



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL

INSTITUTO DE CIENCIAS MATEMÁTICAS

**“UN MODELO ESTRUCTURAL DE SERIES DE TIEMPO PARA LA
PREDICCIÓN DE LA DEMANDA DE ATENCIÓN MÉDICA EN EL SISTEMA
MUNICIPAL DE SALUD”**

CASO: M.I. MUNICIPALIDAD

T E S I S D E G R A D O

PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE:

INGENIERO EN ESTADÍSTICA INFORMÁTICA

**PRESENTADO POR:
RICHARD JOHN PARRA SUÁREZ**

GUAYAQUIL – ECUADOR

2012

SALUD E HIGIENE



- **INTRODUCCIÓN.**
- **ANTECEDENTES DE LA SALUD.**
- **SALUD BASADA EN LA ATENCION PRIMARIA.**

DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA



- **ANTECEDENTES DEL PROBLEMA.**
- **DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA.**
- **OBJETIVO GENERAL Y DESCRIPCIÓN DE LOS DATOS EN ESTUDIO.**
- **DETERMINACIÓN Y DESCRIPCIÓN DE LOS MÉTODOS DE SOLUCIÓN. “LEVANTAMIENTO DE INFORMACIÓN”.**

MARCO TEÓRICO



- ***VARIABLE***
 - ✓ **Variable Cuantitativa (numérica o Continua).**
 - ✓ **Variable Cualitativa (Categorías).**
 - ✓ **Variable Dependiente.**
 - ✓ **Variable Independiente.**

MARCO TEÓRICO



✦ **MÉTODOS USADO EN EL ANÁLISIS ESTADÍSTICO.**

✓ **ESTADÍSTICA DESCRIPTIVA.**

a) **Medidas de Tendencia Central.**

- **MEDIA ARITMÉTICA.**
- **MEDIANA.**

b) **Medidas de Dispersión**

- **VARIANZA**

MODELOS ESTRUCTURALES DE SERIES TEMPORALES



- Facilidad para obtener información.
- Series con mayor frecuencia de observación.
- Patrón de comportamiento estable.
- Serie Temporal con naturaleza estocástica.

MODELOS DE SERIES TEMPORALES DE UNA VARIABLE

$$y_t = \mu_t + \Psi_t + \gamma_t + \varepsilon_t$$

μ_t : Tendencia.

Ψ_t : Componente Cíclico.

γ_t : Componente Estacional.

ε_t : Componente Irregular.

Modelo Simple o Proceso de Ruido Blanco



$$y_t = \mu_t + \varepsilon_t$$

$$\mu_t = \mu_{t-1} + \eta_t \quad \text{para } t = 1, \dots, n$$

$$\eta_t \sim N(0, \sigma_\eta^2)$$

η_t : *Perturbación aleatoria.*

“Caminata aleatoria con Ruido”.

Modelo de Tendencia lineal local



$$y_t = \mu_t + \varepsilon_t$$

$$\mu_t = \mu_{t-1} + \beta_{t-1} + \eta_t$$

$$\beta_t = \beta_{t-1} + \zeta_t \quad \text{para } t=1, \dots, n$$

$$\zeta_t \sim N(0, \sigma_\zeta^2)$$

ζ_t : Perturbación

“Modelo de nivel local”

Modelos Cíclicos



$$y_t = \mu_t + \Psi_t + \varepsilon_t$$

Donde μ_t recoge una tendencia lineal local

$$y_t = \mu_t + \varepsilon_t$$

Donde $\mu_t = \mu_{t-1} + \Psi_{t-1} + \beta_{t-1} + \eta_t$

$$\beta_t = \beta_{t-1} + \zeta_t \quad \text{para } t=1, \dots, n$$

“Modelo de Tendencia Cíclica”

Modelos Estacionales



$$y_t = \mu_t + \Psi_t + \gamma_t + \varepsilon_t$$

PRUEBAS ESTADÍSTICAS



- NORMALIDAD

$$m_1 = \frac{1}{n} \sum_{t=1}^n e_t$$

$$m_i = \frac{1}{n} \sum_{t=1}^n e_t^i - m_1^i, \quad i = 2, 3, 4$$

$$S = \frac{m_3}{\sqrt{m_2^3}}, \quad C = \frac{m_4}{m_2^2}$$

PRUEBAS ESTADÍSTICAS

$$S \sim N\left(0, \frac{6}{N}\right), \quad C \sim N\left(3, \frac{24}{N}\right)$$

Así obtenemos el estadístico de Bowman Shenton N_{BS} dado por:

$$N_{BS} = n \left(\frac{S^2}{6} + \frac{C - 3^2}{24} \right)$$

La cual es una distribución χ_2^2 asintótica bajo la hipótesis de normalidad en las perturbaciones.

HETEROSCEDASTICIDAD



$$H(m) = \frac{\sum_{t=n-m+1}^n e_t^2}{m \sum_{t=1}^m e_t^2}$$

Es una distribución $F_{m,m}$, bajo la hipótesis nula de homoscedasticidad.

AUTOCORRELACIÓN


$$Q(k, p) = n \cdot n + 2 \sum_{j=1}^k \frac{c_j^2}{n - j}$$

Q se distribuye asintóticamente como una variable aleatoria X_p^2 donde $p = k - q + 1$, y q es el número de hiperparámetros.

Donde k es un entero positivo y c_j es la j -ésima correlación de los residuos.

$$c_j = \frac{1}{n} \sum_{t=j+1}^n \frac{e_t - m_1}{m_2} \frac{e_{t-j} - m_1}{m_2}$$

PEV (Prediction Error Variance)



- PEV (σ_P^2): Es la varianza del error de predicción.
- La PEV indica que tan buena es la bondad de ajuste .
- Se escoge el modelo si su PEV es menor que la del modelo alternativo.

APLICACIÓN ESTADÍSTICA



- Estudio Realizado con datos de Enero del 2007 a Diciembre del 2010.
- Datos del área de Consulta General y Odontología en un Hospital Municipal.
- Paquetes estadísticos STAMP 4.10 DE OXMETRIC VERSION 4.10

ANÁLISIS ESTADÍSTICO

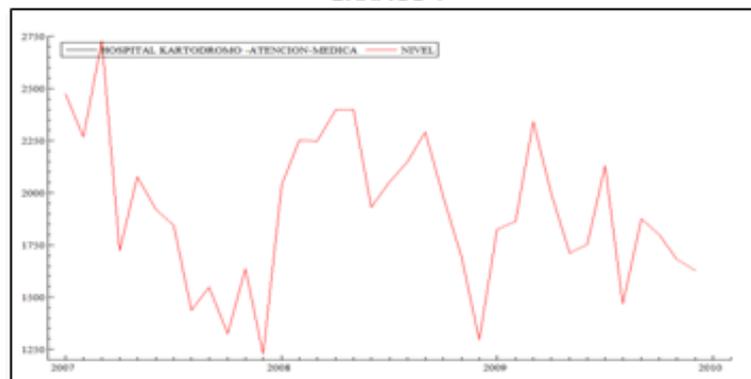


➤ **VARIABLE CONSULTA GENERAL**

TABLA 1
ESTADÍSTICA DESCRIPTIVA DE LA SERIE ORIGINAL "Y"
"Un modelo estructural de series de tiempo para la predicción de la demanda de atención médica en el sistema municipal de salud"

Mínimo	1226
	Dic-07
Máximo	2729
	Mar-07
Mediana	1897,5
Media	1917,36111

GRÁFICO 1



Fuente: Muy Ilustre Municipalidad de Guayaquil Dirección de Salud e Higiene
Elaborado por: Richard Parra S.

PRIMERA ETAPA – MODELO 1

TABLA 2
ESTIMACIONES ESTADÍSTICAS DEL MODELO 1

“Un modelo estructural de series de tiempo para la predicción de la demanda de Atención médica en el sistema municipal de salud”

**UC(1) MODELIZANDO HOSPITAL - ATENCION-MEDICA POR
MAXIMA VERO SIMILITUD.**

The selection sample is: 2007(1) - 2009(12)

The model is: $Y = \text{Level} + \text{Irregular}$

Log-Likelihood is -206.761 (-2 LogL = 413.521).

Prediction error variance is 131494

Summary statistics

std.error	362.62
Normality	1.4915
H(11)	0.62792 (0.7737)
r(1)	-0.42734
r(3)	-0.20635
DW	2.8351
Q(3,2)	9.9311 (0.006974)
R ²	-0.060873

Variances of disturbances.

Component	Value	(q-ratio)
Level	1.3525e+005	(1.0000)
Irregular	0.00000	(0.0000)

State vector analysis at period 2009(12)

- level is 1628 with stand.err .NaN.

*Fuente: Muy Ilustre Municipalidad de Guayaquil Dirección de Salud e Higiene
Elaborado por: Richard Parra S.*

PRIMERA ETAPA – MODELO 2

TABLA 3

ESTIMACIONES ESTADÍSTICAS DEL MODELO 2

"Un modelo estructural de series de tiempo para la predicción de la demanda de atención médica en el sistema municipal de salud"



UC(2) MODELIZANDO HOSPITAL KARTODROMO -ATENCIÓN-MEDICA POR MAXIMA VERO SIMILITUD.

The selection sample is: 2007(1) - 2009(12)

The model is: $Y = \text{Trend} + \text{Irregular}$

Log-Likelihood is -200.357 (-2 LogL = 400.714).

Prediction error variance is 108258

Summary statistics

std.error 329.03

Normality 0.70315

H(11) 0.53409 (0.8434)

r(1) -0.069239

r(3) -0.16088

DW 2.0700

Q(3,1) 1.3684 (0.2421)

Variances of disturbances.

Component	Value	(q-ratio)
-----------	-------	-----------

Level	42428	(0.9473)
-------	-------	----------

Slope	0.00000	(0.0000)
-------	---------	----------

Irregular	44787	(1.0000)
-----------	-------	----------

State vector analysis at period 2009(12)

- level is 1653.03 with stand.err 166.689.

- slope is -22.0195 with stand.err 35.4744.

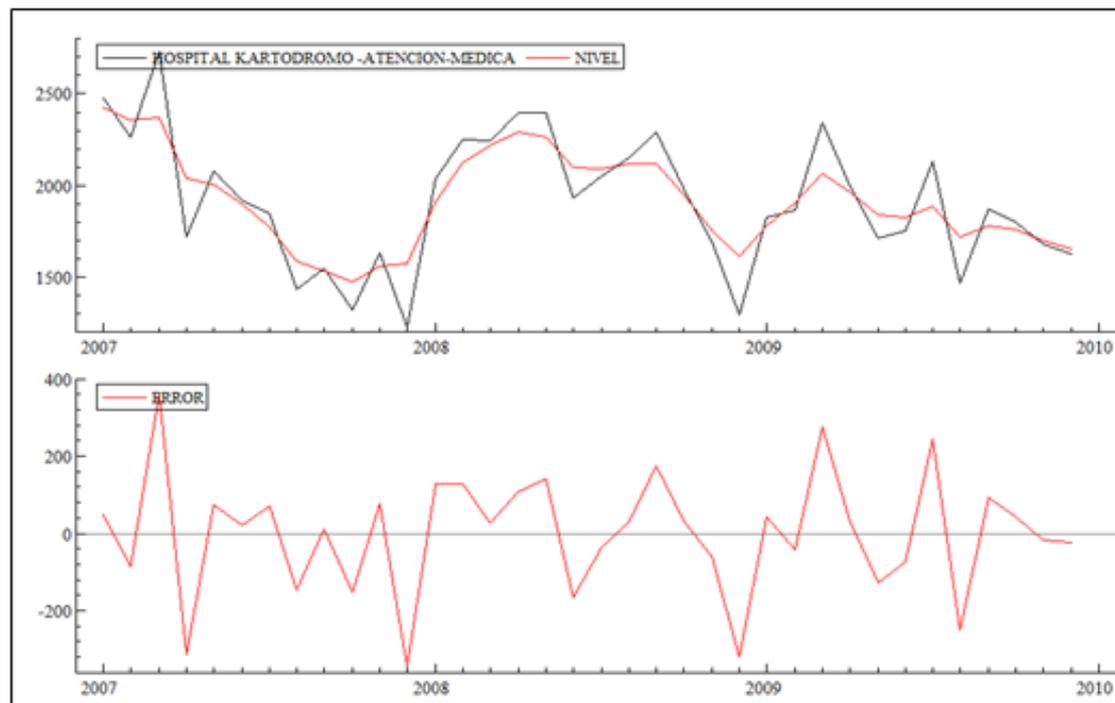
Fuente: Muy Ilustre Municipalidad de Guayaquil Dirección de Salud e Higiene
Elaborado por: Richard Parra S.

PRIMERA ETAPA – MODELO 2



**GRÁFICO 2
MODELO 2**

“Un modelo estructural de series de tiempo para la predicción de la demanda de atención médica en el sistema municipal de salud”



Fuente: *Muy Ilustre Municipalidad de Guayaquil Dirección de Salud e Higiene*
Elaborado por: *Richard Parra S.*

SEGUNDA ETAPA – MODELO 3

TABLA 4
ESTIMACIONES ESTADÍSTICAS DEL MODELO 3

“Un modelo estructural de series de tiempo para la predicción de la demanda de atención médica en el sistema municipal de salud”



**UC(3) MODELIZANDO HO SPITAL KARTODROMO -ATENCION-MEDICA
POR MAXIMA VERO SIMILITUD.**

The selection sample is: 2007(1) - 2009(12)

The model is: $Y = \text{Trend} + \text{Seasonal} + \text{Irregular}$

Log-Likelihood is -149.357 (-2 LogL = 298.714).

Prediction error variance is 47969.1

Summary statistics

std.error 219.02

Normality 0.97728

H(7) 0.41963 (0.8627)

r(1) -0.052497

r(2) -0.10052

DW 1.9806

Q(2,-1) 0.34872 (0.5548)

Variances of disturbances.

Component	Value	(q-ratio)
-----------	-------	-----------

Level	22547	(0.6809)
-------	-------	-----------

Slope	0.00000	(0.0000)
-------	---------	-----------

Seasonal	0.00000	(0.0000)
----------	---------	-----------

Irregular	33113	(1.0000)
-----------	-------	-----------

State vector analysis at period 2009(12)

- level is 2035.36 with stand. err 168.019.

- slope is -4.46415 with stand. err 26.3576.

Fuente: *Muy Ilustre Municipalidad de Guayaquil Dirección de Salud e Higiene*

SEGUNDA ETAPA – MODELO 3

**GRÁFICO 3
ESTACIONALIDAD DE LOS DATOS MODELO 3**

"Un modelo estructural de series de tiempo para la predicción de la demanda de atención médica en el sistema municipal de salud"

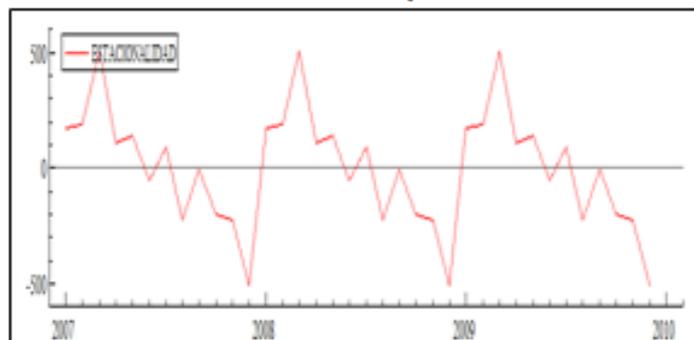


TABLA 5

COEFICIENTE DEL COMPONENTE ESTACIONAL CON UNA DISTRIBUCION

CHI CUADRADO CON 11GL Y SU ESTADISTICO DE 29.4598

Period	Value	stand.err
Enero	170.419415	140.182509
Febrero	189.883562	137.720286
Marzo	506.347708	135.718349
Abril	112.478522	134.197299
Mayo	138.942669	133.173614
Junio	-51.593185	132.658810
Julio	95.204296	132.658810
Agosto	-225.331558	133.173614
Septiembre	-1.534077	134.197299
Octubre	-196.403264	135.718349
Noviembre	-226.605784	137.720286
Diciembre	-509.808304	140.182509

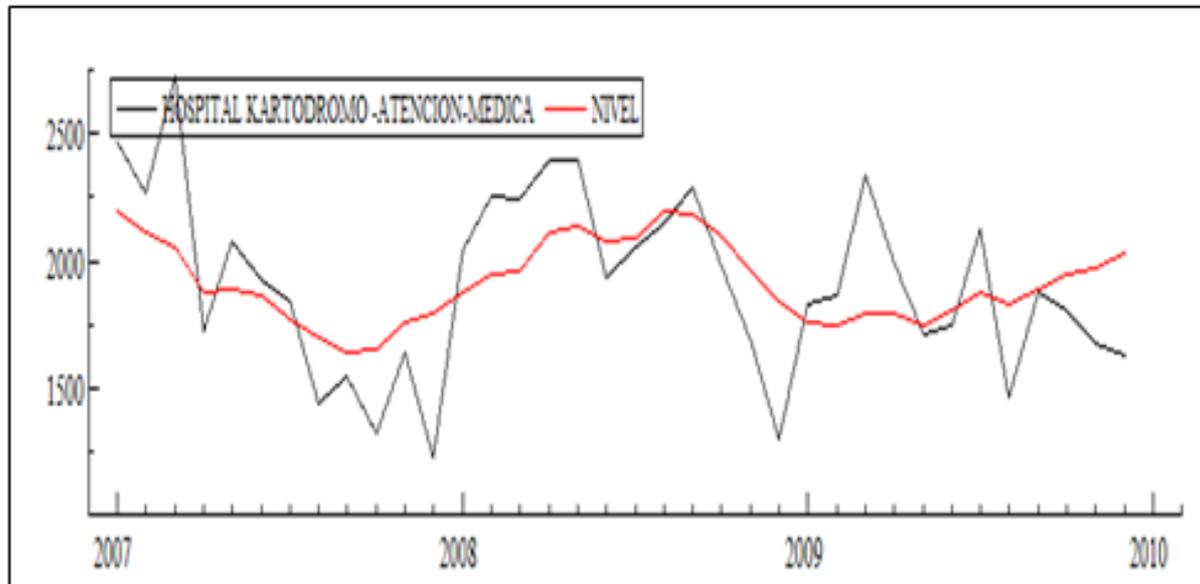
Fuente: Muy Ilustre Municipalidad de Guayaquil Dirección de Salud e Higiene
Elaborado por: Richard Pare S.

SEGUNDA ETAPA – MODELO 3



GRÁFICO 4

“Un modelo estructural de series de tiempo para la predicción de la demanda de atención médica en el sistema municipal de salud”



*Fuente: Muy Ilustre Municipalidad de Guayaquil Dirección de Salud e Higiene
Elaborado por: Richard Parra S.*

SEGUNDA ETAPA – MODELO 4

**TABLA 6
MODELO 4**

"Un modelo estructural de series de tiempo para la predicción de la demanda de atención médica en el sistema municipal de salud"

UC[4] MODELIZANDO HOSPITAL KARTODROMO -ATENCIÓN-MÉDICA

POR MÁXIMA VEROSIMILITUD.

The selection sample is: 2007(1) - 2009(12)

The model is: $Y = \text{Trend} + \text{Seasonal} + \text{Cycle} + \text{Irregular}$

Log-Likelihood is -146.48 (-2 LogL = 292.969).

Prediction error variance is 25895.6

Summary statistics

std.error	160.92
Normality	1.4895
H(7)	0.35866 (0.9002)
r(1)	-0.073880
r(2)	-0.20963
DW	2.0662
Q(2,-2)	1.3482 (0.5096)

Variances of disturbances.

Component	Value	(q-ratio)
Level	0.00000	(0.0000)
Slope	0.00000	(0.0000)
Seasonal	0.00000	(0.0000)
Cycle	0.061282	(0.0000)
Irregular	39655	(1.0000)

Parameters in Cycle

Variance	30641.
Period	19.398
Period in years	1.6165
Frequency	0.32392
Damping factor	1.0000

State vector analysis at period 2009(12)

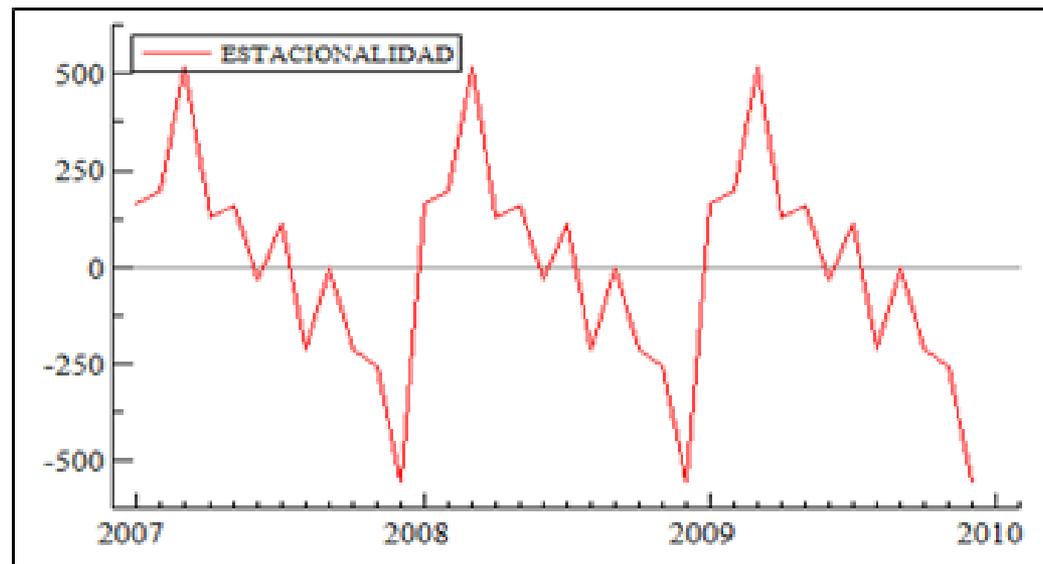
level is 1939.48 with stand.err 71.7177.

slope is 0.243858 with stand.err 3.62717.

SEGUNDA ETAPA – MODELO 4



GRÁFICO 5
ESTACIONALIDAD EN EL MODELO 4
“Un modelo estructural de series de tiempo para la predicción de la demanda de atención médica en el sistema municipal de salud”



*Fuente: Muy Ilustre Municipalidad de Guayaquil Dirección de Salud e Higiene
Elaborado por: Richard Para S.*

SEGUNDA ETAPA – MODELO 4

TABLA 7

“Un modelo estructural de series de tiempo para la predicción de la demanda de atención médica en el sistema municipal de salud”

COEFICIENTE DEL COMPONENTE ESTACIONAL CON UNA DISTRIBUCION		
CHI CUADRADO CON 11GL Y SU ESTADISTICO DE 59.6174		
period	value	stand.err
Enero	166.811880	111.760203
Febrero	193.451219	111.172414
Marzo	517.066466	110.736900
Abril	129.090873	110.434274
Mayo	159.088479	110.245396
Junio	-31.131207	110.155121
Julio	112.242604	110.155121
Agosto	-215.590332	110.245396
Septiembre	-2.694070	110.434274
Octubre	-213.424480	110.736900
Noviembre	-257.496242	111.172414
Diciembre	-557.415190	111.760203

- amplitude of Cycle 1 is 238.255

*Fuente: Muy Ilustre Municipalidad de Guayaquil Dirección de Salud e Higiene
Elaborado por: Richard Parra S.*

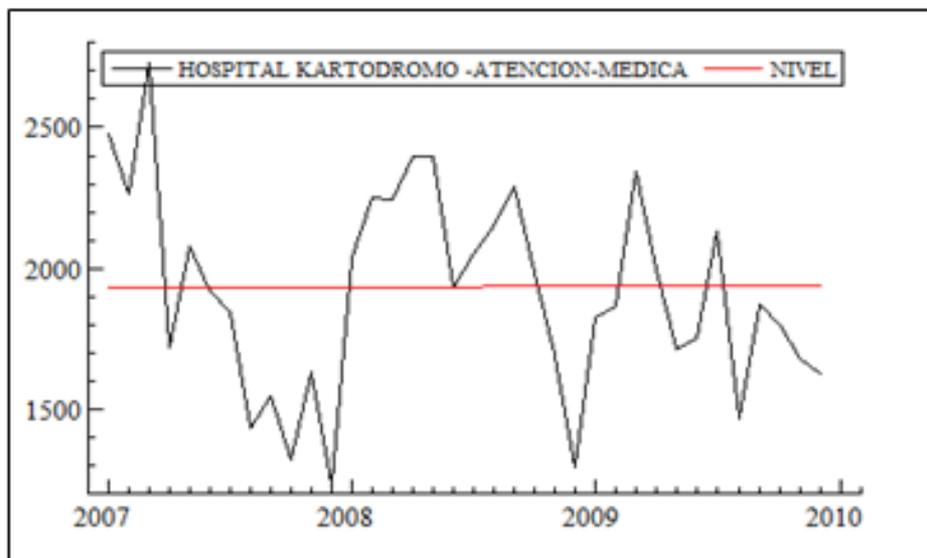
SEGUNDA ETAPA – MODELO 4



GRÁFICO 6

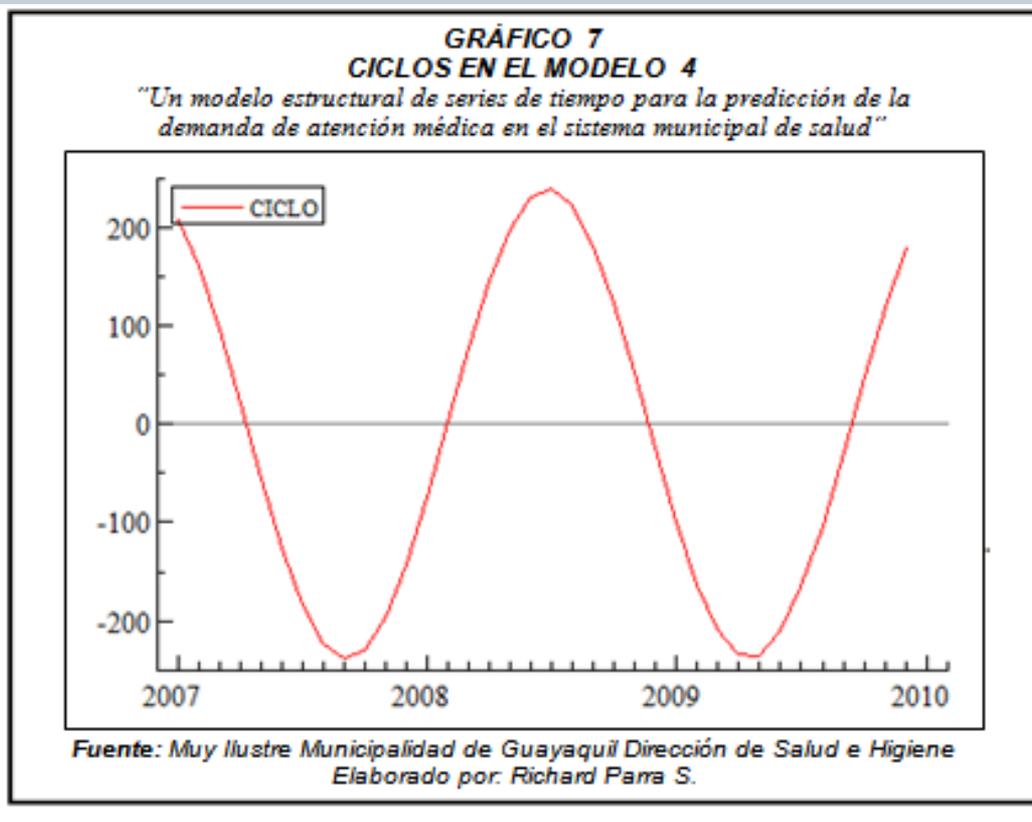
NIVEL EN EL MODELO 4

“Un modelo estructural de series de tiempo para la predicción de la demanda de atención médica en el sistema municipal de salud”



*Fuente: Muy Ilustre Municipalidad de Guayaquil Dirección de Salud e Higiene
Elaborado por: Richard Para S.*

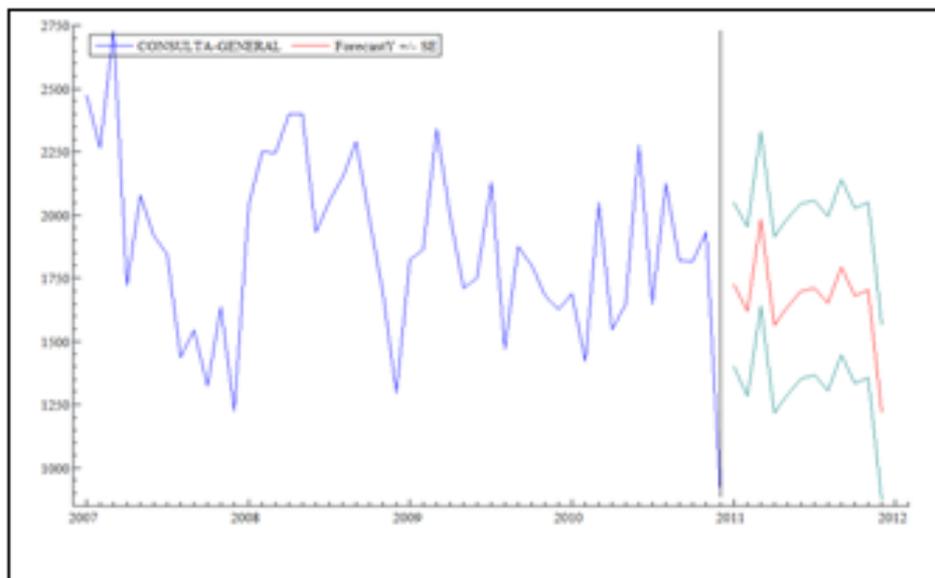
SEGUNDA ETAPA – MODELO 4



TERCERA ETAPA- PROYECCION



GRÁFICO 8
PREDICCIÓN DEL MODELO 4 PARA EL AÑO 2011
"Un modelo estructural de series de tiempo para la predicción de la demanda de atención médica en el sistema municipal de salud"



Fuente: Muy Ilustre Municipalidad de Guayaquil Dirección de Salud e Higiene
Elaborado por: Richard Para S.

TERCERA ETAPA – PROYECCIÓN



TABLA 9
PREDICCIÓN DEL MODELO 4 PARA EL AÑO 2010

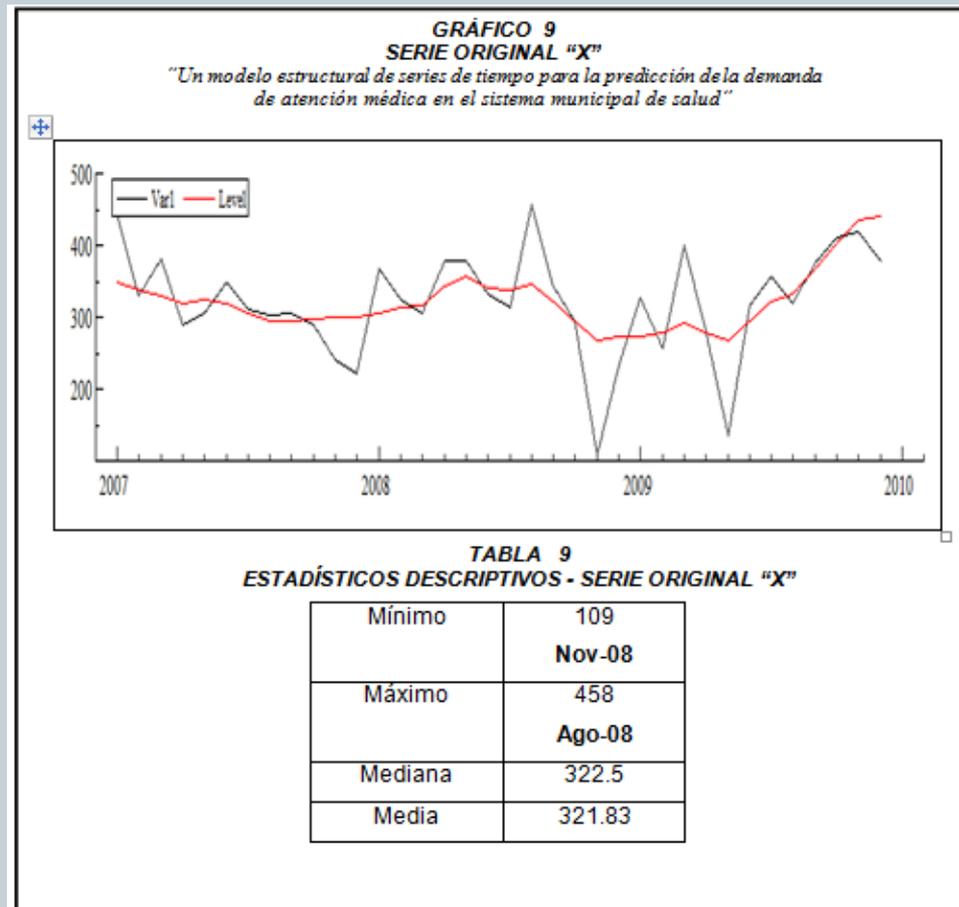
“Un modelo estructural de series de tiempo para la predicción de la demanda de atención médica en el sistema municipal de salud”

PERIODO	DATO- PREDICCIÓN
Ene-11	1725
Feb-11	1619
Mar-11	1984
Abr-11	1560
May-11	1635
Jun-11	1700
Jul-11	1710
Ago-11	1652
Sep-11	1790
Oct-11	1680
Nov-11	1700
Dic-11	1220

*Fuente: Muy Ilustre Municipalidad de Guayaquil Dirección de Salud e Higiene
Elaborado por: Richard Parra S.*

ANÁLISIS ESTADÍSTICO

➤ VARIABLE ODONTOLOGÍA



PRIMERA ETAPA – MODELO 1

TABLA 10
ESTIMACIONES ESTADÍSTICAS DEL MODELO 1

"Un modelo estructural de series de tiempo para la predicción de la demanda de atención médica en el sistema municipal de salud"

UC (1) MODELIZANDO HOSPITAL KARTODROMO-ODONTOLOGIA POR MAXIMA VEROSIMILITUD.

The selection sample is: 2007(1) - 2009(12)

The model is: $Y = \text{Trend} + \text{Irregular}$

Log-Likelihood is -150.992 (-2 LogL = 301.984).

Prediction error variance is 5904.51

Summary statistics

std.error 76.841

Normality 5.9737

H(11) 2.1112 (0.1155)

r(1) 0.041706

r(3) 0.0045305

DW 1.7652

Q(3,1) 2.9382 (0.4013)

Variances of disturbances.

Component	Value (q-ratio)
Level	1089.2 (0.3101)
Slope	0.80902 (0.0002)
Irregular	3512.5 (1.0000)

State vector analysis at period 2009(12)

- level is 386.444 with stand.err 39.5226.

- slope is 0.945421 with stand.err 6.59345.

PRIMERA ETAPA – MODELO 2



TABLA 11-1
ESTIMACIONES ESTADÍSTICAS DEL MODELO 2

“Un modelo estructural de series de tiempo para la predicción de la demanda de atención médica en el sistema municipal de salud”

**UC(2) MODELIZANDO HOSPITAL KARTODROMO-ODONTOLOGIA
POR MAXIMA VEROSIMILITUD.**

The selection sample is: 2007(1) - 2009(12)

The model is: $Y = \text{Trend} + \text{Seasonal} + \text{Irregular}$

Log-Likelihood is -119.827 (-2 LogL = 239.654).

Prediction error variance is 3802.41

Summary statistics

std.error 61.664

Normality 0.35619

*Fuente: Muy Ilustre Municipalidad de Guayaquil Dirección de Salud e Higiene
Elaborado por: Richard Parra S.*

PRIMERA ETAPA – MODELO 2

TABLA 11-2
ESTIMACIONES ESTADÍSTICAS DEL MODELO 2
“Un modelo estructural de series de tiempo para la predicción de la demanda de atención médica en el sistema municipal de salud”

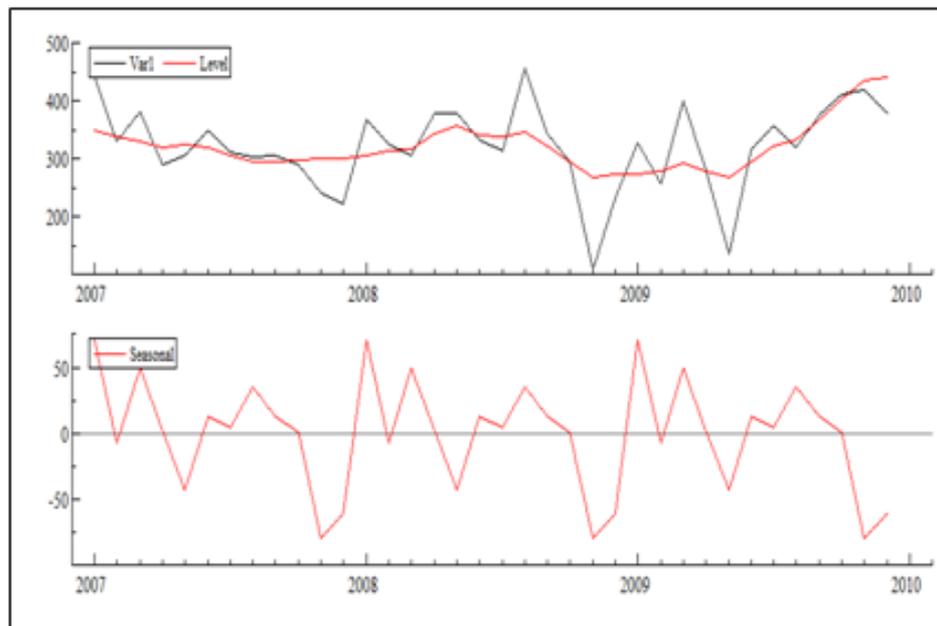
H(7)	1.8980 (0.2085)
r(1)	-0.010367
r(2)	-0.26420
DW	1.9190
Q(2,-1)	1.9140 (0.3840)
Variances of disturbances.	
Component	Value (q-ratio)
Level	1234.4 (0.4242)
Slope	5.0488 (0.0017)
Seasonal	0.00000 (0.0000)
Irregular	2909.9 (1.0000)
State vector analysis at period 2009(12)	
- level is 441.215 with stand.err 45.3405.	
- slope is 7.03021 with stand.err 9.57534.	
- joint seasonal chi2 test is 14.4831 with 11 df.	

*Fuente: Muy Ilustre Municipalidad de Guayaquil Dirección de Salud e Higiene
Elaborado por: Richard Parra S.*

PRIMERA ETAPA – MODELO 2



GRÁFICO 10
ESTIMACIONES ESTADÍSTICAS DEL MODELO 2
“Un modelo estructural de series de tiempo para la predicción de la demanda de atención médica en el sistema municipal de salud”



Fuente: Muy Ilustre Municipalidad de Guayaquil Dirección de Salud e Higiene
Elaborado por: Richard Parra S.

SEGUNDA ETAPA – MODELO 3

TABLA 12
ESTIMACIONES ESTADÍSTICAS DEL MODELO 3

"Un modelo estructural de series de tiempo para la predicción de la demanda de atención médica en el sistema municipal de salud"

UC(4) MODELIZANDO HOSPITAL KARTODROMO

ODONTOLOGIA POR MAXIMA VEROSIMILITUD.

The selection sample is: 2007(1) - 2009(12)

The model is: $Y = \text{Trend} + \text{Seasonal} + \text{Irregular} + \text{Cycle 1}$

Log-Likelihood is -119.271 (-2 LogL = 238.541).

Prediction error variance is 3349.79

Summary statistics

std.error	57.877
Normality	1.0476
H(7)	1.8391 (0.22001)
r(1)	0.029683
r(2)	-0.28178
DW	1.8351
Q(2,-2)	2.1970 (0.3333)

Variances of disturbances.

Component	Value	(q-ratio)
Level	2.2821	(0.0006)
Slope	6.1103	(0.0017)
Seasonal	0.00000	(0.0000)
Cycle	22.903	(0.0064)
Irregular	3555	(1.0000)

Parameters in Cycle

Variance	1293.7
Period	19.189
Period in years	1.5991
Frequency	0.32743
Damping factor	0.99111

State vector analysis at period 2009(12)

- level is 382.402 with stand.err 36.7004.

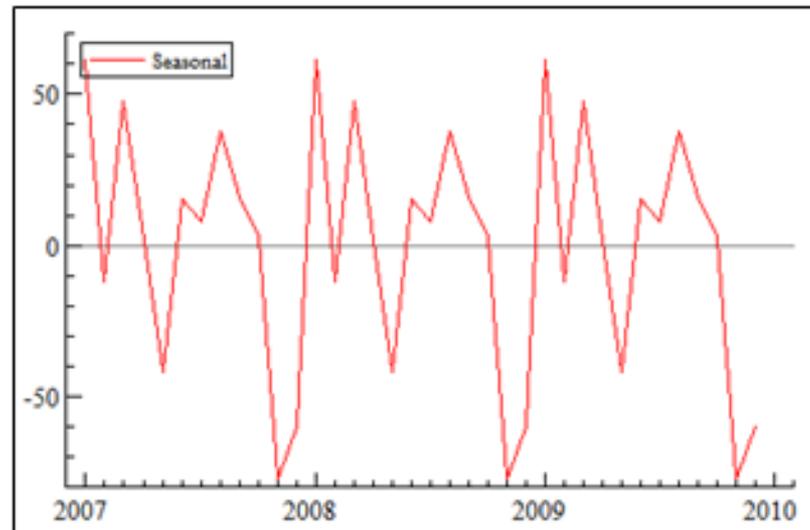
- slope is 8.75828 with stand.err 7.10283.

Fuente: *Muy Ilustre Municipalidad de Guayaquil Dirección de Salud e Higiene*
Elaborado por: *Richard Parra S.*

SEGUNDA ETAPA – MODELO 3



GRÁFICO 11
ESTACIONALIDAD EN EL MODELO 3
“Un modelo estructural de series de tiempo para la predicción de la demanda de atención médica en el sistema municipal de salud”



Fuente: *Muy Ilustre Municipalidad de Guayaquil Dirección de Salud e Higiene*
Elaborado por: *Richard Parra S.*

SEGUNDA ETAPA – MODELO 3

**TABLA 13
COMPONENTE ESTACIONAL**

"Un modelo estructural de series de tiempo para la predicción de la demanda de atención médica en el sistema municipal de salud"

COEFICIENTE DEL COMPONENTE ESTACIONAL CON UNA

DISTRIBUCION CHI CUADRADO CON 11gl Y SU

ESTADISTICO DE 14.8601

period	value	stand.err
Enero	61.697355	34.864984
Febrero	-11.895756	34.329148
Marzo	47.435511	33.959850
Abril	1.947962	33.723478
Mayo	-41.720001	33.587640
Junio	15.452661	33.526768
Julio	7.866209	33.526768
Agosto	37.626068	33.587640
Septiembre	15.865609	33.723478
Octubre	2.733495	33.959850
Noviembre	-77.286579	34.329148
Diciembre	-59.722535	34.864984

- amplitude of Cycle 1 is 47.0702

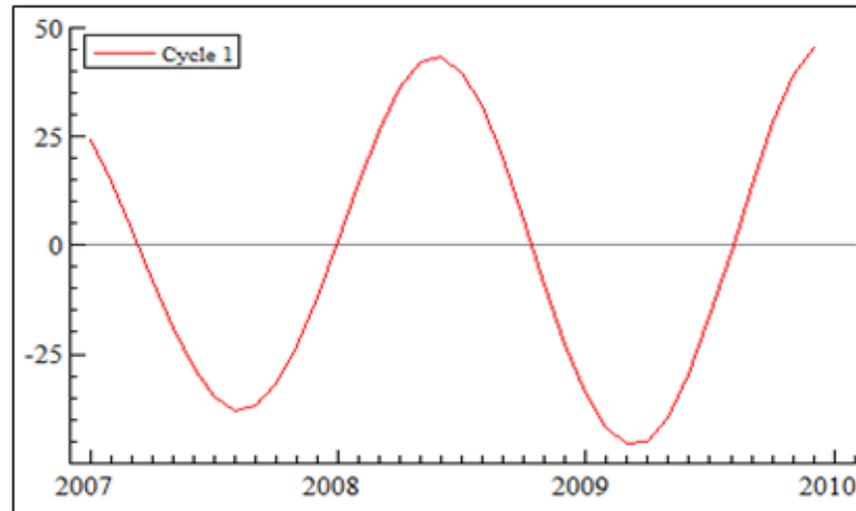
Fuente: Muy Ilustre Municipalidad de Guayaquil Dirección de Salud e Higiene
Elaborado por: Richard Parra S.

SEGUNDA ETAPA – MODELO 3



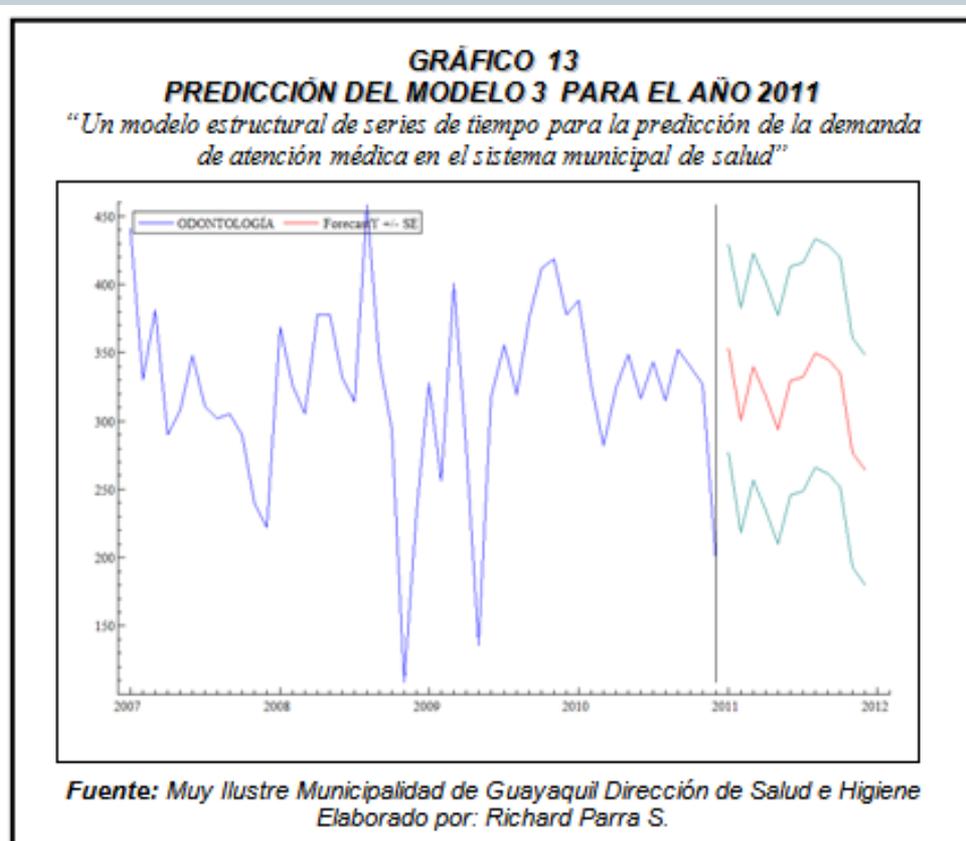
GRÁFICO 12
CICLOS DEL MODELO 3

“Un modelo estructural de series de tiempo para la predicción de la demanda de atención médica en el sistema municipal de salud”



*Fuente: Muy Ilustre Municipalidad de Guayaquil Dirección de Salud e Higiene
Elaborado por: Richard Parra S.*

TERCERA ETAPA PROYECCIÓN



TERCERA ETAPA PROYECCIÓN



TABLA 14
PREDICCIÓN DEL MODELO 3 PARA EL AÑO 2011

“Un modelo estructural de series de tiempo para la predicción de la demanda de atención médica en el sistema municipal de salud”

PERIODO	DATO- PREDICCIÓN
Ene-11	352
Feb-11	294
Mar-11	332
Abr-11	310
May-11	285
Jun-11	321
Jul-11	325
Ago-11	341
Sep-11	332
Oct-11	327
Nov-11	270
Dic-11	256

*Fuente: Muy Ilustre Municipalidad de Guayaquil Dirección de Salud e Higiene
Elaborado por: Richard Parra S.*



- **CONCLUSIONES**

- ✓ VARIABLE CONSULTA GENERAL

- ✓ VARIABLE ODONTOLOGIA

- **RECOMENDACIONES**