

Jornada Técnica

***Generación de Escenarios económicos para
la medición de riesgos de mercado en
Solvencia II a través de modelos de series
temporales***

**Madrid
10 de junio de 2015**

OBJETIVOS DEL TRABAJO

1. Analizar el proceso de **construcción de modelos internos** de medición de **riesgos de mercado** mediante el **análisis de series temporales**.
 - Mostrar diferentes **alternativas** que intentan recoger las distintas **características empíricas observadas** en las series analizadas.
2. **Describir los principales test de *backtesting***, que es una técnica de validación que permite evaluar las discrepancias entre los modelos y las realizaciones reales.
3. **Medir las cargas de capital resultantes** del empleo de dichos modelos para el riesgo de renta variable, riesgo de spreads, riesgo de inmuebles y riesgo de tipos de cambio de una compañía aseguradora en Solvencia II.

ÍNDICE

Objetivo 1. Construcción de modelos internos para riesgos de mercado

1. Modelos de series temporales univariantes
2. Modelos de series temporales multivariantes

Objetivo 2. Describir los principales test de backtesting

3. Métodos de comparación y selección de modelos

Objetivo 3. Medir las cargas de capital resultantes

4. Análisis empírico

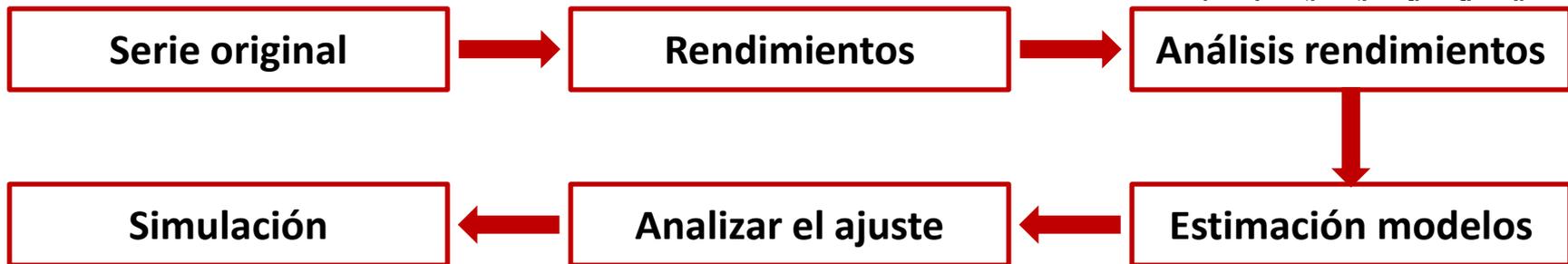
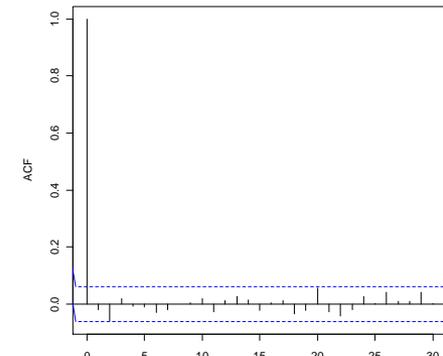
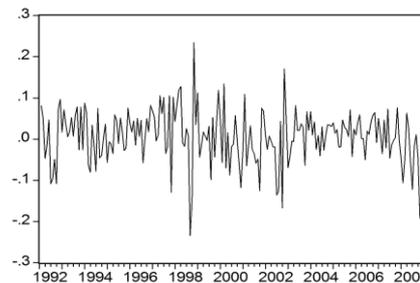
1. Modelos de series temporales univariantes

2. Modelos de series temporales multivariantes

- Exceso de curtosis o colas gordas mayores que la normal.
- Frecuentemente se obtienen distribuciones ligeramente asimétricas negativas.
-> Otras distribuciones: mixtura de normales, t Student, hiperbólica, etc.
- En caso de analizar series financieras de baja frecuencia existe autocorrelación serial. Sin embargo en las series financieras de alta frecuencia se suele encontrar una ausencia o reducida estructura en la media.
-> Modelos para la media condicional: ARMA, etc.
- Existencia de períodos de agrupamiento, persistencia o conglomerados de volatilidad.
-> Modelos para la volatilidad condicional: GARCH, etc.
- De manera ocasional se pueden producir valores muy altos de volatilidad en determinados momentos.
-> Modelos de cambio de régimen
- Comportamiento asimétrico de las series temporales.
-> Modelos GARCH, SV, asimétricos, etc.
- Movimientos conjuntos de volatilidad entre mercados.
-> Distribución normal, t de Student, etc multivariante, Distribuciones provenientes de cópulas, Modelos multivariantes (MGARCH, modelos de cambio de régimen, etc.)

1. Modelos de series temporales univariantes

-> Establecer los principales modelos de series temporales univariantes que se aplicarán posteriormente



	Static	p-Value
Jarque-Bera Test	2.675	0
Shapiro-Wilk Test	0.985	3,41E-07

$$-\frac{1}{2} \sum_{t=2}^T \left[\ln(2\pi) + \ln(\sigma^2) + \frac{(r_t - \mu)^2}{\sigma^2} \right]$$

Value at risk

1. Modelos de series temporales univariantes

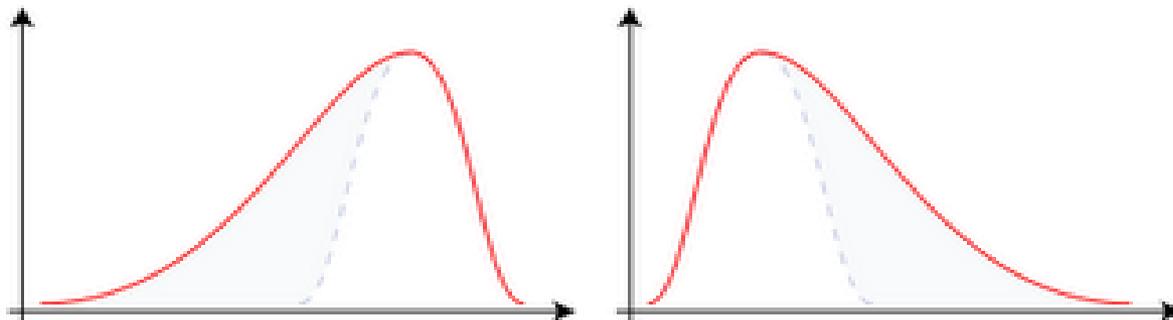
Introducción a las series univariantes de rendimientos

Rendimientos aritméticos o logarítmicos, momentos de los rendimientos, agregación temporal, función de autocorrelación parcial (FAP) y simple (FAS), EMV, etc.

-> **Herramientas estadísticas básicas.**

Modelos incondicionales

Normal, mixturas de normales, t de Student, etc.



1. Modelos de series temporales univariantes

- Software (R, Eviews y TSM)

```
library(tseries)
```

```
x <- get.hist.quote(instrument = "^IBEX", quote = c("AdjClose"), compression = "d", start = "2001-01-01",
"2008-06-30")
```

```
plot(x, xlab = "", ylab = "")
```

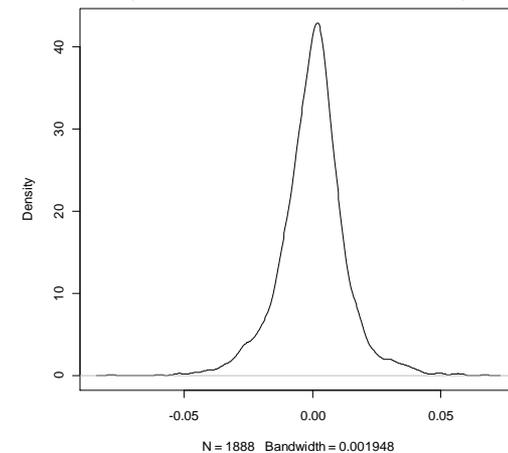
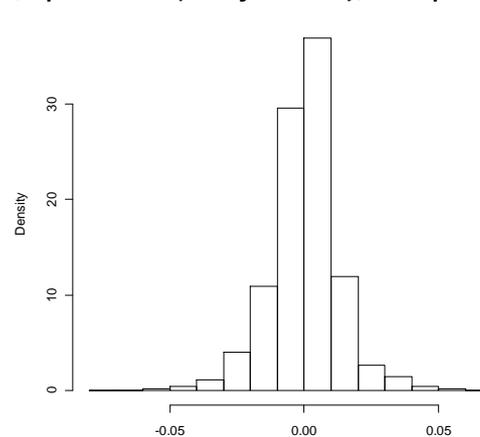
```
r = diff(log(x))
```

```
plot(r, xlab = "", ylab = "", t = "l")
```

```
r = ts(r)
```

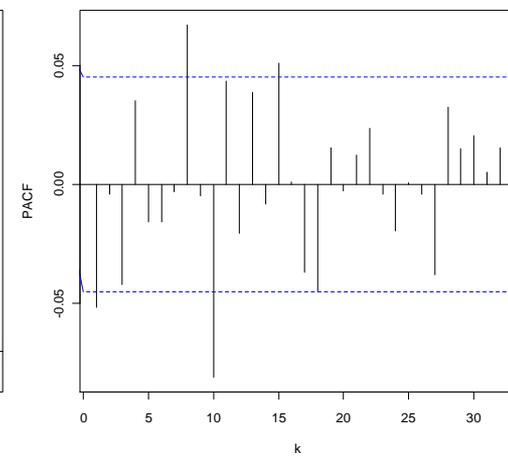
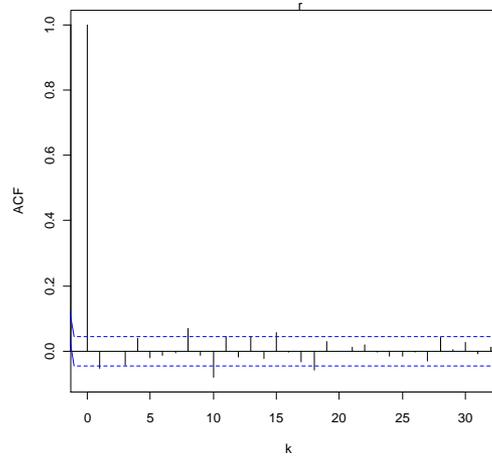
```
hist(r, freq = FALSE, main = "")
```

```
plot(density(r), main = "")
```



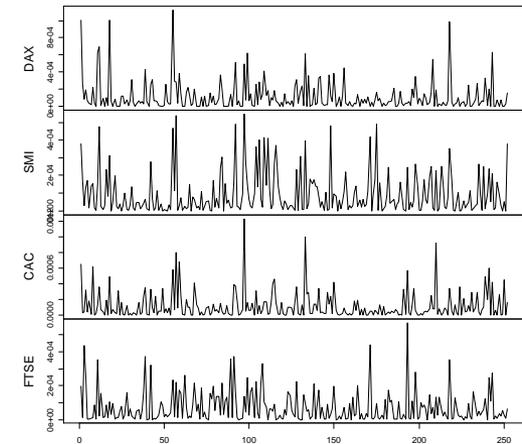
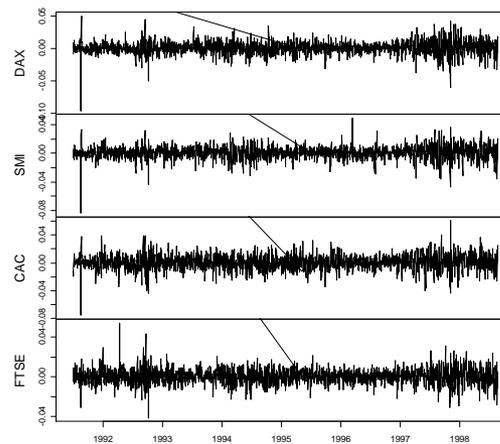
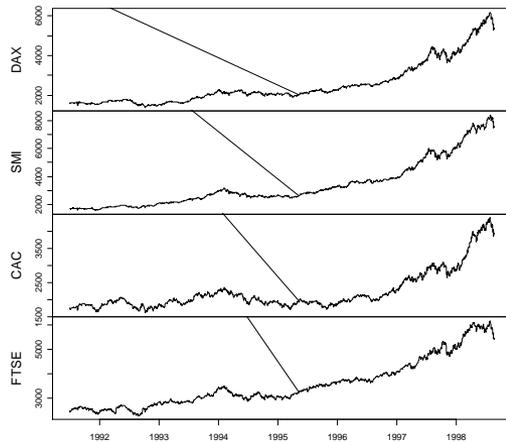
```
acf(r, main = "", xlab = "k")
```

```
pacf(r, main = "", ylab = "PACF", xlab = "k")
```



2. Modelos de series temporales multivariantes

-> Extender el análisis univariante al campo multivariante.



-> Analizar modelos para modelizar el comportamiento conjunto de las series

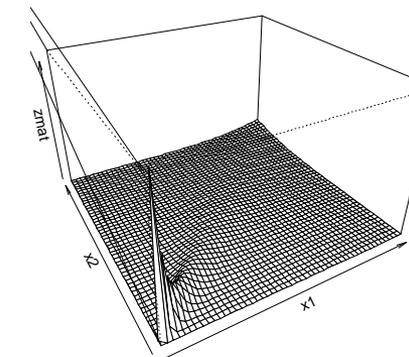
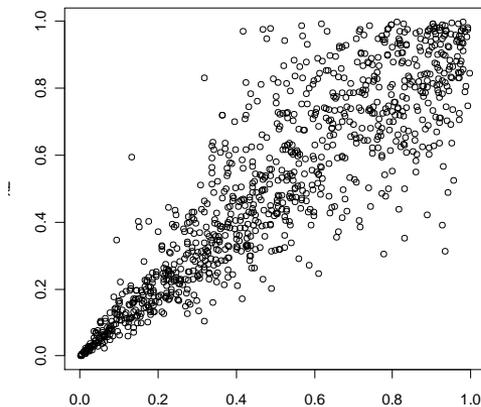
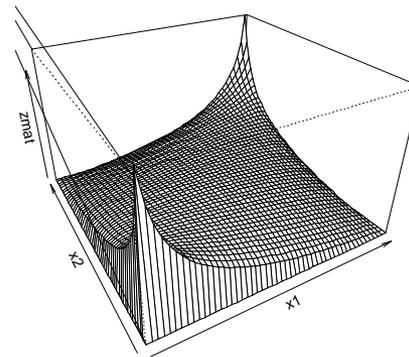
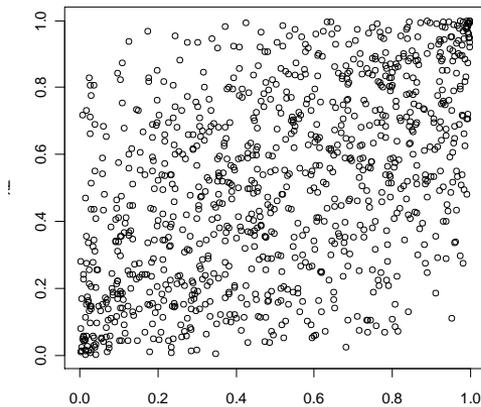
Introducción a las series multivariantes de rendimientos

Revisión de conceptos tales como momentos de los rendimientos, volatilidad conjunta de rendimientos, distribución normal multivariante, t de Student, etc.

2. Modelos de series temporales multivariantes

Cóputas

Estimación y simulación de las cóputas más conocidas (Gumbel, Frank, Clayton, Normal, t de Student, empírica, etc.)



2. Modelos de series temporales multivariantes

-Revisión teórica

-Excel

t	r _{i,t}			f _i (r _{i,t})			DISTR.NORM.ESTAND.INV()			Ln L
	A	B	C	A	B	C	A	B	C	
1	-2,82%	0,07%	0,46%	0,49%	47,45%	64,80%	-258,59%	-6,39%	38,00%	-0,11
2	-0,07%	-2,81%	-0,45%	43,50%	5,87%	19,01%	-16,37%	-156,58%	-87,74%	0,03
3	0,99%	3,15%	-0,92%	77,93%	93,85%	6,34%	77,00%	154,24%	-152,68%	0,34
4	1,44%	0,83%	-0,33%	87,83%	63,02%	23,84%	116,63%	33,25%	-71,16%	0,18
5	1,53%	1,83%	0,71%	89,35%	80,34%	76,59%	124,56%	85,40%	72,54%	0,17
6	-0,49%	-0,61%	-0,33%	29,68%	33,78%	23,84%	-53,36%	-41,85%	-71,16%	0,05
...
									Total	0,55

-Software (R)

```
library(copula)
```

```
copnormal <- normalCopula(c(0.5,0.5, 0.5),dim=3,dispstr="un")
```

```
copsim <- rcopula(copnormal, n=1000)
```

```
fitCopula(copnormal, copsim, method="ml")
```

	Estimate	Std. Error	Z value	Pr(> z)
rho.1	0.5838241	0.01843786	31.66442	0
rho.2	0.3660652	0.02550262	14.35402	0
rho.3	0.6104138	0.01737517	35.13140	0

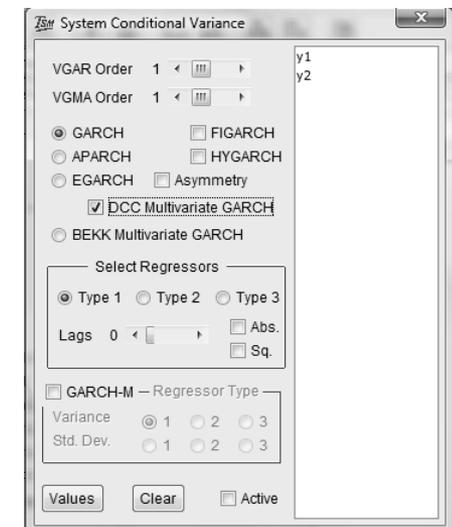
2. Modelos de series temporales multivariantes

Modelos VARMA, VECM, GARCH multivariantes (modelos VEC, EWMA, CCC GARCH, DCC GARCH, etc.) Otros (modelos de Markov multivariantes), etc.

- Revisión teórica
- Excel

t	u_1,t	u_2,t	u_1,t u_2,t	p_i,t	Ln L
0					
1	1,1905	0,5185	0,6173	0,6961	-0,4706
2	-0,1953	0,3077	-0,0601	0,7003	0,1242
3	0,6557	0,8000	0,5246	0,6883	-0,0096
4	-0,6780	0,0813	-0,0551	0,7061	-0,1974
5	0,7826	0,5085	0,3979	0,6794	0,0028
6	0,5310	0,6034	0,3204	0,6940	0,1343
7	0,9091	0,2655	0,2414	0,7071	-0,2090
...

- Eviews, TSM y R



3. Métodos de comparación y selección de modelos

-> Un elemento fundamental a la hora de seleccionar un modelo es el **proceso de validación** (cuantitativa y cualitativa) al que es preciso someterlo.

Abordamos **exclusivamente diferentes test estadísticos y pruebas cuantitativas que pueden aplicarse**: se han clasificado como **técnicas de *backtesting* y otros criterios tradicionales de selección de modelos**.

Backtesting

Procedimiento estadístico utilizado para validar un modelo mediante la **comparación de los resultados reales** (distribución empírica de pérdidas y ganancias) y las **medidas de riesgo generadas** por los modelos (VaR).

3. Métodos de comparación y selección de modelos

- Test de cobertura incondicional.

Se centran por tanto en el número de fallos que tiene el modelo en relación al número que debería tener. Kupiec, TUFF, etc.

$$POF = -2\ln\left(\frac{(1-p)^{T-x}p^x}{\left(1-\left(\frac{x}{T}\right)\right)^{T-x}\left(\frac{x}{T}\right)^x}\right) = -2\ln\left(\frac{(1-0,005)^{216-4}0,005^4}{\left(1-\left(\frac{4}{216}\right)\right)^{216-4}\left(\frac{4}{216}\right)^4}\right) = 4,675$$

-Test de independencia

Analizan la propiedad de independencia en la serie de fallos o cómo éstas se distribuyen a lo largo del tiempo. Christoffersen, Christoffersen y Pelletier basado en la duración, etc.

-Test conjuntos

-Test basados en múltiples niveles VaR.

-Test basados en la función de pérdidas

-**Otras:** pruebas basadas en la relación entre VaR y rendimientos, etc.

Conclusiones -> Dificultades prácticas que surgen principalmente debido al horizonte de tiempo considerado en Solvencia II y la falta de datos adecuados. No existe un test exclusivo que sirva para medir directamente la validez de un modelo VaR, sino que distintos test analizan distintas propiedades deseadas de la serie de fallidos.

3. Métodos de comparación y selección de modelos

Criterios tradicionales de selección de modelos.

-Basados en la función de verosimilitud (AIC, SBC, HQC, LRT)

-Basados en el error de sus predicciones (RMSE, MAE, etc.)

-Basados en el análisis de los residuos

Normalidad (Pruebas gráficas, Test formales: Jarque–Bera test, Anderson–Darling test, Cramer–von Mises test, etc.)

Autocorrelación y heterocedasticidad (Q de Ljung y Box , etc.)

Conclusiones:

Backtesting vs ajuste global vs errores de predicción

Hipótesis de normalidad no indispensable para la generación de escenarios futuros -> empleo otras distribuciones (t Student, GED, etc.)

Hipótesis de independencia tampoco -> empleo de *block bootstrap* o remuestreo por bloques para preservar la dependencia original de la serie dentro de un bloque.

4. Análisis empíricos

Medir las cargas de capital resultantes del empleo de dichos modelos para el riesgo de renta variable, riesgo de spreads, riesgo de inmuebles y riesgo de tipos de cambio de una compañía aseguradora en Solvencia II.

A continuación nos centraremos en el trabajo realizado para el riesgo de renta variable y el riesgo de inmuebles

4. 1 Renta variable (modelos)

La tabla inferior muestra las especificaciones de los modelos que hemos evaluado susceptibles de ser utilizados como modelos internos de riesgo de *equity*. En particular, hemos considerado el modelo lognormal por constituir la base de Solvencia II, los modelos GARCH y EGARCH, así como sus variantes incorporando cambio de régimen de Markov.

Model	Specification ¹
Normal	$y_t = \mu + \sigma Z_t$
GARCH (1,1)	$y_t = \mu + \varepsilon_t; \varepsilon_t = \sigma_t z_t; \sigma_t^2 = \omega + \alpha_1 \varepsilon_{t-1}^2 + \beta_1 \sigma_{t-1}^2$
EGARCH (1,1)	$y_t = \mu + \varepsilon_t; \varepsilon_t = \sigma_t z_t; \log(\sigma_t^2) = \omega + \alpha_1 \left \frac{\varepsilon_{t-1}}{\sigma_{t-1}} \right + \gamma_1 \frac{\varepsilon_{t-1}}{\sigma_{t-1}} + \beta_1 \log(\sigma_{t-1}^2)$
RSLN (<i>k</i> regímenes)	$y_t = \mu_i + \sigma_i Z_t; (p_t = 1, \dots, k)$
RS-GARCH (1,1)	$y_t = \mu_i + \varepsilon_t; \varepsilon_t = \sigma_{i,t} z_t; \sigma_{i,t}^2 = \omega_i + \alpha_i (\varepsilon_{t-1})^2 + \beta_i \sigma_{t-1}^2; (i = 1,2)$
RS-EGARCH (1,1)	$y_t = \mu_i + \varepsilon_t; \varepsilon_t = \sigma_{i,t} z_t; \log(\sigma_{i,t}^2) = \omega_i + \alpha_i \left[\left \frac{\varepsilon_{t-1}}{\sqrt{\sigma_{i,t-1}^2}} \right - \sqrt{2/\pi} \right] + \beta_i \log(\sigma_{t-1}^2) + \delta_i \frac{\varepsilon_{t-1}}{\sqrt{\sigma_{i,t-1}^2}}, (i = 1,2)$

4. 1 Renta variable (datos)

Los datos analizados para calibrar el riesgo de *equity* están compuestos por observaciones mensuales de los rendimientos de cuatro índices de las principales bolsas Europeas (FTSE 100, CAC40, DAX y IBEX-35).

El rendimiento medio no es muy relevante y la asimetría es significativa y negativa, implicando un posible efecto apalancamiento. Además, la curtosis es mayor que la de una distribución normal, indicando que los rendimientos tienen colas pesadas.

	CAC	FTSE	IBEX	DAX
Mean	0,0027	0,0033	0,0068	0,0061
Median	0,0123	0,0075	0,0100	0,0137
Maximum	0,1259	0,1088	0,2342	0,1937
Minimum	-0,1923	-0,1395	-0,2340	-0,2933
Std,Dev,	0,0573	0,0428	0,0666	0,0638
Skewness	-0,5326	-0,5756	-0,2675	-0,8101
Kurtosis	3,4354	3,6043	4,2821	5,4654
JBstatistic	13,1325	16,9036	17,3706	83,0442
Probability	0,0014	0,0002	0,0002	0,0000
Observations	238	240	216	229

4. 1 Renta variable (estimación modelos)

Estimación utilizando E-Views y TSM.

		CAC 40	FTSE 100	IBEX-35	DAX
LOGNORMAL	Intercept	0.0026	0.0033	0.0068	0.0060
	S.D.	0.0572	0.0425	0.0664	0.0636
Garch (1,1)	Intercept	0.0062	0.0067	0.0106	0.0096
	intercept garch	0.0004	0.0001	0.0001	0.0003
	Alfa	0.1819	0.1989	0.1735	0.1408
	Beta	0.7162	0.7624	0.8103	0.8011
EGARCH(1,1)	Intercept	0.0059	0.0068	0.0106	0.0086
	intercept egarch	-1.4569	-1.0561	-0.7445	-0.7298
	assymetry (nu)	-0.1951	-0.1063	-0.0818	-0.0512
	Alfa	0.3117	0.3213	0.2891	0.2554
	Beta	0.7949	0.8762	0.9077	0.9047
RSLN2	P(1 2) P(2 1)	0.9316/0.1011	0.9560/0.0220	0.9572/0.0507	0.9777/0.0170
		Regime 1:	Regime 1:	Regime 1:	Regime 1:
	Mean/S.D.	0.0152/0.0394	0.0111/0.0204	-0.0042/0.0831	-0.00388 /0.08393
		Regime 2:	Regime 2:	Regime 2:	Regime 2:
	Mean/S.D.	-0.0156/0.07221	-0.00126/0.05064	0.01898/0.0375	0.0140/0.0388
RSLN3	P(1 1),P(2 1)	0.9304/0.0614	0.3649/0.0217	0.8281/0.1657	0.9699/0.0002
	P(2 2),P(3 2)	0.69513/0.30264	0.6303/0.96587	0.9449/0.0546	0.5638/0.4330
		Regime 1:	Regime 1:	Regime 1:	Regime 1:
	Mean/S.D.	0.01004/0.03803	0.0588/0.0035	-0.01261/0.11705	-0.00497/0.08502
		Regime 2:	Regime 2:	Regime 2:	Regime 2:
	Mean/S.D.	-0.0648/0.0205	-0.0033/0.0504	0.0199/0.0378	-0.0033/0.0365
		Regime 3:	Regime 3:	Regime 3:	Regime 3:
Mean/S.D.	0.0671/0.0081	0.0110/0.0201	-0.0028/0.0661	0.0410/0.0242	
RS-GARCH	P(1 2)/P(2 1)	0.2609/0.8890	0.1506/0.0632	0.95677/ 0.0439	0.9126/0.2439
		Regime 1:	Regime 1:	Regime 1:	Regime 1:
	Intercept	-0.0061	-0.0876	-0.0073	0.0184
	Intercept garch	0.0498	0.0000	0.0698	0.0306
	Alpha	0.0343	0.0757	0.2112	0.0516
	Beta	0.8141	0.0430	0.274	0.8353
		Regime 2:	Regime 2:	Regime 2:	Regime 2:
	Intercept	0.0181	0.0102	0.0185	-0.0228
	Intercept garch	0.0000	0.0213	0.0342	0.0000
	Alpha	0.5745	0.1539	0.1401	0.0478
	Beta	0.3864	0.6889	0.5065	0.9753

4. 1 Renta variable (ajuste global modelos)

En general puede observarse que los modelos de cambio de régimen mejoran los otros modelos. Frente a estos, el modelo lognormal muestra el peor ajuste a la serie empírica de todos los índices.

	CAC 40	FTSE 100	IBEX-35	DAX
LOGNORMAL				
Log likelihood	1.4421	1.7376	1.2923	1.3351
SBC	1.4191	1.7148	1.2674	1.3114
HQC	1.4278	1.7234	1.2767	1.3203
AIC	1.4337	1.7293	1.2831	1.3264
GARCH(1,1)				
Log likelihood	1.4808	1.6962	1.3651	1.3968
SBC	1.4348	1.6507	1.3154	1.3493
HQC	1.4523	1.6680	1.3651	1.3968
AIC	1.4640	1.6796	1.3466	1.3793
E-GARCH				
Log likelihood	1.5017	1.7931	1.3666	1.3422
SBC	1.4442	1.7362	1.3044	1.2829
HQC	1.4659	1.7578	1.3666	1.3422
AIC	1.4806	1.7723	1.3435	1.3204
RSLN 2				
Log likelihood	1.4943	1.8335	1.3807	1.4378
SBC	1.4254	1.7652	1.3060	1.3666
HQC	1.4515	1.7911	1.3340	1.3934
AIC	1.4691	1.8086	1.3529	1.4116
RSLN3				
Log likelihood	1.5230	1.8438	1.3944	1.4497
SBC	1.3851	1.7072	1.2451	1.3073
HQC	1.4373	1.7590	1.3010	1.3610
AIC	1.4726	1.7940	1.3389	1.3973
RS-GARCH				
Log likelihood	1.5030	1.8288	1.3962	1.4489
SBC	1.3876	1.7147	1.2713	1.3298
HQC	1.4313	1.7579	1.3180	1.3747
AIC	1.4608	1.7871	1.3496	1.4050

4. 1 Renta variable (análisis de los residuos)

El cuadro siguiente muestra como los modelos que no tienen en consideración la existencia de regímenes, no superan el test de normalidad al 99% de confianza. No obstante, todos los modelos de cambio de régimen pasan el test de Jarque-Bera. Estos resultados están en línea con los obtenidos por Hardy *et al.* (2006) para los índices TSE y S&P 500.

Model	CAC 40	FTSE 100	IBEX-35	DAX
Lognormal	13.132 (0.001)	17.156 (0.000)	17.370 (0.000)	83.044 (0.000)
Garch	14.432 (0.000)	14.097 (0.000)	12.235 (0.002)	40.373 (0.000)
Egarch	6.371 (0.041)	11.326 (0.003)	24.888(0.000)	38.791 (0.000)
RSLN2	4.0341 (0.133)	3.9079 (0.142)	1.5482 (0.461)	1.4582 (0.482)
RSLN3	3.861 {0.145}	4.0396 (0.133)	6.0575 (0.048)	4.0139 (0.134)
RS-Garch	2.7844 (0.249)	3.5996 (0.165)	0.7938 (0.672)	2.8378 (0.242)

4. 1 Renta variable (*backtesting*)

CAC-40						
	LOGNORMAL	GARCH	E-GARCH	RSLN	RSLN-3	RS-GARCH
POF TEST (99.5%)	0.0426	0.1635	0.4978	0.1224	0.0000	0.1226
POF TEST (99%)	0.0147	0.0147	0.3362	0.3093	0.0002	0.3093
POF TEST (95%)	0.1529	0.3747	0.5616	0.0598	0.1529	0.0533
POF TEST (90%)	0.8621	0.1960	0.8621	0.0065	0.0135	0.0001
CHRISTOFFERSEN LR TEST (99.5%)	0.7115	0.7820	0.8539	1.0000	0.3319	1.0000
FTSE-100						
	LOGNORMAL	GARCH	E-GARCH	RSLN	RSLN-3	RS-GARCH
POF TEST (99.5%)	0.1668	0.0095	0.0438	0.8505	0.8505	0.8505
POF TEST (99%)	0.0497	0.0497	0.1409	0.8505	0.7893	0.7893
POF TEST (95%)	0.0969	0.0299	0.0299	0.7893	0.3535	0.7640
POF TEST (90%)	1.0000	0.2959	0.2958	0.5424	0.5104	0.8307
CHRISTOFFERSEN LR TEST (99.5%)	0.0207	0.6446	0.7127	0.9271	0.9271	0.5791
IBEX-35						
	LOGNORMAL	GARCH	E-GARCH	RSLN	RSLN-3	RS-GARCH
POF TEST (99.5%)	0.1288	0.1288	0.1288	0.9377	0.1411	0.4278
POF TEST (99%)	0.5875	0.2606	0.5875	0.3753	0.0372	0.9118
POF TEST (95%)	0.2144	0.7126	0.5051	0.0439	0.0008	0.5633
POF TEST (90%)	0.8913	0.4507	0.4507	0.0671	0.0671	0.8913
CHRISTOFFERSEN LR TEST (99.5%)	0.7713	0.7713	0.7713	0.9232	1.0000	0.8467
DAX						
	LOGNORMAL	GARCH	E-GARCH	RSLN	RSLN-3	RS-GARCH
POF TEST (99.5%)	0.0077	0.0374	0.1488	0.8896	0.8896	0.1488
POF TEST (99%)	0.0404	0.0404	0.3043	0.3348	0.3348	0.6526
POF TEST (95%)	0.4543	0.4543	0.8907	0.1472	0.0701	0.4410
POF TEST (90%)	0.8419	0.6409	0.2639	0.0649	0.0093	0.6409
CHRISTOFFERSEN LR TEST (99.5%)	0.6366	0.7061	0.7061	0.9254	0.9254	0.7778

El análisis de ambos test para los modelos propuestos y los diferentes índices muestra que los modelos de cambio de régimen RSLN2 y RS-Garch pasan todos los test. Algo similar ocurre para el modelo E-Garch, que excepto en el caso de la serie del IBEX-35, supera ambos test. De forma similar, el modelo lognormal y el Garch pasan los test para niveles bajos de confianza pero fallan para niveles elevados en la mayor parte de los índices

4. 1 Renta variable (requerimientos de capital)

El cuadro inferior muestra las necesidades de capital que resultan de aplicar los diferentes modelos previamente analizados, calibrados al igual que en el modelo estándar para un VaR al 99,5% de confianza. Como puede verse, el modelo de rendimientos normal subestima significativamente la cuantía de capital, en relación al resto de modelos

	NORMAL	GARCH	EGARCH	RSLN2	RSLN3	RSGARCH
CAC						
VaR (99,5%)	-32,4%	-31,4%	-34,5%	-37,5%	-38,5%	-39,9%
VaR (99%)	-29,6%	-28,3%	-29,9%	-35,0%	-36,5%	-37,2%
DAX						
VaR (99,5%)	-32,5%	-33,5%	-35,3%	-41,0%	-40,2%	-36,7%
VaR (99%)	-29,8%	-29,9%	-31,4%	-38,8%	-36,5%	-34,0%
IBEX						
VaR (99,5%)	-33,1%	-35,1%	-36,3%	-40,4%	-40,4%	-36,6%
VaR (99%)	-30,4%	-31,2%	-32,0%	-38,2%	-38,1%	-33,9%
FTSE						
VaR (99,5%)	-25,2%	-27,5%	-27,7%	-30,6%	-31,0%	-31,2%
VaR (99%)	-23,0%	-24,2%	-24,1%	-28,3%	-28,7%	-28,2%

4. 2 Inmuebles

QIS2, QIS3 y QIS4 shock del 20% -> índices IPD anual des-suavizado referidos al rendimiento global en inversión directa comercial para Holanda, Francia, Alemania, Suecia y Reino Unido.

Problema reducidas series temporales y normalidad

QIS5 shock del 25 % (CEIOPS, 2010a)-> índice mensual IPD del Reino Unido para los periodos comprendidos entre Diciembre de 1986 y 2009.

VaR empírico series suavizadas

4. 2 Inmuebles

España -> la inversión directa en inmuebles representó un 16,55% del total de cartera de un asegurador no vida, el 1,44% del total de la cartera para las compañías de seguros de vida, resultando en un promedio del 4,62% para el conjunto asegurador (ICEA, 2010).

España -> Representa el tercer activo en importancia después de la renta fija extranjera (27,23%) y nacional (21,79%) (ICEA, 2010).

Europa -> se encuentra cerca de la media de los datos para los 27 países miembros de la Unión Europea y los miembros de CEA (CEA, 2011).

4. 2 Inmuebles

Los índices más conocidos y empleados son el índice IPD (*Investment Property Databank Index*) y el NPI (*NCREIF Property Index*) ambos basados en tasaciones.

Los tasadores realizan la valoración de una propiedad al final de un periodo siendo conscientes de los valores de tasación anteriores. Esto conduce a menudo a autocorrelación y crea una volatilidad menor que los índices basados en transacciones (véase evidencia en Fisher *et al.*, 1999; 2003).

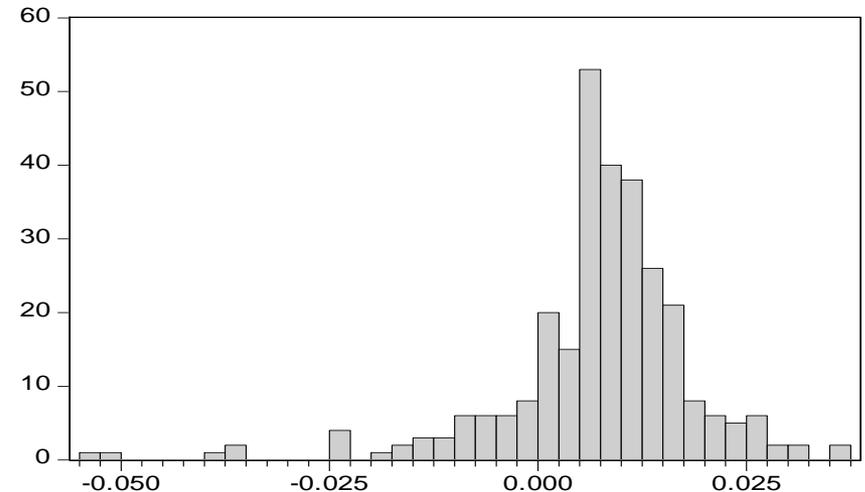
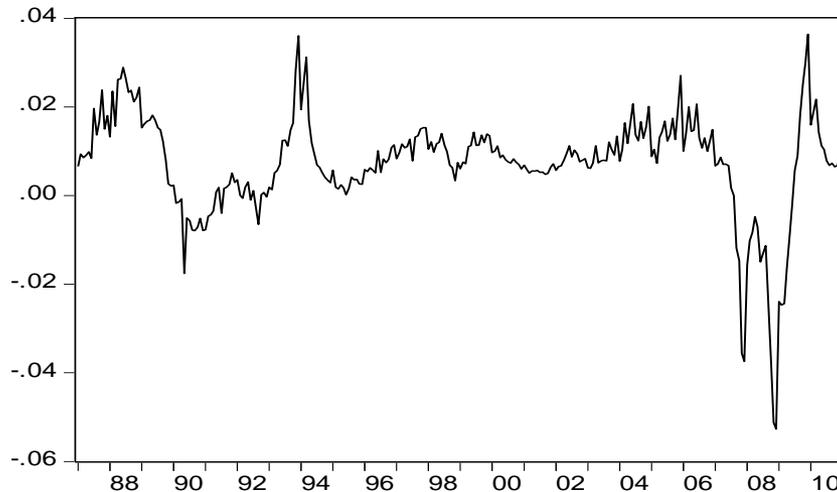
Este efecto se conoce como suavizado y se han desarrollado distintas técnicas de des-suavizado (*unsmoothing*) que pueden ser utilizadas para desarrollar series que representen de manera más exacta los precios subyacentes.

4. 2 Inmuebles (técnicas de des-suavizado)

<p>Geltner (1993a) o filtro AR(1)</p> <p>Versión general – AR(n)</p>	$r_t = (r_t^* - k r_{t-1}^*) / (1 - k)$ $r_t = (r_t^* - k_1 r_{t-1}^* - k_2 r_{t-2}^* - \dots - k_n r_{t-n}^*) / (1 - k_1 - k_2 - \dots - k_n)$
<p>Fisher et al. (1994)</p> <p>Volatilidad acciones doble inmobiliario</p>	$r_t = (r_t^* - (k_1 r_{t-1}^* + k_4 r_{t-4}^*)) / \omega_0$ $\omega_0 = 2\sigma_{\varepsilon_t} / \sigma_{SP500} \quad \omega_0 E(r_t) = E(r_t^*)$
<p>Chaplin (1997)</p> <p>Distintas tasas k_i en función de la situación del mercado</p>	$r_t = (r_t^* - k_i r_{t-1}^*) / (1 - k_i)$
<p>Brown y Matysiak (1998)</p> <p>Filtro de Kalman para estimar k_t</p>	$r_t = (r_t^* - k_t r_{t-1}^*) / (1 - k_t)$

4. 2 Inmuebles (análisis)

Serie rendimientos IPD mensual del Reino Unido e histograma (1987-2010 mensual)



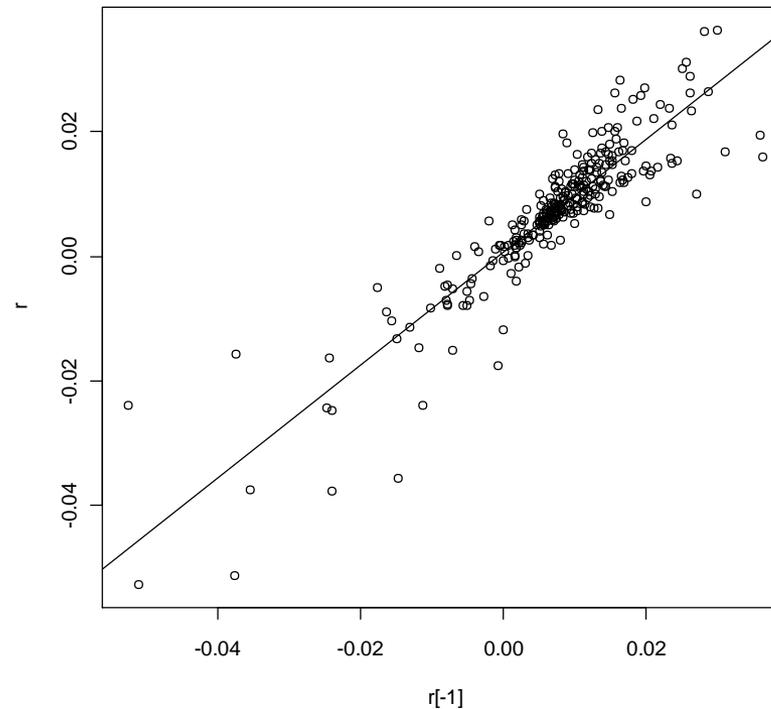
Fuerte crisis experimentada a partir de mediados de 2007 y la recuperación de mercado a partir de mediados de 2009.

Distribución de los rendimientos mensuales es asimétrica y presenta un exceso de curtosis -> No normalidad.

Estadística	Rendimiento global	Renta	Capital
Media	0,72%	0,58%	0,14%
Máximo	(Diciembre 2009) 3,64%	0,78%	3,01%
Mínimo	(Diciembre 2008) -5,27%	0,39%	-5,84%
Desviación típica	1,16%	0,09%	1,16%
Jarque-Bera	551,77	9,14	478,69
Probabilidad	0,00	0,01	0,00

4. 2 Inmuebles (análisis)

Recta de regresión de los rendimientos mensuales sobre su valor previo



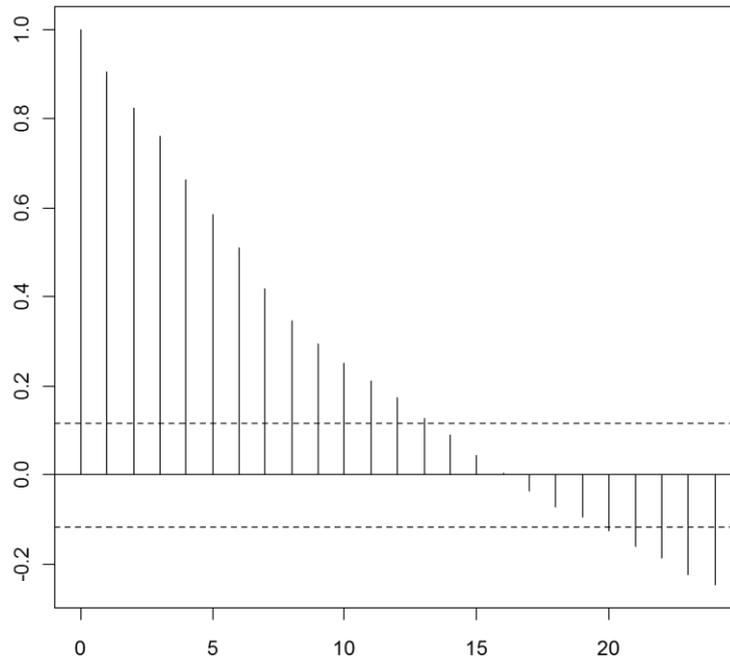
La pendiente positiva (valor de 0,90) indica una asociación positiva entre los rendimientos entre periodos sucesivos.

La bondad del ajuste medida a través del coeficiente de determinación ajustado (0,82) es elevada.

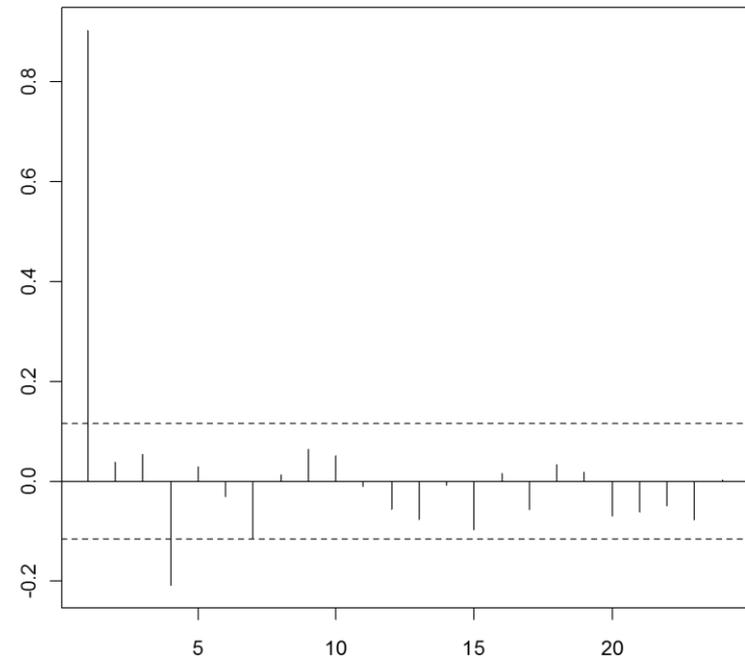
4. 2 Inmuebles (análisis)

Función de autocorrelación simple (ACF) y parcial (PACF) de los rendimientos

ACF



PACF



Fuerte estructura de autocorrelación -> los rendimientos dependen fuertemente y de forma persistente de los rendimientos previos, el coeficiente de autocorrelación lineal de primer orden asciende a 0,903, mientras que dicho coeficiente para 12 retardos asciende a 0,174.

4. 2 Inmuebles (análisis)

Estadísticas de las series generadas por las distintas técnicas de des-suavizado analizadas

Estadística	IPD	Geltner	Fisher <i>et al.</i> $\omega_0 = 2\sigma_{\varepsilon_t}/\sigma_{RV}$	Fisher <i>et al.</i> $\omega_0 E(r_t) = E(r_t^*)$	Chaplin	Brown y Matysiak 36 meses	Brown y Matysiak 48 meses	Brown y Matysiak 60 meses	Brown y Matysiak 24 meses
Media Mensual	0,72%	0,73%	0,29%	0,72%	0,71%	0,72%	0,83%	0,93%	0,51%
Desv. Típica mensual	1,16%	5,16%	2,06%	5,11%	6,96%	4,03%	4,02%	4,31%	4,54%
Media anual (rolling)	9,47%	8,99%	3,47%	8,91%	8,51%	7,92%	8,99%	9,69%	5,51%
Media anual (natural)	9,47%	11,51%	3,91%	11,38%	13,38%	9,41%	10,74%	11,83%	6,31%
Desv. típica anual (rolling)	11,90%	20,51%	7,79%	20,31%	26,98%	14,52%	16,09%	18,04%	14,08%
Desv. típica anual (natural)	11,04%	33,08%	11,79%	32,71%	48,65%	26,90%	30,85%	34,28%	20,53%
ρ_1	0,90	-0,03	-0,03	-0,03	-0,03	0,00	0,05	0,06	-0,15
ρ_2	0,82	-0,04	-0,04	-0,04	-0,06	-0,15	-0,10	-0,10	-0,11
VaR empírico (rolling)	-26,08%	-40,45%	-17,13%	-40,12%	-51,88%	-32,59%	-33,43%	-33,04%	-38,48%

- Des-suavizado provoca aumento de la volatilidad de las series.
- Distintas técnicas de des-suavizado alcanzan distintos VaR empíricos -> En general, las cargas son superiores a las alcanzados para la serie suavizada (26,08% aprox. shock QIS5).
- La distribución empírica de los rendimientos sobre la cual se calcula el VaR en el modelo interno de Solvencia II es muy irregular en el tiempo. De esta forma si se empleara dicha técnica hasta el año 2007 se obtendría un VaR histórico del 7,82% para el índice IPD original.

¡¡MUCHAS GRACIAS!!