

Índice

1. Acrónimos.....	1
1.1 Acrónimos y Definiciones	1
2. Introducción.....	3
2.1 Cobalto-60.....	3
2.2 Rendimiento	3
2.3 La participación nacional.....	4
2.4 Características técnicas.....	5
2.5 Sitio de obra, edificio y estructuras.....	5
2.6 Referencias capítulo 2	9
3. Edificio de contención	10
3.1 Boiling Wáter Reactor (BWRs).....	10
3.2 Pressurized Water Reactor (PWRs).....	11
3.3 Water–water power reactor (WWERS)	12
3.4 Pressurized heavy water reactor PHWR	12
3.5 Gas cooled reactor (GCRs).....	13
3.6. Referencias capítulo 3	23
4. Sistema de contención de la Central Nuclear Embalse.....	24
4.1 Generalidades	24
4.1.1 Requisitos de diseño	24
4.1.2 Requisitos funcionales de la contención	25
4.1.3 Falta de disponibilidad.....	25
4.2 Edificio del reactor	26
4.2.1 Descripción y componentes	26
4.2.1.1 Losa de base, sub-base y galería	27
4.2.1.2 Pared Perimetral	27
4.2.1.3 Viga circular	27
4.2.1.4 Cúpula superior	27
4.2.1.5 Cúpula inferior.....	28
4.2.2 Requerimientos de diseño.....	28
4.2.3 Requerimientos funcionales	28
4.2.4 Materiales.....	29
4.2.4.1 Hormigón	29

4.2.4.2 Sistema pretensado	30
4.2.4.3 Acero de refuerzo	30
4.2.4.4 Revestimientos	31
4.3 Esclusas de aire	31
4.3.1 Generalidades	31
4.3.2 Requisitos funcionales	31
4.3.3 Descripción de la lógica mecánica	31
4.3.4 Materiales	32
4.3.5 Ubicación	32
4.4 Aislamiento de la contención	32
4.4.1 Generalidades	32
4.4.2 Circuito de Radiación	32
4.4.3 Circuito de Presión	33
4.5 Sistema De Rociado	33
4.5.1 Funcionamiento después de un LOCA	34
4.5.2 Tanque de almacenamiento de agua de rociado	34
4.5.3 Caudal de rociado	35
4.5.4 Carga y soporte del sistema	35
4.5.5 Materiales	35
4.5.6 Control químico	35
4.5.7 Requerimiento de confiabilidad	35
4.5.8 Descripción del sistema y componentes activos	35
4.5.8.1 Valvular de rociado	36
4.5.8.2 Picos rociadores	36
4.5.8.3 Circuito electro/neumático	36
4.5.8.4 Drenajes y venteos	37
4.5.8.5 Enfriadores del tanque de almacenamiento	37
4.6 Sistema de enfriamiento del edificio del reactor	37
4.6.1 Generalidades	37
4.6.2 Enfriadores de aire local	37
4.6.3 Disposición de equipos	38
4.6.4 Enfriadores de hormigón	38
4.6.5 Funcionamiento	38

4.6.6	Funcionamiento ante la falla de otros sistemas	39
4.6.6.1	Falta de Agua de Servicio abierta	39
4.6.6.2	Falta de agua de alta presión.....	39
4.6.6.3	Interrupción de energía CLASE IV	39
4.6.6.4	Interrupción de energía de C.A 220 V clase II.....	39
4.6.6.5	Interrupción total de la energía de C.C 48 V clase I.....	39
4.7	Sistema de ventilación del edificio del reactor	39
4.7.1	Generalidades y distribución	39
4.7.2	Requerimientos de diseño.....	40
4.7.3	Funcionamiento	41
4.7.4	Requerimientos del aire.....	41
4.7.5	Requerimientos de contención	42
4.7.6	Funcionamiento después de un LOCA.....	42
4.7.7	Ubicación	43
4.7.7.1	Tren de Filtros de Descarga.....	43
4.7.7.2	Ventiladores	43
4.7.7.3	Válvulas Reguladoras de Tiro.....	43
4.8	Sistema de recuperación de vapor de D ₂ O	43
4.8.1	Generalidades.....	43
4.8.2	Requerimientos funcionales	43
4.8.3	Descripción del sistema	44
4.8.3.1	Sistema de recuperación de vapor de recinto de M/R y GV	44
4.8.3.2	Sistema de recuperación de vapor de recinto de mantenimiento M/R..	45
4.8.3.3	Sistema de recuperación de vapor del recinto del moderador	45
4.8.4	Equipos	45
4.8.4.1	Secadores	45
4.8.4.2	Ventiladores y motores.....	46
4.8.4.3	Baterías de filtros.....	46
4.8.4.4	Tanque Colector de D ₂ O	46
4.8.4.5	Bombas de Transferencia	46
4.8.4.6	Funcionamiento después de un Loca.....	46
4.9	Sistema de venteo filtrado	47
4.10	Referencias capítulo 4.....	57

5. Mecanismos de envejecimiento y efectos	58
5.1 Hormigón	58
5.1.1 Ataques químicos	58
5.1.1.1 El ataque por sulfatos	58
5.1.1.2 El ataque por álcalis	59
5.1.1.3 Degradación por ataques de ácidos.....	59
5.1.1.4 Reacción álcali agregado	59
5.1.1.5 Lixiviación y eflorescencias	60
5.1.1.6 Carbonatación	61
5.1.2 Ataques físicos.....	61
5.1.2.1 La cristalización de cloruros y otras sales.....	61
5.1.2.2 Ataque por congelación-descongelación	61
5.1.2.3 Abrasión / erosión / cavitación	62
5.1.2.4 Degradación del hormigón por causas térmicas	62
5.1.2.5 Irradiación.....	62
5.1.2.6 Fatiga/vibraciones.....	63
5.1.2.7 Asentamientos	63
5.2 Acero de refuerzo.....	64
5.2.1 Corrosión.....	64
5.2.2 Elevada temperatura	66
5.2.3 Irradiación	66
5.2.4 Fatiga.....	66
5.3 Sistema pretensado.....	67
5.3.1 Corrosión.....	67
5.3.2 Elevada temperatura	67
5.3.3 Irradiación	68
5.3.4 Fatiga.....	68
5.3.5 Pérdida de la fuerza de pretensado	68
5.4 Revestimientos.....	68
5.4.1 Cuarteadura o fisuración	70
5.4.2 Descascarado	70
5.4.3 Agrietamiento tipo barro y descascarado.	70
5.4.4 Ampollamiento.....	70

5.4.5 Descoloramiento.	71
5.4.6 Caleo.	71
5.4.7 Disolución.....	71
5.4.8 Delaminación y exfoliación.....	71
5.4.9 Puntos de Oxidación.....	71
5.4.10 Pequeños poros y alojamiento.	71
5.4.11 Degradación de recubrimientos galvanizados.	72
5.4.11.1 Consumo.....	72
5.4.11.2 Daños mecánicos	72
5.4.11.3 Otros mecanismos degradación.....	72
5.4.12 Condiciones propicias para una falla prematura de la pintura.	73
5.5 Corrosión de pilotes de acero estructural	73
5.6 Anclajes.....	74
5.7 Referencias del capítulo 5	77
6. Detección del Envejecimiento	78
6.1 Hormigón	78
6.1.1 Ensayos no destructivos	78
6.1.1.1 Inspección visual	79
6.1.1.2 Tasa de filtración (leak rate test)	79
6.1.1.3 Audio	79
6.1.1.4 Termografía Infrarroja	79
6.1.1.5 Magnético	80
6.1.1.6 Acústicos.....	80
6.1.1.7 Radiación	81
6.1.1.8 Tomografía.....	82
6.1.1.9 Martillo de rebote.....	82
6.1.1.10 Análisis modal.....	82
6.1.1.11 Radar	83
6.1.1.12 Instrumentación.....	83
6.1.2 Ensayos destructivos	83
6.1.2.1 Permeabilidad al Aire	84
6.1.2.2 Rotura.....	84
6.1.2.3 Prueba de muestras	84

6.1.2.4 Penetración de una sonda	84
6.1.2.5 Prueba de arrancamiento	85
6.1.2.6 Contenido de iones cloruro	85
6.1.2.7 Profundidad de carbonatación	85
6.1.2.8 Petrografía	85
6.2 Acero de refuerzo.....	86
6.2.1 Cuatro electrodos.....	86
6.2.2 Potenciales de media-celda.....	86
6.2.3 Tasa de corrosión en sondas.....	86
6.2.4 Técnica de pulso galvanostático.....	87
6.3 Sistemas de pretensado.....	87
6.3.1 Determinación de la fuerza pretensado.....	87
6.3.2 Las pruebas mecánicas de los materiales del tendón	88
6.3.3 Pruebas en grasa	88
6.3.4 Inspección de anclajes	88
6.4 Penetraciones	88
6.4.1 El examen visual	88
6.4.2 Las pruebas de fugas locales	89
6.5 Revestimientos.....	89
6.5.1 Prueba Integral de la tasa de fugas.....	89
6.5.2 Examen Visual	89
6.5.3 Prueba ultrasónica	90
6.5.4 Prueba con partículas magnéticas	90
6.5.5 Prueba de líquidos penetrantes	90
5.6 "Wáter-Stop", Sellos Y Juntas	90
5.7 Recubrimientos de protección	91
5.8 Referencias capítulo 6	98
7. Mitigación y métodos de reparación	99
7.1 Técnicas y materiales para la reparación de hormigones dañados	99
7.1.1 Agrietamiento (Cracks).....	99
7.1.1.1 Inyección de resinas epoxi	100
7.1.1.2 Perfilado y sellado.....	101
7.1.1.3 Costura de fisuras.....	102

7.1.1.5 Perforación y obturación.....	103
7.1.1.6 Llenado con mortero	104
7.1.1.7 Colocación de mortero como mezcla seca (Drypacking).....	105
7.1.1.8 Impregnación con polímero	105
7.1.2 Astillado	105
7.1.3 Delaminación	106
7.1.4 Filtraciones de agua	107
7.1.5 Nido de abeja y huecos	107
7.1.6 Reacción álcali-agregado	107
7.2 Técnicas correctivas de la corrosión armaduras de hormigones	108
7.2.1 Medidas preventivas.....	108
7.2.2 Medidas correctivas.....	109
7.2.2.1Repasivacion	109
7.3 Medidas correctivas para los revestimientos y recubrimientos	110
7.4 Referencias capítulo 7	113
8. Revisión del historial de ensayos y reparaciones realizado en E/R de CNE	114
8.1 Ensayos pre-operacionales.....	114
8.1.1 Prueba de presión (PPT) 1981	114
8.1.2 Prueba de tasa de fugas (LRT) 1981	114
8.1.3 Reparaciones	115
8.2 Historia de mantenimiento, vigilancia e inspección	115
8.3 Pruebas de Tasa de fugas (LRTs)	115
8.5 Reparaciones de hormigón y juntas.....	116
8.6 SISTEMA PRETENSADO	123
8.6.1 Corrosión.....	124
8.6.2 Pérdida de fuerza de pretensado.....	125
8.7 Referencias capítulo 8	128
9. Perdidas de fuerza de pretensado metodología propuesta por IMPRES	129
9.1 Definiciones	129
9.2 Fluencia Lenta del Hormigón.....	129
9.3 Espesor ficticio de un elemento constructivo	130
9.4 Retracción	130
9.5 Perdidas por relajación del acero.....	131

9.6 Perdidas por fricción.....	131
9.7 Perdidas por relajación del acero, por retracción y fluencia lenta del	132
9.8 Referencia capítulo 9.....	139
10. Pérdida de fuerza de pretensado, metodología según Zia, Paul; Preston,H.K; Scott, N.L [REF #1]	140
10.1 Acortamiento elástico (ES: Elastic Shortening of Concrete).....	140
10.2 Contracción del hormigón (SH: Shrinkage of Concrete).....	141
10.3 Fluencia lenta del hormigón (CR: Creep of Concrete).....	142
10.4 Relajación de los cables (RE: Relaxation of Tendons)	143
10.5 Perdidas por fricción	144
10.6 Perdidas por acunamiento.....	145
10.7 Referencias del Capítulo 10.....	146
11. Conclusiones y consideraciones finales	147
11.1 Conclusiones.....	147
11.2 Consideraciones finales.....	148