

Índice general

Agradecimientos	xxv
Resumen	xxvii
I Introducción	1
1. Introducción	3
1.1. Presas. Seguridad y riesgo	4
1.2. Propósito, alcance y estructuración de este trabajo	6
2. Legislación de seguridad de presas en España	9
2.1. Evolución de la ley española sobre presas y embalses	9
2.1.1. Las primeras normas	12
2.1.2. Época actual	14
2.2. Descripción de la normativa sobre seguridad de presas	15
2.2.1. Instrucción para el Proyecto, Construcción y Explotación de Grandes Presas de 1967	15
2.2.2. Directriz Básica de Planificación de Protección Civil ante el Riesgo de Inundaciones	15
2.2.3. Reglamento Técnico sobre Seguridad de Presas y Embalses de 1996	17
2.2.4. Principales diferencias entre el Reglamento Técnico sobre Seguridad de Presas y Embalses y la Instrucción para Grandes Presas	20
2.2.5. Real Decreto 9/2008 de 11 de enero	24
2.2.6. Normativa de aplicación y situación del estado actual	24
2.2.7. Guías Técnicas	26

3. Análisis de riesgos en presas y embalses	31
3.1. Introducción al Análisis de Riesgos	31
3.2. El análisis de Riesgos	32
3.2.1. Recopilación de información	33
3.2.2. Inspección de la presa y su zona inundable	36
3.2.3. Eventos de carga o sollicitaciones	36
3.2.4. Análisis de modos de fallo potenciales	38
3.2.5. Respuesta del sistema: probabilidades condicionales de rotura	40
3.2.6. Estimación de daños y consecuencias	45
3.2.7. Estimación de riesgo	55
II Estado del Conocimiento	61
4. Revisión del estado del conocimiento	63
4.1. Introducción	63
4.2. Antecedentes	66
4.3. Diseño de hidrogramas a partir de la relación entre el caudal pico y el volumen mediante el empleo de funciones de distribución multivariadas	67
4.3.1. Aportaciones de la metodología del uso de funciones de distribución multivariadas	69
4.3.2. Comentarios a la metodología del uso de funciones de distribución multivariadas	70
4.4. Diseño de hidrogramas a partir de la relación entre el caudal pico y el volumen mediante el empleo de cópulas	71
4.4.1. Aportaciones de la metodología del uso de cópulas	74
4.5. Metodología de (Mediero, L. et al: , 2010)	74
4.5.1. Aportaciones de esta metodología	77
4.6. Determinación de la forma del hidrograma	77
4.6.1. Hidrograma triangular	77
4.6.2. Hidrograma de Nash	79
4.6.3. Hidrograma obtenido a partir de la función Gamma	79
4.7. Tránsito del hidrograma a través del sistema embalse-presa	81

<i>Índice general</i>	VII
5. Teoría básica de las cópulas	83
5.1. Introducción a la teoría de cópulas	84
5.2. Teoremas básicos sobre cópulas	84
5.2.1. El teorema de Sklar	85
5.2.2. Cotas de Frechet-Hoeffding	86
5.3. Cópulas y variables aleatorias	87
5.4. Cópulas de supervivencia	88
5.5. Generación de variables aleatorias	89
5.6. Familias de cópulas	91
5.6.1. Cópulas elípticas	91
5.6.2. Cópulas Arquimedianas	93
5.6.3. Cópulas de valor extremo	96
5.7. Cópulas y medida de dependencia	97
5.7.1. Coeficiente de correlación de Pearosn	98
5.7.2. Concepto de concordancia	98
5.7.3. Tau de Kendall	99
5.7.4. El coeficiente rho de Sperman	101
5.8. Medidas gráficas de dependencia	101
5.8.1. Chi-Plots	101
5.8.2. K-Plots	103
5.9. Inferencia estadística para cópulas	105
5.9.1. Introducción	105
5.9.2. Método MML: Versión paramétrica	106
5.9.3. Método MML: Versión semiparamétrica	108
5.9.4. Estimaciones basadas en el tau de Kendall y rho de Sperman	110
6. Teoría de valores extremos	111
6.1. Introducción a la teoría de valores extremos	111
6.2. El método de máximos por bloques	113
6.3. Picos sobre un umbral. Excedencias	113
6.4. Selección del umbral óptimo en la distribución generaliza- da de Pareto	115
6.4.1. Métodos gráficos para determinar el valor del umbral	116
6.4.2. Método de la vida residual media para determinar el valor del umbral	117

6.5. Estimación de parámetros en la distribución generalizada de Pareto	118
III Metodología	119
7. Metodología	121
7.1. Función de distribución bivariada mediante el empleo de cópulas.	122
7.1.1. Análisis a nivel anual	123
7.1.2. Análisis a nivel estacional	125
7.1.3. Ajuste de los parámetros de la cópula	126
7.1.4. Generación de muestras aleatorias	126
7.2. Función de distribución del nivel previo de embalse	127
7.3. Generación de hidrogramas y tránsito a través del embalse	130
7.3.1. Método de la superficie libre horizontal	131
7.3.2. Métodos numéricos para resolver la ecuación de continuidad	132
7.3.3. Análisis de sensibilidad del tamaño de la muestra	134
7.4. Función de distribución bivariada de salida (Q_{pico}, V)	135
7.4.1. Empleo de cópulas matemáticas	135
7.4.2. Uso de interpolación y técnicas de suavizado	136
7.4.3. Caso particular del análisis estacional	138
IV Caso de estudio	141
8. Recopilación de información y contexto	143
8.1. Descripción del embalse y la presa	145
8.1.1. Embalse	145
8.1.2. Presa	145
8.1.3. Aliviadero	145
8.1.4. Elementos de desagüe	146
8.1.5. Tomas	148
9. Hidrología de la presa de Cueva Foradada	153
9.1. Ajuste anual del caudal máximo instantáneo mediante el método de bloques	154

<i>Índice general</i>	IX
<hr/>	
9.2. Ajuste anual del caudal máximo instantáneo mediante el método de las excedencias	156
9.3. Cálculo del volumen de los hidrogramas de entrada al embalse	168
9.4. Ajuste del volumen mediante el método de bloques	170
9.5. Ajuste anual del volumen mediante el método de las excedencias	173
9.6. Estacionalidad de la muestra	175
9.7. Ajuste de la muestra INVIERNO	177
9.8. Ajuste de la muestra VERANO	180
10.Simulación de estructuras de dependencia mediante cópulas	189
10.1. Caracterización de la dependencia de la muestra	189
10.2. Elección de la cópula	191
11.Análisis de la variación del nivel de embalse.	205
11.1. Variación anual del nivel de embalse	206
11.2. Variación hiperanual del nivel de embalse	207
12.Simulación del tránsito de avenidas.	213
12.1. Hidrogramas de entrada y nivel previo de embalse	214
12.2. Simulación de la muestra total	214
12.2.1. Comparación entre distintas marginales frente a la misma estructura de la cópula	227
12.3. Simulación de la submuestra de invierno	230
12.4. Simulación de la submuestra de verano	237
12.5. Análisis bivariado de las variables de salida del embalse	249
12.6. Discusión de los resultados	261
V Conclusiones	263
13.Conclusiones y futuras líneas de investigación	265
13.1. Conclusiones	266
13.2. Aportaciones más relevantes	268
13.3. Futuras líneas de investigación	269

