el: Septiembre 19, 2008.]. Disponible en: <http://www.elmundo.es/encuentros/invitados/2005/11/1782/>.

Motor@. 2007. Revista Motor. [En línea] Diciembre 2007. [Citado el: Septiembre 1, 2008.]. Disponible en: <http://www.motor.com.co>.

PAJARES@, Maria Sierra. 1997. Revista española de salud pública. *Mortalidad diaria en la comunidad de Madrid (1986-19991)*. [En línea] Abril 1997. [Citado el: Octubre 1, 2008.]. Disponible en: [http://scielo.isciii.es/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1135-57271997000200006&lng=pt&nrm](http://scielo.isciii.es/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1135-57271997000200006&lng=pt&nrm). ISSN 1135-5727.

Personales@. 2007. Concepto de organización. [En línea] Junio 2007. [Citado el: Septiembre 21, 2008.]. Disponible en: <http://personales.com/costarica/sanjose/administracion>.

PWHC@. 2008. Manual de consulta forecasting. [En línea] 2008. [Citado el: Diciembre 2, 2008.]. Disponible en: [http://www.programaempresa.com/empresa/empresa.nsf/0/e88d210e51f9371ac125705b002c66c9/\\$FILE/forecasting1y2.pdf](http://www.programaempresa.com/empresa/empresa.nsf/0/e88d210e51f9371ac125705b002c66c9/$FILE/forecasting1y2.pdf).

RAE@. 2008. Real Academia de la lengua Española. [En línea] 23a Edición, Junio 2008. [Citado el: Febrero 3, 2009.]. Disponible en: [http://buscon.rae.es/draeI/SrvltConsulta?TIPO\\_BUS=3&LEMA=futurologia](http://buscon.rae.es/draeI/SrvltConsulta?TIPO_BUS=3&LEMA=futurologia).

RCV@. 2008. El rincón de vago. [En línea] 2008. [Citado el: Enero Lunes, 2009.]. Disponible en: [http://html.rincondelvago.com/mano-de-obra\\_1.html](http://html.rincondelvago.com/mano-de-obra_1.html).

RIGGS@. 2007. Pronósticos de demanda. [En línea] Noviembre 2007. [Citado el: Septiembre 23, 2008.]. Disponible en: <http://www.monografias.com/trabajo11>.

S.E@. 2009. Servei estadística. [En línea] 2009. [Citado el: 14 de Mayo de 2009.].  
Disponible en:  
[http://einstein.uab.es/\\_c\\_serv\\_estadistica/cursos/cas/CursoRedesNeuronales.pdf](http://einstein.uab.es/_c_serv_estadistica/cursos/cas/CursoRedesNeuronales.pdf).

UAARIMA@. 2006. Curso de predicción económica y empresarial. *Universidad Autónoma de Madrid*. [En línea] 2006. [Citado el: Septiembre 26, 2008.].  
Disponible en: <http://www.uam.es/docencia/predysim/>.

UTB@. 2007. Universidad Tecnológica de Bolívar. *Planeación Prospectiva: Herramientas Prácticas para Visionar su Empresa*. [En línea] Junio 19, 2007.  
[Citado el: Septiembre 27, 2008.]. Disponible en:  
[http://www.unitecnologica.edu.co/programas/cep/portafolio/cur\\_visionar](http://www.unitecnologica.edu.co/programas/cep/portafolio/cur_visionar).

VELASCO@, Andrés. 2004. [En línea] 12 de Agosto de 2004. [Citado el: Septiembre 27, 2008.]. Disponible en:  
[www.dnp.gov.co/archivos/documentos/DEE\\_Seminarios\\_Econometria/5\\_Pronostico\\_IPI.pdf](http://www.dnp.gov.co/archivos/documentos/DEE_Seminarios_Econometria/5_Pronostico_IPI.pdf).

Virtual@. 2005. Administración financiera. [En línea] 2005. [Citado el: Enero 9, 2009.].  
Disponible en:  
[http://www.virtual.unal.edu.co/cursos/sedes/manizales/4010038/docs\\_curso/lecciones/planeacion.htm](http://www.virtual.unal.edu.co/cursos/sedes/manizales/4010038/docs_curso/lecciones/planeacion.htm).