

ÍNDICE DE CONTENIDOS

ÍNDICE DE CONTENIDOS.....	i
ÍNDICE DE TABLAS.....	v
ÍNDICE DE FIGURAS.....	vi
RESUMEN.....	1
ABSTRACT.....	2
NOMENCLATURA.....	3
1 OBJETIVOS.....	7
1.1 ALCANCE.....	8
2 INTRODUCCIÓN.....	9
2.1 CAREM-25.....	10
2.1.1 Generadores de vapor del CAREM-25.....	11
2.2 GENERADORES DE VAPOR CON TUBOS EN U CON RECIRCULACIÓN EN PWRs.....	14
2.3 SMR DE WESTINGHOUSE ELECTRIC COMPANY.....	16
2.3.1 Generadores de vapor del SMR de Westinghouse.....	16
2.4 ORGANIZACIÓN DEL TRABAJO.....	17
3 SISTEMA DE GENERACIÓN DE VAPOR.....	20
3.1 ALTERNATIVA DE VAPOR SOBREALENTADO.....	20
3.2 ALTERNATIVA DE VAPOR SATURADO.....	22
3.3 DIMENSIONAMIENTO DE GENERADORES DE VAPOR.....	24
3.3.1 Generadores de vapor de un paso de tubos helicoidales.....	24
3.3.2 Condiciones de diseño termohidráulico.....	25
3.3.2.1 Base de diseño.....	25
3.3.2.2 Parámetros de diseño.....	25
3.3.3 Correlaciones utilizadas en el cálculo termohidráulico.....	27
3.3.3.1 Cálculo de la transferencia térmica.....	27
3.3.3.2 Cálculo de la pérdida de carga en el secundario.....	29
3.3.4 Factores de ingeniería.....	30
3.3.5 Predimensionamiento mecánico.....	30
3.3.5.1 Configuración geométrica.....	31
4 ANÁLISIS DE OPERACIÓN.....	34
4.1 DESCRIPCIÓN.....	34

4.2	DESCRIPCIÓN DE LA ESTRATEGIA DE OPERACIÓN DE CAREM CON GENERADORES DE VAPOR QUE PRODUCEN VAPOR SOBRECALENTADO ..	35
4.3	DESCRIPCIÓN DE LA ESTRATEGIA DE OPERACIÓN DE CAREM CON GENERADORES DE VAPOR QUE PRODUCEN VAPOR SATURADO.....	37
4.3.1	Descripción del control de operación típico de un reactor PWR con generadores de vapor de tubos en U.	37
4.3.2	Objetivo de proceso.	38
4.3.3	Objetivos de control.	38
4.3.4	Variables controladas.	38
4.3.5	Diagrama de flujo de sistema de generación de vapor de la alternativa de vapor saturado.....	39
4.3.6	Metodología de cálculo de las variables de proceso.....	39
4.3.6.1	Circuito primario.	40
4.3.6.2	Circuito secundario.	40
4.3.7	Operación normal máxima potencia en estado estacionario	42
4.3.7.1	Consideraciones de diseño.	42
4.3.7.2	Resultados.	42
4.3.8	Operación a 105% de potencia	44
4.3.8.1	Consideraciones de diseño	44
4.3.8.2	Resultados.	44
4.3.9	Operación a 80% de potencia del reactor	46
4.3.9.1	Caso 1: Variación de la presión del Sistema secundario manteniendo la temperatura de entrada a los GGVV.	46
4.3.9.1.1	Consideraciones de diseño.....	46
4.3.9.1.2	Resultados.....	46
4.3.9.2	Caso 2: Variación de la presión del Sistema secundario manteniendo la temperatura de alimentación.....	48
4.3.9.2.1	Consideraciones de diseño.....	48
4.3.9.2.2	Resultados.....	48
4.3.9.3	Caso 3: Variación de la presión del Sistema primario.	50
4.3.9.3.1	Consideraciones de diseño.....	50
4.3.9.3.2	Resultados.....	50
4.3.9.4	Condiciones de operación	52
4.3.10	Operación a 50% de potencia del reactor	52

4.3.10.1	Caso 1: Variación de la presión del Sistema secundario, con temperatura de entrada a GV constante.....	52
4.3.10.1.1	Consideraciones de diseño.....	52
4.3.10.1.2	Resultados.....	52
4.3.10.2	Caso 2: Variación de la presión en el Sistema secundario, con temperatura de alimentación constante.....	55
4.3.10.2.1	Consideraciones de diseño.....	55
4.3.10.2.2	Resultados.....	55
4.3.10.3	Caso 3: Variación de presión del Sistema primario.....	57
4.3.10.3.1	Consideraciones de diseño.....	57
4.3.10.3.2	Resultados.....	57
4.3.10.4	Caso 4: Disminución de la presión del Sistema primario y de la presión del Sistema secundario.....	59
4.3.10.4.1	Consideraciones de diseño.....	59
4.3.10.4.2	Resultados.....	59
4.3.10.5	Caso 5: Aumento de la presión del Sistema secundario y variación de la presión del Sistema primario.....	61
4.3.10.5.1	Consideraciones de diseño.....	61
4.3.10.5.2	Resultados.....	61
4.3.10.6	Condiciones de operación.....	63
4.3.11	Operación a 10% de potencia del reactor.....	63
4.3.11.1	Consideraciones de diseño.....	63
4.3.11.2	Resultados.....	63
4.3.12	Operación a 6% de potencia (arranque).....	65
4.3.12.1	Variación de la presión del Sistema primario.....	65
4.3.12.1.1	Consideraciones de diseño.....	65
4.3.12.1.2	Resultados.....	65
4.3.13	Operación a 6% de potencia (caudal del sistema secundario es líquido saturado).....	67
4.3.13.1	Consideraciones de diseño.....	67
4.3.13.2	Resultados.....	67
4.3.14	Análisis de la curva de potencia.....	69
4.3.15	Descripción del proceso.....	72
4.3.15.1	Operación normal.....	72
4.3.15.2	Operación a diferentes potencias.....	72

4.3.15.2.1	80% de potencia.....	72
4.3.15.2.2	50% de potencia.....	73
4.3.15.2.3	10% de potencia.....	73
4.3.15.2.4	Arranque (6% de potencia).....	74
4.3.16	Operación a 100% de potencia (pérdida parcial de caudal de recirculación)..	75
4.3.16.1	Consideraciones de diseño.....	75
4.3.16.2	Resultados.....	75
5	ESTABILIDAD TERMOHIDRÁULICA.....	78
5.1.1	Modelo de canal en ebullición.....	78
5.1.2	Consideraciones.....	80
5.1.3	Ecuaciones de conservación en una dimensión.....	80
5.1.4	Modelo diferencial adimensional.....	81
5.1.5	Ejemplo de aplicación.....	86
5.1.6	Cálculo de pérdida de carga adicional a la entrada de los Generadores de vapor.....	87
6	OTROS EQUIPOS.....	90
6.1	SEPARADOR DE VAPOR.....	90
6.1.1	Tipos de separadores de vapor.....	90
6.1.1.1	Hipótesis.....	91
6.1.2	Separador gravitatorio.....	92
6.1.2.1	Metodología de cálculo.....	93
6.1.2.2	Procedimiento de diseño de Separador horizontal.....	94
6.1.2.3	Resultados.....	99
6.1.3	Separador centrífugo.....	101
6.1.3.1	Metodología de cálculo.....	103
6.1.3.2	Resultados.....	105
6.2	BOTELLÓN DE ARRANQUE.....	107
6.2.1.1	Metodología de cálculo.....	107
6.2.1.2	Resultados.....	108
6.3	BOMBA DE RECIRCULACIÓN.....	108
6.3.1	Condiciones de diseño.....	109
6.3.1.1	Hipótesis.....	113
6.3.1.2	Metodología de cálculo.....	113
6.3.1.3	Resultados.....	114

7	LAYOUT PRELIMINAR	118
8	CONSIDERACIONES DE SEGURIDAD	121
9	COMPARACIÓN DE LA EFICIENCIA DEL CICLO TÉRMICO	124
10	ANÁLISIS ECONÓMICO.....	133
10.1	VALORES UTILIZADOS EN LA EVALUACIÓN	133
10.2	MÉTODO DE CÁLCULO	134
10.3	RESULTADOS	135
10.4	CONCLUSIONES ECONÓMICAS	137
11	CONCLUSIONES.....	138
11.1	CONCLUSIONES.....	138
11.2	OTROS ESTUDIOS Y RECOMENDACIONES	139
12	BIBLIOGRAFÍA	140
ANEXO I.....		143
	DESCRIPCIÓN DEL MODELO DE CIRCUITO PRIMARIO	143

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1.	Parámetros de diseño.....	26
Tabla 2.	Datos del diseño mecánico de generador de vapor.	31
Tabla 3.	Valores relevantes para las distintas alternativas analizadas.....	32
Tabla 4.	Detalles geométricos.	33
Tabla 5.	Parámetros a 100% de potencia del reactor.....	43
Tabla 6.	Resultados CASO 1 y CASO 2.	45
Tabla 7.	Parámetros a 80% de potencia del reactor. Caso 1: variación de la presión del sistema secundario.....	47
Tabla 8.	Parámetros a 80% de potencia del reactor. Caso 2: variación de la presión del sistema secundario.....	49
Tabla 9.	Parámetros a 80% de potencia del reactor. Caso 3: variación de la presión del sistema primario.	51
Tabla 10.	Parámetros a 50% de potencia del reactor. Caso 1: variación de la presión del sistema secundario.....	53
Tabla 11.	Parámetros a 50% de potencia del reactor. Caso 2: Variación de la presión en el sistema secundario.....	56
Tabla 12.	Parámetros a 50% de potencia del reactor. Caso 3: Variación de la presión en el sistema primario.	58
Tabla 13.	Parámetros a 50% de potencia del reactor. Caso 4: Disminución de la presión en el sistema primario y variación de la presión del sistema secundario.	60
Tabla 14.	Parámetros a 50% de potencia del reactor. Caso 5: Aumento de la presión en el sistema secundario y variación de la presión del sistema primario.....	62