

XII CONGRESO DE CONFIABILIDAD

ASOCIACIÓN ESPAÑOLA DE CALIDAD

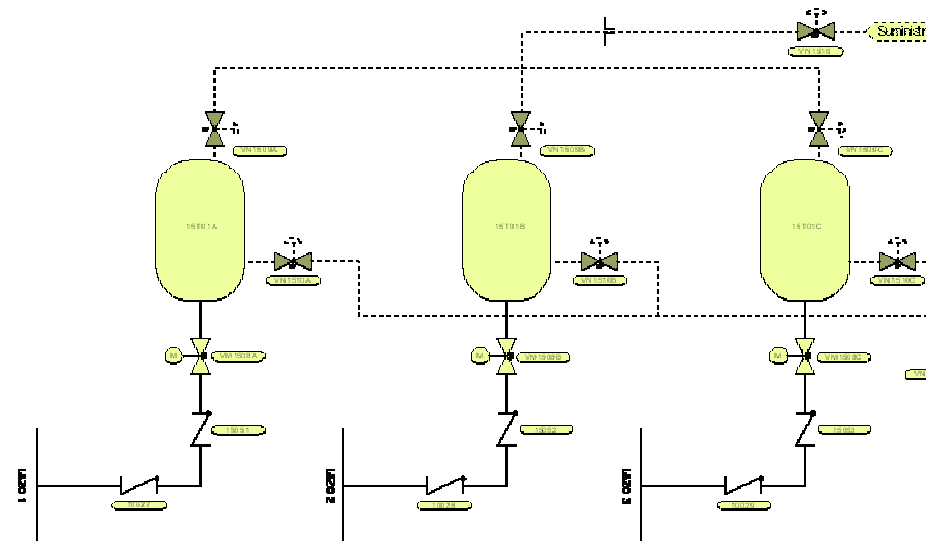
Cádiz, 24, 25 y 26 de Noviembre de 2010



UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA



ANÁLISIS DE UN CAMBIO EN EL AOT DE ACUMULADORES
CON INFORMACIÓN EN EL RIESGO TENIENDO EN CUENTA
LAS INCERTIDUMBRES



Sebastián Martorell Alsina¹

M. Villamizar², A.I. Sánchez², J.F. Villanueva¹, S. Carlos¹, V. Serradell¹

¹Departamento de Ingeniería Química y Nuclear

²Departamento de Estadística e Investigación Operativa
UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE VALENCIA
ESPAÑA

Indice

1. Antecedentes
2. Objetivo
3. Filosofía Cambios ETFs
4. Metodología
5. Toma decisiones con Incertidumbres
6. Análisis Impacto en el Riesgo
7. Aceptabilidad del Cambio
8. Tratamiento de las Incertidumbres
9. Caso de Aplicación:
AOT- Acumuladores
10. Consideraciones Finales

1. Antecedentes

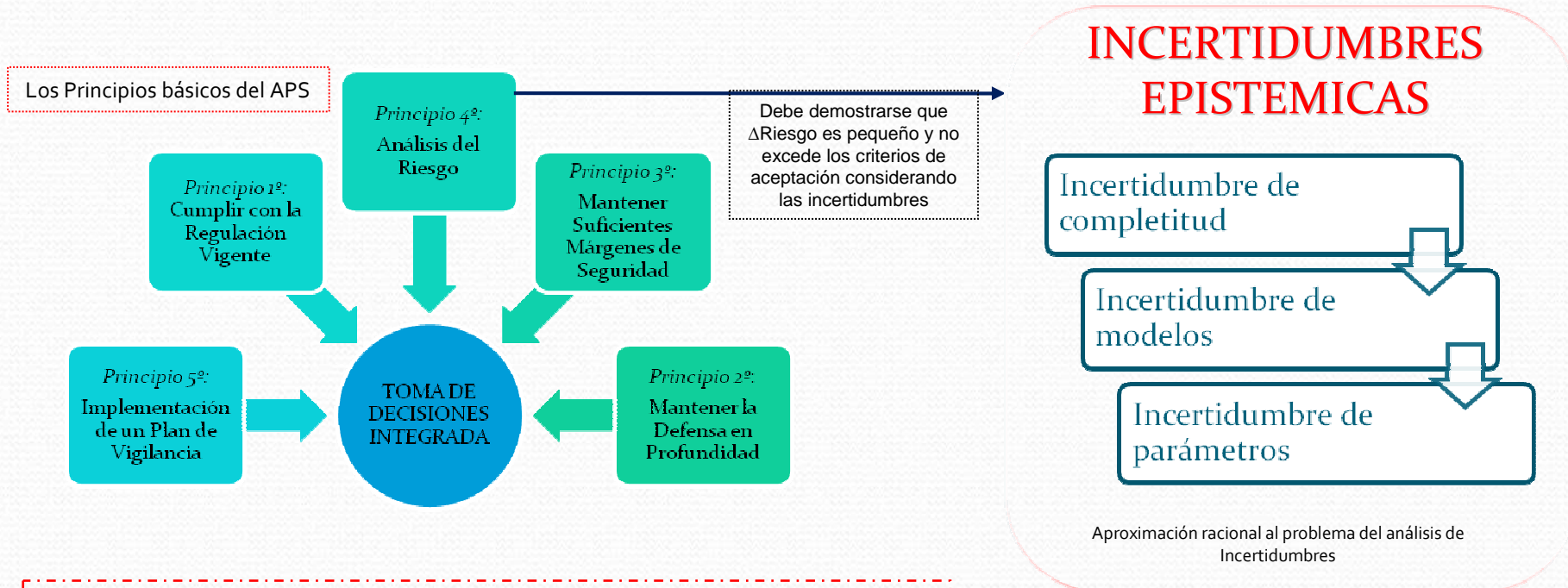
- Hoy existe una filosofía comúnmente aceptada para la toma de decisiones sobre cambios con información en el riesgo (RG 1.174, GS 1.14 y RG 1.177); establece que la toma de decisiones se realizará a partir de la identificación y comprensión de las fuentes de incertidumbre y su tratamiento
- La RG 1.174 (GS 1.14) establece que el análisis probabilista del cambio debe incluir una plena comprensión del efecto de las incertidumbres, tanto en el análisis del impacto en el riesgo como en la interpretación de los resultados de cara a la toma de decisiones .

2. Objetivo

- Desarrollo y validación de nuevos modelos y métodos de cuantificación del impacto en el riesgo de cambios en los requisitos ETF que **tengan en cuenta de forma explícita y sistemática el efecto de las incertidumbres.**

3. Filosofía cambios ETFs

Las propuestas sobre cambios en bases de licencia (RG 1.174 y GS 1.14) deben cumplir con:



❖ Incertidumbre de completitud:

Se debe a las carencias en la comprensión teórica y formal de los procesos.

❖ Incertidumbre de modelos:

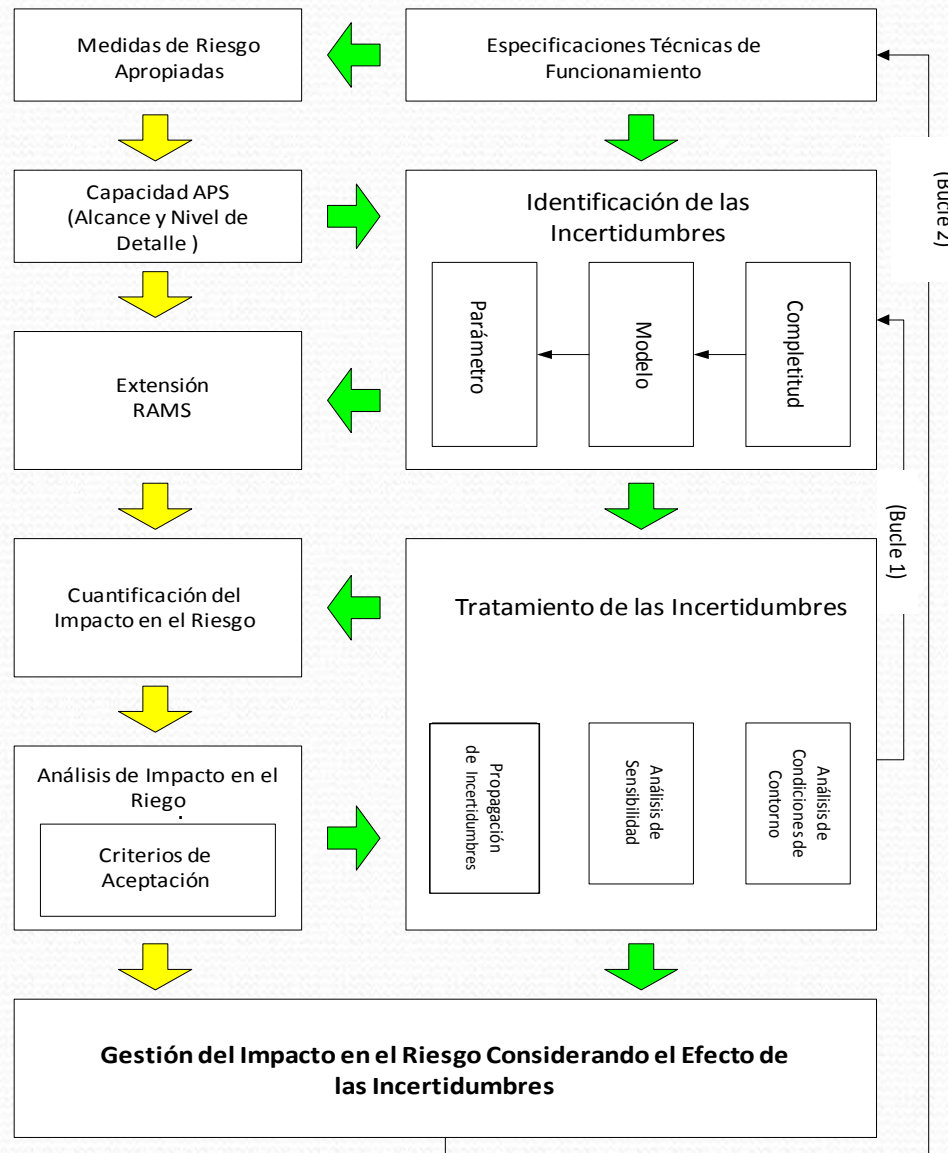
Se debe a la inexactitud de nuestro modelo.

❖ Incertidumbre de los parámetros:

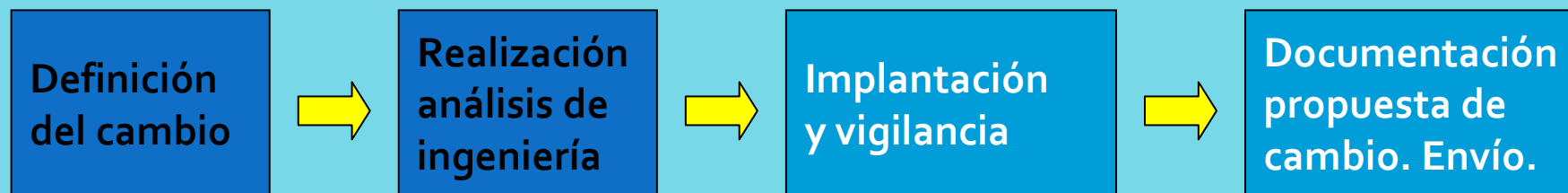
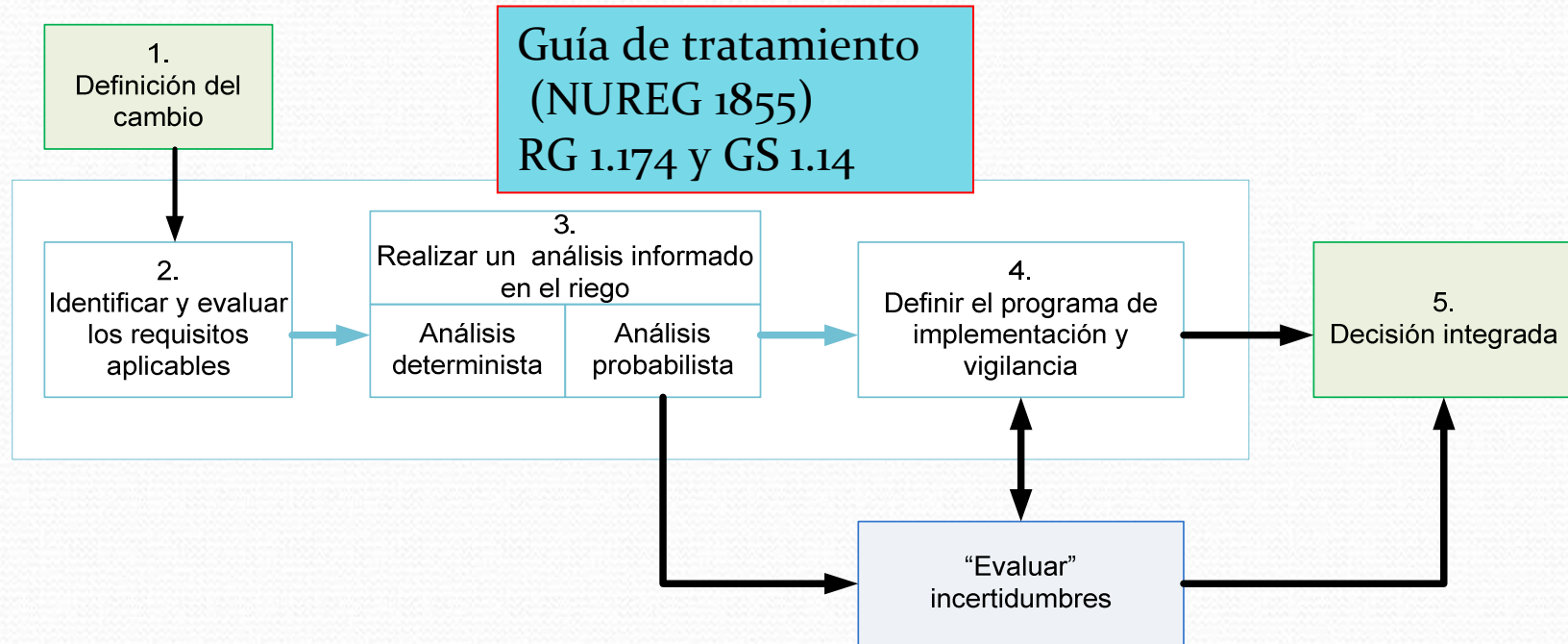
Se debe a la falta de precisión en la determinación de parámetros.

Incertidumbre epistémica, conocida como incertidumbre "state-of-knowledge", refleja el grado de confianza que tenemos en el modelo que representa nuestro conocimiento de la realidad ...

4. Metodología



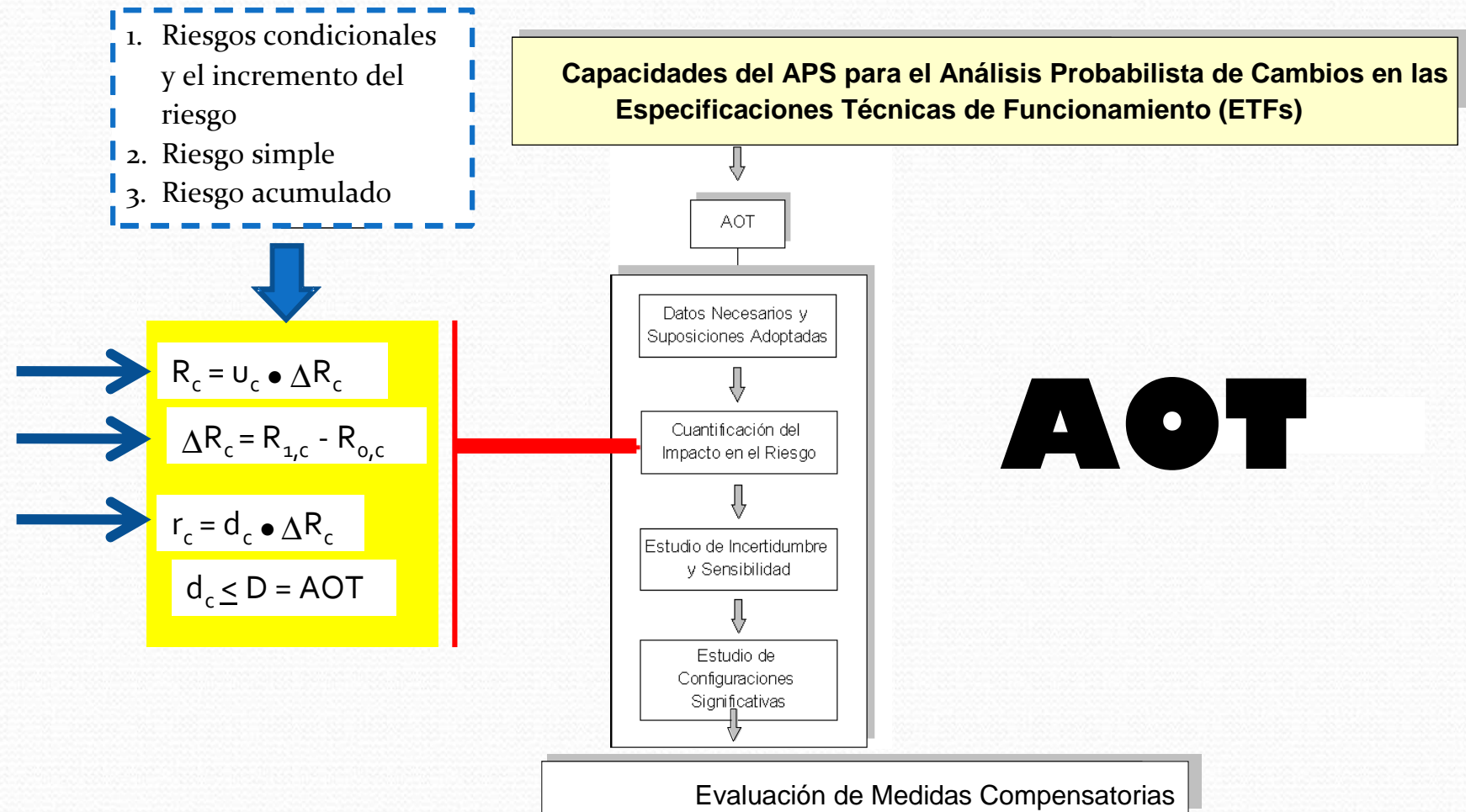
5. Toma Decisiones con Incertidumbres



Efecto de las Incertidumbres (RG 1.177) ETF

6. Análisis Impacto Riesgo

- ✓La RG 1.174, establece que el análisis de impacto en el riesgo debe conducir a cuantificar el efecto que el cambio propuesto va a tener sobre el FDN y LERF.
- ✓La RG 1.177 concreta las medidas de Riesgo que es necesario calcular.



7. Aceptabilidad

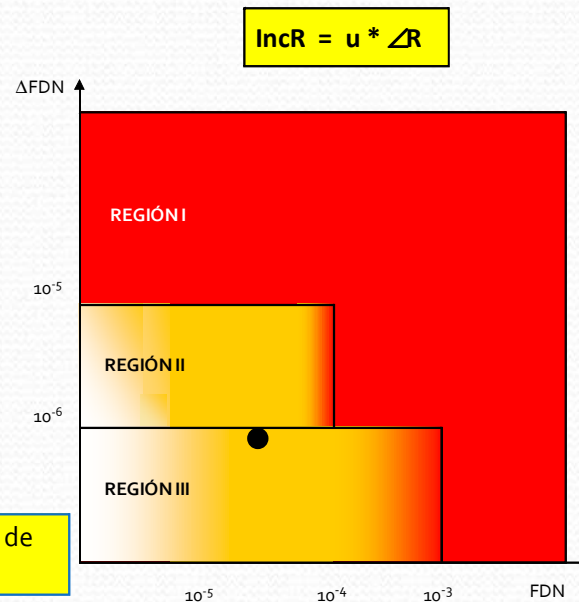
Criterios de Aceptación Generales "Incremento Riesgo Anual"

REGIÓN III: Cambio será tenido en consideración, independientemente del valor de la FDN (o LERF). Deseable reducir si FDN mayor 10^{-4} (o LERF mayor 10^{-5})

REGIÓN II: Sólo se considerarán aquellas aplicaciones para las que la FDN total resulte menor que 10^{-4} por reactor-año (o LERF menor que 10^{-5})

REGIÓN I: Cambios no serán tenidos en consideración

Aplicable para cualquier cambio en Bases de Licencia (p.e. AOT y STI)



Aplicable solo para CLO (p.e. AOT)

AOT

Criterios de Aceptación Específicos "Riesgo simple y Riesgo acumulado"

$$r = \Delta R * AOT$$



$$\left\{ \begin{array}{l} - ICPDN < 5.0 \cdot 10^{-7} \\ - ICLERF < 5.0 \cdot 10^{-8} \end{array} \right.$$

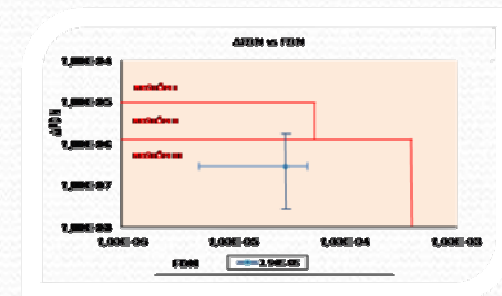
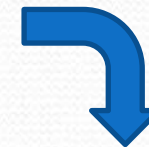
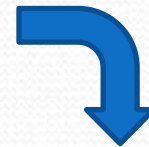
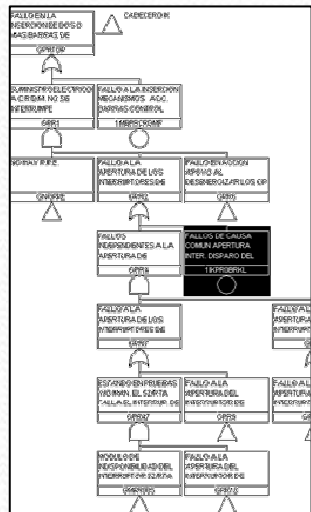
Umbrales de Aceptación

$$\Delta R = R_1 - R_0$$



$$\left\{ \begin{array}{l} - \text{Incrementos que conlleva entrar en CLO dentro de fluctuación normal.} \\ - \Delta R \text{ no debe ser factor predominante} \end{array} \right.$$

8. Tratamiento de las Incertidumbres





Project document header from CSN, UPV, and UNESA. It includes project details, document title, and a table for project personnel.

NOMBRE	FECHA	FIRMA
TECNICO DE PROYECTO: Sebastian Marswell	_____	_____
JEFE PROYECTO: Vicente Sorroaga	_____	_____
TECNICO SEGUIMIENTO: Jose Eug	_____	_____
DIRECTOR PROYECTO: Javier Ylbera	_____	_____



¿ANALISIS DE INCERTIDUMBRES ?

8. Tratamiento de las Incertidumbres

- El objeto del análisis de incertidumbre es propagar la incertidumbre asociada a **cada suceso básico** en las **ecuaciones de conjuntos mínimos de fallo en que intervienen**, para obtener la **distribución estadística** de las variables aleatorias de salida, que son los **Criterios de Aceptación**, (FDN (inicial y final), Riesgo Simple, Riesgo Acumulado).
- Estos análisis se utilizan en la **ecuación total de daño al núcleo**, obteniéndose finalmente la distribución estadística de las **variables de salida, que son los Criterios de Aceptación**, mediante simulación en  utilizando la información integrada en la aplicación .
- Utilizamos el **@Risk** por que con el **RiskSpectrum** no se pueden obtener las medidas necesarias de forma directa.

$$FDN_{final} - FDN_{inicial} = \Delta FDN$$



RUNINFO - Risk Spectrum Analysis Tools

File View Analysis Help

ANALYSIS CASE 1(1)
Name : EFDN
Type : Minimal cut-sets

MCS ANALYSIS
F : 2.955E-005 No of MCS : 2038
Cutoff error : 0.000E+000 Remains : 0.000E+000

UNCERTAINTY ANALYSIS
Simulations :

TIME DEPENDENT ANALYSIS
Time points : 35 analysed

IMPORTANCE ANALYSIS
Events : 927 analysed
Parameters : 403 analysed
Attributes : 5 analysed
CCF groups :
Components :
Systems :
Event groups :

Analysis completed.

Ready

FDN
3 MESES



RUNINFO - Risk Spectrum Analysis Tools

File View Analysis Help

ANALYSIS CASE 1(1)
Name : EFDN
Type : Minimal cut-sets

MCS ANALYSIS
F : 2.922E-005 No of MCS : 1978
Cutoff error : 0.000E+000 Remains : 0.000E+000

UNCERTAINTY ANALYSIS
Simulations : 1000 analysed

TIME DEPENDENT ANALYSIS
Time points : 35 analysed

IMPORTANCE ANALYSIS
Events : 927 analysed
Parameters : 402 analysed
Attributes : 5 analysed
CCF groups :
Components :
Systems :
Event groups :

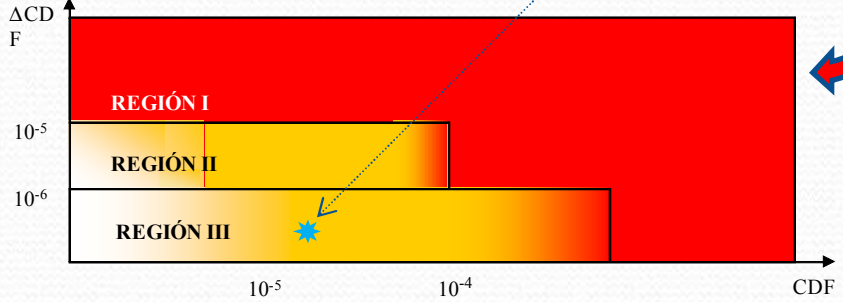
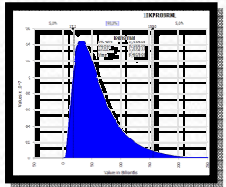
Analysis completed.

Ready

FDN
2 MESES

$$2.955 \text{ E-}05 - 2.922 \text{ E-}05 = 3,30\text{E-}07$$

¿ Como puedo conocer la incertidumbre?



RiskSpectrum PSA Professional - C:\CASOBA-1\CASOBASE\CASOBASE.RSD - [Fault Tree (1):PR-01-TOP]

File Edit Record Tree View Analysis Tools Window Help

Basic event: 1IKPROBRKL

ID:	1IKPROBRKL	Rev. Date:	16/05/2001 11:15:28
Description:	FALLOS DE CAUSA COMUN APERTURA INTER. DISPARO DEL REACTOR	UserID:	NOS
Symbol:	Circle		
Model:	Tested		
State:	Normal		
Calc. Value:	Q		
Mean:	2.33E-05		

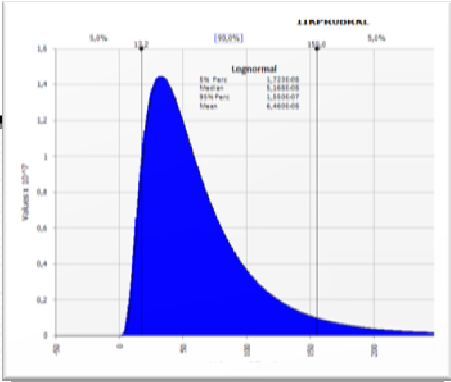
Par.type	Parameter	Value
Probability (q)		
Failure rate (r)	1IKPROBRKL	6.40E-00
MTTR (Tr)		
Test interval (Ti)	MENSUAL	7.20E+02
Time to first test (Tf)		

RISK SPECTRUM

Failure rate (r): 1IKPROBRKL

ID:	1IKPROBRKL	Rev. Date:	24/04/2001 17:02:42
Description:	FCC	UserID:	NOS
Mean:	6.46E-08		
Dist.type:	Lognormal		
Dist.Par 1:	3.00E+00		
Dist.Par 2:			
Unit:	Hour		
Median:	5.17E-08		
5th perc.:	1.72E-08		
95th perc.:	1.55E-07		

NECESARIO PARA EL ANÁLISIS DE INCERTIDUMBRES





ID - Char. #:	Description	Mean	Dist type	Dist Par 1	Dist Par 2	Unit	Median	5th perc	95th perc
1IKPROBRKL	FCC	6.46E-08	Lognormal	3.00E+00		Hour	5.17E-08	1.72E-08	1.55E-07
1PTOBARRAS	suceso especial	2.90E-08	Lognormal	1.00E+01		Hour	1.09E-08	1.09E-09	1.09E-07
1VE430A04N	FCC	5.97E-06	Lognormal	3.00E+00		Hour	4.78E-06	1.59E-06	1.43E-05
1VE810052N	FCC	3.69E-06	Lognormal	3.00E+00		Hour	2.95E-06	9.84E-07	8.86E-06
AMPK0F		2.21E-07	Gamma	2.07E+00	9.38E+06	Hour	1.87E-07	4.10E-08	5.19E-07
BA-F (GENERIC0)	Batería (genérico)	1.10E-06	Lognormal	3.00E+00		Hour	8.80E-07	2.93E-07	2.64E-06
BABC0F		7.44E-07	Gamma	2.07E+00	2.79E+06	Hour	6.28E-07	1.38E-07	1.75E-06
BAGA0F		9.72E-07	Gamma	2.07E+00	2.13E+06	Hour	8.21E-07	1.80E-07	2.28E-06
RHCA0F		9.29E-08	Gamma	9.10E+01	9.78E+06	Hour	6.19E-08	3.72E-08	2.88E-07



Microsoft Excel interface showing the @RISK ribbon and a data table. The @RISK ribbon is highlighted with a red circle. A dialog box for defining a distribution is open, showing a Lognormal distribution for cell K277 with parameters 5% and W277. A graph shows the distribution curve with 5%, 90%, and 5% percentiles marked.

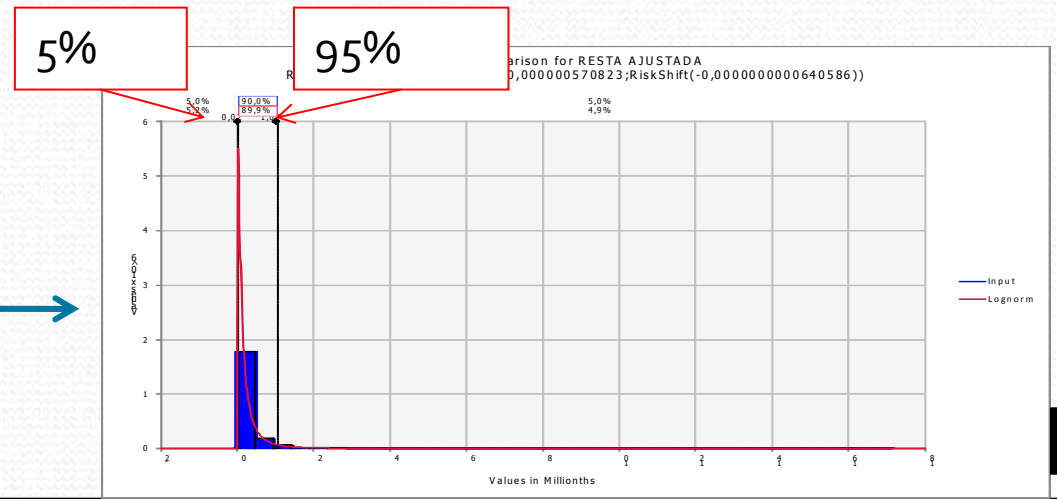
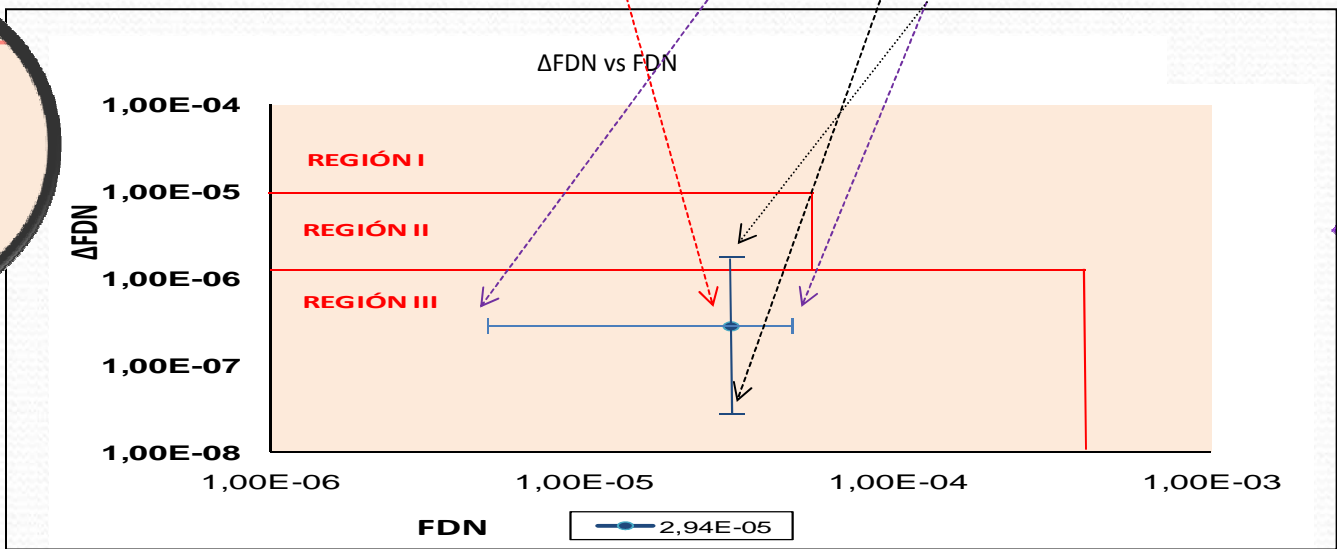
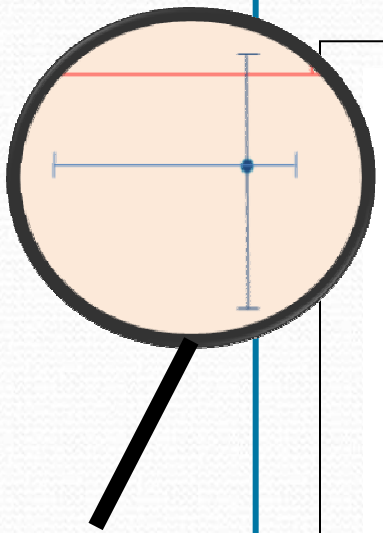
Type	Num	ID	Text	Logen	RevDate	Mean	DISTRIBUCION	NUEVA MEDIA	"@RISK" resta	DistType	(B)	sviacion	(Lognorm 2	(DistPo	DistPar2	istPar	Unit	Median	P05
	4883	1IKPROBRKL	FCC	0	24/04/2001	6.46E-08	Lognormal	6.46E-08	-3.11E-12	1		6.68E-01	3				5.16846E-08	1.72363E-08	



SIMULACION:

@RISK Output Results
 Performed By: Usuario
 Date: martes, 09 de junio de 2009 18:12:42

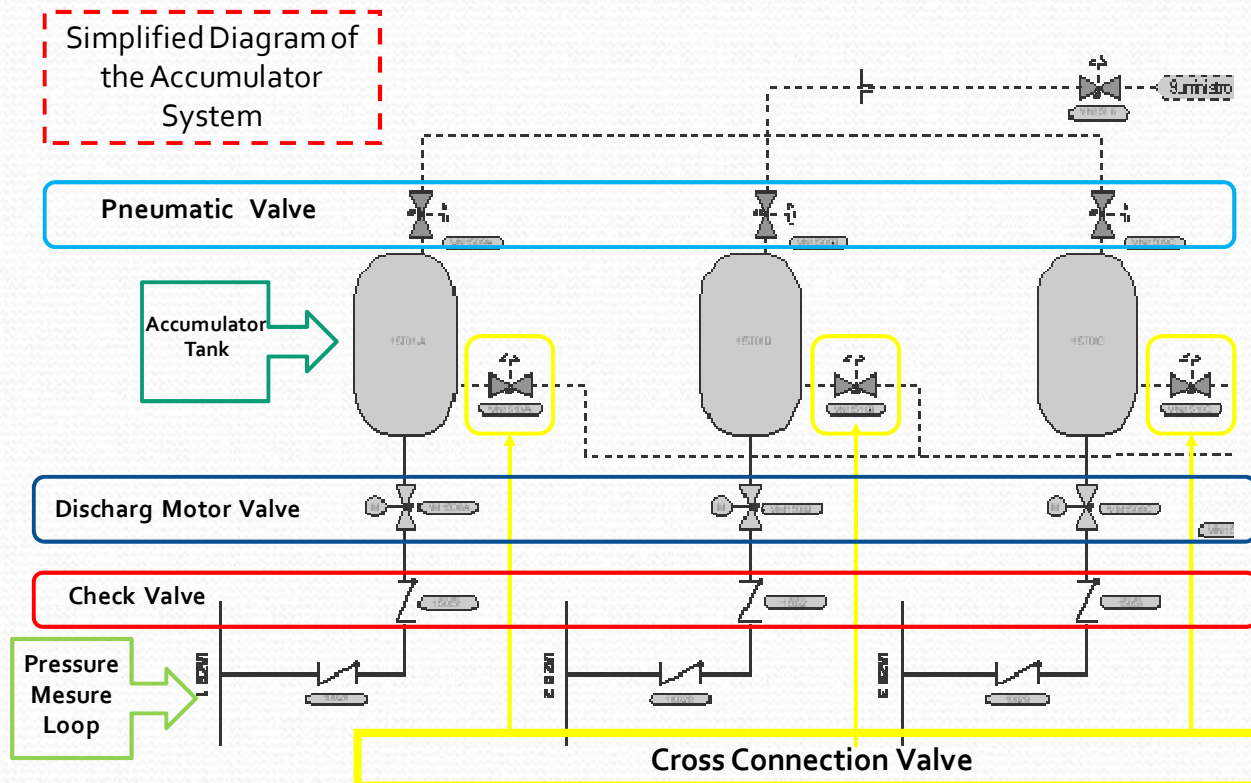
Name	Worksheet	Cell	Graph	Min	Mean	Max	5%	95%	Errors
FDN 2 MESES AJUSTADA	MCS 2 MESES	C205 4	0,0ths 1,8ths	2,17696E-06	2,93933E-05	0,001772521	7,60352E-06	7,85033E-05	0
RESTA AJUSTADA	RESTA	F5	-2mths 18mths	8,05E-10	2,83326E-07	1,45437E-05	1,6135E-08	1,05262E-06	0
FDN 3 MESES	MCS 3 MESES	C205 4	0,0ths 1,8ths	2,19339E-06	2,96767E-05	0,001772633	7,75228E-06	7,8851E-05	0



**A
H
O
R
R
A**

9. Caso de Aplicación

(Acumuladores, AOT)



✓ El criterio de éxito es la descarga efectiva en las ramas frías del circuito primario del contenido de, al menos, dos tanques acumuladores, de conformidad con lo requerido en el informe de Criterios de Éxito de los sistemas del APS de Ascó

✓ Propuesta de modificación

Determinar el impacto en el riesgo de planta de una extensión del AOT de los acumuladores de 1 a 24 horas.

AOT: "TIEMPOS DE INDISPONIBILIDAD PERMITIDOS".

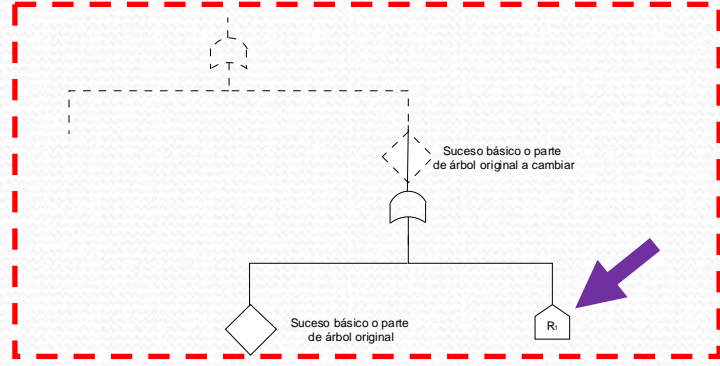
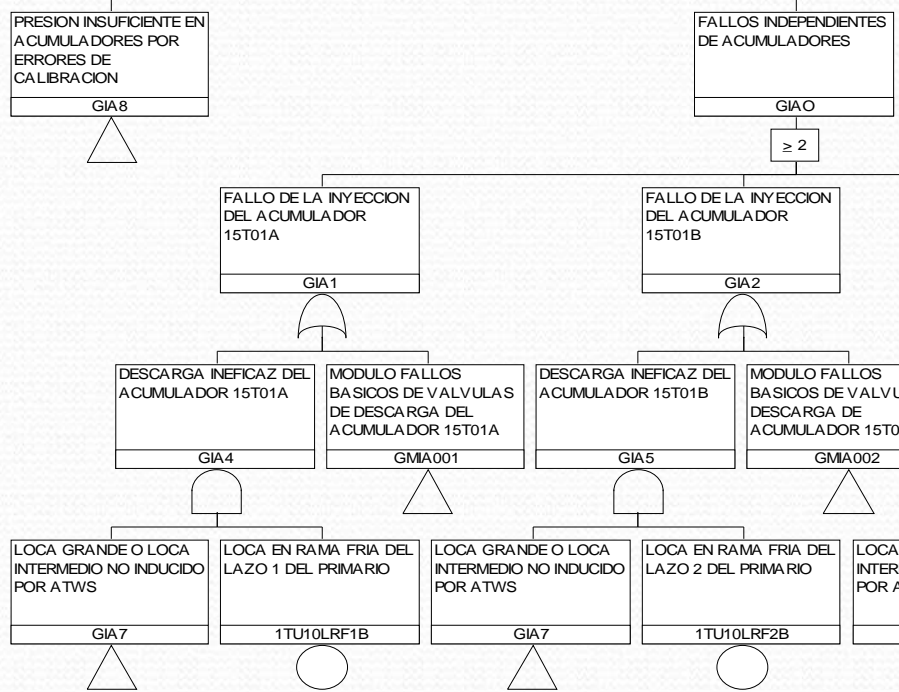
9. Caso de Aplicación

(Arbol de Fallos: Acumuladores, AOT)



Suceso principal que intervendrá en secuencia de LOCA de los tipos grande, intermedio y pequeño.

FALLO DE LA INYECCION DE DOS O MAS ACUMULADORES
GIA TOP



SUCESO	TIPO	DESCRIPCIÓN
XR1	CASA	Para dejar inoperable uno de los 3 acumuladores con el propósito de evaluar R ₁ .

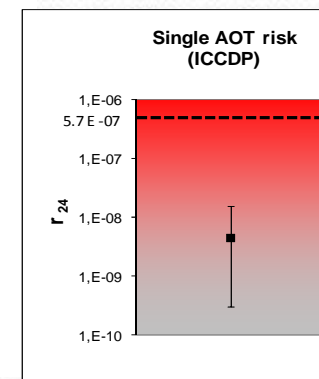
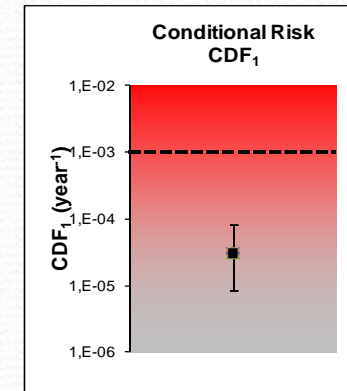
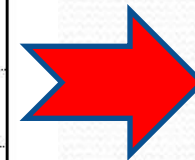
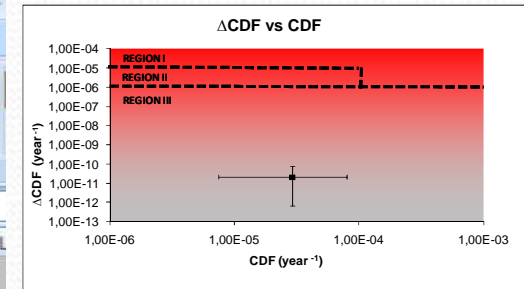
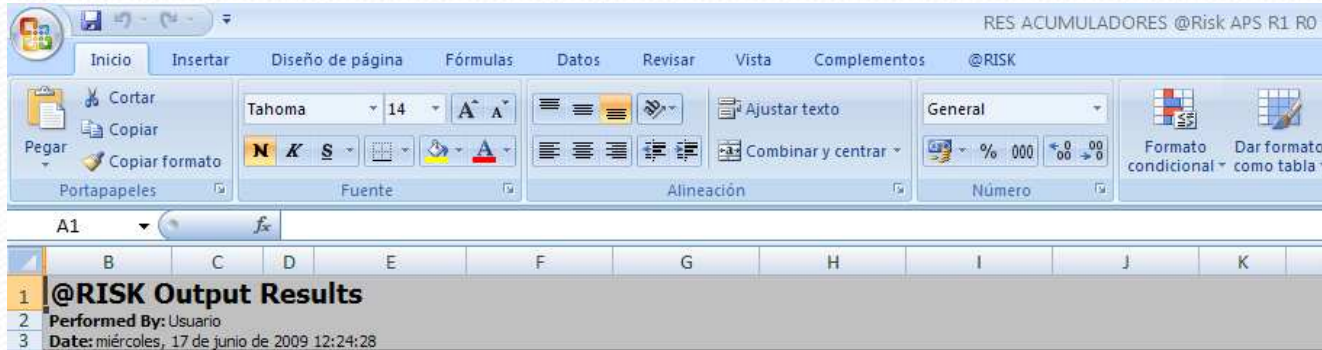


Inclusión de sucesos CASA para obtener los riesgos condicionales R₀ y R₁.

9. Caso de Aplicación

(Análisis Impacto Riesgo, AOT)

SIMULACION:



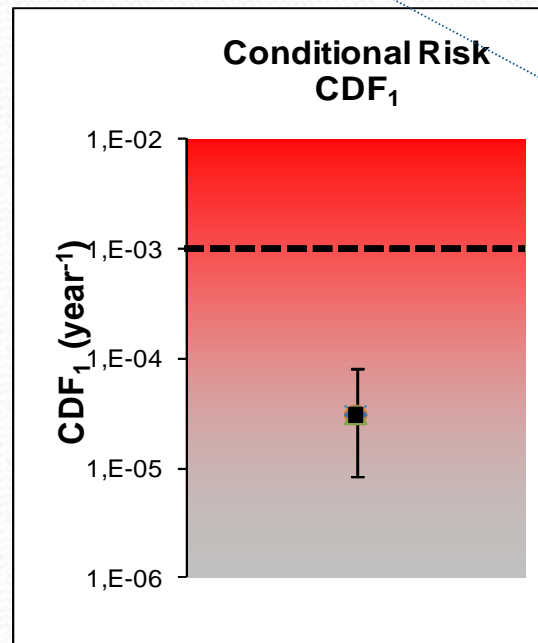
9. Caso de Aplicación

(Cálculo de los riesgos condicionales y del incremento del riesgo, AOT)

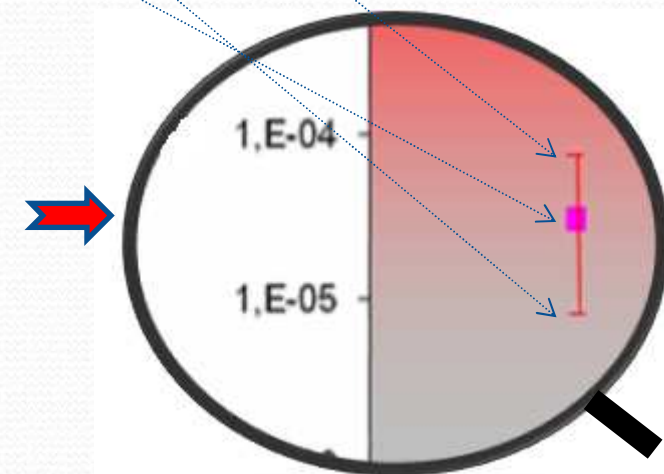
RIESGO INICIAL FDN (año ⁻¹)	R ₀ (año ⁻¹)			R ₁ (año ⁻¹)			ΔR (año ⁻¹)		
	Media	Percentil		Media	Percentil		Media	Percentil	
		5%	95%		5%	95%		5%	95%
2,92E-05	2,92E-05	7,42E-06	7,94E-05	3,08E-05	8,48E-06	8,09E-05	1,60E-06	1,10E-07	5,60E-06

Cálculo de los riesgos condicionales y del incremento del riesgo (R₁, R₀)

Se define R₁ como el nivel de riesgo nominal o medio de la planta condicionado a la declaración de la indisponibilidad que origina el AOT, mientras que R₀ se define como el riesgo medio condicionado a que el componente se encuentra en espera sin que se efectúen sobre él mantenimientos ni pruebas.



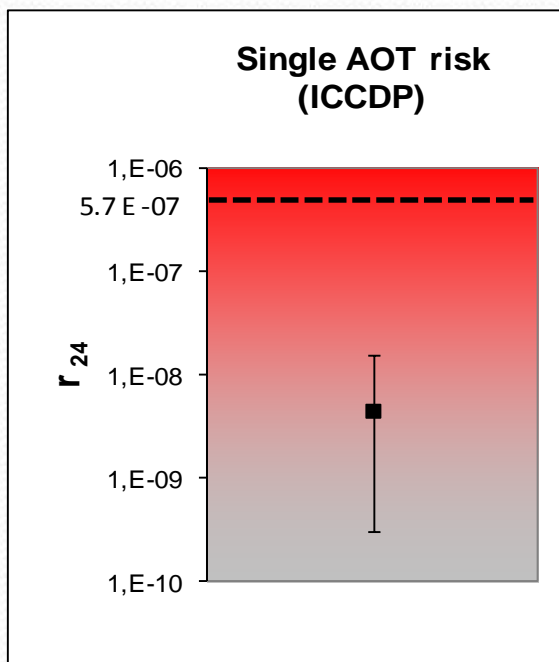
Medidas de Riesgo	Umbral de Aceptación
R ₁ (año ⁻¹)	R ₁ < 1E-03



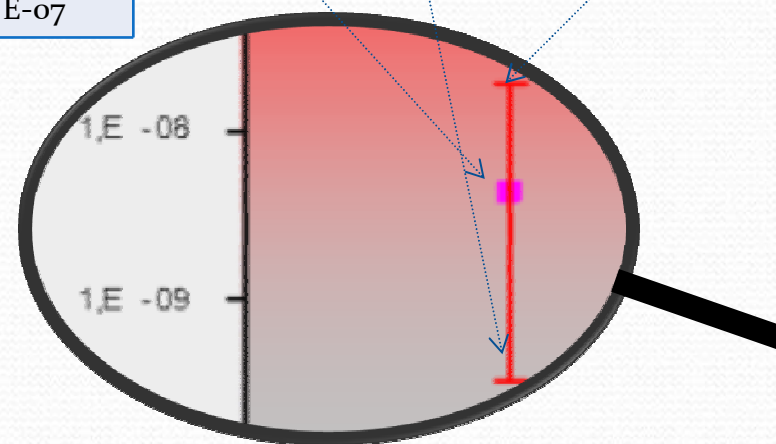
9. Caso de Aplicación

(Cálculo del riesgo simple, r , AOT)

	d (hr)	ΔR (año ⁻¹)			r		
		Media	Percentil		Media	Percentil	
			5%	95%		5%	95%
		ANTES	1	1,60E-06	1,10-07	5,60E-06	1,8319E-10
DESPUES	24				4,3967E-09	3,0238E-10	1,5347E-08



Medidas de Riesgo	Umbral de Aceptación
$r = \text{ICPDN}$	$r < 5 \text{ E-}07$

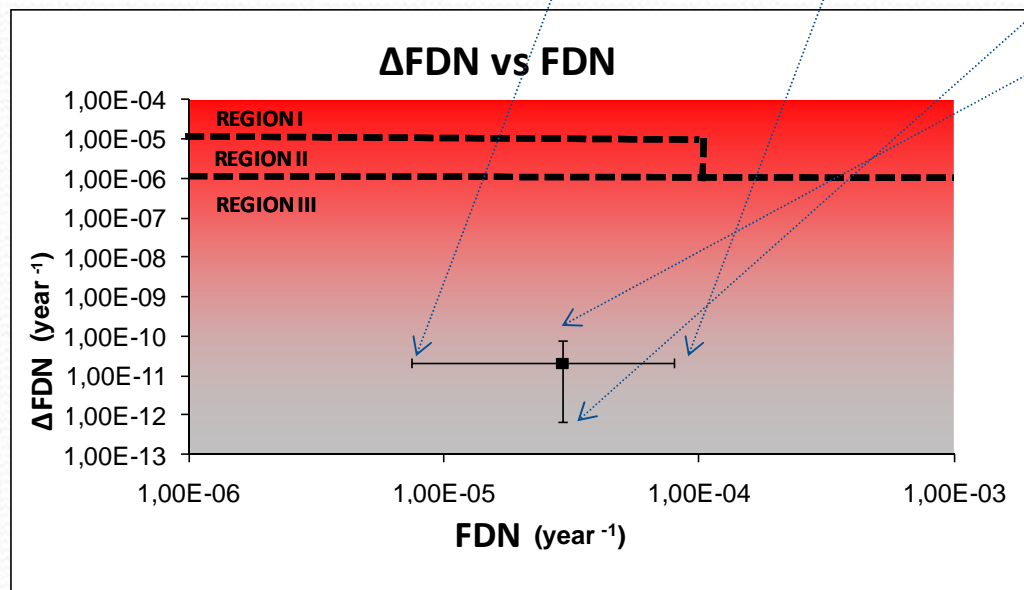


Esta medida de riesgo representa la probabilidad de daño al núcleo condicionada a la indisponibilidad considerada

9. Caso de Aplicación

(AOT)

CDF (R_1) (año ⁻¹)			Δ CDF (R [24] - R [1]) (año ⁻¹)		
Media	Percentil		Media	Percentil	
	5%	95%		5%	95%
3,08E-05	8,48E-06	8,09E-05	2,067E-11	6,910E-13	7,811E-11



Medidas de Riesgo	Umbral de Aceptación
Δ CDF, (año ⁻¹)	Δ CDF < 1 E-06

Situación del caso de análisis dentro de la zona de aceptación con arreglo al criterio Δ CDF.

10. Consideraciones Finales (i)

1. Las ETF forman parte de las bases de licencia de operación de la central y no se pueden modificar sin aprobación del organismo regulador (CSN).
2. Observación de diferentes problemas atribuidos a su establecimiento aconseja estudiar posibles cambios en algunos de dichos requisitos de ETF dependiendo de cada Central Nuclear, en particular, referidos a modificaciones en los AOT dentro de las CLO y los STI dentro de los RV.
3. Organismos reguladores propician *"el uso de la tecnología APS se incremente en todos los aspectos reguladores de manera que complemente la aproximación determinista y soporte la filosofía tradicional del principio de defensa en profundidad"*. En la actualidad, *amplio consenso sobre su aplicabilidad utilizando el APS.*
4. La RG 1.174 fija los principios generales a seguir para la toma de decisiones sobre cambios en bases de licencia con **información en riesgo**.
5. La guía reguladora RG 1.177 desarrolla dichos principios de manera particular para el análisis de cambios en las ETF.
6. El NUREG 1855/2009 propone las líneas de actuación para considerar las incertidumbres epistémicas.

10. Consideraciones Finales (ii)

RG 1.174 y RG 1.177 establecen conocer, comprender y tratar las **fuentes de Incertidumbre** con mayor **impacto** en el riesgo.

Sin embargo, hasta la fecha las aplicaciones se desarrollan sin un tratamiento sistemático del efecto de las incertidumbres epistémicas.

Hay trabajos recientes sobre manejo de Incertidumbres, pero se centran en aplicación RG 1.174 a bases de licencia y existen temas sin resolver.

b. Este trabajo aporta nueva experiencia en aplicación de la RG 1.174 para el análisis de cambios en ETF considerando explícitamente el efecto de las Incertidumbres de tipo epistémico.

c. La metodología propuesta viene a cubrir la falta de desarrollo metodológico y experiencia de aplicación de la RG 1.177 específica para ETF en este contexto de tratamiento de las Incertidumbres.

d. La ponencia presenta la metodología y desarrollo de un caso de aplicación para el análisis de cambios en AOT.

e. El estudio realizado muestran que los **cambios propuestos resultan aceptables** desde el punto de vista del riesgo y que las **Incertidumbres no comprometen la decisión**.

f. En **el supuesto** de que las **Incertidumbres comprometieran la decisión**, habría que complementar el análisis con el estudio de las incertidumbres de Modelo y de Completitud.

Gracias por su Atención.