

Modelación y pronóstico de series financieras

INTRODUCCIÓN:

La intención de este trabajo práctico es la modelización de los rendimientos de varios índices bursátiles de periodicidad diaria. Dado que las series son típicamente financieras se plantea su modelización con modelos integrantes de la familia ARCH (Modelos de heterocedasticidad condicional autorregresiva).

ANÁLISIS Y METODOLOGÍA:

Se seleccionará dos modelos para cada serie, utilizando los criterios siguientes:

- Como criterio de aceptación del modelo se exigirá ruido blanco en el correlograma de los residuos y de los residuos al cuadrado.
- Para la selección entre distintos modelos rivales hasta llegar a los dos modelos finales para cada serie se utilizarán los Criterios de información (Akaike o Schwarz).
- Para la selección entre los dos modelos finalistas se utilizará la Bondad del pronóstico medida con el Error cuadrático medio.

Para esto último, una vez elegidos los dos modelos por serie, se evaluará su capacidad predictiva regresando sobre una muestra parcial (prescindiendo del último mes) y prediciendo la volatilidad (que es la variable de interés) para dicho último mes de la muestra. El pronóstico será a un período (es decir pronóstico estático) y la volatilidad estimada se contrastará con la volatilidad de los retornos para cada período mediante el Error cuadrático medio.

La periodicidad de los datos es diaria desde 01Ene2010 a 31Oct2013 y se utilizará los retornos de las siguientes series:

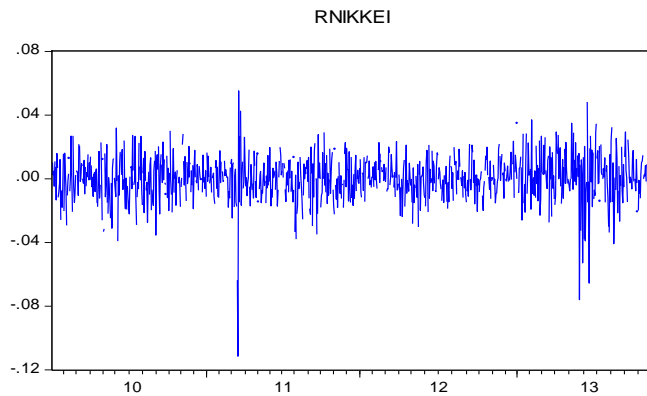
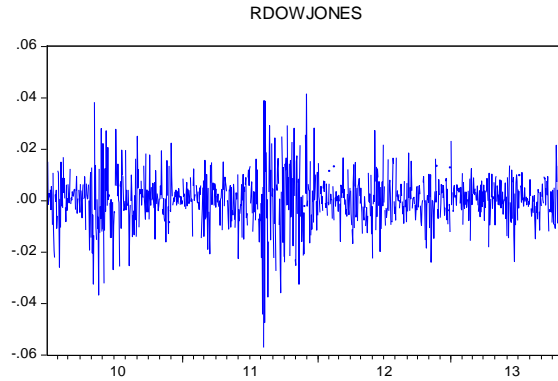
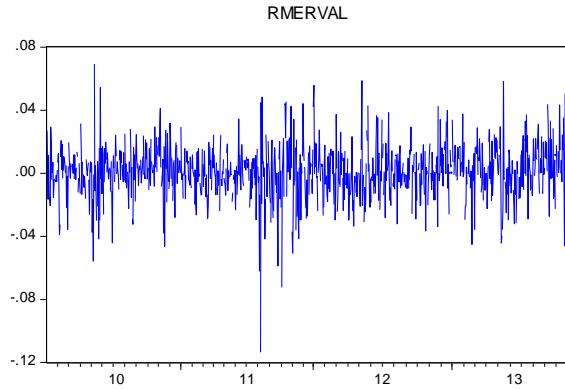
- Índice Merval.
- Índice Dow Jones.
- Índice Nikkei.

DESARROLLO:

Para poder apreciar la estructura de las series se procederá a realizar un análisis cualitativo en primera instancia sobre el comportamiento que han tenido los retornos de las mismas a lo largo del periodo de análisis, por lo que se presenta a continuación los gráficos de las mismas:

Previo a esto, es importante recalcar que para generar los retornos de las series se utilizó la fórmula de "retorno continuo o logarítmico".

$$r_t = \ln\left(\frac{P_t}{P_{t-1}}\right) = \ln(P_t) - \ln(P_{t-1})$$



Como se puede apreciar, una característica típica de las series de retornos financieros es el agrupamiento de las volatilidades altas y bajas. Por lo que su análisis y modelización se lo realizara bajo la metodología de los modelos ARCH (Modelos de heterocedasticidad condicional autorregresiva).

INDICE Merval:

Modelización:

Se realiza el análisis de estacionariedad de los retornos del Merval y como es de esperarse esta serie no tiene ni tendencia ni constante, el test ADF determina su estacionariedad.

Dependent Variable: DLOG(MERVAL)					Null Hypothesis: RMERVAL has a unit root				
Method: Least Squares					Exogenous: None				
Date: 11/27/15 Time: 23:43					Lag Length: 0 (Automatic - based on SIC, maxlag=21)				
Sample: 1/04/2010 10/31/2013									
Included observations: 956									
						t-Statistic	Prob.*		
Augmented Dickey-Fuller test statistic						-28.05667	0.0000		
Test critical values:									
1% level						-2.567386			
5% level						-1.941155			
10% level						-1.616476			
*MacKinnon (1996) one-sided p-values.									
Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.	Augmented Dickey-Fuller Test Equation				
C	-0.006470	0.005954	-1.086582	0.2775	Dependent Variable: D(RMERVAL)				
@TREND	2.48E-06	2.01E-06	1.232499	0.2181	Method: Least Squares				
					Date: 11/27/15 Time: 23:48				
					Sample (adjusted): 1/05/2010 10/31/2013				
					Included observations: 955 after adjustments				
					Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
R-squared	0.001590	Mean dependent var	0.000837		RMERVAL(-1)	-0.903134	0.032190	-28.05667	0.0000
Adjusted R-squared	0.000543	S.D. dependent var	0.017173		R-squared	0.452093	Mean dependent var	-4.08E-05	
S.E. of regression	0.017168	Akaike info criterion	-5.289412		Adjusted R-squared	0.452093	S.D. dependent var	0.023100	
Sum squared resid	0.281193	Schwarz criterion	-5.279238		S.E. of regression	0.017099	Akaike info criterion	-5.298542	
Log likelihood	2530.339	Hannan-Quinn criter.	-5.285537		Sum squared resid	0.278928	Schwarz criterion	-5.293451	
F-statistic	1.519054	Durbin-Watson stat	1.810433		Log likelihood	2531.054	Hannan-Quinn criter.	-5.296603	
Prob(F-statistic)	0.218066				Durbin-Watson stat	2.013751			

Luego de las iteraciones necesarias para buscar el mejor ajuste, se encontraron modelos cuya *performance* no cumplían con los criterios de aceptación. Por lo que se resumen precedentemente solo los modelos que se consideraron como mejor ajuste para la modelización de la media y la varianza:

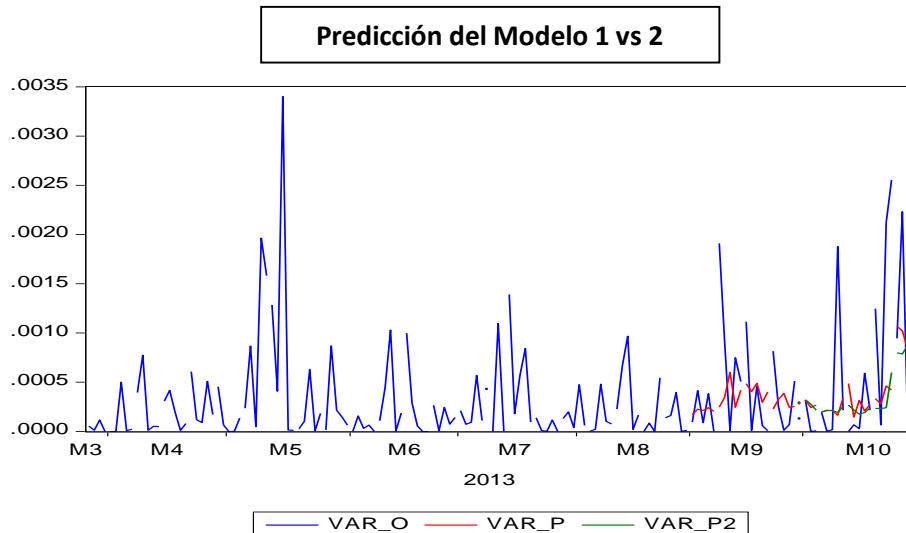
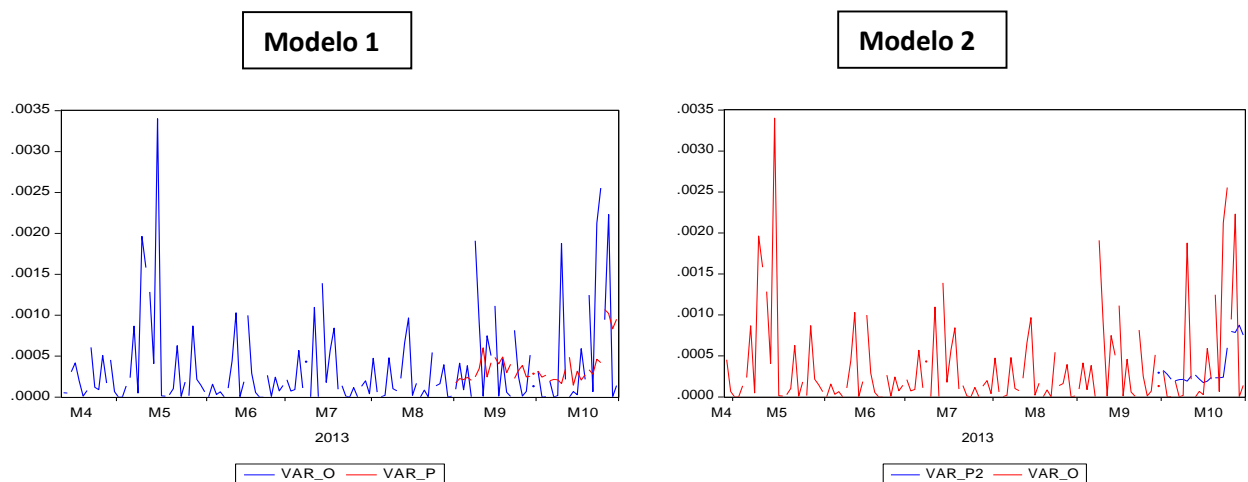
	Modelo 1	Modelo 2
Akaike	-5.393216	-5.398615
Schwarz	-5.352524	-5.352836
Mejor Ajuste		x

Pronóstico:

Para realizar el pronóstico de los retornos del Índice Merval procedemos a achicar la muestra, la cual antes era 01Ene2010 a 31Oct2013 que ahora pasa a ser 01Ene2010 a 30Sep2013. Así la predicción será de un mes.

Cabe mencionar que dicha reducción en el *sample* no alteró los resultados de la regresión, es decir no alteró ni el ruido blanco en el correlograma de los residuos ni el de los residuos al cuadrado.

Para comparar la varianza condicional pronosticada del modelo 1 y 2 con la observada, generaremos como proxy a la varianza observada a los retornos del Índice Merval al cuadrado, sabiendo de antemano que es una aproximación bastante pobre de la verdadera varianza, que es inobservable. Por lo que el forecast para los dos modelos se plantea de la siguiente manera:



Se resume las estadísticas reportadas para cada modelo:

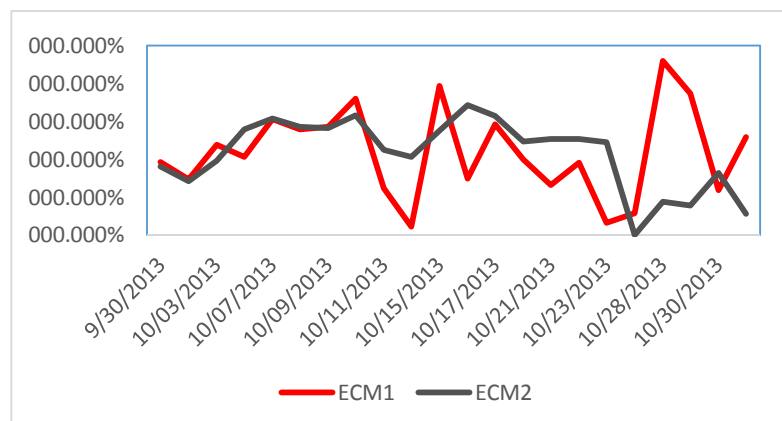
Forecast: MervalF Actual: DLOG(MERVAL) Forecast sample: 9/30/2013 10/31/2013 Included observations: 22 Root Mean Squared Error 0.025120 Mean Absolute Error 0.018676 Mean Abs. Percent Error 167.4647 Theil Inequality Coefficient 0.873176 Bias Proportion 0.011922 Variance Proportion 0.611335 Covariance Proportion 0.376743	Forecast: MervalF2 Actual: DLOG(MERVAL) Forecast sample: 9/30/2013 10/31/2013 Included observations: 22 Root Mean Squared Error 0.024639 Mean Absolute Error 0.018336 Mean Abs. Percent Error 192.5001 Theil Inequality Coefficient 0.868913 Bias Proportion 0.008491 Variance Proportion 0.676055 Covariance Proportion 0.315455
--	---

Se elabora el Error Cuadrático Medio para cada modelo a fin de poder determinar con cual de los dos finalmente nos quedaremos desde el punto de vista de la bondad del pronóstico.

Para esto utilizaremos como variables, a la varianza pronosticada de cada estimación, la cual se obtuvo de los forecast y como aproximación a la varianza observada los retornos del Índice Merval al cuadrado, tal como se expone a continuación:

$$ECM = \frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (\hat{\sigma}_i - \bar{\sigma})^2$$

Fechas	VAR_O	VAR_P1	VAR_P2	ECM 1		ECM 2	
1 9/30/2013	0.00013	0.000279495	0.000289175	-0.0003	0.00001%	-0.0003	0.000009%
2 10/02/2013	0.00032	0.000318026	0.000322877	-0.0003	0.00001%	-0.0003	0.000007%
3 10/03/2013	0.00000	0.000244501	0.000275914	-0.0003	0.00001%	-0.0003	0.000010%
4 10/04/2013	0.00001	0.000268672	0.000215654	-0.0003	0.00001%	-0.0004	0.000014%
5 10/07/2013	0.00020	0.000198631	0.000197811	-0.0004	0.00002%	-0.0004	0.000015%
6 10/08/2013	0.00000	0.000215768	0.000211957	-0.0004	0.00001%	-0.0004	0.000014%
7 10/09/2013	0.00002	0.000211389	0.00021384	-0.0004	0.00001%	-0.0004	0.000014%
8 10/10/2013	0.00188	0.000164663	0.00019244	-0.0004	0.00002%	-0.0004	0.000016%
9 10/11/2013	0.00022	0.00034095	0.000254382	-0.0002	0.00001%	-0.0003	0.000011%
10 10/14/2013	-	0.00048663	0.000268778	-0.0001	0.00000%	-0.0003	0.000010%
11 10/15/2013	0.00007	0.000146088	0.000217976	-0.0004	0.00002%	-0.0004	0.000014%
12 10/16/2013	0.00003	0.000316736	0.000174909	-0.0003	0.00001%	-0.0004	0.000017%
13 10/17/2013	0.00059	0.000207395	0.000192638	-0.0004	0.00001%	-0.0004	0.000016%
14 10/18/2013	0.00022	0.000273837	0.000238766	-0.0003	0.00001%	-0.0004	0.000012%
15 10/21/2013	0.00125	0.000333378	0.000233503	-0.0003	0.00001%	-0.0004	0.000013%
16 10/22/2013	0.00007	0.000280055	0.000233127	-0.0003	0.00001%	-0.0004	0.000013%
17 10/23/2013	0.00212	0.000462677	0.000239687	-0.0001	0.00000%	-0.0003	0.000012%
18 10/24/2013	0.00256	0.000421604	0.000598581	-0.0002	0.00000%	0.0000	0.000000%
19 10/28/2013	0.00095	0.001068986	0.000798711	0.0005	0.00002%	0.0002	0.000004%
20 10/29/2013	0.00223	0.001021624	0.000786787	0.0004	0.00002%	0.0002	0.000004%
21 10/30/2013	0.00000	0.000833166	0.000876089	0.0002	0.00001%	0.0003	0.000008%
22 10/31/2013	0.00014	0.000949533	0.000755313	0.0004	0.00001%	0.0002	0.000003%
PROMEDIO	0.00059			ECM 1	0.0000115%	ECM 2	0.0000113%



Como podemos apreciar la que menor ECM posee es el modelo 2, por lo cual, para el resultado final del Índice Merval nos quedaremos con este modelo ya que desde el punto de vista de la bondad del ajuste este modelo es el que mejor predice los retornos del Merval desde el punto de vista estadístico.

INDICE DOW JONES:

Modelización:

Se realiza análisis de estacionariedad de los retornos del Índice Dow Jones, como es de esperarse esta serie no tiene ni tendencia ni constante y el test ADF determina su estacionariedad.

Dependent Variable: DLOG(DOWJONES)
Method: Least Squares
Date: 11/28/15 Time: 13:57
Sample: 1/04/2010 10/31/2013
Included observations: 963

Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
C	-0.002141	0.008832	-0.242374	0.8085
@TREND	3.31E-07	1.14E-06	0.289507	0.7723

R-squared	0.000087	Mean dependent var	0.000415
Adjusted R-squared	-0.000953	S.D. dependent var	0.009847
S.E. of regression	0.009852	Akaike info criterion	-6.400256
Sum squared resid	0.093272	Schwarz criterion	-6.390142
Log likelihood	3083.723	Hannan-Quinn criter.	-6.396405
F-statistic	0.083814	Durbin-Watson stat	2.115051
Prob(F-statistic)	0.772256		

Null Hypothesis: RDOWJONES has a unit root
Exogenous: None
Lag Length: 0 (Automatic - based on SIC, maxlag=21)

	t-Statistic	Prob.*
Augmented Dickey-Fuller test statistic	-32.85422	0.0000
Test critical values:		
1% level	-2.567368	
5% level	-1.941153	
10% level	-1.616478	

*MacKinnon (1996) one-sided p-values.

Augmented Dickey-Fuller Test Equation
Dependent Variable: D(RDOWJONES)
Method: Least Squares
Date: 11/28/15 Time: 13:58
Sample (adjusted): 1/05/2010 10/31/2013
Included observations: 962 after adjustments

Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
RDOWJONES(-1)	-1.056917	0.032170	-32.85422	0.0000

R-squared	0.529013	Mean dependent var	-2.06E-05
Adjusted R-squared	0.529013	S.D. dependent var	0.014328
S.E. of regression	0.009833	Akaike info criterion	-6.405140
Log likelihood	3081.872	Schwarz criterion	-6.400079
Durbin-Watson stat	1.994582	Hannan-Quinn criter.	-6.403213

Luego de las iteraciones necesarias para buscar el mejor ajuste, se encontraron modelos cuya *performance* no cumplían con los criterios de aceptación. Por lo que se resumen precedentemente solo los modelos que se consideraron como mejor ajuste para la modelización de la media y la varianza:

	MODEL	VARIANZA			MEDIA	DISTRIBUCION	PERIODO
1	GARCH/TARCH	ARCH (1)	GARCH (1)	TARCH (1)	AR(25)	NORMAL (GAUSSIAN)	1/04/2010-10/31/2013
2	GARCH/TARCH	ARCH (1)	GARCH (1)	TARCH (1)	AR(25) AR(11)	NORMAL (GAUSSIAN)	1/04/2010-10/31/2013

En función de los modelos mencionados en los párrafos que antecede se garantiza tanto ruido blanco en el correlograma de los residuos y de los residuos al cuadrado con todas sus variables significativas al 95% de confianza. Según el siguiente detalle:

Dependent Variable: DLOG(DOWJONES)
Method: ML ARCH - Normal distribution (BFGS / Marquardt steps)
Date: 11/28/15 Time: 18:47
Sample: 1/04/2010 10/31/2013
Included observations: 963

Convergence achieved after 29 iterations
Coefficient covariance computed using outer product of gradients
Presample variance: backcast (parameter = 0.7)
GARCH = C(2) + C(3)*RESID(-1)^2 + C(4)*RESID(-1)^2*(RESID(-1)<0) + C(5)*GARCH(-1)

Variable	Coefficient	Std. Error	z-Statistic	Prob.
AR(25)	-0.080291	0.024708	-3.249559	0.0012

Variance Equation				
C	3.61E-06	4.63E-07	7.792366	0.0000
RESID(-1)^2	-0.073796	0.011378	-6.486053	0.0000
RESID(-1)^2*(RESID(-1)<0)	0.309518	0.035552	8.706076	0.0000
GARCH(-1)	0.885211	0.016305	54.29042	0.0000

R-squared	0.007902	Mean dependent var	0.000415
Adjusted R-squared	0.007902	S.D. dependent var	0.009847
S.E. of regression	0.009808	Akaike info criterion	-6.756337
Sum squared resid	0.092543	Schwarz criterion	-6.731051
Log likelihood	3258.176	Hannan-Quinn criter.	-6.746709
Durbin-Watson stat	2.117195		

Date: 11/28/15 Time: 18:47
Sample: 1/04/2010 10/31/2013
Included observations: 963
Q-statistic probabilities adjusted for 1 ARMA term

Autocorrelation	Partial Correlation	AC	PAC	Q-Stat	Prob...
1	0.022	0.018	5.8483	0.755	
2	0.048	0.052	8.1200	0.617	
3	0.015	0.019	8.3486	0.682	
4	-0.033	-0.04	9.8713	0.627	
5	-0.03	-0.04	11.357	0.581	
6	0.001	0.005	11.359	0.658	
7	0.006	0.015	11.390	0.724	
8	-0.01	-0.01	11.485	0.779	
9	-0.02	-0.03	11.896	0.806	
10	-0.02	-0.02	12.423	0.825	
11	0.007	0.012	12.471	0.865	
12	-0.05	-0.05	15.168	0.767	
13	-0.01	-0.02	15.260	0.810	
14	0.015	0.009	15.477	0.841	
15	-0.02	-0.01	15.879	0.860	
16	-0.01	-0.01	16.118	0.884	
17	-0.02	-0.02	16.631	0.895	
18	0.056	0.048	19.689	0.806	
19	0.021	0.030	20.149	0.824	
20	0.040	0.045	21.759	0.792	
21	-0.01	-0.01	21.905	0.824	
22	-0.04	-0.04	24.009	0.772	
23	-0.02	-0.01	24.518	0.789	
24	0.01	0.00	24.663	0.819	
25	0.031	0.028	25.641	0.816	
26	0.034	0.029	26.782	0.806	
27	-0.01	-0.01	26.999	0.831	

Date: 11/28/15 Time: 18:48
Sample: 1/04/2010 10/31/2013
Included observations: 963

Autocorrelation	Partial Correlation	AC	PAC	Q-Stat	Prob...
1	0.05	0.05	3.3225	0.068	
2	0.038	0.034	4.7029	0.095	
3	0.05	0.05	7.6586	0.054	
4	0.01	0.02	7.8127	0.999	
5	0.019	0.021	8.1438	0.148	
6	0.023	0.024	8.6577	0.194	
7	0.037	0.036	9.9660	0.191	
8	-0.01	-0.01	10.196	0.252	
9	-0.01	-0.01	10.512	0.311	
10	0.048	0.052	12.768	0.237	
11	-0.02	-0.01	13.277	0.276	
12	0.049	0.040	15.668	0.207	
13	-0.03	-0.02	16.533	0.222	
14	0.055	0.049	19.459	0.148	
15	-0.03	-0.01	20.328	0.160	
16	0.004	0.00	20.341	0.205	
17	0.019	0.021	20.705	0.240	
18	0.051	0.054	23.247	0.181	
19	-0.05	-0.05	26.236	0.124	
20	-0.00	-0.01	26.265	0.157	
21	-0.00	0.003	26.300	0.195	
22	0.019	0.013	26.648	0.225	
23	-0.00	-0.00	26.669	0.270	
24	-0.02	-0.03	27.195	0.295	
25	0.010	0.015	27.286	0.342	
26	-0.03	-0.03	28.743	0.323	
27	0.012	0.006	28.876	0.367	
28	-0.00	-0.01	28.921	0.417	
29	0.023	0.027	29.457	0.441	
30	-0.00	-0.00	29.511	0.491	
31	0.029	0.034	30.327	0.500	
32	-0.02	-0.02	30.831	0.526	
33	0.022	0.031	31.327	0.551	
34	0.058	0.064	34.662	0.436	
35	-0.00	-0.00	34.701	0.482	
36	-0.00	-0.00	34.705	0.530	

*Probabilities may not be valid for this equation specification.

*Probabilities may not be valid for this equation specification.

Dependent Variable: DLOG(DOWNJONES)
 Método: ML ARCH - Normal distribution (BFGS / Marquardt steps)
 Date: 11/28/15 Time: 18:47
 Sample: 1/04/2010 10/31/2013
 Included observations: 963
 Convergence achieved after 32 iterations
 Coefficient covariance computed using outer product of gradients
 Presample variance: backcast (parameter = 0.7)
 GARCH = C(3) + C(4)*RESID(-1)^2 + C(5)*RESID(-1)^2*(RESID(-1)<0) + C(6)*GARCH(-1)

Variable	Coefficient	Std. Error	z-Statistic	Prob.
AR(25)	-0.076542	0.025689	-2.979519	0.0029
AR(11)	0.072836	0.029120	2.501248	0.0124

Variance Equation				
C	3.34E-06	4.53E-07	7.375286	0.0000
RESID(-1)^2	-0.074328	0.010615	-7.002040	0.0000
RESID(-1)^2*(RESID(-1)<0)	0.298461	0.034213	8.723580	0.0000
GARCH(-1)	0.892764	0.016240	54.97459	0.0000

R-squared	0.009423	Mean dependent var	0.000415
Adjusted R-squared	0.008392	S.D. dependent var	0.009847
S.E. of regression	0.009806	Akaike info criterion	-6.760783
Sum squared resid	0.092401	Schwarz criterion	-6.730440
Log likelihood	3261.317	Hannan-Quinn criter.	-6.749229
Durbin-Watson stat	2.124777		

Inverted AR Roots				
.90-.11i	.90+.11i	.83-.34i	.83+.34i	
.74-.53i	.74+.53i	.57+.69i	.57-.69i	
.39+.82i	.39-.82i	.17+.88i	.17-.88i	
-.06-.91i	-.06+.91i	-.27+.86i	-.27-.86i	
-.49-.76i	-.49+.76i	-.66-.63i	-.66+.63i	
-.79-.43i	-.79+.43i	-.88+.23i	-.88-.23i	
-.89				

Date: 11/28/15 Time: 22:26
 Sample: 1/04/2010 10/31/2013
 Included observations: 963
 Q-statistic probabilities adjusted for 2 ARMA terms

Autocorrelation	Partial Correlation	AC	PAC	Q-Stat	Prob...
1	-0.02	-0.02		0.8244	
2	0.018	0.017		1.1349	
3	0.020	0.021		1.5400	0.215
4	-0.03	-0.03		2.8168	0.245
5	-0.03	-0.03		3.6870	0.297
6	-0.01	-0.01		3.9080	0.419
7	0.046	0.048		5.9608	0.310
8	-0.01	-0.01		6.1793	0.403
9	-0.01	-0.01		6.3234	0.503
1	0.025	0.021		6.9339	0.544
1	-0.02	-0.01		7.4885	0.586
1	0.016	0.016		7.7384	0.654
1	-0.03	-0.04		9.2623	0.598
1	-0.03	-0.04		10.764	0.549
1	0.007	0.007		10.814	0.626
1	0.004	0.010		10.831	0.699
1	-0.01	-0.01		10.944	0.757
1	-0.02	-0.03		11.689	0.765
1	-0.02	-0.02		12.165	0.790
2	0.014	0.017		12.347	0.829
2	-0.05	-0.04		14.955	0.725
2	-0.01	-0.02		15.072	0.772
2	0.013	0.010		15.245	0.810
2	-0.02	-0.01		15.830	0.834
2	-0.01	-0.01		15.824	0.863
2	-0.02	-0.02		16.287	0.877
2	0.052	0.045		18.936	0.800
2	0.022	0.030		19.438	0.817
2	0.045	0.046		21.433	0.766
3	-0.01	-0.02		21.559	0.801
3	-0.04	-0.04		23.686	0.744
3	-0.02	-0.02		24.065	0.769
3	-0.01	-0.00		24.161	0.804
3	0.030	0.030		25.073	0.803
3	0.040	0.032		26.651	0.775
3	-0.01	-0.01		26.749	0.807

Date: 11/28/15 Time: 18:50
 Sample: 1/04/2010 10/31/2013
 Included observations: 963

Autocorrelation	Partial Correlation	AC	PAC	Q-Stat	Prob...
1	-0.05	-0.05		2.8766	0.090
2	0.037	0.034		4.2062	0.122
3	-0.05	-0.05		7.1404	0.068
4	-0.01	-0.02		7.3278	0.120
5	0.021	0.023		7.7563	0.170
6	0.025	0.026		8.3591	0.213
7	0.034	0.033		9.4553	0.222
8	-0.01	-0.01		9.7338	0.284
9	-0.02	-0.02		10.198	0.335
1	0.039	0.043		11.718	0.304
1	-0.02	-0.02		12.258	0.345
1	0.041	0.031		13.878	0.309
1	-0.03	-0.03		15.342	0.287
1	0.055	0.050		18.350	0.191
1	-0.02	-0.01		19.131	0.208
1	0.002	-0.00		19.134	0.262
1	0.012	0.014		19.268	0.313
1	0.044	0.047		21.163	0.271
1	-0.05	-0.05		24.340	0.183
2	-0.01	-0.01		24.430	0.224
2	-0.01	-0.00		24.616	0.264
2	0.018	0.013		24.942	0.300
2	-0.00	0.000		24.944	0.353
2	-0.02	-0.03		25.343	0.387
2	0.014	0.020		25.529	0.433
2	-0.03	-0.02		26.687	0.426
2	0.007	0.004		26.734	0.478
2	-0.00	-0.01		26.751	0.532
2	-0.017	0.021		27.044	0.569
3	-0.00	-0.00		27.069	0.620
3	0.033	0.040		28.151	0.613
3	-0.01	-0.01		28.352	0.652
3	0.013	0.021		28.522	0.690
3	0.064	0.070		32.649	0.534
3	-0.00	-0.00		32.706	0.579
3	0.004	-0.00		32.721	0.625

*Probabilities may not be valid for this equation specification.

*Probabilities may not be valid for this equation specification.

Para la selección entre distintos modelos rivales se utilizaron los Criterios de información (Akaike o Schwarz), los cuales determinaron que de los dos modelos encontrados, el que mejor ajusta para modelar la media y la varianza de los retornos del Índice Dow Jones es el modelo rival 2, ya que a pesar de existir una igualdad en términos de minimización de los criterios de Akaike y Schwarz para ambos modelos, el R cuadrado del modelo 2 explica en mayor medida que el 1, según el siguiente desglose:

	Modelo 1	Modelo 2
Akaike	-6.756337	-6.760783
Schwarz	-6.731051	-6.73044
Mejor Ajuste		x

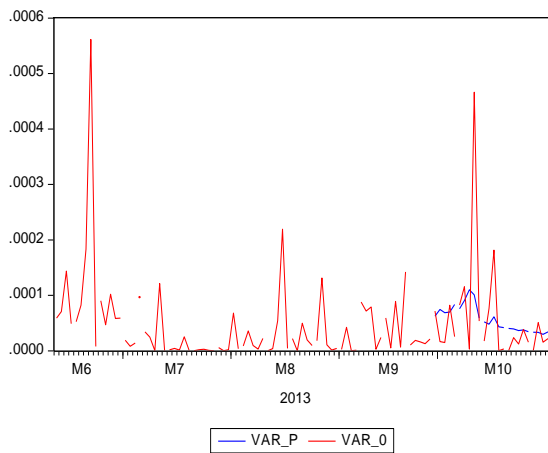
Pronóstico:

Para realizar el pronóstico de los retornos del Índice Dow Jones procedemos a disminuir la muestra, la cual antes era 01Ene2010 a 31Oct2013 que ahora pasa a ser 01Ene2010 a 30Sep2013. Así la predicción será de un mes.

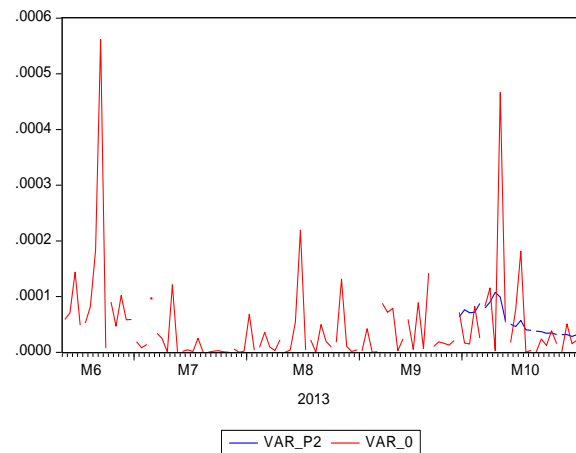
Dicha reducción en el *sample* no alteró los resultados de la regresión, es decir no alteró ni el ruido blanco en el correlograma de los residuos ni el de los residuos al cuadrado.

Para comparar la varianza condicional pronosticada del modelo 1 y 2 con la observada, generaremos como proxy a la varianza observada a los retornos del Índice Dow Jones al cuadrado, sabiendo de antemano que es una aproximación bastante pobre de la verdadera varianza, que es inobservable. Por lo que el forecast para los dos modelos se plantea de la siguiente manera:

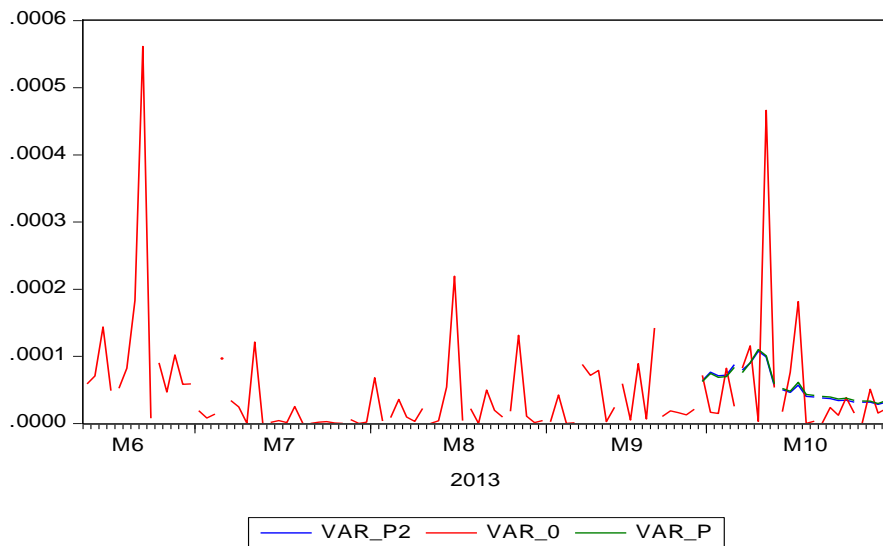
Modelo 1



Modelo 2



Predicción del Modelo 1 vs 2



Se resume las estadísticas reportadas para cada modelo:

Forecast: DOWJONESF	
Actual: DLOG(DOWJONES)	
Forecast sample: 9/30/2013 10/31/2013	
Included observations: 24	
Root Mean Squared Error	0.007610
Mean Absolute Error	0.006007
Mean Abs. Percent Error	114.3790
Theil Inequality Coefficient	0.941552
Bias Proportion	0.012696
Variance Proportion	0.871728
Covariance Proportion	0.115576

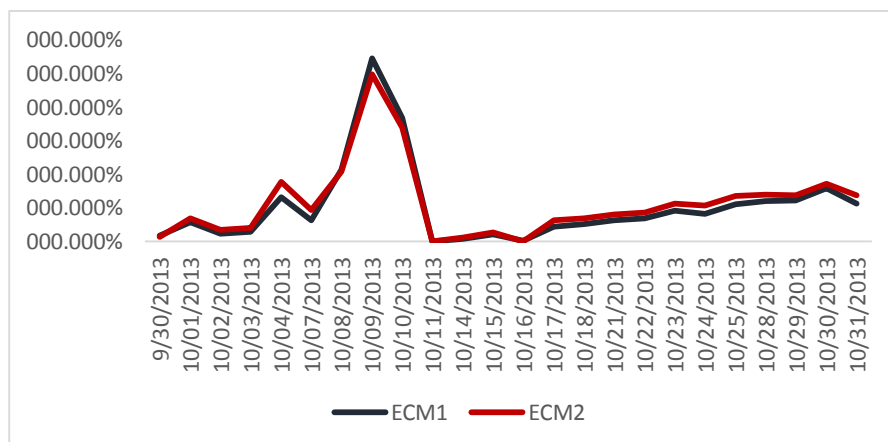
Forecast: DOWJONESF2	
Actual: DLOG(DOWJONES)	
Forecast sample: 9/30/2013 10/31/2013	
Included observations: 24	
Root Mean Squared Error	0.007591
Mean Absolute Error	0.005956
Mean Abs. Percent Error	131.8679
Theil Inequality Coefficient	0.895375
Bias Proportion	0.012250
Variance Proportion	0.780185
Covariance Proportion	0.207565

Se elabora el Error Cuadrático Medio para cada modelo a fin de poder determinar con cual de los dos finalmente nos quedaremos desde el punto de vista de la bondad del pronóstico.

Para esto utilizaremos como variables, a la varianza pronosticada de cada modelo, la cual se obtuvo de los forecast y como aproximación a la varianza observada los retornos del Índice Dow Jones al cuadrado, tal como se expone a continuación:

$$ECM = \frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (\hat{\sigma}_i - \bar{\sigma})^2$$

	Fechas	VAR_O	VAR_P1	VAR_P2	ECM 1		ECM 2	
1	9/30/2013	0.00007	0.00006	0.00006	-0.00001	0.00000%	-0.0000	0.000000%
2	10/01/2013	0.00002	0.00007	0.00008	0.00002	0.00000%	0.0000	0.000000%
3	10/02/2013	0.00001	0.00007	0.00007	0.00001	0.00000%	0.0000	0.000000%
4	10/03/2013	0.00008	0.00007	0.00007	0.00001	0.00000%	0.0000	0.000000%
5	10/04/2013	0.00003	0.00008	0.00009	0.00003	0.00000%	0.0000	0.000000%
6	10/07/2013	0.00008	0.00008	0.00008	0.00002	0.00000%	0.0000	0.000000%
7	10/08/2013	0.00012	0.00009	0.00009	0.00003	0.00000%	0.0000	0.000000%
8	10/09/2013	0.00000	0.00011	0.00011	0.00005	0.00000%	0.0000	0.000000%
9	10/10/2013	0.00047	0.00010	0.00010	0.00004	0.00000%	0.0000	0.000000%
10	10/11/2013	0.00005	0.00006	0.00006	0.00000	0.00000%	-0.0000	0.000000%
11	10/14/2013	0.00002	0.00005	0.00005	-0.00001	0.00000%	-0.0000	0.000000%
12	10/15/2013	0.00008	0.00005	0.00005	-0.00001	0.00000%	-0.0000	0.000000%
13	10/16/2013	0.00018	0.00006	0.00006	0.00000	0.00000%	-0.0000	0.000000%
14	10/17/2013	0.00000	0.00004	0.00004	-0.00001	0.00000%	-0.0000	0.000000%
15	10/18/2013	0.00000	0.00004	0.00004	-0.00002	0.00000%	-0.0000	0.000000%
16	10/21/2013	0.00000	0.00004	0.00004	-0.00002	0.00000%	-0.0000	0.000000%
17	10/22/2013	0.00002	0.00004	0.00004	-0.00002	0.00000%	-0.0000	0.000000%
18	10/23/2013	0.00001	0.00004	0.00003	-0.00002	0.00000%	-0.0000	0.000000%
19	10/24/2013	0.00004	0.00004	0.00003	-0.00002	0.00000%	-0.0000	0.000000%
20	10/25/2013	0.00002	0.00003	0.00003	-0.00002	0.00000%	-0.0000	0.000000%
21	10/28/2013	0.00000	0.00003	0.00003	-0.00002	0.00000%	-0.0000	0.000000%
22	10/29/2013	0.00005	0.00003	0.00003	-0.00002	0.00000%	-0.0000	0.000000%
23	10/30/2013	0.00002	0.00003	0.00003	-0.00003	0.00000%	-0.0000	0.000000%
24	10/31/2013	0.00002	0.00003	0.00003	-0.00002	0.00000%	-0.0000	0.000000%
	PROMEDIO	0.00006			ECM 1	0.00000005%	ECM 2	0.00000006%



Como podemos apreciar la que menor ECM posee es el modelo 1 por lo que, para el resultado final del Índice Dow Jones nos quedaremos con este modelo ya que desde el punto de vista de la bondad del pronóstico este modelo es el que estadísticamente mejor predice los retornos del Dow Jones.

INDICE NIKKEI:

Modelización:

Se realiza el análisis de estacionariedad de los retornos del Índice Nikkei, como es de esperarse esta serie no tiene ni tendencia ni constante, y el test ADF determina su estacionariedad.

Dependent Variable: DLOG(NIKKEI)
Method: Least Squares
Date: 11/28/15 Time: 17:43
Sample: 1/04/2010 10/31/2013
Included observations: 927

Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
C	-0.013008	0.008980	-1.448642	0.1478
@TREND	2.60E-06	1.75E-06	1.487468	0.1372
R-squared	0.002386	Mean dependent var	0.000331	
Adjusted R-squared	0.001308	S.D. dependent var	0.014235	
S.E. of regression	0.014226	Akaike info criterion	-5.665350	
Sum squared resid	0.187198	Schwarz criterion	-5.654925	
Log likelihood	2627.890	Hannan-Quinn criter.	-5.661373	
F-statistic	2.212562	Durbin-Watson stat	2.055289	
Prob(F-statistic)	0.137232			

Null Hypothesis: RNIKKEI has a unit root
Exogenous: None
Lag Length: 0 (Automatic - based on SIC, maxlag=20)

	t-Statistic	Prob.*
Augmented Dickey-Fuller test statistic	-31.19060	0.0000
Test critical values:		
1% level	-2.567462	
5% level	-1.941165	
10% level	-1.616469	

*MacKinnon (1996) one-sided p-values.

Augmented Dickey-Fuller Test Equation
Dependent Variable: D(RNIKKEI)
Method: Least Squares
Date: 11/28/15 Time: 17:43
Sample (adjusted): 1/05/2010 10/31/2013
Included observations: 926 after adjustments

Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
RNIKKEI(-1)	-1.025327	0.032873	-31.19060	0.0000
R-squared	0.512607	Mean dependent var	-2.41E-05	
Adjusted R-squared	0.512607	S.D. dependent var	0.020395	
S.E. of regression	0.014238	Akaike info criterion	-5.664695	
Sum squared resid	0.187522	Schwarz criterion	-5.659478	
Log likelihood	2623.754	Hannan-Quinn criter.	-5.662704	
Durbin-Watson stat	1.998814			

Luego de las iteraciones necesarias para buscar el mejor ajuste, se encontraron modelos cuya *performance* no cumplieran con los criterios de aceptación. Por lo que se resumen precedentemente solo los modelos que se consideraron como mejor ajuste para la modelización de la media y la varianza:

	MODEL	VARIANZA			MEDIA	DISTRIBUCION	PERIODO
1	GARCH/TARCH	ARCH (1)	GARCH (4)	TARCH (2)	MA(26)	NORMAL (GAUSSIAN)	1/04/2010-10/31/2013
2	GARCH/TARCH	ARCH (1)	GARCH (4)	TARCH (3)	MA(26)	NORMAL (GAUSSIAN)	1/04/2010-10/31/2013

Los cuales, garantizan tanto ruido blanco en el correlograma de los residuos y de los residuos al cuadrado con todas sus variables significativas al 95% de confianza a excepción de la constante para el caso de la varianza que es significativa al 90% de confianza. Según el siguiente detalle:

Dependent Variable: DLOG(NIKKEI)
Method: ML ARCH - Normal distribution (Marquardt / EViews legacy)
Date: 11/28/15 Time: 17:47
Sample: 1/04/2010 10/30/2013
Included observations: 926
Convergence achieved after 18 iterations

Presample variance: unconditional
GARCH = C(2) + C(3)*RESID(-1)^2 + C(4)*RESID(-1)^2*(RESID(-1)<0) + C(5)*RESID(-2)^2*(RESID(-2)<0) + C(6)*GARCH(-1) + C(7)*GARCH(-2) + C(8)*GARCH(-3) + C(9)*GARCH(-4)

Variable	Coefficient	Std. Error	z-Statistic	Prob.
MA(26)	-0.061190	0.031002	-1.973766	0.0484
Variance Equation				
C	3.39E-07	2.18E-07	1.555341	0.1199
RESID(-1)^2	0.006083	0.002861	2.125921	0.0335
RESID(-1)^2*(RESID(-1)<=0)	0.240842	0.041135	5.854978	0.0000
RESID(-2)^2*(RESID(-2)<=0)	-0.244211	0.041273	-5.916968	0.0000
GARCH(-1)	1.359716	0.040016	33.97940	0.0000
GARCH(-2)	-0.389204	0.031937	-12.18675	0.0000
GARCH(-3)	0.393013	0.044144	8.903006	0.0000
GARCH(-4)	-0.369583	0.023028	-16.04924	0.0000
R-squared	0.005297	Mean dependent var	0.000344	
Adjusted R-squared	0.005297	S.D. dependent var	0.014237	
S.E. of regression	0.014199	Akaike info criterion	-5.807467	
Sum squared resid	0.186498	Schwarz criterion	-5.760515	
Log likelihood	2697.857	Hannan-Quinn criter.	-5.789556	
Durbin-Watson stat	2.046711			
Inverted MA Roots				
	.90	.87+.21i	.87-.21i	.80+.42i
	.80-.42i	.67-.60i	.67+.60i	.51+.74i
	.51-.74i	.32+.84i	.32-.84i	.11+.89i
	.11-.89i	-.11+.89i	-.11-.89i	-.32+.84i
	-.32+.84i	-.51+.74i	-.51-.74i	-.67+.60i
	-.67+.60i	-.80-.42i	-.80+.42i	-.87-.21i
	-.87+.21i	-.90		

Date: 11/28/15 Time: 17:50
Sample: 1/04/2010 10/30/2013
Included observations: 926
Q-statistic probabilities adjusted for 1 ARMA term

	Autocorrelation	Partial Correlation	AC	PAC	Q-Stat	Prob...
1	0.014	0.014	0.1835			0.633
2	0.007	0.007	0.2283			0.525
3	0.034	0.034	1.2898			0.677
4	-0.01...	-0.01...	1.5237			0.799
5	0.012	0.012	1.6531			0.885
6	0.009	0.008	1.7270			0.848
7	-0.03...	-0.03...	2.6819			0.912
8	0.003	0.003	2.6921			0.807
9	0.044	0.044	4.5235			0.868
1...	-0.00...	-0.00...	4.5906			0.911
1...	-0.01...	-0.01...	4.6819			0.933
1...	-0.01...	-0.01...	4.9571			0.912
1...	0.034	0.038	6.0722			0.943
1...	0.001	-0.00...	6.0725			0.897
1...	0.044	0.044	7.8578			0.927
1...	-0.00...	-0.01...	7.9279			0.886
1...	-0.04...	-0.04...	9.6139			0.919
1...	-0.00...	-0.00...	9.6144			0.922
1...	-0.02...	-0.02...	10.297			0.902
2...	0.037	0.043	11.601			0.921
2...	-0.01...	-0.01...	11.865			0.933
2...	0.020	0.022	12.233			0.952
2...	0.006	0.002	12.268			0.959
2...	0.034	0.031	13.367			0.971
2...	0.005	0.005	13.393			0.971
2...	-0.00...	-0.00...	13.401			0.976
2...	0.019	0.021	13.761			0.982
2...	0.011	0.007	13.887			0.979
2...	0.033	0.028	14.901			0.986
3...	0.001	0.000	14.902			0.948
3...	-0.06...	-0.06...	15.592			0.961
3...	0.006	0.013	18.632			0.971
3...	0.005	-0.00...	18.652			0.972
3...	-0.02...	-0.01...	19.298			0.970
3...	0.03...	-0.03...	20.265			0.967
3...	-0.03...	-0.03...	21.325			

*Probabilities may not be valid for this equation specification.

UBA-Maestría en Economía. Ec. Angel Maridueña.

Date: 11/28/15 Time: 17:52
Sample: 1/04/2010 10/30/2013
Included observations: 926

Autocorrelation	Partial Correlation	AC	PAC	Q-Stat	Prob...
1	0.001	0.001	0.0009	0.977	
2	0.017	0.017	0.2819	0.869	
3	0.008	0.008	0.3471	0.951	
4	-0.04...	-0.04...	1.8573	0.762	
5	0.016	0.016	2.0916	0.836	
6	0.018	0.019	2.3926	0.880	
7	0.001	0.001	2.3944	0.935	
8	-0.03...	-0.03...	3.3342	0.912	
9	0.080	0.082	9.3579	0.405	
1...	-0.03...	-0.02...	10.222	0.421	
1...	-0.04...	-0.04...	12.103	0.356	
1...	0.077	0.075	17.624	0.128	
1...	-0.00...	0.002	17.673	0.170	
1...	-0.02...	-0.03...	18.141	0.200	
1...	0.073	0.068	23.115	0.082	
1...	-0.05...	-0.04...	25.443	0.062	
1...	-0.03...	-0.03...	26.638	0.064	
1...	-0.03...	-0.04...	27.762	0.066	
1...	-0.01...	-0.00...	27.952	0.084	
2...	-0.01...	-0.00...	28.042	0.108	
2...	0.014	-0.00...	28.235	0.134	
2...	0.004	0.006	28.250	0.168	
2...	-0.00...	0.017	28.251	0.206	
2...	0.004	-0.01...	28.266	0.249	
2...	0.026	0.036	28.911	0.268	
2...	-0.00...	0.003	28.970	0.312	
2...	0.040	0.028	30.478	0.293	
2...	-0.01...	-0.01...	30.576	0.336	
2...	-0.00...	0.007	30.577	0.386	
3...	-0.01...	-0.01...	30.718	0.429	
3...	0.003	0.010	30.727	0.480	
3...	-0.00...	-0.00...	30.770	0.529	
3...	0.004	0.009	30.787	0.578	
3...	0.022	0.011	31.237	0.604	
3...	-0.01...	-0.01...	31.341	0.645	
3...	0.043	0.037	33.105	0.607	

*Probabilities may not be valid for this equation specification.

Date: 11/28/15 Time: 17:54
Sample: 1/04/2010 10/31/2013
Included observations: 927
Q-statistic probabilities adjusted for 1 ARMA term

Autocorrelation	Partial Correlation	AC	PAC	Q-Stat	Prob...
1	0.014	0.014	0.1760	0.641	
2	0.007	0.007	0.2177	0.641	
3	0.031	0.031	1.0981	0.577	
4	-0.01...	-0.01...	1.2555	0.740	
5	0.013	0.013	1.4054	0.843	
6	0.006	0.005	1.4396	0.920	
7	-0.03...	-0.03...	2.3423	0.886	
8	0.003	0.002	2.3489	0.938	
9	0.048	0.049	4.5336	0.806	
1...	-0.00...	-0.00...	4.5892	0.869	
1...	-0.01...	-0.01...	4.6809	0.911	
1...	-0.01...	-0.01...	4.9003	0.936	
1...	0.032	0.034	5.8428	0.924	
1...	0.001	-0.00...	5.8438	0.952	
1...	0.039	0.040	7.3041	0.922	
1...	-0.01...	-0.01...	7.3930	0.946	
1...	-0.03...	-0.03...	8.8552	0.919	
1...	0.001	-0.00...	8.8555	0.945	
1...	-0.02...	-0.02...	9.4074	0.950	
2...	0.046	0.052	11.447	0.908	
2...	-0.01...	-0.01...	11.624	0.928	
2...	0.024	0.025	12.178	0.935	
2...	0.008	0.004	12.243	0.952	
2...	0.032	0.029	13.229	0.947	
2...	0.011	0.010	13.337	0.960	
2...	-0.00...	-0.00...	13.340	0.972	
2...	0.016	0.018	13.579	0.978	
2...	0.015	0.011	13.794	0.983	
2...	0.034	0.029	14.903	0.979	
3...	-0.00...	-0.00...	14.906	0.986	
3...	-0.06...	-0.06...	18.749	0.945	
3...	0.008	0.014	18.805	0.958	
3...	0.003	-0.00...	18.813	0.969	
3...	-0.02...	-0.02...	19.494	0.970	
3...	-0.03...	-0.04...	20.968	0.961	
3...	-0.03...	-0.02...	22.015	0.957	

*Probabilities may not be valid for this equation specification.

Dependent Variable: DLOG(NIKKEI)
Method: ML ARCH - Normal distribution (Marquardt / EViews legacy)
Date: 11/28/15 Time: 17:53
Sample: 1/04/2010 10/31/2013
Included observations: 927
Convergence achieved after 12 iterations
Presample variance: unconditional
GARCH = C(2) + C(3)*RESID(-1)^2 + C(4)*RESID(-1)^2*(RESID(-1)-0) +
C(5)*RESID(-2)^2*(RESID(-2)-0) + C(6)*RESID(-3)^2*(RESID(-3)-0) +
C(7)*GARCH(-1) + C(8)*GARCH(-2) + C(9)*GARCH(-3) + C(10)
*GARCH(-4)

Variable	Coefficient	Std. Error	z-Statistic	Prob.
MA(26)	-0.058129	0.029600	-1.963785	0.0496

Variance Equation				
C	1.92E-07	1.63E-07	1.177529	0.2390
RESID(-1)^2	0.006344	0.002483	2.555175	0.0106
RESID(-1)^2*(RESID(-1)-0)	0.229051	0.020585	11.12693	0.0000
RESID(-2)^2*(RESID(-2)-0)	-0.101234	0.056457	-1.793101	0.0730
RESID(-3)^2*(RESID(-3)-0)	-0.132094	0.076444	-1.727995	0.0840
GARCH(-1)	0.904837	0.233348	3.877622	0.0001
GARCH(-2)	0.677654	0.350981	1.930744	0.0535
GARCH(-3)	-0.489196	0.132388	-3.695158	0.0002
GARCH(-4)	-0.098333	0.068119	-1.443535	0.1489

R-squared	0.005216	Mean dependent var	0.000331
Adjusted R-squared	0.005216	S.D. dependent var	0.014235
S.E. of regression	0.014198	Akaike info criterion	-5.802019
Sum squared resid	0.186667	Schwarz criterion	-5.749894
Log likelihood	2699.236	Hannan-Quinn criter.	-5.782135
Durbin-Watson stat	2.048323		

Inverted MA Roots				
.90	.87+ .21i	.87-.21i	.79+ .42i	.79-.42i
.79-.42i	.67-.59i	.67+.59i	.51+.74i	.51-.74i
.51+.74i	.32+.84i	.32-.84i	.11+.89i	.11-.89i
.11+.89i	-.11+.89i	-.11-.89i	-.32+.84i	-.32-.84i
-.32+.84i	-.51+.74i	-.51-.74i	-.67+.59i	-.67-.59i
-.67+.59i	-.79-.42i	-.79+.42i	-.87+.21i	-.87-.21i
-.87+.21i				

Date: 11/28/15 Time: 17:55
Sample: 1/04/2010 10/31/2013
Included observations: 927

Autocorrelation	Partial Correlation	AC	PAC	Q-Stat	Prob...
1	0.007	0.007	0.0445	0.833	
2	0.007	0.006	0.0840	0.959	
3	-0.01...	-0.01...	0.2081	0.976	
4	-0.04...	-0.04...	1.7331	0.785	
5	0.005	0.006	1.7598	0.881	
6	0.018	0.019	2.0725	0.913	
7	-0.00...	-0.00...	2.0725	0.956	
8	-0.02...	-0.03...	2.8340	0.944	
9	0.077	0.078	8.3908	0.495	
1...	-0.02...	-0.02...	9.1621	0.517	
1...	-0.03...	-0.03...	10.450	0.488	
1...	0.070	0.071	15.101	0.236	
1...	-0.00...	0.000	15.124	0.300	
1...	-0.01...	-0.02...	15.457	0.348	
1...	0.085	0.084	22.289	0.100	
1...	-0.05...	-0.04...	24.925	0.071	
1...	-0.03...	-0.03...	26.000	0.074	
1...	-0.03...	-0.03...	26.919	0.081	
1...	-0.01...	-0.00...	27.015	0.104	
2...	-0.00...	0.003	27.016	0.135	
2...	0.023	0.005	27.513	0.155	
2...	0.008	0.009	27.567	0.190	
2...	-0.00...	0.013	27.568	0.233	
2...	0.006	-0.01...	27.603	0.277	
2...	0.030	0.042	28.436	0.288	
2...	-0.00...	0.009	28.436	0.337	
2...	0.037	0.024	29.765	0.325	
2...	-0.00...	0.003	29.767	0.374	
2...	-0.00...	0.008	29.767	0.426	
3...	-0.01...	-0.01...	29.881	0.472	
3...	0.005	0.014	29.901	0.522	
3...	-0.00...	-0.00...	29.914	0.572	
3...	0.009	0.012	29.992	0.618	
3...	0.024	0.014	30.564	0.637	
3...	-0.00...	-0.01...	30.645	0.678	
3...	0.040	0.036	32.178	0.651	

*Probabilities may not be valid for this equation specification.

Para la selección entre distintos modelos rivales se utilizaron los Criterios de información (Akaike o Schwarz), los cuales determinaron que de los dos modelos encontrados el que mejor ajusta para modelar la media y la varianza de los retornos del Índice Nikkei es el modelo rival 1, ya que éste es el que minimiza los criterios de información antes mencionados, según el siguiente desglose:

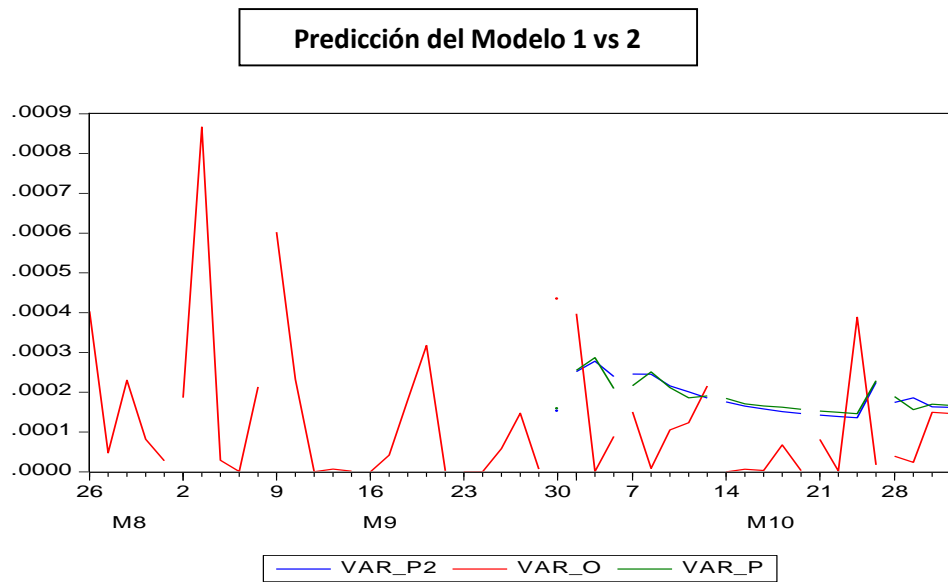
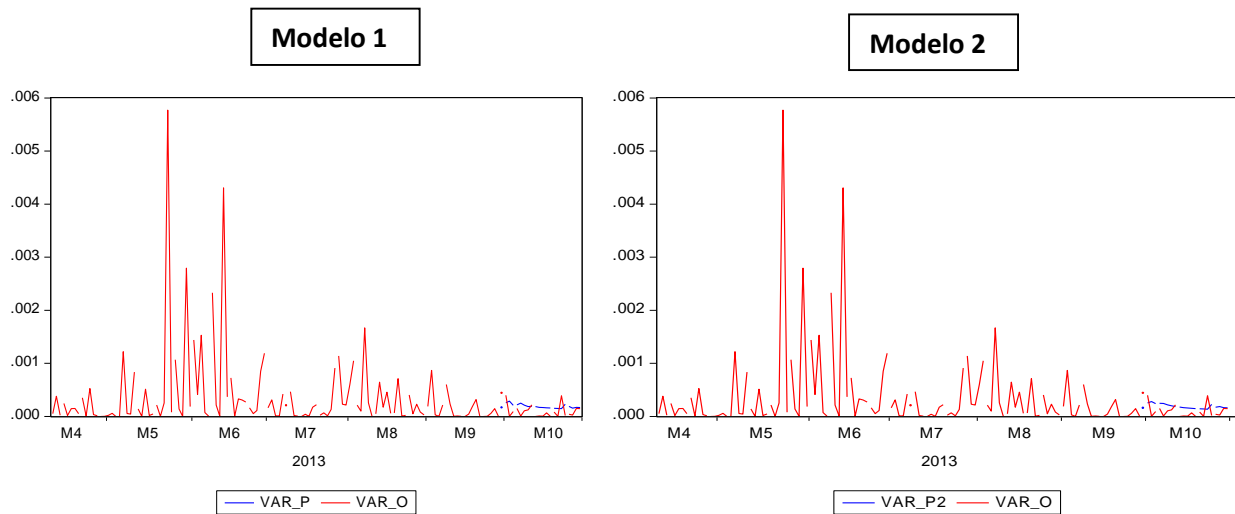
	Modelo 1	Modelo 2
Akaike	-5.807467	-5.802019
Schwarz	-5.760515	-5.749894
Mejor Ajuste	X	

Pronóstico:

Para realizar el pronóstico de los retornos del Índice Nikkei procedemos a achicar la muestra, la cual antes era 01Ene2010 a 31Oct2013 que ahora pasa a ser 01Ene2010 a 30Sep2013. Así la predicción será de un mes.

Dicha reducción en el *sample* no alteró los resultados de la regresión, es decir no alteró ni el ruido blanco en el correlograma de los residuos ni el de los residuos al cuadrado.

Para comparar la varianza condicional pronosticada del modelo 1 y 2 con la observada, generaremos como aproximación a la varianza observada a los retornos del Índice Nikkei al cuadrado, sabiendo de antemano que es una aproximación bastante pobre de la verdadera varianza, que es inobservable. Por lo que el forecast para los dos modelos se plantea de la siguiente manera:



Se resume las estadísticas reportadas para cada modelo:

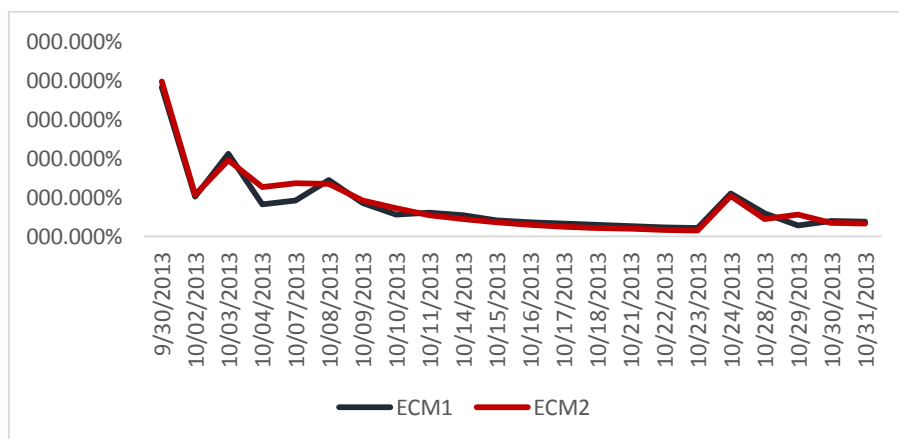
Forecast: NIKKEIF Actual: DLOG(NIKKEI) Forecast sample: 9/30/2013 10/31/2013 Included observations: 22 Root Mean Squared Error 0.010627 Mean Absolute Error 0.008545 Mean Abs. Percent Error 99.25887 Theil Inequality Coefficient 0.932742 Bias Proportion 0.010414 Variance Proportion 0.830316 Covariance Proportion 0.159270	Forecast: NIKKEIF2 Actual: DLOG(NIKKEI) Forecast sample: 9/30/2013 10/31/2013 Included observations: 22 Root Mean Squared Error 0.010618 Mean Absolute Error 0.008538 Mean Abs. Percent Error 98.86908 Theil Inequality Coefficient 0.939226 Bias Proportion 0.010955 Variance Proportion 0.846333 Covariance Proportion 0.142712
--	---

Se elabora el Error Cuadrático Medio para cada modelo a fin de poder determinar con cual de los dos finalmente nos quedaremos desde el punto de vista de la bondad del pronóstico.

Para esto utilizaremos como variables a la varianza pronosticada de cada modelo, la cual se obtuvo de los forecast y como aproximación a la varianza observada, los retornos del Indice Nikkei al cuadrado, tal como se expone a continuación:

$$ECM = \frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (\hat{\sigma}_i - \bar{\sigma})^2$$

Fechas	VAR_O	VAR_P1	VAR_P2	ECM 1	ECM 1	ECM 2	ECM 2
1 9/30/2013	0.00043	0.000157866	0.00015226	-0.0003	0.00001%	-0.0003	0.000008%
2 10/02/2013	0.00040	0.000255179	0.000251858	-0.0001	0.00000%	-0.0001	0.000002%
3 10/03/2013	0.00000	0.000286757	0.000278145	0.0002	0.00000%	0.0002	0.000004%
4 10/04/2013	0.00009	0.000209221	0.000239441	0.0001	0.00000%	0.0002	0.000003%
5 10/07/2013	0.00015	0.000216514	0.000245681	0.0001	0.00000%	0.0002	0.000003%
6 10/08/2013	0.00001	0.000251007	0.000245174	0.0002	0.00000%	0.0002	0.000003%
7 10/09/2013	0.00011	0.000211646	0.00021615	0.0001	0.00000%	0.0001	0.000002%
8 10/10/2013	0.00012	0.000185738	0.000200841	0.0001	0.00000%	0.0001	0.000001%
9 10/11/2013	0.00022	0.000190562	0.000185326	0.0001	0.00000%	0.0001	0.000001%
10 10/14/2013	-	0.000184781	0.00017554	0.0001	0.00000%	0.0001	0.000001%
11 10/15/2013	0.00001	0.000171038	0.000165109	0.0001	0.00000%	0.0001	0.000001%
12 10/16/2013	0.00000	0.000165517	0.000158151	0.0001	0.00000%	0.0001	0.000001%
13 10/17/2013	0.00007	0.00016244	0.000151151	0.0001	0.00000%	0.0001	0.000000%
14 10/18/2013	0.00000	0.000156891	0.000146638	0.0001	0.00000%	0.0001	0.000000%
15 10/21/2013	0.00008	0.000152622	0.000142422	0.0001	0.00000%	0.0001	0.000000%
16 10/22/2013	0.00000	0.000149455	0.00013913	0.0001	0.00000%	0.0001	0.000000%
17 10/23/2013	0.00039	0.000146095	0.000135603	0.0001	0.00000%	0.0001	0.000000%
18 10/24/2013	0.00002	0.000228899	0.000225029	0.0001	0.00000%	0.0001	0.000002%
19 10/28/2013	0.00004	0.000188971	0.000174181	0.0001	0.00000%	0.0001	0.000001%
20 10/29/2013	0.00002	0.000156223	0.000185798	0.0001	0.00000%	0.0001	0.000001%
21 10/30/2013	0.00015	0.000169868	0.000163179	0.0001	0.00000%	0.0001	0.000001%
22 10/31/2013	0.00015	0.000166947	0.000161931	0.0001	0.00000%	0.0001	0.000001%
PROMEDIO	0.00008			ECM 1	0.00000166%	ECM2	0.00000170%



Como podemos apreciar la que menor ECM posee es el modelo 1 por lo que, para el resultado final del Índice Nikkei nos quedaremos con este modelo ya que desde el punto de vista de la bondad del ajuste este modelo es el que estadísticamente mejor predice los retornos del Nikkei.

APLICACIÓN DE LOS MODELOS PARA DIFERENTES PERIODICIDADES:

Dado que la periodicidad de las series es diaria, se probó la capacidad de ajuste y predicción de los modelos encontrados anteriormente para cada serie con ciclo mensual, en línea con lo esperado, dada la volatilidad en los datos de los retornos de series financieras, los modelos que ajustaron a la periodicidad diaria son exclusivamente para este tipo de serie, ya que cuando se analizó la serie mensual la aplicación de estos modelos dieron como resultados variables no significativas tanto para ajuste como para predicción.

Se resume los modelos puestos a prueba para la modalidad mensual:

	MODEL	VARIANZA			MEDIA	DISTRIBUCION	PERIODO	SIGNIFICANCIA
1	GARCH/TARCH	ARCH (2)	GARCH (3)	TARCH (0)	AR(1) MA(21)	NORMAL (GAUSSIAN)	2010m01 2013m10	NULA
2	GARCH/TARCH	ARCH (1)	GARCH (3)	TARCH (1)	AR(1) AR(19) AR(21)	NORMAL (GAUSSIAN)	2010m01 2013m10	NULA

	MODEL	VARIANZA			MEDIA	DISTRIBUCION	PERIODO	SIGNIFICANCIA
1	GARCH/TARCH	ARCH (1)	GARCH (1)	TARCH (1)	AR(25)	NORMAL (GAUSSIAN)	2010m01 2013m10	NULA
2	GARCH/TARCH	ARCH (1)	GARCH (1)	TARCH (1)	AR(25) AR(11)	NORMAL (GAUSSIAN)	2010m01 2013m10	NULA

	MODEL	VARIANZA			MEDIA	DISTRIBUCION	PERIODO	SIGNIFICANCIA
1	GARCH/TARCH	ARCH (1)	GARCH (4)	TARCH (2)	MA(26)	NORMAL (GAUSSIAN)	2010m01 2013m10	NULA
2	GARCH/TARCH	ARCH (1)	GARCH (4)	TARCH (3)	MA(26)	NORMAL (GAUSSIAN)	2010m01 2013m10	NULA