



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO
PROGRAMA DE MAESTRÍA Y DOCTORADO EN INGENIERÍA
ENERGÍA – ENERGÍA Y MEDIO AMBIENTE

APLICACIÓN DE LA METODOLOGÍA DE ANÁLISIS PROBABILÍSTICO DE
SEGURIDAD DE INCENDIOS INCORPORANDO EFECTOS POR ACTUACIÓN
ESPURIA DE SISTEMAS ELÉCTRICOS.

TESIS
QUE PARA OPTAR POR EL GRADO DE:
MAESTRO EN INGENIERÍA

PRESENTA:
JULIO ARTURO ALDECUA SOSA

TUTOR
MANUEL GONZÁLEZ CUESTA
FACULTAD DE INGENIERÍA

MÉXICO, D. F. ENERO 2014

JURADO ASIGNADO:

Presidente: Dra. Cecilia Martin Del Campo Márquez

Secretario: Dr. Manuel González Cuesta

Vocal: Dr. Carlos Chávez Mercado

1 er. Suplente: M.C. Carlos Filio López

2 do. Suplente: M.C. Jorge Viais Juárez

Lugar o lugares donde se realizó la tesis: Veracruz, Ver., y México, D.F.

TUTOR DE TESIS:

Dr. Manuel González Cuesta

FIRMA

Agradecimientos

El trabajo que se presenta a continuación pudo realizarse gracias al apoyo que varias personas me brindaron, lo cual fue muy importante para mí.

Quiero agradecerle de una forma muy especial a mi esposa Julieta que siempre me ha apoyado en todas las decisiones que he tomado, brindando su ayuda incondicional por estos más de 7 años de casados. Además, quiero agradecerles a mis Padres que durante el desarrollo de esta maestría en los últimos 3 años han entendido que a veces no podía estar con ellos.

También quiero agradecerle al Ingeniero Jorge Cárdenas Jáuregui, Subgerente de Ingeniería de Laguna Verde, ya que por él es que estudié la maestría. El ingeniero fue quien me comentó del proyecto de la maestría y de las posibilidades y ventajas que representa realizarla de manera virtual.

Quiero agradecerles a mis compañeros de trabajo, el Ing. Armando Cruz Olmos y el Ing. Hiram Vázquez Ortega, ambos especialistas en el tema de Protección Contra Incendio de la Planta Nuclear Laguna Verde, quienes siempre me han brindado su ayuda cuando la he necesitado, además de que sus experiencias en el tema de Contra Incendio han sido de gran aporte para la elaboración de la presente tesis.

Quiero agradecerle a mi Asesor de tesis el Dr. Manuel González Cuesta por el apoyo que me brindó durante el desarrollo de este trabajo, asimismo a la M.C. Pamela Fran Nelson quien fue mi asesora al inicio y fue ella quien me comentó sobre la posibilidad de realizar el proyecto de APS de Incendios.

Tabla de contenido

Resumen.....	1
1 Introducción.....	3
1.1 Objetivo.....	3
1.2 Alcance.....	3
1.3 Organización de este documento	3
2 Antecedentes.....	4
2.1 Definiciones y acrónimos.....	4
2.2 Antecedentes sobre Protección Contra Incendio de plantas de potencia nuclear	7
2.3 Reglamentación sobre Protección Contra Incendios.....	7
2.3.1 La BTP APCS 9.5-1 y el Apéndice R del 10CFR50	8
2.3.2 Análisis de Peligro de Incendio (Fire Hazard Analysis, FHA)	11
2.3.3 Análisis de paro seguro ante fuego.....	13
2.3.4 Problemática reciente de la Protección Contra Incendios para la operación de reactores de potencia	15
2.4 Protección contra incendio basada en desempeño e informada en riesgo	16
3 Panorama de la metodología APS de Incendios	18
4 Descripción de la Planta	20
4.1 Diseño de la Central Laguna Verde	20
4.1.1 Balance de planta.....	20
4.1.2 Sistemas de mitigación	24
4.2 Descripción del caso de estudio	29
5 Partición de la planta	35
5.1 Definiciones	36
5.2 Propósito	37
5.3 Alcance.....	37
5.4 Antecedentes	37
5.5 Interfaces	38
5.6 Desarrollo de la actividad de partición de planta en compartimentos de incendio.	38
5.7 Requisitos.....	39
5.7.1 Definir los límites globales de los análisis.	39
5.7.2 Partición de la Planta.....	40
5.7.3 Información del compartimento, recolección y caracterización.	41
6 Selección de los componentes	44
6.1 Definiciones	45
6.2 Propósito	45
6.3 Alcance.....	46
6.4 Antecedentes	46
6.5 Interfaces	47

6.6	Requisitos.....	48
6.6.1	Identificar secuencias del APS de <i>eventos internos</i> a incluir (y aquellas a excluir) en el modelo APS de Incendios.	48
6.6.2	Revisión del modelo APS de eventos internos contra el análisis de paro seguro por incendio.	52
6.6.3	Identificación de los eventos iniciadores debidos a incendio basada en equipos afectados.....	53
6.6.4	Identificación de equipos con actuaciones espurias potenciales que pueden desafiar la capacidad de un paro seguro.....	58
6.6.5	Incluir equipos con consecuencias potencialmente altas.....	60
6.6.6	Ensamble de la lista de equipos del APS de Incendios.....	61
7	Selección de cable para el APS de Incendios.....	62
7.1	Definiciones.....	63
7.2	Propósito.....	63
7.3	Alcance.....	64
7.4	Antecedentes.....	64
7.5	Interfaces.....	65
7.6	Procedimiento.....	66
7.6.1	Etapa 1: Compilación de datos y evaluación de prerrequisitos.....	66
7.6.2	Etapa 2: Selección de los cables / circuitos del APS de Incendios.....	67
7.6.3	Etapa 3: Identificación y selección de los suministros de potencia del APS de Incendios.....	67
7.6.4	Etapa 4: Revisión de los circuitos asociados.....	68
7.6.5	Etapa 5: Determinación de las rutas de cable y localización en planta.....	68
7.6.6	Etapa 6: Informe de la lista de cables del APS de Incendios.....	68
8	Análisis cualitativo.....	76
8.1	Definiciones.....	77
8.2	Propósito.....	77
8.3	Alcance.....	77
8.4	Antecedentes.....	78
8.5	Interfaces.....	78
8.6	Procedimiento.....	78
8.7	Análisis cualitativo aplicable a este proyecto.....	79
9	Modelo de riesgo inducido por incendio.....	80
9.1	Definiciones.....	81
9.2	Propósito.....	81
9.3	Alcance.....	81
9.4	Antecedentes.....	82
9.5	Interfaces.....	83
9.6	Desarrollo del modelo CDF/CCDP.....	83
9.6.1	Selección de secuencias y eventos iniciadores inducidos por el incendio y verificar contra la lista de componentes y los modos de falla.....	83
9.6.2	Incorporación de fallas de equipo inducidas por el incendio.....	84

9.6.3	Incorporación de fallas humanas inducidas por el incendio.....	85
9.6.4	Desarrollo del modelo LERF/CLERP.....	87
10	Frecuencias de ignición.....	88
10.1	Definiciones.....	89
10.2	Propósito.....	89
10.3	Alcance.....	89
10.4	Antecedentes.....	90
10.5	Interfaces.....	91
10.6	Introducción.....	91
10.7	Asignación de las fuentes de ignición de la Planta a fuentes genéricas.....	92
10.8	Revisión y recopilación de datos de eventos de incendio de la planta.....	97
10.9	Actualización de las frecuencias de ignición genéricas.....	97
10.10	Asignación de localizaciones específicas a las localizaciones genéricas.....	97
10.11	Factor de ponderación de localización.....	100
10.12	Contabilización de las fuentes de ignición fijas.....	100
10.13	Factor de ponderación de la fuente de ignición.....	102
10.14	Fuente de ignición y la frecuencia de incendios del compartimento.....	105
11	Modelado del alcance del fuego.....	107
11.1	Definiciones.....	108
11.2	Propósito.....	108
11.3	Alcance.....	109
11.4	Interfaces.....	109
11.5	Procedimiento.....	110
12	Análisis detallado de falla de circuitos.....	113
12.1	Definiciones.....	114
12.2	Propósito.....	114
12.3	Alcance.....	114
12.4	Antecedentes.....	115
12.5	Interfaces.....	115
12.6	Compilación y evaluación previa de los prerrequisitos.....	116
12.6.1	Confirmar que la lista de cables del APS de Incendios está disponible en la base de datos del APS de Incendios.....	116
12.6.2	Confirmación de que los compartimentos y escenarios no descartados estén identificados.....	116
12.7	Realizar análisis detallado de falla de cable y circuito.....	119
12.7.1	Desarrollo de la estrategia para el análisis de circuitos.....	119
12.7.2	Desarrollo de reglas específicas de la planta para la realización del análisis de circuitos.....	120
12.7.3	Desarrollo de análisis detallado de falla de circuitos.....	123
12.8	Generación de reportes de respuesta de los equipos a fallas.....	125
13	Análisis de probabilidad de modos de falla de circuitos.....	126
13.1	Definiciones.....	127

13.2 Propósito	128
13.3 Alcance.....	128
13.4 Antecedentes	128
13.5 Interfaces	129
13.6 Procedimiento	129
13.6.1 Compilación y evaluación de los prerrequisitos.....	129
13.6.2 Enfoque del análisis de selección	130
13.6.3 Desarrollo del análisis de probabilidad del modo de falla de circuitos.....	131
13.6.4 Generación de reportes de probabilidad de los modos de falla de circuitos.	134
14 Cuantificación de riesgo de incendio.....	135
14.1 Definiciones	136
14.2 Propósito	136
14.3 Alcance.....	137
14.4 Antecedentes	137
14.5 Interfaces	138
14.6 Procedimiento	138
14.6.1 Cuantificación final del modelo de CDF y LERF debida a incendio.....	138
14.6.2 Propagar Distribuciones de Incertidumbre.....	139
14.6.3 Análisis de sensibilidad.....	140
Conclusiones.....	141
Referencias.....	142
Apéndice A: Figuras y tablas de resultados para el caso de estudio.....	145

Lista de figuras

Figura 2-1	Proceso del análisis de paro seguro ante fuego.....	14
Figura 3-1	Alcance del APS de incendios en la CLV	19
Figura 4-1	Ubicación de las válvulas de aislamiento 1-RHR-MV-8247/8248.....	32
Figura 4-2	RHR modo enfriamiento en parada lazo A.....	33
Figura 4-3	RHR modo enfriamiento en parada lazo B	34
Figura 5-1	Alcance de la partición de planta	35
Figura 6-1	Alcance de la selección de equipos.....	44
Figura 7-1	Proceso de Selección de Cable para el APS de incendios	62
Figura 8-1	Proceso del Análisis cualitativo.....	76
Figura 9-1	Proceso del Modelo de Riesgo Inducido por Incendio	80
Figura 10-1	Frecuencias de Ignición	88
Figura 11-1	Proceso del Modelado del alcance del fuego.....	107
Figura 11-2	Regiones de Zona de Influencia.....	111
Figura 11-3	Representación conceptual para calcular el factor de severidad.....	111
Figura 12-1	Proceso del Análisis detallado de falla de circuitos.....	113
Figura 13-1	Proceso de Análisis de probabilidad de modos de falla de circuitos	126
Figura 14-1	Proceso de Cuantificación de riesgo de incendio	135
Figura A-0-1	Edificio del Reactor y Contención Primaria El. 18.70.....	146
Figura A-0-2	Edificio del Reactor El. 10.15.....	147
Figura A-0-3	Edificio del Reactor El. 25.10.....	148
Figura A-0-4	Edificio de Control El. 14.05	149
Figura A-0-5	Edificio de Control El. 18.10	150
Figura A-0-6	Edificio de Control El. 25.10 (Cuarto de control principal)	151

Lista de tablas

Tabla 4-1	Controles para las válvulas MV-8247 y MV-8248.....	31
Tabla 4-2	Señales de aislamiento (RHR) en modo enfriamiento en parada	31
Tabla 5-1	Compartimentos de incendio para el caso de estudio	40
Tabla 5-2	Información del Compartimento (especificación)	42
Tabla 5-3	Información del Compartimento (cont.)	43
Tabla 6-1	Lista final grupo de iniciadores en modelo APS de eventos internos.....	50
Tabla 6-2	Tipos de secuencia de accidente a incluir / excluir en el APS de Incendios	51
Tabla 6-3	Lista de Equipos del APS de incendios (1-RHR-MV-8247).....	54
Tabla 6-4	Lista de Equipos del APS de Incendios (1-RHR-MV-8248).....	55
Tabla 6-5	Lista de Equipos del APS de Incendios (MCC-1B1-B DIV-II)	56
Tabla 6-6	Lista de Equipos del APS de Incendios (MCC-1A1-BA DIV-I).....	57
Tabla 6-7	Ilustración de Actuaciones espurias (simples y múltiples) de equipo operado eléctricamente usando el APS de eventos internos.....	59
Tabla 6-8	Información de la lista de componentes del APS de Incendios	61
Tabla 7-1	Lista de cables y conduits asociados al equipo 1-RHR-MV-8247	69
Tabla 7-2	Lista de cables asociados al equipo 1-RHR-MV-8247.....	70
Tabla 7-3	Lista de conduits asociados al equipo 1-RHR-MV-8247	71
Tabla 7-4	Lista de cables y conduits asociados al equipo 1-RHR-MV-8248	71
Tabla 7-5	Lista de cables asociados al equipo 1-RHR-MV-8248.....	72
Tabla 7-6	Lista de conduits asociados al equipo 1-RHR-MV-8248	73
Tabla 7-7	Lista de cables del APS de Incendios	74
Tabla 8-1	Análisis cualitativo de los compartimentos de incendio.....	79
Tabla 9-1	Falla del aislamiento en sistemas de baja presión.....	85
Tabla 9-2	Frecuencia de LOCAs de interfaz.....	85
Tabla 9-3	Resumen del método ASEP (Fuente: NUREG-1842)	86
Tabla 9-4	HEPs de las acciones humanas ¹	86
Tabla 10-1	Grupos de Componentes y Frecuencias Genéricas	92
Tabla 10-2	Grupos de Componentes y Frecuencias Genéricas (Cont...)	93
Tabla 10-3	Asignación de grupos de fuente de ignición a componentes del compartimento.	94
Tabla 10-4	Localización genérica asignada a las localizaciones de la planta.....	98
Tabla 10-5	Descripción de localizaciones genéricas de planta y factor de ponderación W _L	99
Tabla 10-6	Contabilización de fuentes de ignición fijas y factor de ponderación.	105
Tabla 10-7	Frecuencia de incendios para cada fuente de ignición.....	106
Tabla 11-1	Formato de fuente de ignición fija – Compartimento RB-9.	112
Tabla 11-2	Formato de fuente de ignición fija – Compartimento CB-3.	112
Tabla 12-1	Compartimentos no descartados	117
Tabla 12-2	Datos de componente para análisis de falla de circuitos.....	118
Tabla 12-3	Datos de componente para análisis de falla de circuitos.....	119
Tabla 12-4	Modos de falla de cables y efectos en componentes.....	120
Tabla 12-5	Recomendaciones para los modos de falla de cables.....	121
Tabla 13-1	Estimaciones de la probabilidad del modo de falla dados daños de cable termoestable con transformadores de control de potencia (CPT) ¹	131

Tabla 13-2	Estimaciones de la probabilidad del modo de falla dados daños de cable termoestable sin transformadores de control de potencia [15]	132
Tabla 13-3	Estimaciones de la probabilidad del modo de falla dados daños de cable termoplástico con transformadores de control de potencia [15].....	132
Tabla 13-4	Estimaciones de la probabilidad del modo de falla dados daños de cable termoplástico sin transformadores de control de potencia [15].....	132
Tabla 13-5	Estimaciones de la probabilidad del modo de falla dados daños de cable blindado o protegido [15].....	132
Tabla A-1	Información del Compartimento RPC	152
Tabla A-2	Información del Compartimento RB-9	155
Tabla A-3	Información del Compartimento RB-9A	157
Tabla A-4	Información del Compartimento RB-9D	159
Tabla A-5	Información del Compartimento RB-7	161
Tabla A-6	Información del Compartimento RB-16	163
Tabla A-7	Información del Compartimento CB-9	165
Tabla A-8	Información del Compartimento CB-13	167
Tabla A-9	Información del Compartimento CB-14	169
Tabla A-10	Información del Compartimento RB-12A	173
Tabla A-11	Información del Compartimento RB-9E.....	174
Tabla A-12	Información del Compartimento CB-2	176
Tabla A-13	Información del Compartimento CB-3	178

Resumen

En el presente trabajo se han descrito las distintas etapas del proceso de desarrollo de los modelos de un APS de Incendios de acuerdo a la metodología EPRI/NRC-RES [20], incluyendo la aplicación a un caso de estudio con objeto de definir una estrategia para su implementación en la Central Laguna Verde. A continuación se resumen las principales observaciones encontradas en cada etapa.

Alcance. Se analizó un caso de estudio estando la planta en operación normal donde se postula un incendio que daña los cables asociados a las moto válvulas 1-RHR-MV-8247/8248, dando origen a un accidente de pérdida de refrigerante fuera de la contención.

Partición de planta. En esta etapa se definió como frontera global del estudio los edificios del reactor (RB) y de control (CB), ya que éstos albergan los componentes y cables de interés para los componentes y modos de falla considerados. Otras áreas no contienen equipo de interés para nuestro APS de Incendios, por lo que fueron eliminadas de mayor análisis.

El segundo objetivo de la *partición de planta* es dividirla en compartimentos de incendio, para lo cual se aprovecharon las particiones de planta existentes en el Análisis de Peligros de Incendio (FHA, Apéndice 9.5A del FSAR). Esta partición se muestra en los planos de edificio del Reactor y de Control del Apéndice A. Empleando la base de datos de cables y canalizado existente en la CLV se determinaron aquellos compartimentos por donde pasan todos los cables asociados a las válvulas 1-RHR-MV-8247 y 1-RHR-MV-8248, y estos compartimentos se registran en la tabla 5-1, la cual conforma la “lista de compartimentos de incendio para el caso de estudio” y representa el producto final de esta etapa.

Selección de componentes del APS de Incendios. En esta etapa se identifican aquellos componentes que se encuentran dentro de los compartimentos identificados en la *partición de planta* y que pueden tener un impacto en continuar la operación de la planta y llevarla a paro seguro. Para nuestro caso de estudio estos componentes son las propias válvulas así como sus fuentes de potencia, los cuales cumplen con los criterios para incluirse en la lista. Estos componentes se registran en las tablas 6-3 a la 6-6, las cuales se describen como “lista de componentes del APS de Incendios” y representan el producto final de este capítulo.

Selección de cable del APS de Incendios. A partir de la lista de componentes del APS de Incendios se identificaron los circuitos/cables asociados y su ruta en la planta. La identificación de cables así como su ruta se obtuvo del sistema informático de cables y charolas “CCCARS” de la CLV. La identificación del suministro de potencia eléctrica de los equipos identificados en la lista de equipos fue a partir de los diagramas de alambrado y diagramas unifilares.

La información obtenida se registra en la tabla 7-7, la cual se describe como “lista de cables del APS de Incendios” y representa el producto final de este capítulo.

Análisis cualitativo. En esta etapa se descartan los compartimentos de la planta para los cuales se puede determinar cualitativamente que no tienen impacto en continuar la operación de la planta y llevarla a paro seguro, a través de los componentes y cables identificados en las etapas anteriores. A manera de guía para demostrar cómo se tendría que realizar un análisis cualitativo, se presentó la tabla 8-1 en la cual se muestra cómo al ir contestando una serie de preguntas, se pueden ir descartando compartimentos.

Para nuestro caso de estudio, esta etapa es trivial ya que, como se mencionó en las conclusiones del capítulo 5, la identificación de compartimentos está acotada a analizar sólo aquellos por donde pasan todos los cables asociados a las válvulas 1-RHR-MV-8247 y 1-RHR-MV-8248.

Modelo de riesgo inducido por incendio. En esta etapa se define la forma de incorporar en el modelo de riesgo las fallas inducidas por incendio, incluyendo eventos iniciadores y acciones humanas. Para los efectos del presente proyecto, se excluyen expresamente del alcance de los trabajos la cuantificación probabilística, por lo que la intención es únicamente mostrar cómo se realizaría esta tarea. De acuerdo a nuestro caso de estudio, se seleccionó del APS de eventos internos la secuencia de accidente a utilizar, la cual fue:

“LOCA de interfaz con falla a aislar y pérdida de todas las posibilidades de inyección”.

Frecuencias de Ignición. Para nuestro caso de estudio, se utilizaron los datos de frecuencia genérica mostrados en la tabla 10-1, debido a que no hay patrones de ocurrencia de incendios inusuales en la planta. Con la información recopilada y utilizando la ecuación $\lambda_{IS,J} = \lambda_{IS} W_L W_{IS,J}$, se calcularon las frecuencias de incendios para cada fuente de ignición, $\lambda_{IS,J}$, las cuales se documentan en la tabla 10-7, la cual se describe como “Frecuencia de incendios para cada fuente de ignición” y representa el producto final de este capítulo.

Modelo del alcance del fuego. Para los efectos del presente proyecto, se excluyen expresamente del alcance de los trabajos la simulación de incendios, por lo que la intención es únicamente describir paso a paso las actividades a realizar. Las tablas 11-4 a la 11-16, denominadas “formato de fuente de ignición fija”, indican los datos recopilados en los pasos anteriores que se emplearían como entrada para el modelado del fuego.

Análisis detallado de falla de circuitos. Esta etapa consiste en la determinación de los efectos sobre los componentes del APS de Incendios para cada modo de falla de sus cables, empleando una variedad de técnicas de análisis especificadas en la metodología evaluada. Nuestro caso de estudio sirvió para hacer una valoración del esfuerzo requerido al aplicar las distintas técnicas de análisis. Se destaca una notoria diferencia en el esfuerzo requerido para plantas que no cuentan con un análisis de cumplimiento con el Apéndice R [3] disponible para identificar respuestas de equipos a modos de falla de cable específicos, ya que al tenerlo los trabajos se limitarían a verificar lo adecuado del análisis y complementar los casos adicionales para el APS de Incendios. Esta diferencia se acentúa por tratarse de un trabajo intensivo en tiempo de analista, ya que requiere una determinación cable por cable para cada componente por parte de personal calificado en análisis de circuitos.

Análisis de probabilidad de modos de falla de circuitos y Cuantificación del riesgo de incendio. El objetivo de las últimas dos etapas es asignar valores de probabilidad a los modos de falla de los equipos de interés para cuantificar la CDF y la LERF. Estas cuantificaciones se hacen añadiendo al modelo del APS de eventos internos los modos de falla inducidos por incendio de los equipos, combinando cada uno con la frecuencia del escenario de incendio que lo provoca. En una primera fase de esta cuantificación se obtienen la CCDP y la CLERP para determinar su aceptabilidad con respecto a criterios de filtrado de compartimentos y/o escenarios. El producto final es un modelo del APS de Incendios cuantificado para obtener las probabilidades del riesgo de incendio, ya sea de manera integral con los eventos internos, o bien, cuantificando la CDF y LERF para cada escenario de incendio.

1 Introducción

1.1 Objetivo

El objetivo del presente trabajo es definir una estrategia para aplicar la metodología de Análisis Probabilístico de Seguridad para Incendios a la Central Laguna Verde a partir del planteamiento de un caso de estudio y tomando en cuenta la estructura documental existente en la central.

1.2 Alcance

El alcance del proyecto comprende la aplicación de la metodología de Análisis Probabilístico de Seguridad de Incendios para el planteamiento de un caso de estudio específico postulado. La elaboración de un APS de Incendios para una planta nuclear requiere de un gran número de horas-persona debido a la cantidad de información que es necesario de recopilar, involucrando además un alto grado de especialización para la realización de algunas de sus tareas. Para poder lograr los objetivos del presente proyecto, se excluyen expresamente del alcance de los trabajos la cuantificación probabilística y la simulación de incendios. Igualmente, los análisis se limitarán a un escenario estando la planta en operación normal y presentándose un incendio que daña los cables asociados a un par de moto válvulas de aislamiento seleccionadas, provocando la apertura espuria de las mismas, dando origen a una pérdida de refrigerante fuera de la contención en la interfaz entre sistemas de alta y baja presión.

1.3 Organización de este documento

Este trabajo se presenta en cuatro capítulos introductorios, seguidos de diez capítulos que describen la aplicación de la metodología, para finalizar con las conclusiones. El capítulo 1 provee una introducción que incluye el alcance del proyecto y las definiciones de los términos más importantes que son usados. El capítulo 2 provee los antecedentes en materia de protección contra incendio; también provee un resumen de la reglamentación sobre protección contra incendios, así como las perspectivas actuales de evaluación de la protección contra incendio para la operación de reactores nucleares de potencia. El capítulo 3 provee el panorama general de la metodología de Análisis Probabilístico de Seguridad (APS) de incendios utilizada para la realización de este proyecto; este panorama se muestra como cuadro sinóptico. El capítulo 4 provee la descripción general de la central de potencia nuclear Laguna Verde, la cual es objeto de estudio de este proyecto, incluyendo el diseño de la central, los sistemas del balance de planta y los sistemas de mitigación de accidentes. Además, se describe el caso de estudio seleccionado para este proyecto. Los capítulos del 5 al 14 proporcionan las tareas de análisis requeridas para llevar a cabo el APS de Incendios del caso de estudio propuesto, estas tareas se muestran también en cuadro sinóptico para cada capítulo. Cada tarea se describe a detalle y se recopilan los datos necesarios para completar dichas tareas. Estos datos son obtenidos desde fuentes de información de diseño, desde procedimientos de operación, así como también haciendo recorridos de la planta Laguna Verde enfocados a este propósito. Finalmente, el capítulo 15 presenta los resultados y recomendaciones obtenidas en este estudio.

2 Antecedentes

2.1 Definiciones y acrónimos

Término	Definición
Barrera contra fuego	Elemento constructivo (muro, piso y sus estructuras), incluyendo vigas, viguetas, columnas, sellado de penetraciones, puertas contra incendio y compuertas contra incendio, los cuales están evaluados en horas de resistencia al fuego por laboratorios calificados. Estas barreras se usan para prevenir la propagación del fuego (de acuerdo a la Guía Reguladora 1.189) y para restringir la propagación de calor y humo.
Sistemas automáticos de supresión	Es un sistema que usa agua, dióxido de carbono (CO ₂), espuma o polvo químico seco, gas extintor halogenado u otro agente extintor limpio en un sistema de rociadores diseñado para detectar y suprimir automáticamente un fuego a través de tuberías fijas y boquillas.
Brigada contra incendio	Grupo de trabajadores asignado por la central, que está entrenado y equipado para combatir incendios y que se encuentra continuamente en el sitio.
Análisis de riesgo de incendio	Mediante este análisis, se demuestra que la planta mantiene la capacidad para ejecutar las funciones de paro seguro del reactor y minimizar la liberación radiactiva al medio ambiente en el evento de un incendio.
Zona de fuego	Son subdivisiones de las posibles áreas de afectación por fuego definidas en el contexto del programa de protección contra incendio. Una zona de fuego no está necesariamente delimitada por barreras contra fuego. Las divisiones en zonas son siempre definidas en base a los sistemas de supresión y/o detección de incendio diseñados para combatir tipos de incendio particulares. Una zona de fuego puede contener uno o más cuartos.
Cable	En el contexto de APS de Incendios, se refiere a los ensambles diseñados para conducir la corriente eléctrica. Aquí, un cable es un ensamble de uno o más conductores aislados eléctricamente (generalmente cobre o aluminio) que puede estar envuelto o no por una cubierta exterior. Esta definición excluye a los cables tipo fibra óptica.

Lista general de acrónimos

ADS	Sistema de Despresurización Automática
ANSI	American National Standards Institute
APCSB	Auxiliary Power Conversion Systems Branch
APS	Análisis Probabilístico de Seguridad
ARI	Inserción Alternativa de Barras de Control
ATWS	Transitorio Esperado sin SCRAM
BOP	Balance de planta
BTP	Branch Technical Position
BWR	Reactor de agua en ebullición
CAS	Sistema de Aire de Control
CCDP	Probabilidad condicional de daño al núcleo
CDF	Frecuencia de daño al núcleo
CFM	Pies cúbicos por minuto
CFR	Código Federal de Regulaciones
CIA	Sistema de Aire de Instrumentos de la Contención
CLV	Central Laguna Verde
CLERP	Probabilidad condicional de liberación grande y temprana
ECCS	Sistemas de Enfriamiento de Emergencia del Núcleo
EPRI	Electric Power Research Institute
ETOs	Especificaciones técnicas de operación
FEP	Procedimiento de emergencia de incendio
FHA	Fire Hazard Analysis
FSAR	Informe final de análisis de seguridad
GDC	Criterios generales de diseño
HPCS	Sistema de Rocío del Núcleo a Alta Presión
HVAC	Calefacción, ventilación y aire acondicionado
HRR	Tasa de liberación de calor
IEEE	Institute of Electrical and Electronic Engineers

IPEEE	Examen Individual de Planta para Eventos Externos
MCC	Centro de control de motores
LCO	Condición límite de operación
LERF	Frecuencia de liberación grande y temprana
LOCA	Accidente de pérdida de refrigerante
LPCI	Sistema de Inyección al Núcleo a Baja Presión
LPCS	Sistema de Rocío del Núcleo a Baja Presión
NCCW	Circuito Cerrado de Agua de Enfriamiento Nuclear
NFPA	National fire protection association
NSW	Sistema de Agua de Servicio Nuclear
NRC	Nuclear Regulatory Commission
NUREG	Informes de la US Nuclear Regulatory Commission
OMA	Acciones manuales del operador
PDP	Panel de distribución de potencia
RCIC	Sistema de Enfriamiento del Núcleo con el Reactor Aislado
RES	Office of Nuclear Regulatory Research (de la NRC)
RHR	Sistema de Remoción de Calor Residual
RIA	Requisito de información adicional
ROP	Proceso de Supervisión de Reactores (de la NRC)
RPS	Sistema de Protección del Reactor
RPT	Disparo de las bombas de recirculación
RRC	Sistema de Recirculación del Reactor
SCRAM	Inserción Súbita de las Barras de Control
SLC	Sistema de Inyección de Veneno Líquido en Reserva
SRV	Válvulas de alivio y seguridad
ZOI	Zona de influencia

2.2 Antecedentes sobre Protección Contra Incendio de plantas de potencia nuclear

El 22 de marzo de 1975, un incendio en la Planta de potencia nuclear Browns Ferry, que opera cerca de Decatur, Alabama, resultó en modificar sustancialmente el concepto de protección contra incendios y los requisitos regulatorios asociados para las plantas de potencia nuclear en EE.UU. Los trabajadores de la planta estaban buscando fugas en el cuarto de tendido de cables, y decidieron utilizar una vela encendida para comprobar las fugas de aire en los sellos hacia el edificio del reactor. Sin embargo, el sello de espuma de poliuretano no estaba calificado contra fuego. La flama con la que estaban realizando la prueba, incendió tanto el sello como los cables eléctricos que pasaban a través de él.

Al momento en que la brigada contra incendio logró extinguir el fuego, éste había permanecido durante casi siete horas. Más de 1600 cables eléctricos fueron afectados, 628 de los cuales eran importantes para la seguridad de la planta. El fuego dañó sistemas de potencia eléctrica y de control, degradando los sistemas de enfriamiento del reactor. Los operadores no podían monitorear la planta de manera normal y tuvieron que desarrollar reparaciones de emergencia en los sistemas requeridos para el apagado del reactor de manera segura.

Las investigaciones tras este evento revelaron deficiencias en el diseño de las funciones de protección contra incendio en las centrales nucleares, así como en los procedimientos de la planta para responder ante un evento de este tipo. Un incendio en ciertas localizaciones de una planta nuclear podría causar que los sistemas y componentes de seguridad redundantes fallaran, dificultando el apagado del reactor de manera segura.

Después del incendio de Browns Ferry, no ha habido otro incendio en centrales de potencia nuclear que haya tenido efectos tan importantes para la seguridad.

2.3 Reglamentación sobre Protección Contra Incendios

Tras el incendio de Browns Ferry, la NRC revisó sus normas de protección contra incendios para reducir tanto las posibilidades de iniciar un incendio, como las consecuencias si éste llegara a ocurrir. El principal requisito, en pocas palabras, es que los licenciarios deben mantener la capacidad de apagar el reactor de forma segura en caso de un incendio.

Los objetivos de la normatividad de la NRC sobre protección contra incendios son los siguientes:

- 1.- Minimizar la posibilidad de incendios y explosiones,
- 2.- Detectar, controlar y extinguir rápidamente los incendios que se produzcan, y
- 3.- Asegurarse de que los operadores puedan apagar el reactor de manera segura a pesar de un incendio no extinguido rápidamente, y reducir al mínimo el riesgo de emisiones radiactivas importantes al medio ambiente.

Con esto, las centrales nucleares hoy en día cuentan con múltiples capas de funciones de protección contra incendios para impedir daños a los sistemas de seguridad de la planta.

Algunas de estas características incluyen barreras contra fuego (tales como los aislantes térmicos), sistemas de detección de incendios, y sistemas de extinción de incendios (tales como aspersores). Si algún elemento necesario de protección contra incendios no está disponible, el licenciario debe de implementar medidas compensatorias para ello, a menudo mediante personal dedicado a la guardia continua del área afectada. La NRC inspecciona regularmente los medios implantados por los licenciarios para lograr y mantener la capacidad del apagado seguro del reactor en caso de incendio.

En la actualidad los licenciarios pueden seleccionar entre dos enfoques alternativos de reglamentación para gestionar su riesgo de incendio:

- a) **Protección Contra Incendios Determinística.** Establece márgenes de seguridad a través de la *supervivencia post-incendio* de los sistemas necesarios para apagar el reactor. Estos requisitos, basados en un conjunto de incendios postulados, se desarrollaron antes de que la industria tuviera el beneficio de los análisis probabilísticos de seguridad (APS) para incendios y otros avances técnicos recientes. La NRC enumera estos requisitos en la regla 10 CFR 50.48 (b) y en el Apéndice R del 10 CFR 50 [3].
- b) **Protección Contra Incendio Informada en riesgo.** Considera el conocimiento de los riesgos por fuego, así como otros factores, para establecer requisitos que centren la atención en aspectos de diseño y de operación de acuerdo a su importancia para la salud y seguridad del público. Este enfoque se combina además con la *regulación basada en el desempeño* en la cual se miden los resultados obtenidos en lugar de especificar el proceso o técnica particular para lograrlos. La NRC establece estos requisitos en la regla 10 CFR 50.48 (c) [1].

2.3.1 La BTP APCS 9.5-1 y el Apéndice R del 10CFR50

El grupo especial que realizó las investigaciones sobre el incendio de Browns Ferry hizo dos recomendaciones para asegurar que la efectividad de los programas de protección contra incendio se ajustara al Criterio General de Diseño GDC-3. Este criterio del Apéndice A del 10CFR50 [1] especifica que “las estructuras, sistemas y componentes importantes para la seguridad deberán ser diseñados y ubicados para reducir al mínimo la probabilidad y el efecto de los incendios y explosiones, en concordancia con otros requisitos de seguridad”. Las recomendaciones fueron las siguientes:

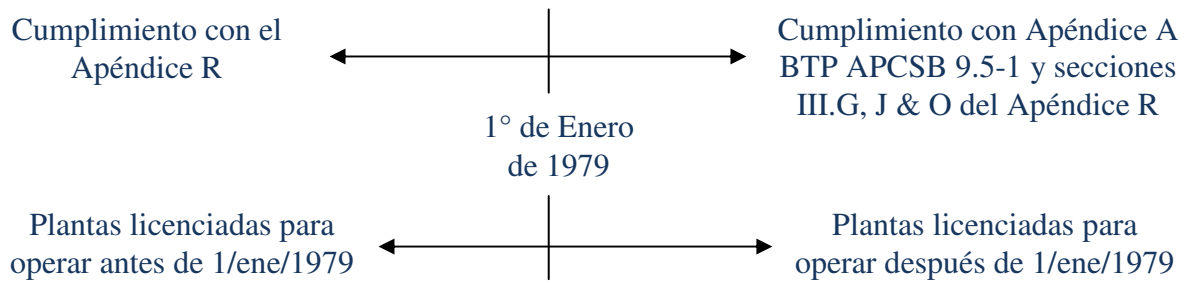
- La NRC debe desarrollar guías específicas para la implementación del GDC-3.
- La NRC debe revisar el programa de protección contra incendio de cada planta en operación, comparando el programa con la guía específica desarrollada para la implementación del GDC-3.

La guía desarrollada por la NRC fue la Branch Technical Position (BTP) Auxiliary Power Conversion Systems Branch (APCSB) 9.5-1 “Guía para la protección contra incendio de plantas de potencia nuclear” [2], así como su apéndice A “Guía para la protección contra

incendio de plantas de potencia nuclear con solicitud de licencia ingresada antes del 1° de julio de 1976”.

- Objetivo de la BTP**
- Prevenir posibilidad de incendios y explosiones
 - Detectar, controlar y extinguir (automática o manual) rápidamente los incendios que se producen
 - Protección pasiva de estructuras, sistemas y componentes importantes para la seguridad y para la capacidad de paro seguro del reactor después de un incendio

Posteriormente, en 1980, los requisitos de protección contra incendios se formalizan en la normativa como Apéndice R del 10 CFR 50 [3], de manera que el grado de cumplimiento con estas dos versiones de la normativa dependen de la fecha de licenciamiento de cada central, ya que en las centrales que se encontraban en una etapa menos avanzada de su construcción los requisitos se habían estado exigiendo mediante evaluaciones de seguridad respecto al Apéndice A de la BTP [25] durante el proceso de licenciamiento, tal como se muestra en el siguiente esquema:



Las características de los requisitos del Apéndice R del 10 CFR 50 se resumen a continuación.

<p>Antecedentes</p>	<p>La BTP APCS 9.5-1 [2] y el Apéndice A de la BTP APCS 9.5-1 [25] no contenían suficiente orientación para desarrollar los análisis de paro seguro después de incendio, algunos de los conceptos de separación propuestos por las plantas siguiendo la BTP podrían no proveer suficiente protección en caso de eventos de fuego severo. Así mismo, algunas plantas no habían implementado aspectos de la BTP que la NRC consideraba esenciales para asegurar una protección adecuada.</p> <p>Para solucionar estos asuntos, la NRC emitió en noviembre 19 de 1980 la regla 10CFR 50.48 “Protección contra incendio” y el Apéndice R “Programa de protección contra incendio para plantas nucleares en operación del 1° de enero de 1979” al 10 CFR 50 (45 FR 36082) [3].</p>
<p>Alcance regulatorio</p>	<p>Su alcance regulatorio está encaminado a las funciones de protección contra incendio requeridas por las plantas de potencia nuclear para satisfacer el criterio GDC-3 del apéndice A del 10CFR50 [1].</p>
<p>Elementos y objetivos</p>	<p>Programa de protección contra incendio. Establecer políticas para la protección de estructuras, sistemas y componentes, así como procedimientos, equipo y personal requerido para implementar dicho programa en el sitio.</p> <p>FHA (análisis de riesgo de incendio). Considerar riesgos de incendios potenciales y transitorios en el sitio. Determinar las consecuencias de un incendio en cualquier lugar de la planta sobre la capacidad de apagado seguro del reactor o sobre la capacidad de minimizar y controlar la liberación de radiactividad al medio ambiente. Especificar medidas para prevención, detección, supresión y contención del incendio, así como capacidad alterna de supresión según se requiera para cada área de fuego que contenga estructuras, sistemas y componentes importantes para la seguridad.</p> <p>Elementos de la prevención de incendios. Deben cumplir con los siguientes requisitos generales:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Los riesgos deben ser identificados y proveer protección adecuada. • Los fuegos transitorios en operación normal, mantenimiento, reparaciones o modificaciones, deben identificarse y eliminarse. • Uso de detección, extinguidores portátiles, estaciones de manguera. • Barreras contra fuego o sistemas automáticos de supresión para proteger sistemas redundantes o componentes necesarios para el apagado seguro. • Brigada contra incendio en el sitio entrenada, equipada, y lista en el sitio en todo momento. • Sistemas de detección y supresión diseñados, instalados, mantenidos y probados por personal calificado por su experiencia y entrenamiento en sistemas de protección contra incendios. • Procedimientos de vigilancia para asegurar que las barreras están en su lugar y los sistemas y componentes de supresión operables. <p>Capacidad de paro seguro dedicado o alterno. En áreas donde los elementos de protección contra incendio no pueden asegurar el apagado seguro del reactor en caso de fuego en el área, debe proporcionarse capacidad de apagado seguro alterno o dedicado.</p>

2.3.2 Análisis de Peligro de Incendio (Fire Hazard Analysis, FHA)

Basándose en la necesidad de sustentar los objetivos regulatorios y de licencia a corto plazo para la protección contra incendio en plantas de potencia nuclear, la NRC solicitó al Laboratorio Nacional de Sandia desarrollar las bases técnicas asociadas con cuatro temas específicos de protección contra incendio [5]: (1) Ventilación, (2) detección, (3) barreras y (4) análisis de peligro de incendio. El cuarto tema, análisis de peligro de incendio se describe a continuación.

Existen tres categorías que dependen del método particular empleado para valorar el peligro: (1) juicios subjetivos, (2) cálculos determinísticos o (3) lógica probabilística.

(1) Análisis subjetivos. Se basan en establecer niveles de protección contra incendio estrictamente a juicio del experto que realiza el análisis. En la práctica esta categoría de análisis es la más usada, en correspondencia con las prácticas empleadas por las compañías aseguradoras y reaseguradoras en sus evaluaciones.

- **Método de análisis de peligro de incendio preliminar.-** Presenta una lista de los peligros primarios creíbles, junto con una estimación cualitativa de los efectos potenciales de estos peligros sobre los sistemas de seguridad.
- **Método de análisis de peligro de incendio por plantilla.-** Este identifica cuáles etapas deben cubrirse para desarrollar un análisis de peligros de incendio, pero no proporciona las bases técnicas para el análisis mismo. Cada etapa de este método generalmente pide al analista de protección contra incendio realizar una tarea como: lista de códigos y estándares aplicables, desarrollar los criterios de diseño para los requisitos de supresión, o analizar sistemas de protección de respaldo disponibles.
- **Método análisis de peligro por inventario.-** Similar al preliminar, excepto que aquí se realiza un esfuerzo para cuantificar los niveles de riesgo de incendio así como de protección contra incendio. Este método describe cuantitativamente cargas de combustible y medidas de protección en cada zona de incendio. El método carece de una forma lógica o calculable de correlacionar los tipos y cantidades de combustible en cada zona con el número y tipo de detección y medidas de supresión seleccionadas. En la práctica, un analista simplemente lista las cargas de combustible y luego postula sin cálculos que una cierta combinación de barreras contra incendio, detección y supresión será la adecuada.
- **Método de análisis de modos y efectos de peligros.-** Esta técnica es una mejora del método de peligro de incendio preliminar, pero aún carece de rigor matemático. A diferencia de un análisis de peligro preliminar el cual ve cada zona de incendio como el elemento básico de estudio, un método de análisis de modos y efectos de peligros siempre empieza en un nivel más detallado con subsistemas y componentes

No es la intención describir uno a uno los métodos existentes, por lo que de aquí en adelante sólo se mencionaran los métodos aplicables a cada categoría.

(2) Análisis determinísticos. Se basan en niveles satisfactorios de protección contra incendio basados en pruebas y modelos de los fenómenos de incendio en términos de parámetros medibles y principios físicos. Típicamente, las complicaciones asociadas con caracterizar la iniciación, crecimiento, propagación y extinción del fuego llevan a la necesidad de simplificar suposiciones para obtener una solución aproximada de los problemas. Estos análisis incluyen los siguientes métodos:

- Método de análisis de escenario
- Método de análisis de barreras
- Método de carga de combustible
- Método de ventilación y carga de combustible

(3) Análisis probabilísticos. Estos análisis no se enfocan en definir numéricamente las temperaturas, razones de quemado, límites de ventilación o algún otro parámetro de incendio. En lugar de eso, un análisis probabilístico establece niveles satisfactorios de protección contra incendio en base a varias formas gráficas y cartas lógicas las cuales describen los eventos de incendio en términos de su probabilidad de ocurrencia. Los valores de probabilidad usados son típicamente derivados de datos históricos o por consenso. Estos análisis incluyen los siguientes métodos:

- Método estadístico
- Árbol de decisión de la NFPA
- Árbol de decisión de la General Services Administration (GSA).
- Análisis de árboles de fallas

Para el caso de Laguna Verde, no se aplicó directamente el apéndice R [3], ya que su licencia de operación se emitió después del 1° de enero de 1979, por lo que se evaluó respecto al cumplimiento con el Apéndice A BTP APCSB 9.5-1 [25] y el método de análisis de peligro de incendio (FHA) utilizado es el de inventario, el cual detalla la capacidad de protección y supresión contra incendio y evalúa su capacidad para dirigir, controlar y suprimir los efectos de un incendio.

Los datos para la evaluación del FHA consisten en:

- La identificación de las áreas de fuego de la planta y zonas asociadas.
- Descripción de las características de las zonas de fuego y sus barreras.
- Rutas de acceso preferidas y secundarias.
- Identificación del tipo, cantidad y contenido de calor de materiales combustibles.
- Evaluación del control de humo para cada zona.
- Descripción de los sistemas de detección para las zonas.
- Niveles máximos de radiación en la zona.
- Descripción detallada de la capacidad de supresión de incendio de la zona.
- Lista de equipos mayores dentro de la zona.
- Análisis de daño en la zona.

Así, el FHA de Laguna Verde se relaciona íntimamente con este trabajo de investigación debido a que mucha de la información requerida para el análisis probabilístico de seguridad de incendios se encuentra incluida en los análisis del FHA. Por lo tanto, la información contenida en el FHA es una fuente de información preprocesada útil a considerar en el presente trabajo.

2.3.3 Análisis de paro seguro ante fuego

Como resultado de la aplicación del apéndice R [3] para las plantas licenciadas para operar antes del 1° de enero de 1979, en el inciso G del apéndice R del 10CFR50 se establece el requisito de realizar una evaluación del impacto potencial en la capacidad de asegurar y mantener las condiciones de paro seguro ante un incendio. Este análisis es un proceso técnicamente desafiante que involucra la experiencia de personal experto en operación de planta y especialistas de varias disciplinas de ingeniería. El análisis de paro seguro ante fuego debe ser un análisis delimitador que identifica el rango de posibles impactos de un incendio dentro de cada área de fuego y asegura que se tomen las medidas apropiadas para prevenir que este daño afecte la capacidad de paro seguro de la planta. Para cada área de fuego, el análisis de paro seguro ante fuego definirá la configuración de sistemas necesarios para completar las funciones de paro requeridas de acuerdo con los criterios de funcionamiento establecidos. Los sistemas seleccionados constituyen la base para seleccionar los componentes individuales y cables necesarios para asegurar que cada sistema será capaz de lograr su función de paro destinada.

El análisis de paro seguro ante fuego es parte de la base de licenciamiento de la planta. Su objetivo es asegurar que un incendio único¹ en cualquier área de fuego de la planta no resultará en daño al encamisado del combustible, ruptura de la vasija o ruptura de la contención primaria. Este objetivo sirve para prevenir una liberación radiactiva inaceptable como resultado de un incendio, y se cumple al asegurar que los siguientes criterios determinísticos se satisfacen para un incendio único en cualquier área de fuego de la planta:

- Alguna trayectoria de paro seguro que asegure y mantenga la parada caliente esté libre de daño debido al fuego.
- La reparación de sistemas y equipos requeridos para asegurar y mantener parada fría puedan lograrse dentro del tiempo requerido.
- Cualquier acción manual del operador requerida para lograr el aseguramiento de la parada caliente o la parada fría está identificada y puede implementarse dentro del tiempo requerido.

El Proceso del análisis de paro seguro ante fuego se muestra en la figura 2-1.

¹ Es decir un incendio que no se combine simultáneamente con otros originados por eventos diferentes.

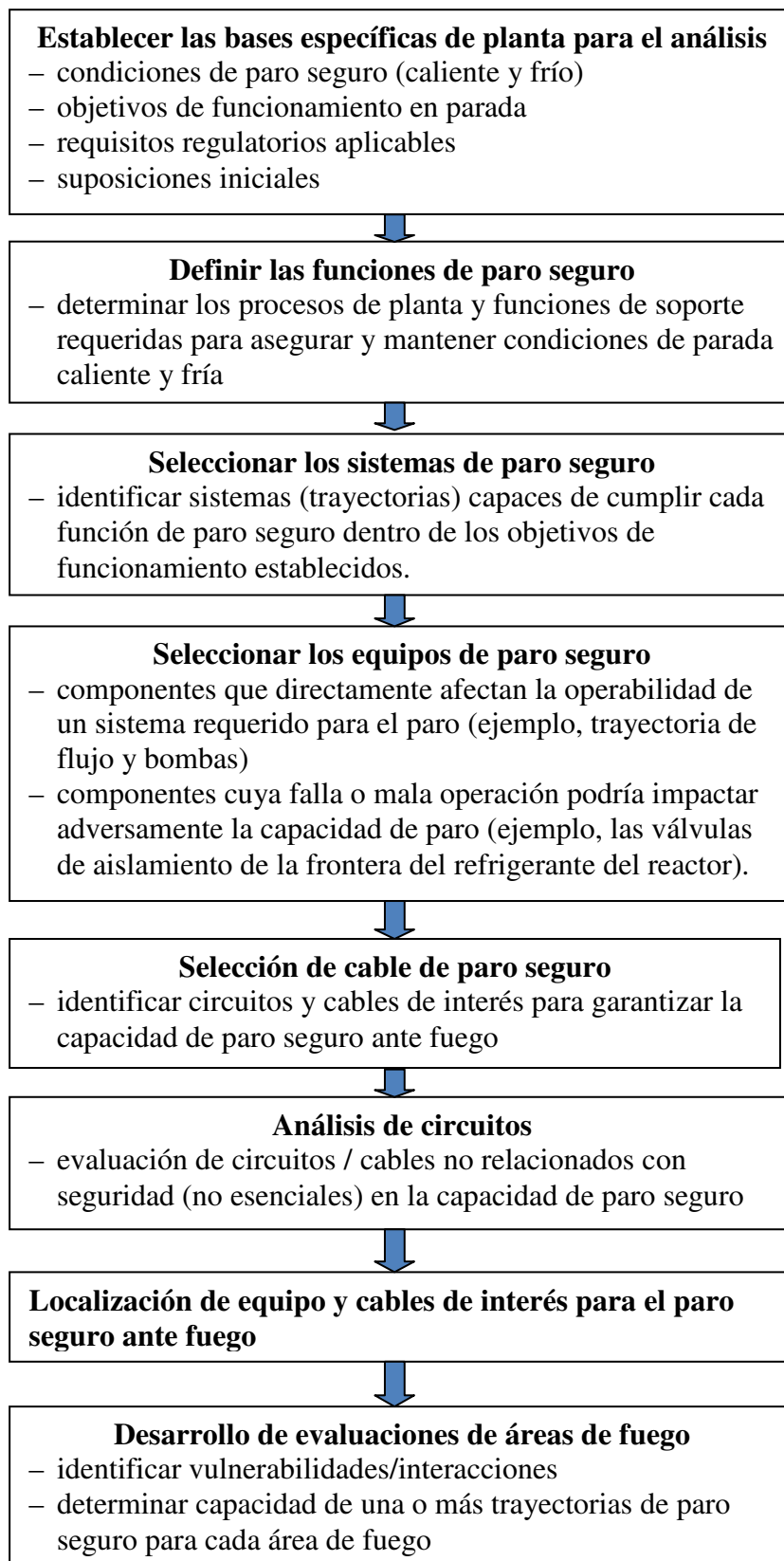


Figura 2-1 Proceso del análisis de paro seguro ante fuego

2.3.4 Problemática reciente de la Protección Contra Incendios para la operación de reactores de potencia

Proceso de Supervisión de Reactores. La NRC continúa supervisando la protección contra incendios en centrales nucleares a través de inspecciones y vigilancias. En el año 2000, la NRC implementó el “proceso de supervisión de reactores” (ROP), que incluye inspecciones sistemáticas de protección contra incendio trimestrales, anuales y trianuales. La NRC evalúa los hallazgos de las inspecciones a través del “proceso de determinación de significancia”, el cual involucra para el caso de la protección contra incendio una serie de análisis cualitativos y cuantitativos para estimar la importancia para el riesgo de las deficiencias en el desempeño del titular de la licencia con respecto al cumplimiento de los objetivos de protección contra incendio.

Además, la NRC trabaja con las organizaciones internacionales de normalización, los representantes de la industria nuclear, las asociaciones profesionales y las entidades de investigación para abordar las actividades de protección contra incendios.

Fallas de circuitos inducidas por incendio. En el pasado, los inspectores de la NRC descubrieron en ciertas plantas que si los circuitos eléctricos se dañaban por fuego podrían impedir que los equipos críticos cumplieran con su función. La NRC encomendó a su cuerpo técnico para trabajar con los interesados en desarrollar una solución para abordar el problema de la falla de circuitos. La NRC ha trabajado con los inspectores regionales y representantes de la industria en aclarar los requisitos regulatorios para analizar los circuitos requeridos para el paro del reactor después de un incendio. La NRC emitió la Revisión 2 a la **Guía Reguladora 1.189**, “Fire Protection for Nuclear Power Plants”, en noviembre de 2009.

Barreras contra fuego. Las barreras contra fuego son materiales resistentes al fuego que separan trenes redundantes de equipos relacionados con seguridad dentro de un área de fuego o entre dos áreas de fuego independientes. Algunas pruebas experimentales realizadas por la NRC revelaron que los materiales usados para proteger los cables no funcionaron de acuerdo a los supuestos del diseño. En una prueba para el material Hemyc se encontró que la cubierta exterior de la barrera se contrajo durante el incendio, separando las juntas en el material y permitiendo potencialmente que el fuego dañara el interior del cable. La NRC contactó los titulares de la licencia de 11 plantas que usaban Hemyc y les informó sobre los resultados de la pruebas, de tal manera que las plantas tuvieron que tomar acciones compensatorias apropiadas. La NRC emitió la **Carta Genérica 2006-03** en abril de 2006 para asegurar que los titulares de licencia afectados evaluaran todas las barreras contra incendio en sus plantas y tomaran acciones correctivas permanentes.

Acciones manuales del operador después del incendio. Los titulares de licencia requieren proteger un conjunto de equipos de la planta necesarios para apagar el reactor de manera segura usando una combinación de separación física, barreras, y métodos de detección y control o extinción de fuego. Las acciones manuales del operador consideradas en los procedimientos de la planta pueden usarse para recuperar otros equipos de paro seguro que pudieran dañarse durante un incendio. En algunos casos se encontró que las acciones manuales fueron acreditadas indebidamente en sustitución de las funciones de protección contra incendio para

un grupo de equipos requeridos para el paro seguro. El organismo regulador respondió proporcionando más detalle sobre las expectativas para las acciones manuales en el **documento regulatorio RIS-06-10**, “Expectativas Regulatorias para el Apéndice R párrafo III.G.2. “Acciones Manuales del Operador”

2.4 Protección contra incendio basada en desempeño e informada en riesgo

Regla alterna de Protección Contra Incendios

El inciso (c) de la regla 10 CFR 50.48 [30], añadido a la normatividad el 16 de julio de 2004, permite de manera voluntaria a los titulares de la licencia enfocar sus actividades de protección contra incendios en las áreas de mayor riesgo de acuerdo a la norma **NFPA 805** [13], como una alternativa a los requisitos existentes de protección contra incendio determinísticos.

La norma NFPA 805 [13] especifica requisitos mínimos de protección contra incendio, aceptables para la NRC, para las plantas nucleares de agua ligera existentes durante todas las fases de operación de la planta, incluyendo paro, condiciones degradadas y desmantelamiento. Como norma *informada en riesgo*, la NFPA 805 [13] aprovecha la información generada en un APS de Incendios para enfocar los recursos en resolver los aspectos de mayor importancia para el riesgo, esto es, los de mayor incremento en la probabilidad de accidentes que pudieran producir efectos a la población, al medio ambiente y a los trabajadores por liberaciones radiactivas. Como norma *basada en el desempeño*, la NFPA 805 no se enfoca en especificar el proceso o técnica particular para lograr una protección contra incendio aceptable, sino que establece un proceso para medir los resultados obtenidos por el programa en su conjunto. De esta forma, los enfoques basados en desempeño e informados en riesgo se complementan mutuamente para identificar las deficiencias de mayor prioridad y lograr un mejor uso de los recursos.

Defensa en profundidad

Proteger la seguridad del público, el medio ambiente y el personal de la planta de un incendio y sus efectos potenciales sobre la operación segura del reactor es el objetivo primordial en esta norma. El estándar de protección contra incendios se apega al concepto de defensa en profundidad. La defensa en profundidad se logra cuando se proporciona un balance adecuado de cada uno de los siguientes elementos:

- 1.- Prevenir la iniciación de incendios.
- 2.- Detección rápida del fuego, control y extinción inmediata de cualquier incendio que pueda ocurrir, así como limitar los daños debidos al fuego.
- 3.- Proporcionar un nivel adecuado de protección contra incendio para estructuras, sistemas y componentes importantes para la seguridad, de modo que un fuego que no se extinga inmediatamente no evite que las funciones esenciales de seguridad de la planta se realicen.

Objetivos

Objetivo de seguridad nuclear. El objetivo de seguridad nuclear de la norma NFPA 805 [13] es ofrecer garantía razonable de que un incendio durante cualquier modo de operación y

configuración de la planta no impedirá que ésta lleve y mantenga el combustible en una condición segura y estable.

Objetivo de liberación radiactiva. El objetivo de liberación radiactiva de la norma NFPA 805 es proporcionar garantía razonable de que un incendio no resultará en contaminación radiológica que afecte negativamente a la población, el personal de planta o el medio ambiente.

Implementación de la regla alterna de Protección Contra Incendios

Dos centrales nucleares, Oconee y Shearon Harris, se ofrecieron a ser plantas piloto para la transición a este nuevo enfoque, y el cuerpo técnico de la NRC inició la implementación piloto en agosto de 2005. Para ayudar a las plantas en su transición a la nueva norma, la NRC y la industria participaron en visitas para observar la planta piloto, implementando un proceso para capturar las lecciones aprendidas y preguntas frecuentes, así también para preparar las respuestas del cuerpo técnico de la NRC para ayudar a plantas subsecuentes a completar su transición. Como parte de las evaluaciones de enmiendas a la licencia, la NRC auditó a las plantas Oconee y Shearon Harris en febrero y marzo de 2009, respectivamente, y elaboró requerimientos de información adicional (RIAs) a mediados de 2009. De las respuestas de las plantas a estos RIAs, surgió otra ronda de RIAs. El cuerpo técnico de la NRC emitió el informe de evaluación de seguridad (SER) aprobando la transición para Shearon Harris en junio del 2010 y para Oconee en diciembre de 2010.

A marzo de 2009, 51 reactores habían enviado cartas a la NRC indicando su compromiso de adoptar la norma NFPA 805. Existe además una reciente y significativa atención en la toma de decisiones informada en riesgo bajo la regla del apéndice R del 10CFR50 [3] relacionada con cambios a las bases de licencia del programa de protección contra incendio de las plantas, solicitudes de excepción o desviación, y la evaluación de los hallazgos de inspección.

3 Panorama de la metodología APS de Incendios

Los métodos de APS han sido usados por muchos años para facilitar la identificación de vulnerabilidades de una planta nuclear. A partir de la década de los 90, ha habido un considerable movimiento en la industria nuclear para definir reglas prescriptivas y prácticas encaminadas a ampliar el uso de información sobre riesgo para complementar la toma de decisiones reguladoras. En el área de protección contra incendio, este movimiento es evidenciado por numerosas iniciativas de la NRC y la comunidad nuclear a nivel mundial. El ejemplo más notorio de éstos es el desarrollo del estándar NFPA 805 (2001) y su aprobación para uso regulatorio por parte de la NRC (2004), mencionados arriba.

Más recientemente, en el contexto de la implementación de la norma NFPA 805, la Oficina de Investigación Reguladora de la NRC (RES) y EPRI iniciaron conjuntamente el estudio de los métodos de cuantificación del riesgo de incendio existentes, con el objetivo primario de desarrollar una metodología de APS de Incendios mejorada para este propósito. Para el desarrollo de esta metodología, RES y EPRI aportaron especialistas en análisis de riesgo, modelado de incendios, ingeniería eléctrica, análisis de confiabilidad humana e ingenieros de sistemas. El informe NUREG/CR-6850 [20] documenta la metodología del APS de Incendios desarrollada conjuntamente por la NRC y EPRI, pero no constituye un requisito regulatorio.

La metodología del APS de Incendios EPRI/NRC-RES que se aplica en esta investigación refleja el actual estado del arte en APS de Incendios. Esta metodología se espera que forme una base para el análisis informado en riesgo relacionado con el programa de protección contra incendio de la planta. Los elementos que constituyen la metodología se resumen en la Figura 3-1, y se describen en los capítulos subsecuentes.

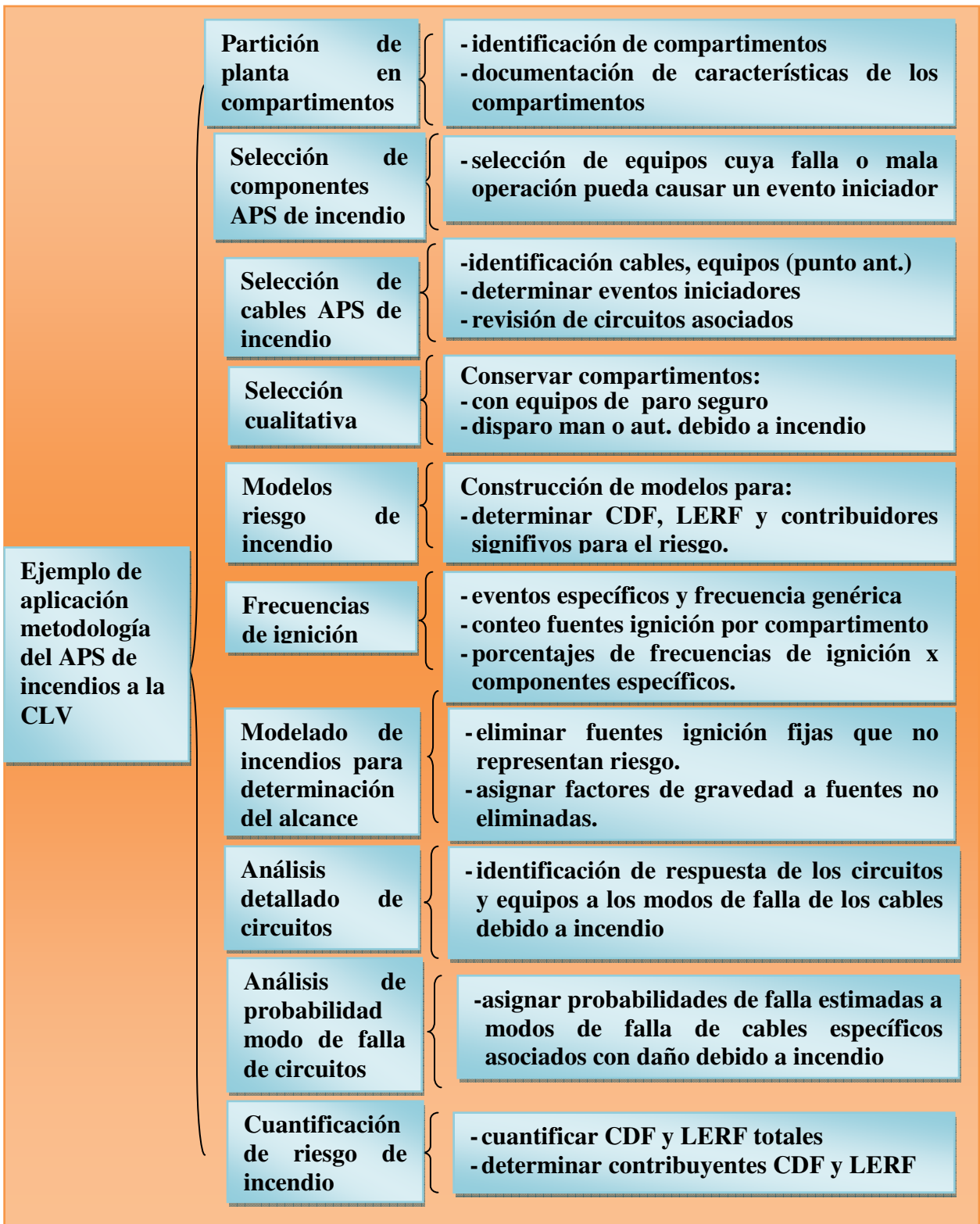


Figura 3-1 Alcance del APS de incendios en la CLV

4 Descripción de la Planta

4.1 Diseño de la Central Laguna Verde

4.1.1 Balance de planta

Los sistemas del balance de planta (BOP) son aquellos que realizan la conversión del vapor producido en el reactor a la potencia mecánica que impulsa el generador principal, cediendo la energía remanente en el vapor de escape al sumidero último de calor y regresando el agua condensada a la vasija del reactor. Después de apagado el reactor, los sistemas del balance de planta constituyen una forma normal de remover el calor de decaimiento generado en el núcleo, por lo que se consideran en este estudio como una de las formas de llevar el reactor a apagado seguro y mantener el enfriamiento a largo plazo, siempre que la condición de la planta lo permita.

El balance de planta incluye también sistemas auxiliares para el arranque y la operación a potencia, así como sistemas para limpieza y tratamiento del agua empleada en el ciclo. Dado que estas funciones están fuera del alcance del estudio, los sistemas asociados se excluyen en la presente descripción.

Sistema de condensado

El propósito del sistema de condensado es llevar el agua de condensado desde el pozo caliente del condensador principal, hasta el cabezal de succión del sistema de agua de alimentación a un flujo, presión y temperatura requeridos.

Los componentes principales del sistema son: tres bombas de condensado, tres bombas de refuerzo de condensado y dos bombas de drenes de calentadores de baja presión. La configuración del sistema de condensado con la planta operando al 100% de potencia generalmente se da en el modo de bombeo adelantado, en el cual se tienen operando 3 bombas de condensado, 2 bombas booster y una bomba de drenes.

Por lo tanto, la falla de cualquiera de las bombas de condensado en la operación a plena potencia llevaría a *derrateo*, y el consecuente transitorio de flujo. Igualmente, en caso de falla de una bomba de refuerzo de condensado la bomba en reserva debe arrancar en forma oportuna para limitar el transitorio de presión o flujo, y caso contrario se podría llegar al disparo de ambas bombas de agua de alimentación.

Todas las bombas se alimentan de tableros no críticos de corriente alterna de 4160 V. Las válvulas motorizadas en la trayectoria de flujo también se alimentan de fuentes no críticas. Las válvulas de flujo mínimo de cada bomba de refuerzo y la válvula de recirculación de las bombas de condensado operan con aire del CAS y fallan en posición abierta al perderse este suministro. Las bombas de refuerzo de condensado cuentan con su propio sistema de aceite de lubricación, enfriado por el sistema TCCW. Las bombas de condensado tienen enfriamiento y lubricación auto-contenidos.

Sistema de agua de alimentación

La función del sistema de agua de alimentación es llevar agua desde la descarga del sistema de condensado hasta la vasija del reactor por medio de sus dos turbo-bombas y controlar el nivel de agua en el reactor. Cada turbo-bomba cuenta con un sistema de control de tres elementos que compara el caudal de vapor a través de las líneas de vapor principal, el caudal de agua de alimentación y el nivel de la vasija; esto resulta en la regulación del flujo de agua de alimentación al reactor para responder a la demanda durante los modos de operación a potencia de la central.

El sistema de control cuenta con modos de operación manual y automática. Cuando la presión del reactor es suficientemente baja, la inyección de agua a la vasija se puede hacer directamente con el sistema de condensado, para lo cual se cuenta con una línea de baipás de las bombas de agua de alimentación, con una válvula de control de flujo en el arranque; ésta última recibe señal del mismo sistema de control de las bombas de agua de alimentación. Igualmente, el sistema de condensado es capaz de inyectar a través de las turbo-bombas de agua de alimentación, cuando éstas se han detenido y la presión del reactor es suficientemente baja; en este caso no se tendrá control de caudal en tanto no se cierren las válvulas de descarga de ambas turbo-bombas y se establezca el control del flujo con la válvula de control de flujo en el arranque.

Las turbinas de las bombas de agua de alimentación se alimentan normalmente con vapor de extracciones de la turbina principal de alta presión, y alternativamente de las líneas de vapor principal. El suministro de vapor a las turbo-bombas se pierde completamente cuando cierran las válvulas de aislamiento de vapor principal. El escape de las turbo-bombas descarga al condensador principal.

Los diversos equipos auxiliares de las turbo-bombas así como las válvulas motorizadas en las trayectorias de vapor y condensado, se alimentan de los tableros no críticos de corriente alterna de la central. El sistema de corriente directa de 250 V C.D. alimenta las bombas de aceite de emergencia y los de 125 V C.D. alimentan las lógicas de disparo de las turbo-bombas. El controlador de agua de alimentación se suministra con corriente alterna de 120 V.

Las válvulas de recirculación de flujo mínimo de cada turbo-bomba operan con aire del CAS, y fallan en posición abierta al perderse este suministro. Cada turbo-bomba cuenta con un sistema de aceite de lubricación enfriado por el sistema TCCW.

Sistema de recirculación

El sistema de recirculación tiene como función proporcionar el caudal de refrigerante a través del núcleo requerido para controlar la potencia del reactor durante la operación normal. Este cuenta con dos lazos independientes, cada uno con una bomba de recirculación de dos velocidades, una válvula de control de flujo a la salida de la bomba, y cinco pares de bombas "Jet". El sistema succiona de la región anular entre la pared exterior de la envolvente del núcleo y la cara interna de la vasija y descarga a través de las bombas "Jet" hacia el pleno inferior de la vasija. La regulación de posición de la válvula de control de flujo puede ser automática o manual; las señales de accionamiento de esta válvula pueden generarse desde el sistema de control de flujo neutrónico o bien desde el sistema de control electrohidráulico de la turbina.

Las bombas de recirculación transfieren a baja velocidad cuando se detecta *bajo nivel* (L3) en la vasija, y se disparan cuando el nivel llega a muy bajo (L2). El sistema está provisto además con una lógica de disparo (ATWS-RPT) para transitorios esperados sin apagado (ATWS), con la cual ambas bombas se disparan al detectarse *muy bajo nivel* (L2) o alta presión en la vasija; esta lógica permite reducir el pico de potencia y la potencia de estabilización total que resultaría de este evento.

Las bombas de recirculación están alimentadas de tableros no críticos de corriente alterna. Los sellos y el motor de las bombas están enfriados por el sistema NCCW, por medio del cabezal no esencial y no refrigerado que entra a la contención primaria.

A excepción del disparo por condición de ATWS, este sistema no aparece explícitamente en los resultados de este estudio.

Vapor principal

El vapor producido en el reactor se lleva a la turbina a través de cuatro líneas que descargan en un cabezal común. En cada una de las líneas, existen dos válvulas de aislamiento (MSIVs), una dentro de la contención y la otra afuera. Estas válvulas cierran manualmente o bien por señal automática; las principales señales automáticas para el estudio son:

1. Muy bajo nivel (L2) en la vasija del reactor.
2. Alta radiación en las líneas de vapor principal.
3. Indicación de fuga en alguna de las líneas de vapor principal, detectada por medio de señales de alta temperatura de área, alta temperatura diferencial en el túnel de vapor o alto caudal en las líneas de vapor principal.
4. Baja presión a la entrada de la turbina.
5. Bajo vacío del condensador principal.

El aislamiento por baja presión puede evitarse después de un SCRAM cambiando la maneta de modo del reactor a la posición de paro. Los procedimientos de emergencia prevén el *punteo* de estas señales para permitir la apertura de MSIVs bajo ciertas condiciones de la planta.

Las líneas pasan a través del túnel de vapor principal que se encuentra en el edificio del reactor, entre la contención primaria y el edificio de turbina. Este se enfría con unidades de ventilación refrigeradas por el cabezal no-esencial del sistema NCCW; al perder el enfriamiento se produciría una alta temperatura del área que llevaría al aislamiento por actuación del sistema de detección de fugas (E31A).

Turbina principal

La turbina principal de la central, consta de tres secciones, una de alta presión y dos de baja presión. Las cuatro tuberías de vapor principal llegan a un cabezal igualador de presión, por el cual se introduce el vapor a la turbina de alta presión. El vapor del escape de la turbina de alta presión se dirige a dos recalentadores/separadores de humedad, donde el vapor ya seco y recalentado se conduce a las turbinas de baja presión. El vapor de escape de las turbinas de baja

presión descarga al condensador principal. Algunos sistemas auxiliares de la turbina son el sistema de control electrohidráulico y el sistema de aceite de lubricación.

La turbina principal cuenta con una línea de derivación (baipás), que lleva el vapor generado en el reactor directamente al condensador principal cuando la turbina se encuentra disparada. El baipás de turbina consta de tres válvulas en paralelo, con una capacidad total de desfogue de aproximadamente 30% del caudal nominal de vapor principal. Las válvulas de baipás abren por señal de alta presión en las líneas de vapor principal y la presión de apertura puede ajustarse desde el cuarto de control principal para controlar la presión en la vasija al valor deseado.

La actuación del baipás podría también aminorar el transitorio de presión durante un disparo de turbina. Su principal función considerada en el APS de Incendios es la de poder establecer un sumidero para el calor generado en la vasija a través del condensador principal después del disparo de turbina.

Para los propósitos de este estudio, no se modelan explícitamente la turbina y sus sistemas auxiliares, a excepción del baipás de la turbina principal, ya que quedan englobados dentro de los eventos iniciadores postulados que llevan al disparo de la turbina

Condensador principal

Durante operación normal, el condensador principal recibe y condensa el vapor de escape de las turbinas de baja presión, las turbo-bombas de agua de alimentación y otros flujos. El condensador se enfría con agua del sistema de circulación, que lleva el calor removido al agua de mar. El agua condensada regresa a la vasija por medio de las bombas de condensado, bombas de refuerzo de condensado y las bombas de agua de alimentación, completando así el balance de planta.

Después de un transitorio, al dispararse la turbina, el condensador está diseñado para recibir el flujo de vapor del baipás de la turbina. Para poder continuar condensando este vapor de manera eficiente es necesario mantener el vacío en el condensador, ya sea continuando la operación de los eyectores de aire (SJAЕ), utilizando para esto vapor generado en la vasija o vapor auxiliar, o bien, poniendo en operación las bombas mecánicas de vacío.

El condensador principal cuenta con un *sistema de control de nivel* que transfiere condensado desde los tanques de almacenamiento de condensado (TACs), o de regreso, según se requiera. Si después de un transitorio se inyecta a la vasija con el sistema de agua de alimentación o el sistema de condensado a baja presión, pero el retorno de vapor al condensador se encuentra interrumpido, ya sea por aislamiento del vapor principal o por falla del baipás, el sistema de control de nivel del condensador ayuda a proporcionar agua de repuesto al pozo caliente. Esta posibilidad se considera en el estudio como una de las formas de mantener el nivel en la vasija a largo plazo. Si no se ha interrumpido el circuito del balance de planta a consecuencia del transitorio, o bien éste se ha restablecido después de algún tiempo, la remoción de calor de decaimiento del núcleo queda asegurada a largo plazo, teniendo así una de las formas de apagado seguro consideradas en este estudio.

Otros sistemas

Otros sistemas relevantes para el estudio, aunque no modelados explícitamente son los sistemas auxiliares del edificio de la turbina. El sistema de circuito cerrado de enfriamiento de la turbina (TCCW), así como su sumidero de calor: el agua de servicio del edificio de la turbina (TSW), proporcionan enfriamiento al aceite de bombas, a los compresores de aire del sistema de aire comprimido de la central (CAS), a otros auxiliares de la turbina y al generador principal; el TSW además proporciona el agua de sellos para las bombas de agua de circulación. El CAS proporciona fuerza motriz a distintas válvulas de control del balance de planta, en particular a las válvulas de flujo mínimo de las bombas de condensado y agua de alimentación, a las válvulas de control de eyectores de aire, y a las válvulas de control de nivel del condensador principal.

4.1.2 Sistemas de mitigación

Funciones de seguridad

Las características de una central nuclear requieren de un conjunto de funciones de seguridad que deben cumplirse para garantizar la operación y apagado seguro del reactor. De estas funciones de seguridad las que se consideran en un APS de Incendios de nivel 1 son las siguientes:

1. Control de reactividad.
2. Control de presión.
3. Inyección de refrigerante a la vasija.
4. Remoción de calor a largo plazo.

Esta clasificación puede diferir de otras encontradas en distintos aspectos del análisis de la planta y se definen así de acuerdo a la conveniencia para el modelado. Existen otras funciones de seguridad consideradas en el estudio que afectan la operación de los sistemas de seguridad, especialmente aquellas relacionadas con el control de temperatura y presión de la contención primaria.

De acuerdo a los criterios generales de diseño, existen para Laguna Verde varios sistemas que llevan a cabo cada una de estas funciones. Estos se denominan sistemas de mitigación, y a continuación se da una breve descripción de cada uno de ellos. Debe observarse que los sistemas enumerados en esta sección corresponden a los que por diseño desempeñan las funciones de seguridad. Existen además sistemas, originalmente destinados a otras funciones, que de acuerdo a los procedimientos de operación de emergencia (OEs) pueden emplearse cuando los sistemas de mitigación se encuentran indisponibles; el uso de estos sistemas alternos se describe bajo las secuencias de accidente para las cuales se acreditan.

Control de reactividad

SCRAM-RPS

El sistema de protección del reactor (RPS), tiene como función iniciar el SCRAM (Safety Control Rod Automatic Motion) del reactor, que consiste en la inserción rápida de barras de control para impedir o limitar el daño al combustible después de una perturbación de la operación normal de la planta. El sistema de protección del reactor consta de sensores que monitorean diferentes parámetros durante la operación, de tal manera que al excederse alguno de éstos se produce la señal de SCRAM. El RPS cuenta con una señal de SCRAM manual a disposición del operador del reactor en el cuarto de control como respaldo a la señal automática, lo cual puede también hacerse cambiando la maneta de modo del reactor a la posición de paro.

ARI

El sistema de inserción alternativa de barras de control (ARI) tiene como función iniciar el SCRAM del reactor cuando falla el sistema de protección del reactor (RPS). El ARI es un sistema independiente de la lógica del RPS, y opera en forma automática por señales de alta presión y bajo nivel en la vasija. El punto de ajuste de presión está por arriba del valor para el RPS y el de bajo nivel en la vasija por abajo del correspondiente al RPS. La inserción de barras de control con el ARI se actúa venteando ambas divisiones del cabezal neumático de las válvulas piloto de SCRAM.

RPT-ATWS

El sistema de disparo de las bombas de recirculación durante un transitorio esperado sin SCRAM (RPT-ATWS) tiene como propósito enviar una señal de disparo a las bombas de recirculación si ocurre una falla del RPS después de un transitorio. El sistema opera por muy alta presión o muy bajo nivel en la vasija que se presentarían bajo estas condiciones, y tiene sensores comunes con el sistema ARI. Este disparo tiene el objeto de limitar el pico de potencia y la potencia a la que se estabiliza el reactor en este tipo de eventos.

SLC

El sistema de inyección de veneno líquido en reserva (SLC) está diseñado para apagar el reactor y mantenerlo apagado en la condición de parada fría cuando se requiere el SCRAM y no es posible insertar las barras de control. Este sistema opera inyectando una solución de pentaborato de sodio a través de la línea de inyección del sistema HPCS. La iniciación del sistema es manual desde el cuarto de control. Para evitar la iniciación accidental del SLC se utiliza un interruptor operado con llave.

Control de presión

Independientemente de la regulación de presión de la turbina durante la operación normal del reactor a potencia, es necesario contar con una forma de controlar el pico de presión que se origina durante los primeros segundos del transitorio después de un disparo de la turbina principal y otros eventos. Esto se hace por medio de las válvulas de alivio y seguridad (SRVs) y las válvulas de baipás de la turbina. Además de limitar el pico de presión durante el transitorio inicial, estos dos sistemas permiten controlar la presión de la vasija a largo plazo, mientras no se establezcan los medios para la remoción de calor del núcleo.

Válvulas de alivio y seguridad (SRVs)

La central cuenta con diez válvulas de alivio y seguridad localizadas en las líneas de vapor antes de las MSIVs. Estas cuentan con dos mecanismos de apertura, uno que opera la válvula por medio de un actuador neumático, y otro mecánico que abre la válvula por acción de la presión de la vasija contra un sistema de resortes; la apertura mecánica actúa a presiones mayores que la neumática y sirve de respaldo a ésta. Las válvulas abren en cinco grupos de dos válvulas con presiones sucesivamente mayores y en su conjunto liberan un 110% del caudal nominal de vapor.

La actuación cuenta con una lógica "low-low set point" para tres de las válvulas, que se inicia al detectarse la apertura de más de dos válvulas, cambiando los puntos de ajuste para que la presión de la vasija se controle con sólo una de las válvulas, que permanecerá ciclando después del transitorio inicial, minimizando las oportunidades de falla de estas válvulas.

El vapor liberado por las SRVs se envía a la alberca de supresión, la cual sirve de sumidero de calor durante el transitorio inicial, y por el tiempo necesario si existe un cierre de MSIVs, hasta que se pueda establecer otra forma de remover el calor del reactor a largo plazo.

Las SRVs pueden también abrirse manualmente desde el cuarto de control para reducir la presión en la vasija cuando esto es necesario.

Válvulas de baipás de la turbina

En conjunto con las SRVs, estas válvulas ayudan a controlar el transitorio de presión después de un disparo de turbina, teniendo una capacidad de cerca al 30 % del caudal nominal de vapor. Las válvulas de baipás se encuentran flujo abajo de las MSIVs, recibiendo señal del control electrohidráulico de la turbina, descargando el vapor al condensador principal. Como el punto de ajuste del baipás puede variarse desde el cuarto de control, estas válvulas también pueden emplearse para reducir la presión en la vasija en caso necesario, y constituyen la forma normal de alcanzar las condiciones de presión requeridas para alinear el modo de enfriamiento en parada de RHR.

Inyección de refrigerante a la vasija

Además de los sistemas del balance de planta que normalmente suministran el refrigerante necesario para controlar el nivel en la vasija, la planta cuenta con diversos sistemas capaces de recuperar el nivel y mantenerlo en una variedad de situaciones. Estos son, por un lado el sistema de enfriamiento del núcleo con el reactor aislado (RCIC) y por el otro los sistemas de enfriamiento de emergencia del núcleo (ECCS).

Sistema de enfriamiento del núcleo con el reactor aislado (RCIC)

La función de este sistema es mantener un nivel adecuado en la vasija cuando el reactor queda aislado del condensador principal por un cierre de MSIVs, perdiéndose además el caudal de repuesto del agua de alimentación. La bomba del RCIC se impulsa con una turbina que recibe vapor de la vasija, enviando el vapor de escape a la alberca de supresión. Todos los componentes activos de este sistema se alimentan de fuentes eléctricas de corriente directa, a excepción de la unidad de ventilación de área y la válvula de aislamiento interna de su línea de vapor, por lo que su funcionamiento se vuelve particularmente importante en una pérdida de potencia eléctrica externa con falla de generadores diesel de emergencia. El sistema está diseñado para suministrar un caudal constante de refrigerante operando en un rango de

presiones desde 50 psia. El sistema se inicia automáticamente por bajo nivel en la vasija, y el caudal suministrado puede ajustarse desde el cuarto de control para mantener un nivel constante en el reactor.

El RCIC succiona normalmente del tanque de almacenamiento de condensados (TAC), y el operador deberá transferir manualmente la succión a la alberca de supresión cuando se alcance un bajo nivel en el TAC.

Sistema de rocío del núcleo a alta presión (HPCS)

Este sistema proporciona refrigerante a la vasija en todo el rango de presiones de operación del reactor. En particular el sistema está diseñado para condiciones de pérdida de refrigerante y cuenta con un aspersor dirigido a la parte superior de los ensambles de combustible para el rocío del combustible. Todos los componentes se alimentan eléctricamente de la división III, que cuenta con un generador diesel y una bomba de agua de servicio dedicada a este sistema. La bomba principal del HPCS opera con un motor eléctrico de velocidad constante y el caudal entregado dependerá de la presión de la vasija de acuerdo a la curva característica de la bomba. El sistema se inicia automáticamente por bajo nivel en la vasija o alta presión en el pozo seco, contando con instrumentos independientes de otros sistemas. La iniciación por bajo nivel se da simultáneamente con la iniciación del RCIC y el aislamiento de MSIVs (nivel L2).

El HPCS succiona normalmente del tanque de condensado (TAC), y transfiere automáticamente la succión a la alberca de supresión por señales de bajo nivel en el TAC o alto nivel en la alberca.

Sistema de inyección al núcleo a baja presión (LPCI) y Sistema de rocío del núcleo a baja presión (LPCS)

Estos sistemas proporcionan refrigerante a la vasija cuando ésta se encuentra a baja presión. Están principalmente diseñados para lograr una rápida recuperación de nivel después de un accidente base de diseño de pérdida de refrigerante (LOCA). En conjunto con el ADS pueden además usarse para inyectar refrigerante a la vasija cuando existen pérdidas de refrigerante menores e incluso sin existir rupturas. El LPCI consta de tres lazos independientes que inyectan directamente a la vasija dentro de la envolvente del núcleo por encima de los ensambles de combustible. El LPCS cuenta con una bomba que inyecta, al igual que el HPCS, por medio de un aspersor ubicado dentro de la envolvente del núcleo sobre los ensambles de combustible. El LPCS y el lazo A del LPCI se suministran eléctricamente de la división I, y los lazos B y C de la división II. De igual forma, cada división de estos sistemas cuenta con una lógica de iniciación que actúa por muy-muy bajo nivel en la vasija (nivel L1) o alta presión en el pozo seco. Cada uno de los subsistemas tiene una válvula de inyección normalmente cerrada, que tiene como permisivo de apertura una señal de baja presión diferencial entre la vasija y la descarga de la bomba.

Los tres lazos del LPCI y el LPCS succionan únicamente de la alberca de supresión, cada uno de manera independiente. Los lazos A y B del LPCI comparten la bomba y parte de las tuberías y auxiliares con el sistema RHR siendo de hecho un modo de operación de ese sistema.

Sistema de despresurización automática (ADS)

El ADS tiene como función reducir rápidamente la presión en la vasija permitiendo así la inyección con los sistemas de baja presión LPCS y LPCI. De esta forma, a menos que exista una rotura suficientemente grande, la intervención de 4 de los 6 trenes de inyección en reserva dependerá de la actuación de este sistema. El ADS utiliza cinco de las diez SRVs para descomprimir la vasija, enviando vapor a la alberca de supresión. La actuación se hace por medio de válvulas solenoides redundantes para cada válvula, accionadas por dos divisiones de iniciación del sistema alimentadas de suministros de corriente directa diferentes. La fuerza motriz proviene de los cabezales esenciales del aire de instrumentos de la contención (CIA), alimentando dos válvulas con la división I y tres con la división II. El sistema se inicia por muy bajo nivel en la vasija (nivel L1), al igual que el LPCS y LPCI, con permisivos de arranque de las bombas de estos sistemas y confirmación del bajo nivel. La lógica cuenta con un temporizador que retrasa la actuación 105 segundos, dando tiempo al operador de corregir actuaciones indeseadas. Se cuenta también con manetas de inhibición para evitar la iniciación de cada división de la lógica de actuación en condiciones de ATWS, de acuerdo a las instrucciones de los OE's.

Remoción de calor a largo plazo

Cuando el balance de planta queda indisponible para remover el calor generado en el núcleo a largo plazo, es necesario establecer un circuito de enfriamiento dentro de la contención que permita llevar este calor al sumidero último. Esto se hace por medio del sistema de remoción de calor residual (RHR) en alguno de sus modos de enfriamiento. Éstos utilizan los intercambiadores de calor de los lazos A y B para transferir el calor a la división correspondiente del sistema de agua de servicio nuclear (NSW) que circula el agua de mar.

Modo de enfriamiento en parada

Este es el modo normal de enfriamiento del reactor para llevarlo y mantenerlo en condición de parada fría; para configurarlo se requiere que la vasija esté a una presión menor de 150 psia. En este modo el refrigerante se succiona de la línea de recirculación del reactor por medio de una o ambas bombas del RHR Lazos A o B, pasándolo por el intercambiador para su enfriamiento, e inyectándolo nuevamente a la línea de recirculación, para establecer así un circuito de circulación forzada a través del núcleo.

Modo de enfriamiento de la alberca

Cuando el reactor está aislado y no es posible configurar alguno de los modos de enfriamiento anteriores del RHR, el calor generado en la vasija se envía a la alberca de supresión por medio de las SRVs, incrementando gradualmente su temperatura. En este caso el sistema RHR succionará agua de la alberca por medio de la bomba de los Lazos A o B, pasándola a través del intercambiador de calor, y enviándola de regreso a la alberca usando la línea de prueba. Si el nivel en la vasija se mantiene con alguno de los sistemas en reserva que succionan de la alberca, se tiene así un circuito cerrado de enfriamiento a largo plazo.

4.2 Descripción del caso de estudio

El alcance del proyecto comprende la aplicación de la metodología de APS de Incendios para la elaboración de un análisis de riesgo probabilístico de incendios específico para un caso de estudio postulado. La elaboración de un APS de Incendios para una planta nuclear requiere de una gran cantidad de horas-analista debido a la cantidad de información que se necesita recopilar. De tal manera que para efectos del presente proyecto se analizará un escenario estando la planta en operación normal y se presenta un incendio que daña los cables asociados a las moto válvulas de aislamiento de la línea de succión del modo de enfriamiento en parada del RHR (1-RHR-MV-8247 y 8248), provocando la apertura espuria de las mismas, dando origen a una pérdida de refrigerante (LOCA) fuera de la contención en la interfaz entre sistemas de alta y baja presión.

Descripción funcional del modo “enfriamiento en parada y rocío de la cabeza”

El Sistema RHR consiste de tres lazos separados físicamente, el lazo "C" opera solamente en el modo LPCI y los lazos "A" y "B" permiten los siguientes modos de operación del sistema RHR (Fig. 2.1):

1. Inyección de refrigerante a baja presión (LPCI).
2. Rocío y enfriamiento de la contención primaria.
3. Enfriamiento en parada y rociado de la cabeza (lazo B).
4. Enfriamiento de la alberca de supresión.
5. Enfriamiento de la alberca de combustible gastado.

Como se mencionó anteriormente, la función del RHR en su modo enfriamiento en parada es remover el calor residual producido por el decaimiento de los productos de fisión durante un paro del reactor, y se utiliza para completar el proceso de enfriamiento del sistema de suministro de vapor nuclear, una vez que la presión en el reactor ha bajado a un valor inferior a 9.5 Kg/cm². El criterio de diseño del modo de enfriamiento en parada es que el sistema tendrá la capacidad de remoción de calor para enfriar el reactor hasta 52°C en aproximadamente 20 horas después de que se hayan insertado todas las barras de control. Este modo puede controlarse desde el cuarto de control principal ó desde el panel de parada remota.

Trayectoria de flujo del RHR en modo “enfriamiento en parada y rocío de la cabeza”

El agua fluye desde el lazo "A" del sistema de recirculación del reactor (RRC) por medio de las válvulas de aislamiento (interior y exterior) del modo de enfriamiento en parada MV-8247 y MV-8248, la válvula de succión MV-8214 A/B hacia las bombas RHR-P-001 A/B. Refiérase a las Figuras 4-1, 4-2 y 4-3.

El flujo continúa a través de la válvula check V-1 A/B hacia el lado carcasa del intercambiador de calor, por medio de la válvula de entrada MV-8226 A/B (o la válvula de bypass MV-8221 A/B, la cual puede derivar una parte o todo el flujo del intercambiador de calor). Posteriormente el flujo continúa a través de la válvula de salida MV-8219 A/ hasta la válvula de inyección MV-8209 A/B. El flujo continúa a través de la válvula check con dispositivo de prueba AV-8208 A/B, y la válvula manual de inyección de enfriamiento en parada V-3 A/B para conectarse al lazo de recirculación A/B para de ahí llegar hasta la vasija del reactor a través de las toberas de las bombas de chorro.

El rechazo de calor al sumidero final se logra estableciendo el flujo de agua de mar del NSW a través del lado tubo de los intercambiadores de calor. El control del ritmo de enfriamiento se logra estrangulando la válvula de bypass MV-8221 A/B del intercambiador de calor correspondiente. La razón máxima de enfriamiento debe ser de 55.5°C/hr.

El flujo del lazo "B" también puede ser dirigido hacia el rocío de la cabeza del reactor a través de la válvula de aislamiento para el rocío de la cabeza MV-8245. El flujo continúa por la tubería del sistema RCIC hasta su rociador en el extremo superior de la cabeza. El rocío proporciona el enfriamiento necesario para suprimir el vapor dentro de la vasija, de tal forma que se mantenga baja la presión del reactor durante la fase inicial del enfriamiento en parada.

Trayectoria de flujo del RHR durante operación normal a potencia

Dado que el modo de enfriamiento en parada del RHR está diseñado para alinearse a una presión por debajo de 9.5 kg/cm² y tiene una capacidad de presión por diseño de 35 kg/cm² (500 psig), su trayectoria de flujo debe permanecer aislada del sistema refrigerante del reactor durante la operación a potencia, ya que la presión de operación del reactor (72 kg/cm², 1020 psig) sería suficiente para romper sus componentes.

Durante la operación normal a potencia las válvulas de aislamiento del modo de enfriamiento en parada se encuentran cerradas, teniendo por el lado de la succión la MV-8247 (interna, Div. II) y la MV-8248 (externa, Div. I), y por el lado de la descarga la MV-8209 A/B (externa, Div.I) y la válvula de retención probada por aire AV-8208 A/B. Se cuenta además con las motoválvulas MV-8214 A/B aguas abajo de la MV-8248, las cuales están normalmente cerradas, que aunque no tienen la misma capacidad de presión que las válvulas de aislamiento proporcionan cierta protección en caso de fuga a través de la MV-8247 y 8248 evitando la presurización de componentes más vulnerables como los intercambiadores de calor.

Caso de estudio

En el escenario seleccionado se presenta un incendio que daña los cables asociados a las motoválvulas de aislamiento de la línea de succión RHR-MV-8247 y 8248, provocando la apertura espuria de las mismas, dando origen a una pérdida de refrigerante (LOCA) fuera de la contención en la interfaz entre sistemas de alta y baja presión. Este tipo de accidente se conoce como LOCA de interfaz, y es de particular importancia para el riesgo por su dificultad para mitigar, su efecto sobre los sistemas de mitigación al fugar hacia el edificio del reactor, y por representar una trayectoria directa fuera de la contención primaria. Típicamente, este tipo de escenarios tiene una alta contribución a la frecuencia de liberación grande y temprana, por lo que su importancia para el riesgo mayor que los escenarios que sólo contribuyen a la frecuencia de daño al núcleo.

Los controles disponibles en el cuarto de control principal para las válvulas MV-8247 y MV-8248 se presentan en la Tabla 4-1, y las señales de aislamiento del modo de enfriamiento en parada del RHR en la Tabla 4-2. Sin embargo, aunque las señales de aislamiento existentes serían capaces de detectar un evento de pérdida de refrigerante con alta redundancia y diversidad, y se tiene además el respaldo manual del operador desde el cuarto de control principal, bajo el escenario postulado la apertura de las válvulas se presenta por un corto circuito tal que la potencia para apertura de las válvulas proviene directamente de cables

energizados que no pasan por el centro de control de motores (MCC) propio de cada motoválvula.

Cabe destacar que bajo el escenario postulado las tuberías que se presurizarían sería el tramo comprendido entre las válvulas MV-8214 A/B y las válvulas de aislamiento MV-8247 y 8248, el cual incluye ramales hacia el lazo "C" del RHR hasta la válvula manual V-7 y hacia el sistema de suministro de condensado (P11) hasta la válvula de retención V-8 y válvula manual V-9. En caso de una rotura interna de las válvulas MV-8214 A/B, el caudal de fuga pasaría por flujo inverso a través de las válvulas de succión de la alberca de supresión MV-8213 A/B, teniendo de esta forma un LOCA dentro de la contención con descarga a la alberca de supresión. Aunque esta trayectoria de descarga se beneficiaría en cierto grado de la función de supresión de la alberca, ésta no está garantizada porque el diseño de la función de supresión no contempla un punto de descarga localizado y por arriba de la elevación de los downcomers (6.5m vs. 5.16m); esta variante del escenario probablemente llevaría a una presurización muy rápida de la contención primaria que pudiera llevar hasta su presión de falla antes de que el turno de operación pueda implementar acciones de mitigación efectivas.

Tabla 4-1 Controles para las válvulas MV-8247 y MV-8248

Función (maneta)	Identificación	Maneta
Válvula de succión aislamiento interior enfriamiento en parada. Tres posiciones "CERRAR-NORMAL-ABRIR"	MV-8247	B22-S9
Válvula de succión aislamiento interior enfriamiento en parada. Tres posiciones "CERRAR-NORMAL-ABRIR"	MV-8248	B22-S10

Tabla 4-2 Señales de aislamiento (RHR) en modo enfriamiento en parada

Función de disparo	Punto de ajuste
Bajo nivel de agua en la vasija del reactor (N-3)	≤ 34.54 cm (13.6 pulg)
Alta presión en la vasija del reactor <ul style="list-style-type: none"> • Válvula externa • Válvula interna 	> 11.54 kg/cm ² > 10.15 kg/cm ²
Alta diferencia de temperatura en el área de equipo del RHR <ul style="list-style-type: none"> • Cuarto A Intercambiadores (Div. I) • Cuarto B Intercambiadores (Div. II) 	$> 53.3^{\circ}\text{C}$ (96°F) $> 58.9^{\circ}\text{C}$ (106°F)
Alta temperatura de área de intercambiadores del RHR	$\geq 88^{\circ}\text{C}$ (190°F)
Alto flujo de succión del RHR (dP)	> 0.244 kg/cm ² (3.47 psig)
Alta presión pozo seco	0.118 Kg/cm ²
Aislamiento manual	P.B. S25A y S25B

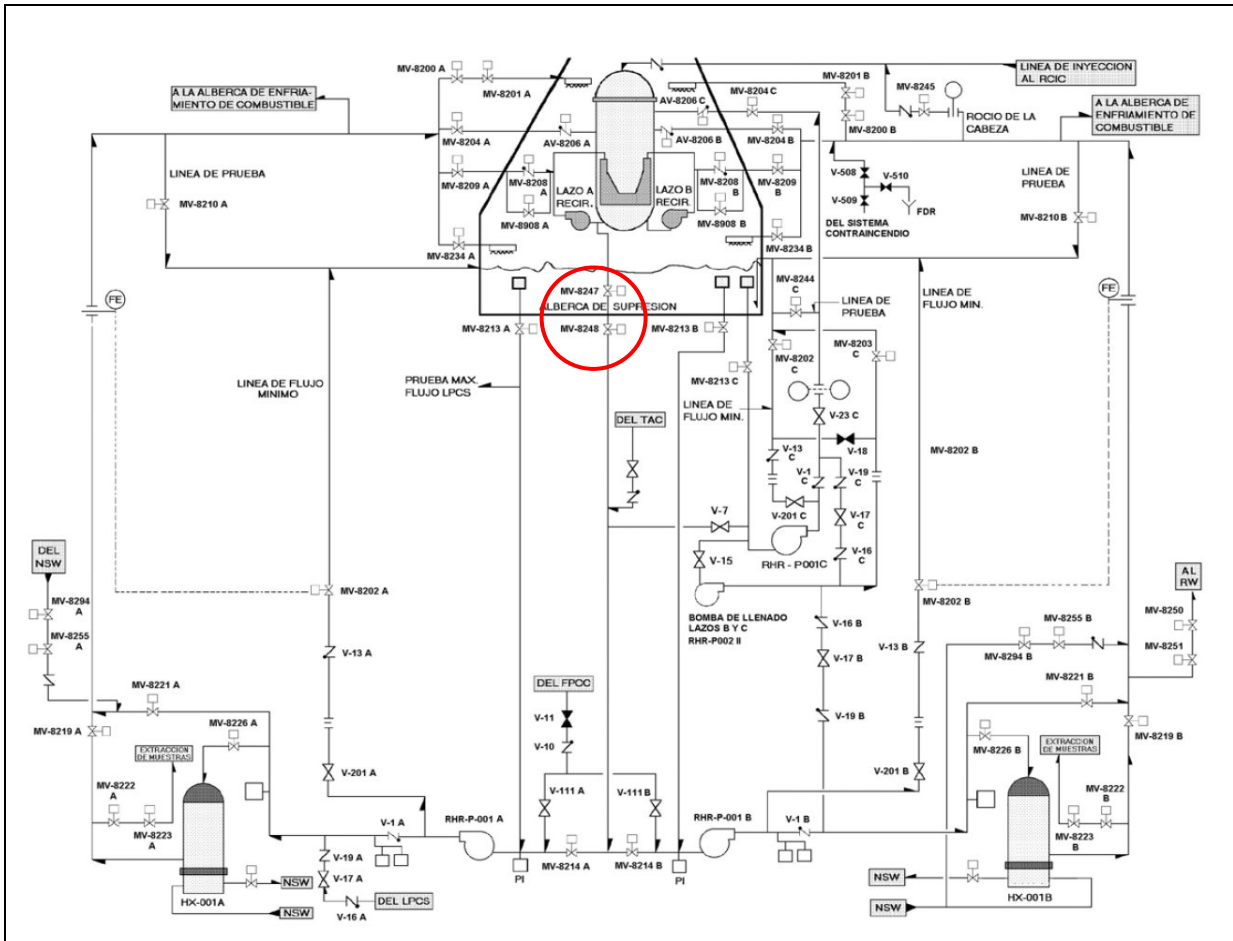


Figura 4-1 Ubicación de las válvulas de aislamiento 1-RHR-MV-8247/8248

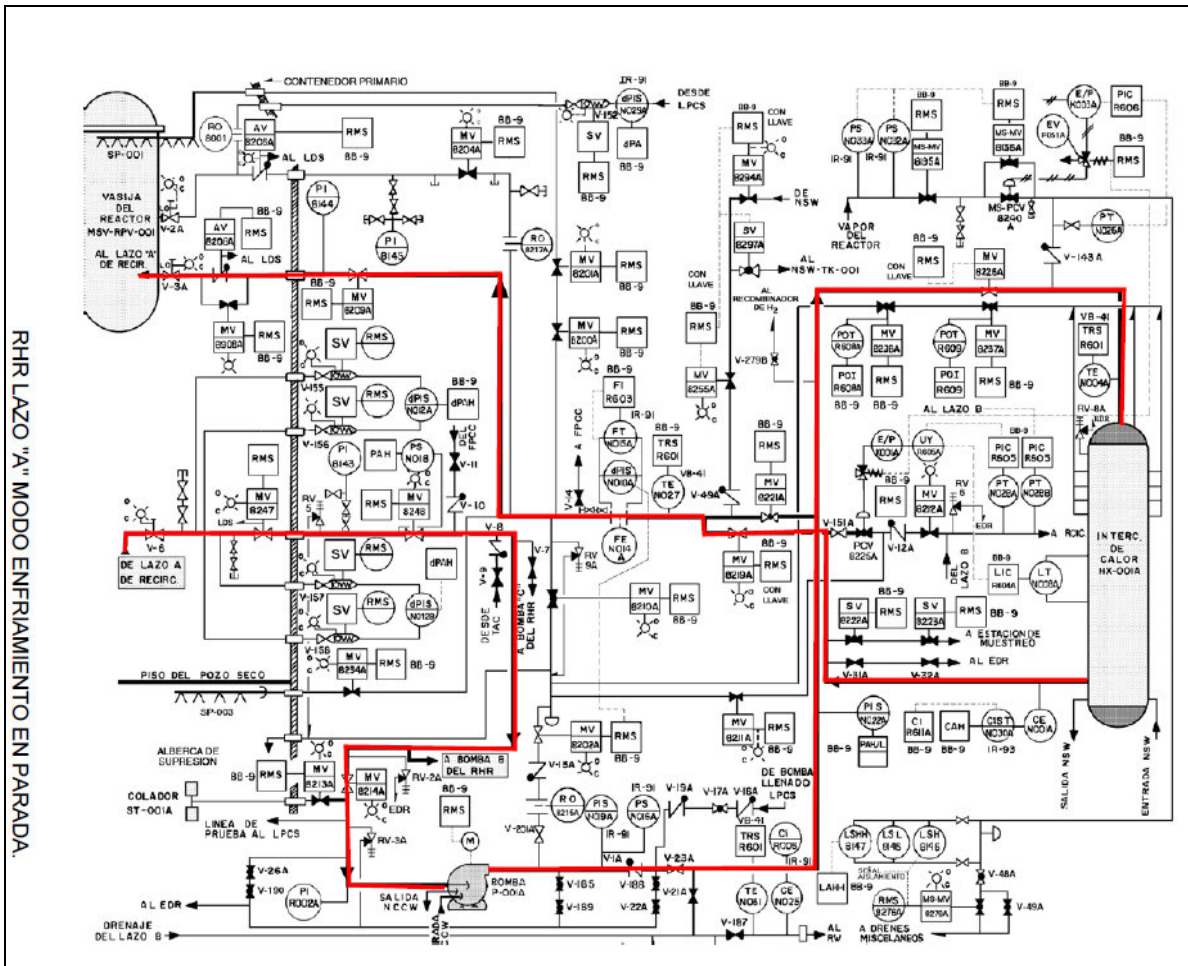


Figura 4-2 RHR modo enfriamiento en parada lazo A.

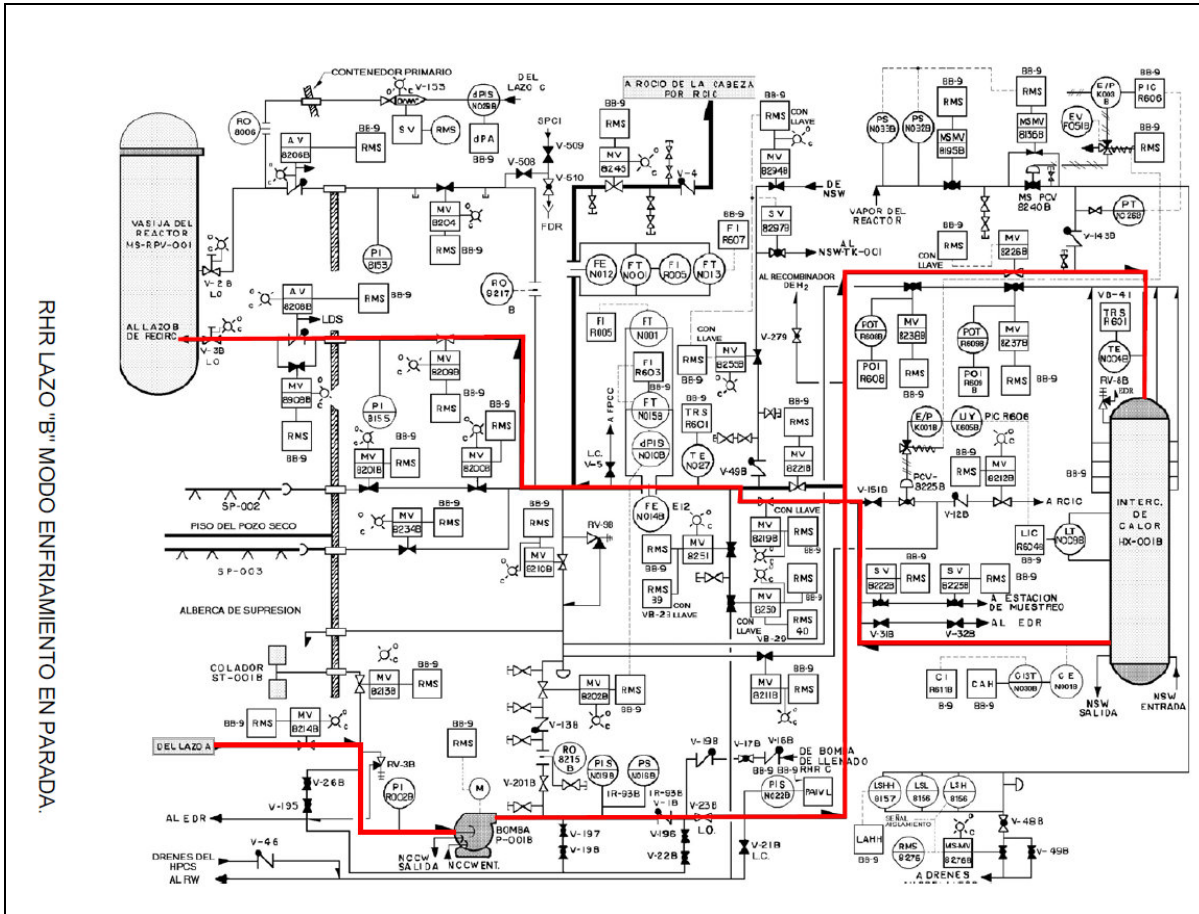


Figura 4-3 RHR modo enfriamiento en parada lazo B

5 Partición de la planta

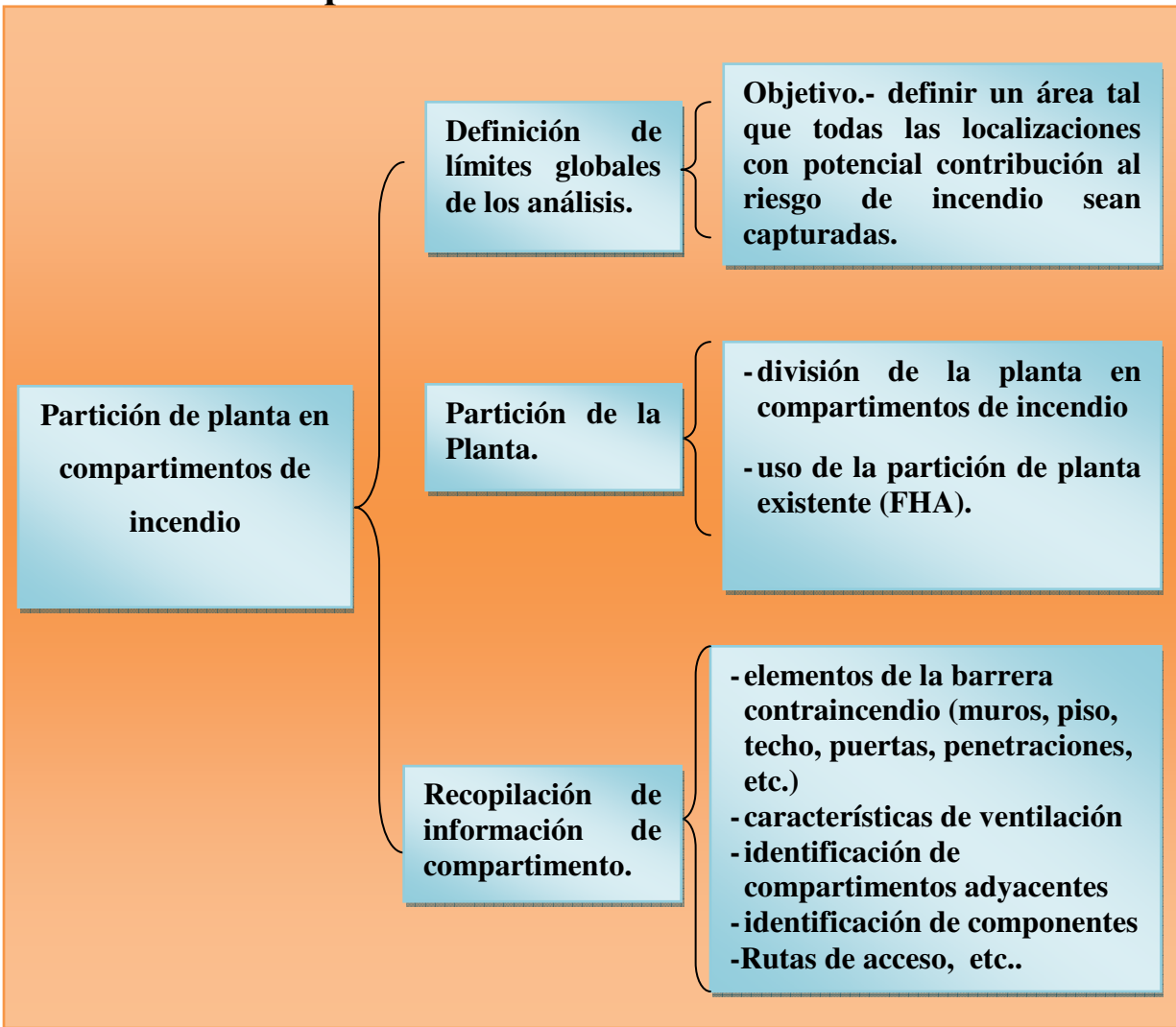


Figura 5-1 Alcance de la partición de planta

El presente capítulo consiste en definir las unidades físicas/espaciales sobre las cuales se basarán los análisis. Para esta actividad, los análisis de incendio se manejan principalmente por consideraciones espaciales, por lo que las unidades físicas de análisis se definen en términos de regiones arquitectónicas o volúmenes de la planta llamados compartimentos de incendio. El proceso de definir estas unidades físicas es referido como Partición de Planta. .

Para esta actividad se emplean las figuras del apéndice 9.5A del FSAR [7], donde se muestran los arreglos generales de la planta dividida en zonas de fuego referido al contexto del FHA de la Central Laguna Verde.

5.1 Definiciones

Compartimento de incendio.- Es una subdivisión de un edificio definida específicamente para propósitos del APS de Incendios. Es un espacio claramente definido como un cuarto confinado, no necesariamente con barreras contra incendio (en la sección 5.5.2 se indican las características para acreditar o no los elementos de partición para cumplir con la definición de compartimento de incendio) y sus fronteras son barreras no combustibles donde el calor y productos de combustión por un incendio dentro del compartimento estarán confinados. La envolvente de un compartimento de incendio puede contener escotillas, escaleras, puertas o penetraciones no selladas. Este es un término definido específicamente para el análisis de riesgo de incendio y el mapeo de las zonas de fuego de la planta correspondientes al diseño de los sistemas de protección contra incendio, así como consideraciones operacionales dentro de los compartimentos relacionadas con el potencial daño debido a incendio.

Área de fuego.- Es una porción de un edificio de la planta separada de otras áreas por medio de barreras de fuego adecuadas para un peligro de incendio. Estas barreras deben tener una resistencia al fuego de 3 horas o más (por Guía Reguladora 1.189 de la NRC).

Las fronteras del área de fuego deben proveer:

- a) separación de estructuras, sistemas y componentes importantes para la seguridad respecto a incendios potenciales en áreas no relacionadas con seguridad que podrían afectar su capacidad para desempeñar su función de seguridad.
- b) separación de rutas de éxito redundantes de sistemas y componentes importantes para la seguridad tal que se evite el daño a ambas por un incendio único.

La diferencia entre el área de fuego y el compartimento de incendio es que el compartimento se define específicamente para propósitos del APS de Incendios y no necesariamente puede tener barreras contra incendio (por ejemplo, sus elementos de partición pueden estar evaluados para 1 hora de incendio). Por el contrario, el área de fuego se define de acuerdo al Criterio General de Diseño 3, que indica que estructuras, sistemas y componentes importantes para la seguridad deben ser diseñados y localizados para minimizar la probabilidad y efectos de incendios y explosiones.

Escenario de incendio.- Es un conjunto de elementos que describen un evento de incendio. Los elementos normalmente son un cuarto: incendio, detección y supresión, objetivos y combustibles que intervienen.

Barrera contra incendio.- componente constructivo (muro, losa y sus soportes), incluyendo vigas, viguetas, columnas, sellado de penetraciones, puertas contra incendio y compuertas contra incendio que están evaluadas en horas de resistencia al fuego por laboratorios calificados, estas barreras se usan para prevenir la propagación del incendio (de acuerdo a la Guía Reguladora 1.189) y para restringir la propagación de calor y humo.

5.2 Propósito

El propósito de este capítulo es dividir la planta en un número de compartimentos de incendio. El análisis considera el impacto de incendios en un compartimento dado, así como los incendios que podrían impactar múltiples compartimentos. Este capítulo establece el proceso para definir la frontera global y partición de la planta en compartimentos de incendio. El producto de este capítulo será una lista de los compartimentos de incendio en la planta nuclear bajo el caso de estudio.

5.3 Alcance

El paquete de trabajo para desarrollar la partición de la planta debe abordar los siguientes temas:

- Identificación de los límites de la frontera global de la planta seleccionada, y sus bases.
- Resultados de dividir la frontera global de la planta seleccionada en compartimentos de incendio, y sus bases.
- Mapeo entre compartimentos de incendio y áreas de fuego de la planta definidas en las actividades de cumplimiento regulatorio.

5.4 Antecedentes

Los objetivos de la partición son:

- 1) Definir la frontera global de la planta relevante para el APS de Incendios, y
- 2) Dividir la planta en unidades físicas de análisis (compartimentos de incendio).

Los resultados del APS de Incendios serán presentados en términos de la contribución del riesgo por incendios confinados en un compartimento simple y por incendios que impactan múltiples compartimentos adyacentes.

El proceso de partición involucra dos consideraciones en competencia que deben ser balanceadas. Dividir la planta en un número grande de compartimentos pequeños tiene sus desventajas, por ejemplo, cada compartimento individual puede ser más fácil de analizar como un contribuidor individual del riesgo. Sin embargo incrementa la carga para el análisis de

escenarios con compartimentos múltiples. Ahora, definir un número pequeño de compartimentos grandes tiene desventajas en ciertos casos, particularmente para áreas que el analista esperaría poder descartar durante el análisis cualitativo (capítulo 8).

La combinación de análisis de compartimentos individuales y análisis de compartimentos múltiples debería tener la misma estimación numérica final del riesgo de incendio de toda la planta, independientemente de cómo se haya realizado la partición.

Suposiciones

Las actividades de partición suponen que cierto conjunto de elementos de protección contra incendio será efectivo al contener los efectos por el daño del fuego en la mayoría de las condiciones de incendio. Estos elementos incluyen barreras evaluadas contra fuego, barreras no evaluadas contra fuego, elementos activos tales como cortinas de agua y en algunos casos separación espacial.

5.5 Interfaces

Entradas de otros capítulos	Ninguna entrada de otros capítulos es necesaria para la definición de la frontera global de la planta y la partición de la planta en compartimentos de incendio.
Información adicional de soporte	El analista debe poseer conocimiento de la distribución de planta, características de las fronteras del compartimento y localización general de sistemas y equipos. Para sitios con más de una unidad, un conocimiento general de la distribución de sistemas, componentes, cables y áreas que sean comunes entre unidades.
Recorridos	Los recorridos confirmatorios son necesarios para completar el proceso de partición.
Salidas para otros capítulos	La lista de compartimentos de incendio desarrollada en este capítulo se usa a lo largo de todo el APS de Incendios.

5.6 Desarrollo de la actividad de partición de planta en compartimentos de incendio.

Para determinar los compartimentos que requerían ser analizados se realizó lo siguiente: Mediante la base de datos de cables que se encuentra en el sistema informático de la Central Laguna Verde, en el cuadro de búsqueda le insertamos la identificación de las válvulas 1-RHR-MV-8247 y 1-RHR-MV-8248, el sistema nos arrojará en formato de tablas todos los cables y conduits asociados a estas válvulas. Dentro de esas tablas también se indica la identificación de los dibujos de ruteado de charolas y conduits en donde se puede observar la ruta de cables asociados a las válvulas objeto de estudio. Estas rutas de cables, charolas y conduits son sobrepuestas en los dibujos de planta de los edificios mostrados en las figuras A-1 a la A-6. Con lo anterior se identifican dentro de estas figuras aquellos compartimentos por donde pasan

todos los cables, charolas y conduits asociados a las válvulas 1-RHR-MV-8247 y 1-RHR-MV-8248 y estos se registran en la tabla 5-1.

Ya teniendo identificados los compartimentos de incendio que serán analizados, se procede a llenar los formatos de información de las características de cada compartimento identificado en la tabla 5-1.

5.7 Requisitos.

5.7.1 Definir los límites globales de los análisis.

El propósito de este requisito es definir los límites globales de los análisis a fin de incluir todos los lugares de la planta pertinentes para el APS de Incendios o el proyecto de aplicación APS de Incendios.

La tarea de partición empieza con una definición amplia de áreas de planta de potencial interés para el APS de Incendios: la frontera global de planta. La intención es definir esta *frontera* para que todos los lugares con la posibilidad de contribuir visiblemente al riesgo de incendio sean capturados. Las áreas sin importancia dentro de este límite serán fácilmente identificadas y eliminadas del análisis. Por ejemplo, un edificio administrativo o un almacén dentro del área protegida pueden ser identificados como un solo compartimento de fuego, a pesar de que existen muchas particiones internas en el edificio.

El *límite del análisis global de planta* debe comprender todas las áreas de la planta asociadas con la operación normal y de emergencia del reactor, así como los sistemas de soporte y de producción de potencia. La selección del límite del análisis global de planta debe empezar con las áreas protegidas de la planta. Para muchos sitios, esto debe ser suficiente para capturar los contribuidores importantes al riesgo de incendio. En particular, el límite de análisis de planta debe comprender todas las localizaciones que alberguen componentes y cables del APS de Incendios identificados en las tareas de “selección de equipo” y “selección de cable”, respectivamente.

Los límites globales para el caso de estudio son el edificio del reactor (RB) y el edificio de control (CB), ya que estos albergan los componentes y cables de interés para los modos de falla planteados.

5.7.2 Partición de la Planta

El límite del análisis global de planta definido en la etapa 1, debe ser dividido en compartimentos de incendio. El proceso para definir compartimentos de incendio debe empezar con las particiones de planta existentes documentadas en el FHA, que típicamente dividen la planta en zonas de fuego.

Las características de la partición que podrían cumplir claramente la definición de compartimento incluyen lo siguiente:

- Alguna barrera contra incendio evaluada para una hora. Esto asume que todos los elementos de la barrera de incendio reúnen este requisito (ejemplo, puertas, sellado de penetraciones, etc.).
- Alguna partición que aún cuando no esté explícitamente evaluada como barrera contra fuego se considera suficiente para resistir el fuego durante una hora. Por ejemplo, un muro de concreto bien sellado con espesor mínimo de 4” podría ser considerado una adecuada partición en el contexto del APS de Incendios, aún si no cuenta con una evaluación explícita de resistencia al fuego.

Algunas características que no deben acreditarse en la partición incluyen lo siguiente:

- Paredes o barreras de altura parcial; éstas pueden extenderse del piso hacia arriba, o del techo hacia abajo (esto no excluye los muros con pequeños huecos, típicamente cercanos al techo).
- Blindajes para calor radiante.
- Obstrucciones por equipo de proceso, v.gr. tuberías, tanques, ductería, etc.

Para esta actividad se emplean además las figuras del apéndice 9.5A del FSAR [22], donde se muestran los arreglos generales de la planta dividida en zonas de fuego referido al contexto del FHA de la Planta Laguna Verde. Para el caso de estudio se seleccionan los compartimentos de incendio asociados con las válvulas 1-RHR-MV-8247, 1-RHR-MV-8248 y sus cables, los cuales se muestran en la Tabla 5-1.

Tabla 5-1 **Compartimentos de incendio para el caso de estudio**

Compartimento	Edificio	Elev.	Compartimento	Edificio	Elev.
RPC	CP	18.70	RB-16	Reactor	25.10
RB-9	Reactor	18.70	CB-9	Control	18.10
RB-9A	Reactor	18.70	CB-13	Control	18.10
RB-9D	Reactor	18.70	CB-14	Control	25.10
RB-7	Reactor	10.15	RB-12A	Reactor	18.70
RB-9E	Reactor	18.70	CB-2	Control	14.05
RB-7A	Reactor	10.15	CB-3	Control	14.05

5.7.3 Información del compartimento, recolección y caracterización.

Las tareas de partición incluyen al menos un recorrido de la planta para confirmar las decisiones de la partición. Esto es, el propósito primario del recorrido es confirmar la existencia e integridad de las características de partición y elementos acreditados en la definición de cada compartimento de incendio. La información deseable a documentar para referencia futura incluyen:

- 1.- Características de la barrera del compartimento (muros, piso, techo, puertas, penetraciones, compuertas, etc.)
- 2.- Características de ventilación y conexiones.
- 3.- Características de protección contra incendio (detección, supresión).
- 4.- Riesgo de fuentes de ignición (tipos de ignición y fuentes).
- 5.- Identificación de todos los compartimentos adyacentes (arriba, abajo y a todos los lados).
- 6.- Identificación de componentes/sistemas/cables en cada compartimento contra incendio.
- 7.- Rutas de acceso a los compartimentos de incendio (por ejemplo para el combate manual del incendio o para acciones del operador).
- 8.- Acciones humanas de parada segura acreditadas en cada compartimento.

Las fuentes de información específicas de la CLV para el llenado de los formatos son:

- Tablas del apéndice 9.5A del FSAR [21].
- Descripciones genéricas de localizaciones de la planta de la Tabla 6-2 del NUREG/CR-6850 [20]
- Materiales transitorios de la Sección 6.5.7.2 del NUREG/CR-6850 [20]
- Sección 9.4.9.1 del FSAR
- Formato de la zona de influencia del incendio de la Figura F-3 del NUREG/CR-6850 [20]
- Plano CFE-M-4639 R.7
- Planos de HVAC Edificio de Reactor y de Control.
- Plano CFE-M-704502 y CFE-M-731501 de HVAC del Edificio de Control
- Plano CFE-M-5053 y 5054 de puertas del Edificio Reactor
- Plano CFE-M4548, CFE-M4608, CFE-M-5057, CFE-M-459906 de muros del Edificio Reactor
- Plano CFE-M-4769 S1 y CFE-M-4771 S1 de muros del Edificio de Control
- Sección 9.4.1.1 (c) del FSAR

Las características por recabar se especifican en la tabla 5-2, y la información obtenida de esta forma para nuestro caso de estudio se presenta en las tablas A-1 a A-13 del Apéndice A. Igualmente, en las figuras A-1 a A-6 del Apéndice A se encuentra registrada la partición de la planta en compartimentos de incendio. En estas figuras se encuentran sobrepuestas las rutas de los cables asociados a los equipos identificados en la lista de componentes del APS de Incendios.

Tabla 5-2 Información del Compartimento (especificación)

Información del compartimento

Compartimento:

[identificación del compartimento de incendio]

Información del compartimento	
Unidad	# de unidad que se analiza
Área de fuego CLV	Identificación del área de fuego de acuerdo al FHA de la CLV
Localización 6850	Localización del compartimento de acuerdo a la localización genérica del NUREG 6850
Edificio	Localización del compartimento de acuerdo a estructura documental de la CLV
Factor de localización	Factor que depende para cada edificio. se utiliza para ajustar la frecuencia de incendios genérica. Para nuestro caso considerar el factor = 1

Información de las paredes del cuarto	
Espesor (ft)	Mayor espesor de los muros del compartimento
Temperatura ambiente (C)	Temperatura ambiente a la que normalmente se encuentra el compartimento
Numero de puertas	Numero de puertas que tiene el compartimento
Área abierta (ft2)	Área en ft2 que contenga el compartimento, por ejemplo hatch, penetraciones abiertas, etc.
Tipo de construcción	material de construcción de las paredes, piso y techo del compartimento
Conductividad térmica (kW/m-K)	Según el material de construcción
Densidad (kg/m ³)	Según el material de construcción
Calor específico (kJ/kg-K)	Según el material de construcción

Información de Transitorios	
Mantenimiento	Indicador de la frecuencia de mantenimiento en el compartimento (los niveles se discuten en el capítulo 8)
Ocupación	Nivel de ocupación del compartimento (los niveles se discuten en el capítulo 8)
Almacenamiento	Nivel de almacenamiento de materiales combustibles (los niveles se discuten en el capítulo 8)
Carga térmica cable	Carga térmica que se generaría en el compartimento en caso de incendio debido a los materiales combustibles.

Detección y supresión fija	
Tipo de detección	Tipo se sistema de detección (humo, ionización, térmico) en el compartimento
Tipo de detección 2	Tipo se sistema de detección (humo, ionización, térmico) en el compartimento
Tiempo de llegada de brigada (min)	Tiempo que tarda la brigada contra incendio en llegar hasta el compartimento en caso de incendio
Tipo de supresión	Indicar si cuenta con sistema automático de supresión de incendio (y tipo de sistema: multiciclo, tubería húmeda, etc.)
Tipo de supresión 2	Indicar si cuenta con sistema automático de supresión de incendio (y tipo de sistema: multiciclo, tubería húmeda, etc.)

Tabla 5-3 Información del Compartimento (cont.)

Información de la composición del cuarto							
Cuarto	Descripción del cuarto					Dibujo	Elevación
	<i>Longitud</i>	<i>Ancho</i>	<i>Alto</i>	<i>Area</i>	<i>Volum</i>		
<i>Indicar la identificación del compartimento</i>	<i>Largo del compart. en ft</i>	<i>Ancho del compart. en ft</i>	<i>Altura del compart. en ft</i>	<i>Longitud x ancho</i>	<i>Area x alto</i>	<i>Identificación de la figura del apéndice A donde se encuentra el compart.</i>	<i>Nivel del edificio en el que se encuentra el compart.</i>
Total del compartimento				<i>area total</i>	<i>volumen total</i>		

Equipos en el compartimento			
Transformadores (Plant-Wide Components)- Bin 23			
<i>Identificación del componente</i>	<i>Descripción del componente</i>		

Lista de penetraciones					
Elevación	Hacia compartimento	I & C	Eléctricas	HVAC	Mecánicas
<i>Nivel del edificio en el que se encuentra la penetración en compartimento</i>	<i>Compartimento al que comunica la penetración</i>	<i>Numero de penetraciones de I&C (tubings)</i>	<i>Numero de penetraciones eléctricas (conduits, charolas)</i>	<i>Numero de penetraciones de HVAC (ductos)</i>	<i>Numero de penetraciones mecánicas (tuberías)</i>

Rutas de acceso al compartimento	
Ruta de acceso preferida	Primera ruta de acceso para llegar al compartimento
Ruta de acceso secundaria	Segunda ruta de acceso para llegar al compartimento

Características de Ventilación			
Tipo	Suministro	Extracción	Ventilación Emerg.
<i>Indicar como se realiza la ventilación (si es a través de ductos o por rejillas transferencia en las paredes de un cuarto)</i>	<i>Cantidad de aire de suministro en CFM y temperatura de aire suministrado</i>	<i>Cantidad de aire de retorno en CFM y temperatura de aire extraído</i>	<i>Cantidad y temperatura del aire suministrado en CFM en caso de que el compartimento cuente con ventilación de emergencia</i>

Comentarios
Tipo de área de radiación: indicar si el compartimento es área con radiación o contaminada.
Bases del compartimento: Breve explicación de los espesores de los muros, piso y techo del compartimento así como los compartimentos adyacentes.
Base para el factor de transitorios por mantenimiento: breve explicación del motivo por el que se determino el nivel de frecuencia para actividades de mantenimiento en el compartimento
Base para el factor de transitorios por ocupación: breve explicación del motivo por el que se determino el nivel de frecuencia para ocupación en el compartimento
Base para el factor de transitorios por almacenamiento: breve explicación del motivo por el que se determino el nivel de frecuencia para almacenamiento de material combustible/ flamable en el compartimento.
Detección / Supresión <i>breve explicación de las señales del sistema de detección (de donde a donde envían la señal)</i>
Base para la Ventilación del Área: <i>breve explicación del motivo de cómo opera el sistema de ventilación del compartimento, las condiciones de temperatura y humedad que son requeridas mantener en el compartimento.</i>

6 Selección de los componentes

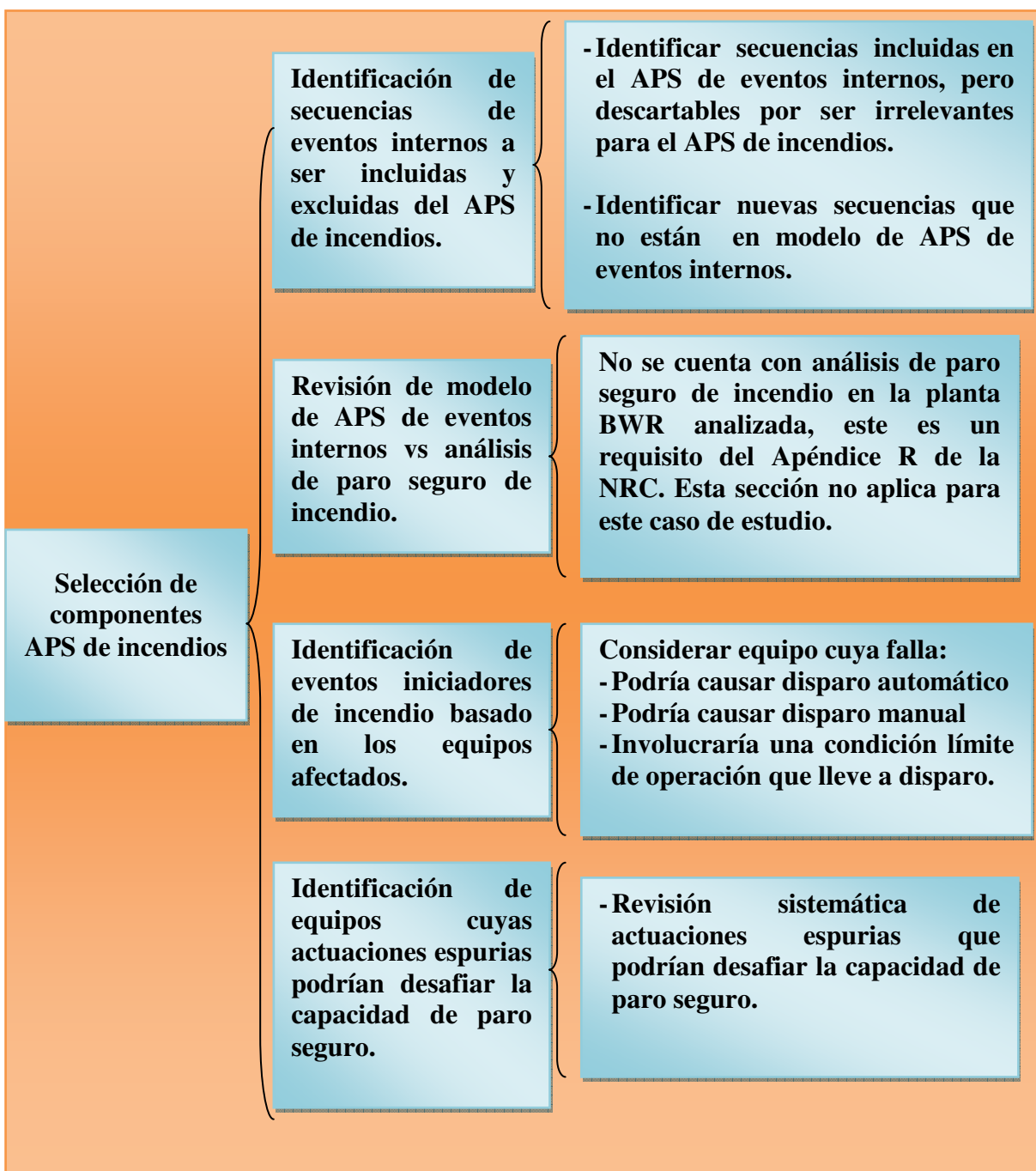


Figura 6-1 Alcance de la selección de equipos

6.1 Definiciones

APS de eventos internos.- Modelo lógico, generalmente en forma de árboles de eventos y árboles de fallas, que representa las combinaciones de eventos iniciadores internos,² fallas de componentes por causas internas a los componentes mismos y eventos de fallas humanas que llevan a un daño al núcleo o una liberación grande y temprana u otro evento adverso considerado en un APS.

Operación espuria.- Modo de falla de un circuito donde un modo operacional del circuito es iniciado (total o parcialmente) debido a fallas en uno o más componentes del circuito, incluyendo sus cables.

Evento iniciador.- Cualquier suceso que por un lado interrumpa la operación normal de la planta, y por el otro degrade la capacidad de algún sistema requerido para llevar a condición segura la planta una vez interrumpida su operación normal. Los eventos iniciadores pueden ser fallas inherentes al proceso, roturas o fugas en componentes importantes, o bien fallas de sistemas de apoyo requeridos para la operación normal. Igualmente, los eventos iniciadores pueden ser fenómenos externos al proceso, que puedan interrumpir su operación exitosa, tales como sismo, huracán, incendio en áreas adyacentes, inundación, impacto de vehículos o proyectiles, etc.

Componente del APS de Incendios.- Elemento del equipo, componente del sistema, elemento estructural o cables (potencia e instrumentación y control) incluidos como impactantes para la posibilidad de daño al núcleo o liberación grande y temprana en el modelo del APS de Incendios.

Equipo del APS de Incendios.- Sinónimo de los componentes del APS de Incendios.

6.2 Propósito

En esta sección se establece el procedimiento para la creación de la lista de los componentes del APS de Incendios. Esta lista sirve para identificar todos los componentes modelados en el APS de Incendios, y es la fuente clave de información para determinar los cables que necesitan ser identificados y localizados para el APS de Incendios.

El desarrollo de un APS de Incendios es un proceso iterativo en el cual la lista de componentes del APS de Incendios y la lista de cables se van enriqueciendo mutuamente.

² Eventos inherentes a los sistemas de proceso, en comparación con los eventos externos tales como huracanes, sismos e incendios.

6.3 Alcance

Este procedimiento se encarga de crear la lista de componentes del APS de Incendios, la cual necesita abarcar:

- (a) Equipo que, si es afectado por un incendio, causará un evento iniciador de tal manera que los eventos iniciadores inducidos por fuego puedan ser definidos apropiadamente.
- (b) Todo equipo necesario para establecer y mantener las funciones de mitigación y acciones del operador acreditadas en los modelos de respuesta a eventos iniciadores.
- (c) Aquellos equipos que puedan ocasionar respuestas inesperadas adversas a la seguridad durante una secuencia de accidente inducida por fuego, tal como un componente que pudiera operar de manera espuria.

De manera más específica, el alcance de la lista de componentes del APS de Incendios debe incluir las siguientes categorías de equipo mayor:

- Equipos cuya falla inducida por fuego causará un evento iniciador que será modelado en el APS de Incendios.
- Equipo para mantener con éxito las funciones de seguridad para mitigación acreditadas en el APS de Incendios, incluyendo equipo implícitamente incluido en los modelos de recuperación del APS de eventos internos.
- Equipo para mantener con éxito las acciones del operador acreditadas en APS de Incendios.
- Equipo cuya actuación espuria u otro modo de falla inducido por fuego podría tener un efecto adverso en el éxito de las funciones de seguridad de mitigación acreditados en el APS de Incendios.
- Equipo cuya operación espuria u otro modo de falla inducido por fuego podría probablemente inducir acciones inapropiadas o inseguras por los operadores de la planta durante una secuencia de daño por incendio.

6.4 Antecedentes

Para llegar a la lista de componentes del APS de Incendios, las dos entradas disponibles más importantes usadas para empezar a crear dicha lista son: el APS de eventos internos y el análisis de paro seguro por incendio (Apéndice R del 10CFR50 [3]). Sin embargo, este último no se tiene para la CLV, por lo tanto se tomará como referencia solamente el APS de eventos internos.

Las etapas 1 y 2 de este capítulo cubren actividades para el análisis que comienzan la preparación de la lista de componentes del APS de Incendios a partir del APS de eventos internos.

Las etapas 3 a 6 abordan como profundizar lo producido en las etapas 1 y 2, e identificar más completamente el equipo de interés.

Las etapas 4 y 5 abordan la posible operación espuria ó mal función del equipo que podría afectar la operación del sistema o el desempeño del operador durante la respuesta a un incendio. Por lo general, estos modos de falla espurios no se consideran en el APS de eventos internos o son muy improbables.

La etapa 6 aborda el objetivo especial de equipos cuya falla puede causar eventos de consecuencias potencialmente altas, como es el caso de estudio del presente trabajo.

Finalmente la etapa 7 cubre la documentación de la lista de componentes del APS de Incendios.

6.5 Interfaces

Entradas de otros capítulos	<p>Se debe tener la frontera global y partición desarrollada en capítulo 5, así como la base de datos del APS de Incendios en la cual se irán registrando los datos obtenidos.</p> <p>También se necesita asistencia de los analistas que desarrollan los análisis de confiabilidad humana post incendio para definir las acciones del operador y por lo tanto el equipo relacionado.</p> <p>El desarrollo inicial de la lista debe ser lo más completa posible. Sin embargo, como el APS de Incendios es de naturaleza iterativa, la lista puede ser retroalimentada con los productos de otras actividades en el proceso de desarrollo del APS de Incendios.</p>
Información adicional de soporte	<ul style="list-style-type: none"> - APS de eventos internos - Análisis de paro seguro de incendio (no se tiene para la CLV) - Diagramas de flujo y eléctricos de la planta - Procedimientos de la planta - Especificaciones técnicas de operación para determinar condiciones límite que requieren paro seguro de la planta - Otros dibujos y documentos de la planta conforme sean necesarios.
Recorridos	No serán necesarios para este capítulo
Salidas para otros capítulos	La lista de componentes del APS de Incendios es usada para soportar el capítulo 7 “Selección de cable”, proporciona las entradas necesarias para la base de datos del APS de Incendios y establece las bases para gran parte del modelado del riesgo inducido por incendio.

6.6 Requisitos

6.6.1 Identificar secuencias del APS de *eventos internos* a incluir (y aquellas a excluir) en el modelo APS de Incendios.

En esta etapa se revisa el modelo de APS de eventos internos para identificar las secuencias de accidente que deben incluirse en el APS de Incendios y, por tanto, iniciar la identificación de los equipos relacionados a incluir en la lista de componentes del APS de Incendios. Aquí se pueden identificar secuencias de accidente y componentes asociados incluidos en el Modelo de APS de eventos internos y que pueden descartarse por ser irrelevantes para el APS de Incendios. También pueden identificarse nuevas secuencias de accidente y componentes asociados relacionados con incendio y que actualmente no están cubiertos en los modelos de APS de eventos internos.

Posible eliminación de secuencias y equipos

Los tipos de secuencias que se podrían descartar en el APS de Incendios son:

- Secuencias asociadas con eventos que involucran una falla mecánica pasiva, las cuales se considera que no pueden originarse de un incendio. Por ejemplo: roturas del sistema primario (LOCA), falla de la vasija, y otras roturas de tuberías de sistemas secundarios (vapor principal y agua de alimentación).
- Secuencias asociadas con eventos que, si bien es posible que pudieran iniciarse por fuego, es posible justificarlas como despreciables argumentando baja frecuencia. Por ejemplo, secuencias de ATWS, debido a que bajo un incendio se espera un corte de energía a las solenoides piloto de SCRAM, resultando en inserción de las barras de control en lugar de causar una falla del SCRAM.

Todas las demás secuencias en los modelos del APS de eventos internos (además de nuevas secuencias y equipos añadidos) deben considerarse en el desarrollo del modelo del APS de Incendios. Como nuestro alcance de estudio no cubre todas las secuencias del APS sino el LOCA fuera de la contención, el alcance lo limitamos solamente a éste.

Posible adición de secuencias y equipos

Los siguientes pasos se consideran para identificar nuevas secuencias y componentes asociados que necesitan agregarse a la lista de componentes y al modelo resultante del APS de Incendios.

- Especialmente cuando se consideran los posibles efectos de operaciones espurias, se pueden identificar nuevas secuencias de accidente y componentes asociados de interés que deben agregarse al APS de Incendios. Típicamente estas nuevas secuencias surgen como resultado de *eventos espurios* que:
 - Causan un LOCA inducido; ejemplo, falla en sello de la bomba de recirculación.
 - Afectan adversamente el control de presión del Reactor; eventos de SRV's.

- Permiten situaciones de sobrellenado; por ejemplo, sobrellenado de la vasija que si no se mitiga podría fallar equipos acreditados para el paro seguro, tales como las turbobombas de agua de alimentación o el RCIC.
- Algunas de las acciones humanas de los procedimientos de incendio podrían inducir nuevas secuencias no cubiertas en el APS de eventos internos. Algunos ejemplos incluyen lo siguiente:
 - Escenarios de evacuación del Cuarto de Control Principal (CCP) donde se invocan acciones del operador y configuración de equipos específicas del incendio que no están disponibles en el Cuarto de Control de Parada Remota (CCPR).
 - Acciones manuales específicas de incendio que puedan causar indisponibilidad intencional de una función de paro seguro. Por ejemplo, una acción por procedimiento podría desenergizar ciertos equipos en la planta. El efecto de esta acción debe implementarse en el modelo de APS de Incendios reconociendo los componentes afectados en la lista de componentes y teniendo en cuenta el efecto sobre las acciones humanas y los modos de falla de esos componentes en el modelo APS de Incendios (incluyendo nuevas secuencias de accidente).

La tabla 6-1 muestra los grupos de eventos iniciadores considerados en el APS de eventos internos y seleccionados para el APS de Incendios. La frecuencia de estos iniciadores se estima de manera específica para la experiencia operacional de la CLV tomando como información previa las frecuencias genéricas del NUREG/CR-5750.

La tabla 6-2 muestra los tipos de secuencias que podrían descartarse o agregarse al considerar apropiadamente las características específicas de la planta. La columna de la derecha muestra cuáles son los iniciadores que se descartan.

Tabla 6-1 Lista final grupo de iniciadores en modelo APS de eventos internos

Grupo iniciadores	
1	Cierre de válvulas de aislamiento de vapor principal (MSIV)
2	Pérdida total de agua de alimentación
3	Pérdida de refrigerante fuera de la contención
4	Apertura inesperada de una válvula de alivio
5	Válvula de alivio atascada abierta
6	Pérdida de potencia eléctrica externa
7	Pérdida del NSW, una división
8	Pérdida del NSW, ambas divisiones
9	Pérdida del NCCW, una división
10	Pérdida del NCCW, ambas divisiones
11	Pérdida de corriente directa, una división
12	Pérdida de corriente directa, ambas divisiones
13	Pérdida del cabezal principal del CIA

Tabla 6-2 Tipos de secuencia de accidente a incluir / excluir en el APS de Incendios

Tipo de secuencia de accidente	Considerados en APS de Eventos Internos	Considerado en Modelo de APS de Incendios
Transitorios con pérdida de refrigeración en el núcleo (Transitorios con pérdida del BOP)	Sí	Sí
Transitorio LOCA inducido (Válvula de alivio atascada abierta)	Sí	Sí
Pérdida de energía fuera de las instalaciones, incluyendo la estación de apagado	Sí	Sí, si el fuego puede provocar la pérdida de potencia fuera de las instalaciones
Pérdida de energía de DC como un iniciador	Sí	Sí, si el fuego puede provocar la pérdida de potencia de DC
LOCA (rotura de tuberías)	Sí	No, el fuego no puede inducir a una rotura de tubería
ATWS	Sí	No, no es probable inducir falla del SCRAM por fuego
Sistema LOCA de Interface	Sí	Sí, si el fuego puede provocar la apertura espuria de una válvula interfaz de accionamiento eléctrico
Ruptura en vasija	Sí	No, el fuego no puede inducir a la ruptura en vasija (excluyendo consideraciones de choque térmico presurizado PTS)
Consideraciones de frecuencia de liberación grande y temprana (LERF)	Sí, aislamiento de la contención, enfriadores de la contención y contención de aspersión (en el modelo LERF)	Sí, aislamiento de la contención, enfriadores de la contención y contención de aspersión (en el modelo LERF)
Diversos tipos debido a consideraciones de eventos espurios	No	Sí, para aquellas secuencias nuevas no consideradas en el APS de Eventos Internos (por ejemplo: escenarios de ruptura en vasija o generadores de vapor sobrelLENADOS) pero se considera suficientemente probable y podría amenazar la parada segura.

6.6.2 Revisión del modelo APS de eventos internos contra el análisis de paro seguro por incendio.

Las comparaciones se refieren a diferencias potenciales en:

- Funciones / criterios de éxito / secuencias consideradas.
- Sistemas (incluyendo sistemas de soporte) considerados.
- Estados finales afectando equipo cubierto por cada análisis.
- Acciones manuales, especialmente las acreditadas en el análisis de paro seguro por incendio.

Los *sistemas de mitigación* definidos en el análisis de paro seguro por incendio se basan en las siguientes funciones de seguridad de la planta, las cuales pueden ser similares, pero no necesariamente idénticas a las consideradas en el APS.

- Control de Reactividad.
- Integridad/control de la presión del sistema refrigerante del reactor.
- Control de inventario del sistema de refrigerante del reactor.
- Remoción del calor de decaimiento.
- Integridad de la contención.
- Monitoreo de proceso.
- Funciones de soporte.

El análisis de paro seguro por incendio asegura que al menos un tren de los sistemas de mitigación requeridos para desarrollar cada una de las funciones de seguridad esté protegido, y por lo tanto acreditado en la base de diseño de incendio para la planta. Los sistemas y equipos relacionados identificados en el análisis de paro seguro por incendio siempre tienen suposiciones y criterios de éxito más conservadores que el enfoque de mejor estimación usado en el APS de eventos internos. Esto a su vez se basa en las normas aplicadas en la base de diseño, donde generalmente se acredita un solo tren de equipo protegido para paro seguro, y se demuestra la capacidad para alcanzar un estado final de parada fría y permanecer en apagado seguro durante 72 horas. El análisis de paro seguro por incendio también aborda el impacto de algunas actuaciones espurias por cortocircuito debido a fuego de cables durante un escenario de incendio.

También se acreditan acciones locales o manuales para evitar daños en el equipo (por ejemplo, extraer el interruptor de una válvula), o para recuperar los equipos afectados por el escenario de incendio (por ejemplo, cerrar localmente una válvula abierta espuriamente).

La CLV se diseñó y licenció de conformidad con la USNRC: Branch Technical Position APCS B 9.5.1 Apéndice A [3 U.S. Code of Federal Regulations, “Fire Protection Program for Nuclear Power Facilities Operating Prior to January 1, 1979”, Title 10, Chapter 50, Appendix R, 1980.] y la Guía Reguladora 1.120 “Guías de contra incendio para plantas nucleares de potencia”, en lugar de 10CFR50 Apéndice R [3] o su sección correspondiente en el NUREG-800.

La ausencia de un análisis de paro seguro por incendio no impide o limita el desarrollo de un APS de Incendios. Si bien ese análisis proporcionaría desde el inicio información útil sobre los equipos afectados, la posibilidad de actuaciones espurias y la capacidad de los componentes del tren protegido, el APS de Incendios requiere de cualquier forma identificar de manera independiente estos elementos y modelarlos con su propia metodología. Puede decirse que el principal impacto en el desarrollo del APS sería la necesidad de capacitar al personal de la planta en los conceptos del análisis de paro seguro que se requieren conocer para las actividades del APS de Incendios. Debido a lo anterior, esta etapa no es aplicable para nuestro caso de estudio, por lo que no se presenta la comparación especificada.

6.6.3 Identificación de los eventos iniciadores debidos a incendio basada en equipos afectados

Esta etapa agrega aquellos equipos que, si se vieran afectados por un incendio, podrían originar un *evento iniciador* (es decir, el paro forzado de la planta). El objetivo de esta etapa es identificar qué iniciadores ocurrirían probablemente en caso de que un incendio en cualquier compartimento dado afecte los equipos identificados en la lista de componentes del APS de Incendios. No es en sí el objetivo de este paso identificar nuevos componentes en la lista. En la revisión de estos equipos se considera:

- Equipo cuya falla podría causar un disparo automático.
- Equipos cuya falla podría probablemente causar un disparo manual, tal como se especifica en los procedimientos de incendio u otras instrucciones, y
- Equipos cuya falla invocaría una condición límite por Especificaciones Técnicas (LCO) que podría requerir un apagado. En este último caso, sólo es necesario para identificar situaciones en las que (a) el apagado probablemente sea necesario antes de que el fuego sea extinguido, (b) donde el equipo afectado cause un efecto significativo en la capacidad de paro seguro, y (c) donde el apagado se modelaría como un disparo de planta en lugar de un paro ordenado, de acuerdo a los criterios de modelado actuales del APS de eventos internos. Si estas tres condiciones no son aplicables, la condición no tiene por qué ser modelada como un evento iniciador. El analista tiene que juzgar las condiciones que se van a incluir y debe proporcionar justificaciones para excluir casos.

Tomados individualmente, hay numerosos componentes de la planta cuyo falla podría causar un disparo automático o manual forzado (por ejemplo, componentes del Balance de Planta). Para identificar los componentes a analizar, tenemos que buscar dentro de los compartimentos de incendio identificados en el capítulo 5 aquellos equipos cuya falla pudiera causar un disparo automático, manual o una condición límite que pudiera llevar a paro.

Para nuestro caso de estudio se supone un escenario en donde estando la planta en operación normal (al 100% de potencia nominal), se presenta un incendio en un compartimento por donde pasan los cables asociados con las motoválvulas 1-RHR-MV-8247/8248, de tal manera que el fuego, al dañar los cables, pudiera provocar la apertura espuria de las mismas, dando origen al evento iniciador #3 “Pérdida de refrigerante fuera de la contención” de la tabla 6-1 “Lista de eventos iniciadores del APS de eventos internos”. Las fuentes de información para el llenado de la lista de componentes se indican ahí mismo en el campo “referencias”.

Tabla 6-3 Lista de Equipos del APS de incendios (1-RHR-MV-8247)

Lista de Equipos

Equipo ID	1-RHR-MV-8247
Descripción del Equipo	Válvula de aislamiento interior de la succión del modo enfriamiento en parada del RHR.
Designación de Sistema	RHR (Sistema de Remoción de Calor Residual)
Tipo de equipo	ME (Motor eléctrico para actuar una válvula)
Localización	CNT (Contención Primaria) Pozo Seco
Evento iniciador APS	Pérdida de refrigerante fuera de la contención
Descripción de Evento APS	Se representan principalmente por las roturas originadas por falla del aislamiento entre el sistema primario y sistemas diseñados para baja presión, conocidos también como LOCA de interfaz. La frecuencia de estos eventos se estima de manera específica para el arreglo de válvulas de aislamiento de la frontera de presión existente en la CLV.
Posición normal / estado	Cerrada
Posición deseada / estado	Modo reserva – cerrada Modo LPCI - cerrada Modo rociado y enfriamiento de la contención - cerrada Modo enfriamiento alberca de supresión - cerrada Modo enfriamiento en parada – abierta
Posición por falla eléctrica	Queda como está
Posición por falla de aire	No aplica
Referencias	APS de la CLV Rev. 3.03 [37] Curso Tecnología Laguna Verde Sistema RHR LV-5435-M-3084 S1 y S2 Residual Heat Removal System. NUREG/CR-6850 Secc. 6.5.6 [20] FSAR

Tabla 6-4 Lista de Equipos del APS de Incendios (1-RHR-MV-8248)

Lista de Equipos

Equipo ID	1-RHR-MV-8248
Descripción del Equipo	Válvula de aislamiento exterior de la succión del modo enfriamiento en parada del RHR.
Designación de Sistema	RHR (Sistema de Remoción de Calor Residual)
Tipo de equipo	ME (Motor eléctrico para actuar una válvula)
Localización	CAR (Edificio del Reactor)
Evento iniciador APS	Pérdida de refrigerante fuera de la contención
Descripción de Evento APS	Se representan principalmente por las roturas originadas por falla del aislamiento entre el sistema primario y sistemas diseñados para baja presión, conocidos también como LOCA de interfaz. La frecuencia de estos eventos se estima de manera específica para el arreglo de válvulas de aislamiento de la frontera de presión existente en la CLV.
Posición normal / estado	Cerrada
Posición deseada / estado	Modo reserva - cerrada Modo LPCI - cerrada Modo rociado y enfriamiento de la contención - cerrada Modo enfriamiento alberca de supresión - cerrada Modo enfriamiento en parada - abierta
Posición por falla eléctrica	Queda como está
Posición por falla de aire	No aplica
Referencias	APS de la CLV Rev. 3.03 [37] Curso Tecnología Laguna Verde Sistema RHR LV-5435-M-3084 S1 y S2 Residual Heat Removal System. NUREG/CR-6850 Secc. 6.5.6 [20] FSAR

Tabla 6-5 Lista de Equipos del APS de Incendios (MCC-1B1-B DIV-II)

Lista de Equipos

Equipo ID	MCC-1B1-B DIV-II
Descripción del Equipo	Centro de control de motores que alimenta eléctricamente a la válvula motorizada 1-RHR-MV-8247
Designación de Sistema	E21
Tipo de equipo	Gabinete Eléctrico
Localización	Edificio del Reactor
Evento iniciador APS	Pérdida de refrigerante fuera de la contención
Descripción de Evento APS	Se representan principalmente por las roturas originadas por falla del aislamiento entre el sistema primario y sistemas diseñados para baja presión, conocidos también como LOCA de interfaz. La frecuencia de estos eventos se estima de manera específica para el arreglo de válvulas de aislamiento de la frontera de presión existente en la CLV.
Posición normal / estado	Energizado
Posición deseada / estado	Energizado
Posición por falla eléctrica	Desenergizado
Posición por falla de aire	No aplica
Referencias	APS de la CLV Rev. 3.03 [37] Curso Tecnología Laguna Verde Sistema Plano CFE-M-6009S4. NUREG/CR-6850 Secc. 6.5.6 [20] FSAR

Tabla 6-6 Lista de Equipos del APS de Incendios (MCC-1A1-BA DIV-I)

Lista de Equipos

Equipo ID	MCC-1A1-BA DIV-I
Descripción del Equipo	Centro de control de motores que alimenta eléctricamente a la válvula motorizada 1-RHR-MV-8248
Designación de Sistema	E21
Tipo de equipo	Gabinete Eléctrico
Localización	Edificio del Reactor
Evento iniciador APS	Pérdida de refrigerante fuera de la contención
Descripción de Evento APS	Se representan principalmente por las roturas originadas por falla del aislamiento entre el sistema primario y sistemas diseñados para baja presión, conocidos también como LOCA de interfaz. La frecuencia de estos eventos se estima de manera específica para el arreglo de válvulas de aislamiento de la frontera de presión existente en la CLV.
Posición normal / estado	Energizado
Posición deseada / estado	Energizado
Posición por falla eléctrica	Desenergizado
Posición por falla de aire	No aplica
Referencias	APS de la CLV Rev. 3.03 [37] Curso Tecnología Laguna Verde Sistema Plano CFE-M-6009S4. NUREG/CR-6850 Secc. 6.5.6 [20] FSAR

6.6.4 Identificación de equipos con actuaciones espurias potenciales que pueden desafiar la capacidad de un paro seguro

Este paso tiene como objetivo ampliar aún más la lista de componentes del APS de Incendios, y por consiguiente el modelo APS de Incendios, para incluir las actuaciones espurias perjudiciales inducidas por incendio. Las etapas anteriores han considerado aquellas operaciones espurias identificadas en el análisis de paro seguro post-incendio, y han buscado "nuevas" secuencias que podrían derivarse de procedimientos específicos de incendios y acciones manuales relacionadas. En esta etapa, el analista llevará a cabo una búsqueda sistemática de actuaciones espurias adicionales de relevancia para el APS de Incendios.

En esta etapa, el analista realiza una revisión sistemática de actuaciones espurias que podrían desafiar la capacidad de lograr el paro seguro de la planta (por causa de un iniciador o al verse afectado el equipo de mitigación) basado en los sistemas e iniciadores identificados en las etapas anteriores. Hay que tomar en cuenta que esta revisión no asume una sola actuación espuria a la vez, sino que son posibles actuaciones múltiples de manera simultánea, pero causadas por un mismo incendio único.

Esta revisión sistemática se lleva a cabo a partir de los tipos de secuencias de accidente y las funciones de los sistemas de mitigación en el modelo actual del APS de eventos internos. Se requiere una búsqueda rigurosa a través de los diagramas de flujo del sistema, con revisión adicional de documentos tales como diagramas de alambrado eléctrico y los resultados de las secuencias del APS de eventos internos, que sirven para identificar fallas por actuaciones espurias simples y múltiples que pueden ser modos de falla válidos para el modelo APS de Incendios.

La tabla 6-7 proporciona una visión general de cómo las fallas por actuaciones espurias simples y múltiples podrían ser importantes para algunas secuencias de accidente del modelo APS de eventos internos; por lo tanto, los diagramas del sistema deben estudiarse para identificar posibles fuentes de actuaciones espurias perjudiciales. Esta tabla se proporciona únicamente como información de ayuda, y proporciona ejemplos de vínculos entre los diversos eventos iniciadores y las formas en que los componentes relevantes en el modelo pueden ser afectados. El analista tiene que determinar los efectos reales adecuados para su modelo específico de la planta.

Tabla 6-7 Ilustración de Actuaciones espurias (simples y múltiples) de equipo operado eléctricamente usando el APS de eventos internos.

Tipo de secuencia de accidente	Ejemplo de efectos sobre los eventos del evento iniciador	Ejemplo de efectos sobre los sistemas de mitigación
Transitorios con aislamiento de MSIVs	Causa pérdida de agua de alimentación e indisponibilidad del condensador principal	Impide recuperación rápida del BOP y el agua de alimentación.
LOCA inducido por transitorio	Causa apertura de SRVs o fuga de los sellos de las bombas de recirculación	Puede causar indisponibilidad de fuerza motriz para la turbina del RCIC
Pérdida de potencia externa, incluyendo pérdida total de corriente alterna	Causa pérdida de potencia para los sistemas de operación normal	Causa demanda de los generadores Diesel y falta de restablecimiento de potencia a los sistemas de seguridad si estos fallan
LOCA de interfaz (fuera de la contención)	Induce apertura de las válvulas de aislamiento del sistema refrigerante del reactor conectadas a sistemas de baja presión	
Consideraciones para descarga grande y temprana		Induce operación espuria de válvulas de aislamiento de la contención o sistemas conectados al sistema refrigerante del reactor

En los párrafos siguientes se muestran algunas recomendaciones prácticas para acotar el esfuerzo.

Los equipos que ya se encuentran en la lista de componentes del APS de Incendios no tienen por qué agregarse de nuevo, siempre y cuando el proceso de identificación de cables y el análisis de circuitos se encargue de registrar todos los modos de falla de los equipos para los estados de operación normal, deseado y fallado, incluidas las posibles operaciones espurias de las indicaciones / alarmas asociadas con ese equipo (por ejemplo, la indicación de temperatura del motor de una bomba). Debe tomarse en cuenta que no todos los modos de falla potencialmente importantes para el APS de Incendios están incluidos en el APS de eventos internos, por lo que se debe tener cuidado en definir el estado normal, deseado y fallado.

En la búsqueda de operación espuria de equipos, se supone que el sistema está en su configuración normal, y no con un alineamiento inusual debido prueba o mantenimiento, siempre y cuando el tiempo en estas configuraciones poco habituales sea pequeño (por ejemplo, ~ 1%).

Las posibles rutas de desviación del flujo que representan un efecto insignificante se reconsideran a partir de nuevos criterios. Por ejemplo, una apertura espuria de una válvula

normalmente cerrada que representa una desviación pequeña en relación con la trayectoria del flujo del sistema principal de mitigación (por ejemplo, ~ 1/10 el área de flujo) puede eliminarse del análisis y por lo tanto no se incluirá en la lista de componentes del APS de Incendios. Sin embargo, el analista debe considerar varias rutas de desvío por la apertura espuria simultánea antes de tomar esta determinación.

Las posibles trayectorias de desviación de flujo que sean muy poco probables se pueden excluir. Por ejemplo, una ruta de desvío de caudal para un sistema protegido por uno o más dispositivos mecánicos pasivos no afectados por fuego (por ejemplo, válvula manual, válvula de retención, o válvula operada eléctricamente cerrada y bloqueada mecánicamente) pueden ser eliminados del análisis y el equipo no se agregará a la lista de componentes del APS de Incendios.

Puede omitirse la operación espuria de equipos que se consideran intrascendentes. Por ejemplo, una válvula de control de temperatura pudiera operar de manera espuria entre dos posiciones de control limitadas mecánicamente sin afectar significativamente la función de seguridad de interés, ni causar un evento iniciador. En tal caso, la válvula puede ser eliminada de tales consideraciones y no ser agregada a la lista de componentes del APS de Incendios.

Para nuestro caso de estudio se contempla un escenario en donde, estando la planta en operación normal (al 100% de potencia nominal), se presenta un incendio que afecta las moto válvulas 1-RHR-MV-8247/8248 o compartimentos por donde pasen los cables asociados a dichas válvulas, de tal manera que el fuego al dañar los cables, pudiera provocar la apertura espuria de las mismas, dando origen al evento iniciador #3 “Pérdida de refrigerante fuera de la contención” de la tabla 6-1 lista de eventos iniciadores del APS de eventos internos. Estos componentes ya están agregados en la lista de componentes del APS de Incendios; se agregaron en la sección 6.1.3, y como se menciona anteriormente, no es necesario agregarlos de nuevo.

6.6.5 Incluir equipos con consecuencias potencialmente altas

Los eventos de grandes consecuencias son aquellos que implican:

- (a) una o más fallas de componentes (principalmente, componentes similares en el mismo sistema), incluidas las operaciones espurias, donde por lo menos una debe ser inducida por fuego, que por sí solas resulten en daño al núcleo y liberación grande y temprana, o,
- (b) una falla única de componente, incluyendo la operación espuria inducida por fuego, que por sí sola cause pérdida completa de una función de seguridad (por ejemplo, el inventario del sistema refrigerante del reactor) de tal forma que conduce directamente a dañar el núcleo.

Un ejemplo de caso (a) podría ser la apertura espuria de dos válvulas en la interfaz de alta –baja presión dentro de un sistema (por ejemplo, RHR) que podrían conducir directamente a dañar el núcleo y proporcionar una ruta que dé lugar a una liberación grande y temprana. Un ejemplo de caso (b) podría ser la apertura espuria de una sola válvula que drene la alberca de supresión y

cause la pérdida de toda la inyección necesaria, y por tanto ocasionando por sí misma daño al núcleo. En ambas situaciones, el propósito es que se cubra cualquier evento con frecuencia mayor de 1×10^{-7} /año incluyendo frecuencia de ignición, supresión, afectación con gravedad suficiente y probabilidad de falla espuria.

Para nuestro estudio, se contempla el caso (a) donde estando la planta en operación normal, se presenta un incendio que afecte las moto válvulas 1-RHR-MV-8247/8248 o compartimentos por donde pasen los cables asociados a dichas válvulas, de tal manera que el fuego al dañar los cables, pudiera provocar la apertura espuria de las mismas, dando origen a Pérdida de refrigerante fuera de la contención.

6.6.6 Ensamble de la lista de equipos del APS de Incendios

Al realizar las etapas anteriores se obtiene una lista acumulativa de todos los equipos asociados identificados. Esta lista se convierte en la lista de componentes APS de Incendios y se mantiene en la base de datos APS de Incendios.

La lista típica de componentes del APS de Incendios debe incluir, según aplique, la información mostrada en la tabla 6-8. La lista de Equipos del APS de Incendios para el caso de estudio se muestra en las tablas 6-3 a 6-6.

Tabla 6-8 Información de la lista de componentes del APS de Incendios

Lista de Equipos

Id. Equipo	Se refiere a la ubicación técnica del equipo
Descripción del Equipo	Función del componente
Designación de Sistema	Sistema al que pertenece el componente
Tipo de equipo	Tipo de componente (batería, bomba, motor eléctrico, etc)
Localización	Edificio donde se localiza el componente
Evento iniciador APS	Evento del APS de eventos internos (si es que aplica)
Descripción del evento APS	Descripción del evento del APS de eventos internos (si es que aplica)
Posición normal / estado	Posición normal del componente
Posición deseada / estado	Posición deseada del componente
Posición por falla eléctrica	Posición en que queda el componente por falla eléctrica
Posición por falla de aire	Posición en que queda el componente por falla de aire
Referencias	Documentos consultados para el llenado de los datos.

7 Selección de cable para el APS de Incendios

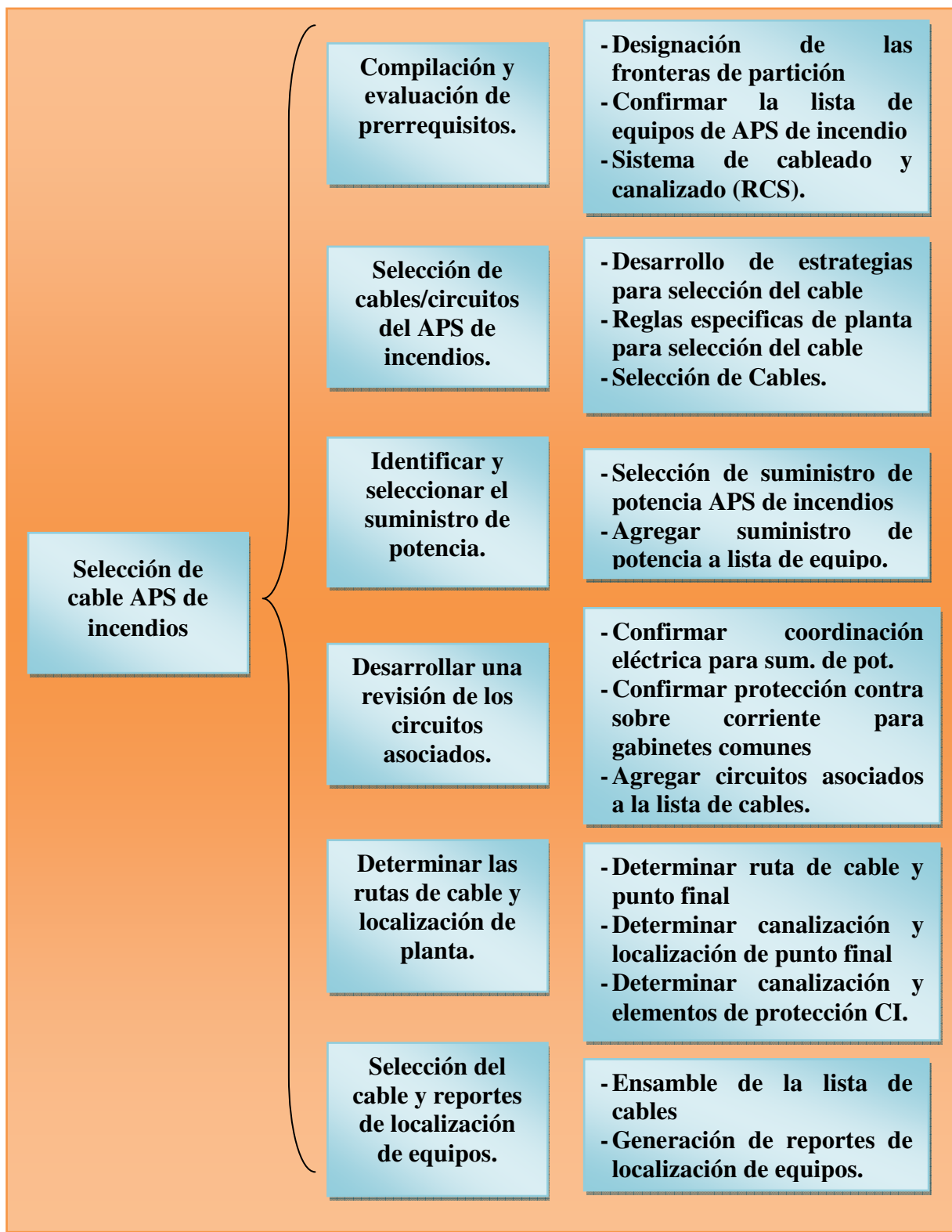


Figura 7-1 Proceso de Selección de Cable para el APS de incendios

7.1 Definiciones

Canalizado de cable (del inglés *raceway*).- Se refiere a los conduits, charolas, cajas de unión, estaciones de jalado, paneles, etc. por donde se tiende el cable.

Equipo.- Término usado para cubrir los elementos empleados en una planta de potencia nuclear para el APS de Incendios y cuya localización y modos de falla son considerados. Se incluyen bajo el uso de este término los componentes, instrumentación, cables asociados, barreras, etc..

Modo de falla.- Es la forma en la que un mecanismo de degradación impide el buen funcionamiento de una pieza de un equipo, sistema o componente.

Circuito asociado.- Se define como cualquier circuito que puede afectar la correcta operación de equipos o sistemas a los cuales no están directamente conectados, a través del suministro de potencia, el canalizado o la actuación espuria.

Cable.- En el contexto del APS de Incendios, se refiere los ensambles diseñados para conducir corriente eléctrica. Aquí, un cable es un ensamble de uno o más conductores aislados eléctricamente (generalmente cobre o aluminio) que puede estar envuelto en una cubierta exterior. Esta definición incluye los cables de control pero excluye los cables de fibra óptica.

Falla de cable.- Es una condición donde el cable afectado ya no es capaz de realizar apropiadamente su función.

7.2 Propósito

La realización de un APS de Incendios de conformidad con este procedimiento requiere el análisis de las fallas de circuitos inducidas por incendio. Los elementos de análisis de circuitos se llevan a cabo en tres fases distintas:

- Selección de cable para el APS de Incendios (este capítulo 7),
- Análisis detallado de falla de circuitos (capítulo 12), y
- Análisis de probabilidad de los modos de falla de circuitos (capítulo 13).

Este capítulo proporciona métodos e instrucciones para desarrollar la primera fase de análisis de circuitos seleccionando los cables del APS de Incendios. El propósito de la tarea es identificar para todos los componentes del APS de Incendios los circuitos/cables asociados a los componentes y la ruta en planta de los circuitos/cables identificados.

7.3 Alcance

Para identificar los cables que deben incluirse en la lista de cables del APS de Incendios, se consideran los siguientes pasos:

- a) Identificar los cables asociados con los equipos del APS de Incendios
- b) Determinar la ruta en planta y localización de los cables para el APS de Incendios
- c) Identificar los suministros de potencia para el APS de Incendios
- d) Correlacionar los cables con equipos del APS de Incendios y localizaciones físicas (compartimentos de incendio o áreas de fuego).

7.4 Antecedentes

La lista de cables identifica los circuitos/cables necesarios para soportar la correcta operación de los equipos contenidos en la lista de equipos del APS de Incendios.

La lista de cables podría incluir *circuitos asociados*. Estos son cables que no necesariamente están directamente conectados a un componente, pero tienen el potencial de causar una operación inadecuada del componente como resultado de ciertos modos de falla asociados con el daño inducido por fuego.

Suposiciones

- Existe una base de datos de cables y conduits y se encuentra disponible para identificar la ruta del cable y su localización.
- El equipo se encuentra en su posición o condición normal esperada al comienzo del incendio. En casos donde el estado de un componente no está determinado o podría cambiar como resultado de condiciones de planta esperadas, se debe asumir el peor caso de condiciones iniciales para propósitos de la selección de cable.
- Los dispositivos de protección eléctrica tienen capacidad adecuada para funcionar de acuerdo a su diseño, previniendo de este modo la iniciación de fuegos secundarios a consecuencia de las fallas de circuitos ocasionadas por el incendio iniciador.
- Los usuarios de este procedimiento tienen conocimiento de los principios de potencia eléctrica y circuitos de control, y tienen experiencia práctica con los diagramas de alambrado de los circuitos, los sistemas de distribución de potencia y el ruteado de cables y conduits de la planta analizada.
- Existe un análisis del Apéndice R del 10CFR50 [3] completo, documentado y disponible para ayudar a identificar cables asociados con los equipos del APS de Incendios.

La CLV se diseñó y licenció de conformidad con la USNRC: Branch Technical Position APCS 9.5.1 Apéndice A [25] y GR 1.120 “Guías de contra incendio para plantas nucleares de potencia”, en lugar de 10CFR50 Apéndice R y su sección correspondiente en el NUREG-800. Este paso recomienda que la información de los análisis de circuitos del Apéndice R debe usarse a su máxima extensión posible para desarrollar la lista de cables del APS de Incendios. Como la CLV no cuenta con este análisis, la identificación de cables tendrá que hacerse de manera independiente para todos los equipos del APS de Incendios.

7.5 Interfaces

Entradas de otros capítulos	<ul style="list-style-type: none"> • Definición y partición de la planta • Selección de equipos del APS de Incendios • Base de datos del APS de Incendios
Información adicional de soporte	<ul style="list-style-type: none"> • Sistema de información sobre datos de cables y conduits de la planta • Análisis de paro seguro por Apéndice R • Diagramas de flujo de sistemas mecánicos • Diagramas unifilares • Diagramas de alambrado eléctrico • Diagramas elementales de control • Diagramas de alambrado de control • Diagramas de lazos de instrumentación • Dibujos de ruteado de cables y charolas • Dibujos de localización de equipos
Recorridos	No se consideran como parte fundamental para esta tarea
Salidas para otros capítulos	<ul style="list-style-type: none"> • Lista de cables del APS de Incendios, capturada en la base de datos del APS de Incendios • Lista de suministros de potencia del APS de Incendios, capturada en la base de datos del APS de Incendios • Identificación de circuitos asociados

7.6 Procedimiento

7.6.1 Etapa 1: Compilación de datos y evaluación de prerrequisitos

El propósito de esta etapa es asegurar que la información y datos que son prerrequisitos para esta etapa, estén disponibles y se puedan utilizar antes de iniciar con la selección de cable del APS de Incendios.

Confirmar la designación de la partición de planta

Para nuestro caso de estudio la partición de planta y designación de compartimentos de incendio se encuentra identificada y documentada en el capítulo 5. En la tabla 5-2 se muestran las características de incendio a considerar para los compartimentos, y en las tablas A-1 a A-13 del Apéndice se presentan los datos recabados para los compartimentos analizados. Igualmente, en las figuras A-1 a A-6 del Apéndice A se encuentra registrada la partición de la planta en compartimentos de incendio. En estas figuras se encuentran sobrepuestas las rutas de los cables asociados a los equipos identificados en la lista de componentes del APS de Incendios.

Confirmar la lista de equipos del APS de Incendios

Para nuestro caso de estudio, la lista de equipos del APS de Incendios se ha desarrollado en el capítulo 6 y registrado en las tablas 6-3 a la 6-6. Para la verificación se consideran los siguientes factores:

- a) No es obligatorio que esté disponible la información de la posición de los componentes ya que esta etapa no involucra un análisis de falla funcional del circuito.
- b) Como el desarrollo de la lista de componentes del APS de Incendios es un proceso iterativo, se espera que se vayan agregando o removiendo componentes durante el desarrollo. Sin embargo, la lista debe estar completa antes de empezar con la selección del cable para asegurar que no se dedique esfuerzo a trabajos de poco interés (por ejemplo, desarrollar la selección de cable para un sistema completo que finalmente no se acredite en el modelo del APS de Incendios). Para nuestro caso de estudio, la lista de componentes del APS de Incendios ya se encuentra definida en el capítulo 6 y es la lista final para el análisis en la cual se basara la selección de cable del APS de Incendios.
- c) Dependiendo del modelo del APS, algunos componentes pueden mostrarse en la lista más de una vez si tienen múltiples funciones en los eventos del APS. Por ejemplo, una SRV podría tener dos funciones en eventos APS, una función para permanecer cerrada para el control del inventario y otra función para abrir ante una demanda de despresurización. Para nuestro caso de estudio sólo se identifica una función para los eventos del APS de Incendios: las válvulas de aislamiento de la succión del modo de enfriamiento en parada deben permanecer cerradas, pero por señal espuria debida a fuego se presenta su apertura, provocando una pérdida de inventario en la contención secundaria. No se identifica otra función en los eventos del APS.

Sistema de información de cables y canalizado

Las rutas de cables y la información de su localización se encuentran disponibles en el sistema de información de cables y charolas “CCCARS”, el cual es una base de datos con las que se cuenta en la CLV. En esta base de datos, con sólo ingresar la identificación del equipo requerido para el análisis en el cuadro de búsqueda, el sistema nos arroja todos los cables asociados a este equipo y sus rutas del cable.

7.6.2 Etapa 2: Selección de los cables / circuitos del APS de Incendios

En esta etapa se identifican los cables asociados con cada componente de la lista de equipos del APS de Incendios documentada en el capítulo 6. Como se mencionó en la sección anterior, del sistema de cables y charolas “CCCARS” de la CLV, obtenemos los cables asociados a los componentes identificados en la lista de equipos del APS de Incendios. Esta información se encuentra documentada en la tabla 7-1 y 7-4 de este capítulo.

Para nuestro caso de estudio el proceso de selección de cable corresponde al siguiente caso:

El componente no es un componente de paro seguro del Apéndice R y no ha sido previamente analizado para identificar cables requeridos para su correcta operación. Aunque el componente no ha tenido análisis de circuitos, la ruta de cable y datos de localización se encuentran disponibles en el sistema de cables y charolas “CCCARS”.

7.6.3 Etapa 3: Identificación y selección de los suministros de potencia del APS de Incendios

La identificación del suministro de potencia eléctrica de los equipos identificados en la lista de equipos del APS de Incendios se determina a partir de los diagramas de alambrado CFE-D-2001-1598, CFE-D-2001-1599 y del diagrama unifilar CFE-M-6009-S4.

Selección de los suministros de potencia del APS de Incendios

De acuerdo con los diagramas de alambrado CFE-D-2001-1598, CFE-D-2001-1599 y del diagrama unifilar CFE-M-6009-S4, se determina que el MCC-1B1-B DIV-II es el suministro de potencia eléctrica para el equipo 1-RHR-MV-8247, el cual es uno de los equipos analizados y que se encuentran dentro de la lista de equipos del APS de Incendios identificada en el capítulo 6. El MCC-1A1-BA DIV-I es el suministro de potencia que provee de alimentación eléctrica a la válvula 1-RHR-MV-8248, considerada también dentro de la lista de equipos del APS de Incendios.

Adición de los suministros de potencia a la lista de equipos del APS de Incendios

El suministro de potencia MCC-1B1-B DIV-II que aporta la energía eléctrica al equipo 1-RHR-MV-8247 se incluye dentro de la lista de componentes del APS de Incendios en la tabla 6-5. El suministro de potencia MCC-1A1-BA DIV-I que aporta la energía eléctrica al equipo 1-RHR-MV-8248 se incluye dentro de la lista de componentes del APS de Incendios en la

tabla 6-6. Esta incorporación se formaliza debido a que sin este vinculo, las fallas de equipo debidas a pérdida de potencia pudieran verse omitidas.

7.6.4 Etapa 4: Revisión de los circuitos asociados

En esta etapa se determina si existe algún circuito que cause indirectamente una falla a un componente crítico debido a suministros de potencia común o cables.

Para nuestro caso de estudio, se consideran dos equipos (válvulas motorizadas 1-RHR-MV-8247 y 1-RHR-MV-8248), las cuales tienen suministro de potencia independiente y físicamente separados. De acuerdo al diagrama unifilar CFE-M-6009S4, los diversos componentes alimentados por el MCC-1B1-B DIV-II, el cual alimenta también al 1-RHR-MV-8247, tienen dispositivos de protección contra sobre corriente (interruptores termo magnéticos clase 1E) por lo que la falla de un componente en ese bus no pueda afectar a otro componente alimentado del mismo bus. El mismo caso aplica para el suministro de potencia MCC-1A1-BA DIV-I y la válvula 1-RHR-MV-8248.

Lo anterior es en cumplimiento con los siguientes estándares referenciados en la sección 8.1.5 del FSAR:

- IEEE Std 279 Sistemas de protección
- IEEE Std 308 Sistemas eléctricos clase 1E.
- IEEE Std 379 (ANSI N 41.2) aplicación del criterio de falla única.

7.6.5 Etapa 5: Determinación de las rutas de cable y localización en planta

El propósito de esta etapa es determinar la ruta y localización en planta para los cables del APS de Incendios. Las correlaciones entre la localización de los cables y los compartimentos de incendio se muestran en las figuras A-1 a la A-6 del Apéndice A, con las cuales la ruta de cable se determina fácilmente.

Determinación de la ruta de cable y puntos finales

Del sistema de información de cables y charolas “CCCARS” de la CLV obtenemos los cables asociados a los equipos identificados en la lista de equipos del APS de Incendios. En esta base de datos también se identifican las rutas del cable y sus puntos terminales, localización “desde” y “hasta” del cable. En las tablas 7-1 a 7-7 se identifica la información recopilada con el sistema de cables y charolas “CCCARS”.

7.6.6 Etapa 6: Informe de la lista de cables del APS de Incendios

La información obtenida en las etapas anteriores es utilizada para establecer la lista de cables del APS de Incendios. Es importante mantener la estructura de datos establecida y las relaciones creadas. Esto asegurará la capacidad de consulta de los datos y mantendrá la integridad de los datos a través de los procesos iterativos durante el desarrollo de la evaluación.

Tabla 7-1 Lista de cables y conduits asociados al equipo 1-RHR-MV-8247

Equipo: 1-RHR-MV-8247 Div. II		
Cable / conduit	Identificación del cable	Div.
Cable	1599F	S2
Cable	1599G	S2
Cable	1813L	S1*
Cable	1814V	S2
Cable	2322R	NS2
Cable	1599A	S2
Cable	1599B	S2
Cable	1599E	S2
Cable	1599D	S2
Cable	1599C	S2
Cable	1813K	S1
Conduit	1599F	S2
Conduit	1599G	S2
Conduit	1813L	S1
Conduit	2322R	S2
*Existe separación física entre cables de Div. I y Div. II		

Tabla 7-2 Lista de cables asociados al equipo 1-RHR-MV-8247

Lista de cables del equipo 1-RHR-MV-8247 Div. II				
Identificación del cable	Cantidad Bill Material	Diagrama	De a	Ruta
1599F	3-D25-64 1/C #1/0	M-6102-S2 M-6102-S3 Contención	Penetración X104B a MV-8247	15350-S2 conduit, B1962-S2 caja, 11599F-S2 conduit
1599G	1-D50-59 12/C #12	M-6102-S2 M-6102-S3 Contención	Penetración X105B a MV-8247	16850-S2 conduit, B1933-S2 caja , 11599G-S2 conduit
1813L	1-D50-79 2/C #16	M-6102-S2 M-6102-S3 Contención	Penetración X105A a MV-8247	11813L-S1 conduit
1814V	1-D50-79 2/C #16	M-6102-S2 M-6102-S3 Contención	Penetración X105B a MV-8247	16850-S2 conduit, B1933-S2 caja, 11599G-S2 conduit Sigue la misma ruta que el cable 11599G.
2322R	1-D50-56 5/C #12	M-6102-S2 M-6102-S3 Contención	Penetración X105B IN a MV-8247	16872-NS2 conduit, B1952-NS2 caja, 12322R-NS2 conduit
1599A	3-D25-64 1/C #1/0	M-6095-S2 M-6094-S2	MCC 1B1-B a Penetración X104B	P1402-S2 charola
1599B	1-D50-59 12/C #12	M-6095-S2 M-6094-S1	MCC 1B1-B a Penetración X105B	C1402-S2 charola
1599E	1-D50-59 12/C #12	M-6095-S2 M-6180	MCC 1B1-B a panel VB 110	C1402-S2 charola , C1002-S2 charola
1599D	1-D50-59 12/C #12	M-6183 M- 6181 M-6180	Panel VB-23 a Panel VB 110	CA0015-S2 charola C1414-S2 charola C1002-S2 charola
1599C	1-D50-58 9/C #12	M-6183 M-6182	Panel BB-9 a Panel VB-23	CA0001-S2 charola C1416-S2 charola C1414-S2 charola CA0015-S2
1813K	1-D50-79 2/C #16	M-6182 M-6183 M-6094-S1 M-6094-S2	Panel VB-32 a Penetración X105A	CA0011-S1 charola C1415-S1charola C1401-S1 charola

Tabla 7-3 Lista de conduits asociados al equipo 1-RHR-MV-8247

Lista de conduits del equipo 1-RHR-MV-8247 Div. II				
Identificación del conduit	Código de Separación Tamaño (in) y Tipo	Desde(Eq/Cha/Con) Hasta(Eq/Cha/Con)	Cables / Diagrama	Llenado/ Estado/ Disponible
1599F	S2 2" S	Caja B1962-S2 hasta MV-8247	11599F / M-6102-S3	30.65% Ocupado 0.31"
1599G	S2 2" S	Caja B1933-S2 hasta MOV 8247	11599G 11814V / M-6102-S3	24.70% Ocupado 0.51"
1813L	S1 0.75" S	Penetración X105A hasta MV-8247	11813L / M-6102-S3	22.64% Ocupado 0.09"
2322R	NS2 1" S	Caja B1952-NS2 hasta MV-8247	12322R / M-6102-S3	33.72% Ocupado 0.05"

Tabla 7-4 Lista de cables y conduits asociados al equipo 1-RHR-MV-8248

Equipo: 1-RHR-MV-8248 Div. I		
Cable o conduit	Identificación del cable	División
Cable	11598A	S1
Cable	11598B	S1
Cable	11598G	S1
Cable	11813J	S1
Cable	11814D	S2
Cable	12321L	NS1
Cable	12321N	NS1
Cable	1598E	S1
Cable	1598D	S1
Cable	1598C	S1
Cable	2322Q	S2
Cable	2322N	S2
Conduit	11598A	S1
Conduit	11598B	S1
Conduit	1814D	S2

***Existe separación física entre cables de Div. I y Div. II**

Tabla 7-5 Lista de cables asociados al equipo 1-RHR-MV-8248

Lista de cables del equipo 1-RHR-MV-8248 Div. I				
Identificación del cable	Cantidad Bill Material	Diagrama	De a	Ruta
1598A	3-D25-64 1/C #1/0	M-6093-S1 M-6094-S1 Y S2	MCC 1A1-BA - MV-8248	Charola P1401-S1 Conduit 11598A-S1
1598B	1-D50-59 12/C #12	M-6093-S1 M-6094-S1 y S2	MCC 1A1-BA - MV-8248	Charola C1401-S1 Conduit 11598B-S1
1598G	1-D50-55 3/C #12	M-6095-S1 M-6094-S2	MCC 1A1-B - MV-8248	Charola C1401-S1 Conduit 11598B-S1
1813J	1-D50-79 2/C #16	M-6182 M-6183 M-6094-S1 y S2	Panel VB-32 - MV-8248	Charola CA0011-S1 Charola C1415-S1 Charola C1401 Conduit 11598B-S1
1814D	1-D50-79 2/C #16	M-6182 M-6183 M-6094-S2	Panel VB-26 - MV-8248	CA0018-S2 Charola C1414-S2 Charola C1416-S2 Charola C1402-S2 Conduit 11814D-S2
2321L	1-D50-69 3/C #16	M-6182 y 6183 M-6094-S2	Panel VB-61 - MV-8248	Charola CA0056S1 Charola C1401-S1 Conduit 11598B-S1
2321N	1-D50-79 2/C #16	M-6182 y 6183 M-6094-S2	Panel ARP 81 - MV-8248	Conduit 17075P-S1 Charola C1001-S1 Charola C1417-S1 Charola C1401-S1 Conduit 11598B-S1
1598E	1-D50-59 12/C #12	M-6093-S1/S2 M-6181	MCC 1A1-BA - panel VB 110	Charola C1401-S1 Charola C1001-S1
1598D	1-D50-58 9/C #12	M-6183 M-6180	Panel VB-29 - Panel VB 110	CB0021-S1 Charola C1415-S1
1598C	1-D50-57 7/C #12	M-6183 M-6183	Panel BB-9 - Panel VB-29	Charola CC0001-S1, Charola C1412-S1 Charola C1001-S1 Charola C1401-S1 Charola C1415-S1 Charola CB0021-S1
2322Q	1-D50-55 3/C #12	M-6183 M-6094-S1/S2	Panel ARP 81 - Penetración X105B	Conduit 16843-S2 Charola C1414-S2 Charola C1416-S2 Charola C1402-S2
2322N	1-D50-79 2/C #16	M-6183 M-6183	Panel VB-61 - Panel ARP 81	Charola CB0056-S2 Charola C1413-S2 Charola C1416-S2 Charola C1414-S2 Conduit 16843-S2

Tabla 7-6 Lista de conduits asociados al equipo 1-RHR-MV-8248

Lista de conduits del equipo 1-RHR-MV-8248 Div. I				
Identificación del conduit	Código de Separación Tamaño (in) y Tipo	Desde(Eq/Cha/Con) Hasta(Eq/Cha/Con)	Cables / diagrama	Llenado/ Estado/ Disponible
11598A	S1 2" S	Charola P1401 hasta MV-8248	11598A / M-6094-S2	30.65% Ocupado 0.31"
11598B	S1 2" S	Charola C1401 hasta MV-8248	11598B 11598G 11813J 12321L 12321N / M-6094-S2	32.74% Ocupado 0.24"
11814D	S2 1.5" S	Charola C1402 hasta MV-8248	11814D / M-6094-S2	5.88% Ocupado 0.70"

Tabla 7-7 Lista de cables del APS de Incendios

Equipo ID	Cable ID	Función del cable	Vías	Compartimento	Desde	Hasta
MV 8247	1599A	Potencia	Charola P1402-S2	RB-12A, RB-12 RB-9	MCC-1B1-B	Penetración X104B
	1599F	Potencia	Conduit 15350-S2	RPC	Penetración X104B	
			Caja B1962-S2	RPC		
			Conduit 11599F-S2	RPC		MV-8247
	1599B	Control	Charola C1402-S2	RB-9, RB-9E, RB-12, RB-12A	MCC-1B1-B	Penetración X105B
	1599G	Control	Conduit 16850-S2	RPC	Penetración X105B	
			Caja B1933-S2,	RPC		
			Conduit 11599G-S2	RPC		MV-8247
	1599E	Control	Charola C1402-S2	RB-12, RB-12A	MCC-1B1-B	
			Charola C1002-S2	RB-7, CB-3, CB-2		Panel VB-110
	1599D	Control	Charola C1414-S2	CB-13, CB-14	Panel VB-23	
			Charola C1002-S2	CB-2		Panel VB 110
	1599C	Control	Charola C1416-S2	CB-13	Panel BB-9	
			Charola C1414-S2	CB-13, CB-14		Panel VB-23
	1813L	Control	Conduit 11813L-S1	RPC	Penetración X105A	MV-8247
	1814V	Control	Conduit 16850-S2	RPC	Penetración X105B	
			Caja B1933-S2	RPC		
			Conduit 11599G-S2	RPC		MV-8247
	1814E	Control	Charola C1402-S2	RB-9, CB-13, CB-14	Penetración X105B	Panel VB-26
	2322R	Control	Conduit 16872-NS2	RPC	Penetración X105B IN	
			Caja B1952-NS2	RPC		
			Conduit 2322R-NS2	RPC		MV-8247
	1813K	Control	Charola C1415-S1	CB-13, CB-14	Panel VB-32	
			Charola C1401-S1	RB-9		Penetración X105A
MV 8248	1598A	potencia	Charola P1401-S1	RB-7	MCC 1A1-BA	
			Conduit 11598A-S1	RB-9, RB-9A		MV-8248

Equipo ID	Cable ID	Función del cable	Vías	Compartimento	Desde	Hasta
	1598B	control	Charola C1401~S1	RB-7	MCC 1A1-BA	
			Conduit 11598B~S1	RB-9, RB-9A		MV-8248
	1598G	control	Charola C1401~S1,	RB-16, RB-12	MCC 1A1-B	
			Conduit 11598B~S1	RB-9, RB-9A		MV-8248
	1598E	control	Charola C1401~S1	RB-7	MCC 1A1-BA	
			Charola C1001~S1	CB-3, CB-2		panel VB 110
	1598D	control	Charola C1415~S1	CB-3, CB-2, CB-13, CB-14	Panel VB-29	Panel VB 110
	1598C	control	Charola C1412~S1	CB-13, CB-14	Panel BB-9	
			Charola C1001~S1	CB-13		
			Charola C1401~S1	CB-13		
			Charola C1415~S1	CB-13, CB-14		Panel VB-29
	1813J	control	Charola C1415~S1	CB-13, CB-14	Panel VB-32	
			Charola C1401	CB-13, RB-9		
			Conduit 11598B~S1	RB-9, RB-9A		MV-8248
	1814D	control	Charola C1414~S2	CB-13, CB-14	Panel VB-26	
			Charola C1416~S2	CB-13		
			Charola C1402~S2	RB-9		
			Conduit 11814D~S2	RB-9A		MV-8248
	2321L	control	Charola C1401~S1	CB-13, CB-14	Panel VB-61	
			Conduit 11598B~S1	RB-9, RB-9A		MV-8248
	2321N	control	Charola C1001~S1	CB-13, CB-14	Panel ARP 81	
			Charola C1417~S1	CB-13		
			Charola C1401~S1	RB-9		
			Conduit 11598B~S1	RB-9, RB-9A		MV-8248
	2322Q	control	Conduit 16843~S2	CB-13, CB-14	Panel ARP 81	
			Charola C1414~S2	CB-13		
			Charola C1416~S2	CB-13		
			Charola C1402~S2	RB-9		Penetración X105B
	2322N	control	Charola C1413~S2	CB-13, CB-14	Panel VB-61	
			Charola C1416~S2	CB-13		
			Charola C1414~S2	CB-13		
			Conduit 16843~S2	CB-13, CB-14		Panel ARP 81

8 Análisis cualitativo

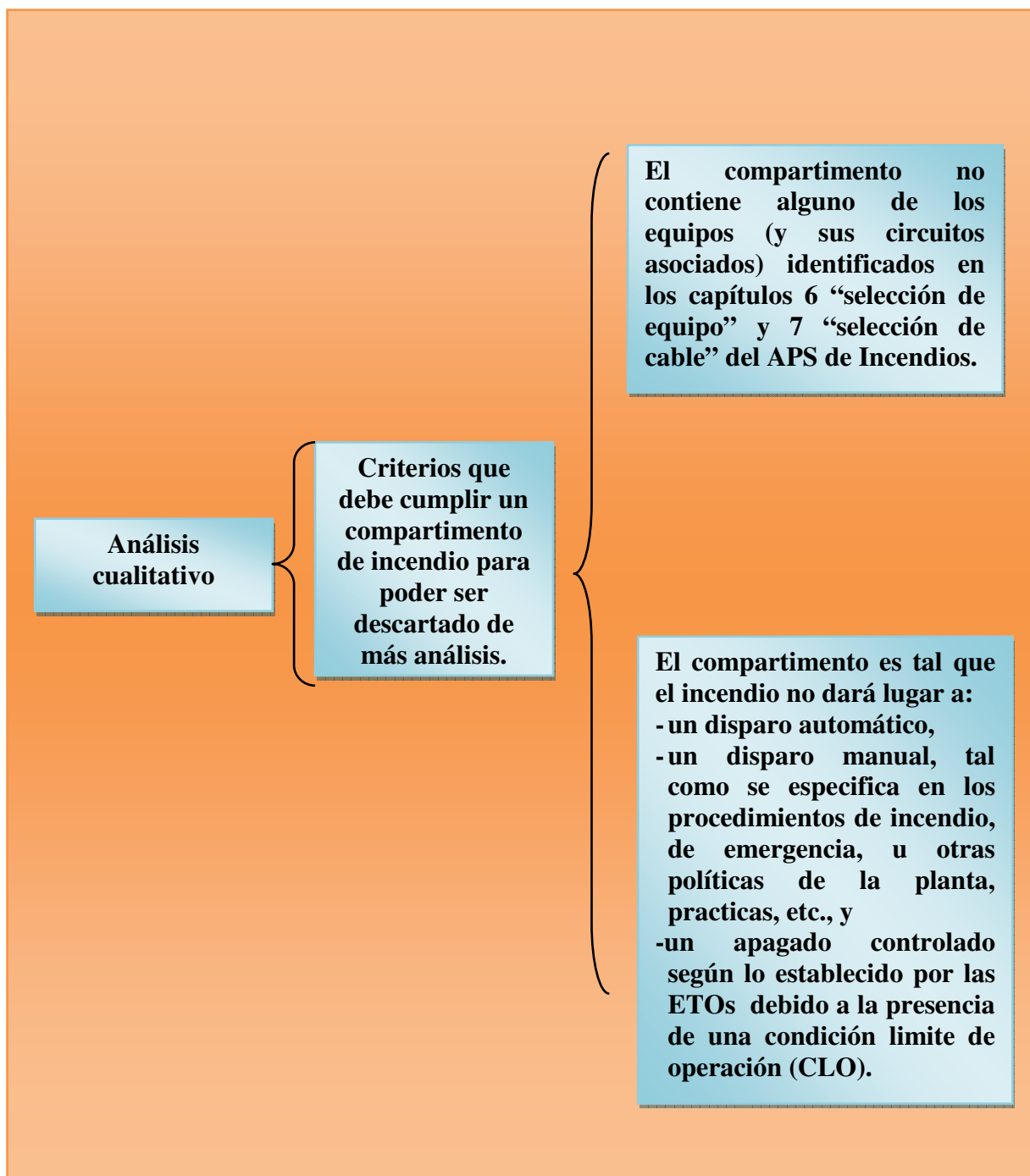


Figura 8-1 Proceso del Análisis cualitativo

8.1 Definiciones

Análisis de filtrado.- Es un análisis cualitativo o cuantitativo que elimina elementos para ya no considerarse basándose en su contribución despreciable a la probabilidad de un accidente significativo o sus consecuencias.

Recorrido.- Inspección de las áreas de la planta donde los sistemas y componentes están físicamente localizados para asegurar la precisión de procedimientos y planos, localización de equipo, estado de operación, efectos ambientales, e interacción con otros equipos que pudieran ocurrir durante las condiciones de accidente.

Disparo automático.- Disparo del reactor que es iniciado por una señal automática desde el sistema de protección del reactor (RPS) en respuesta a condiciones anormales. En el contexto del APS de Incendios este se podría originar por un incendio que afecte ciertos equipos y/o circuitos de la planta.

Disparo manual.- Disparo del reactor que es iniciado por los operadores en respuesta a una condición anormal y ante la ausencia de un disparo automático.

Apagado controlado.- Disparo del reactor planeado, iniciado y controlado por los operadores incluyendo aquél que involucra una condición límite de operación (LCO).

8.2 Propósito

Este capítulo describe los criterios para filtrar cualitativamente los compartimentos de incendio definidos en el capítulo 2 “Partición de la planta”.

8.3 Alcance

Este capítulo aborda las siguientes cuestiones del filtrado cualitativo:

- Definición de los criterios y las bases para el filtrado, incluyendo las definiciones de iniciador de disparo de planta y apagado manual controlado;
- Uso de la lista de componentes del APS de Incendios en el filtrado cualitativo y los criterios para la selección de equipo; y
- Aunque en muchos análisis para el examen individual de planta (IPE) de eventos externos de incendio la contención primaria se excluye cualitativamente, en la presente metodología la evaluación del riesgo potencial asociado con incendios en la contención primaria seguirá pasos similares a otras áreas de la planta.

8.4 Antecedentes

Del capítulo 5 “Partición de la planta”, se ha identificado un grupo de compartimentos de incendio para el APS de Incendios. Estos compartimentos son sujetos a una serie de análisis de filtrado que consideraran el riesgo de incendio asociado a cada uno. El filtrado cualitativo es el primero de tales análisis de filtrado. La intención de este capítulo es identificar aquellos compartimentos de incendio donde, de acuerdo a criterios predeterminados, se espera que el riesgo de incendio sea relativamente bajo o inexistente comparado con otros.

8.5 Interfaces

Entradas de otros capítulos	Capítulo 5: Listado de compartimentos de incendio. Capítulos 6 y 7: Equipos y cables seleccionados para el APS de Incendios.
Información adicional de soporte	No se requiere información adicional para este capítulo
Recorridos	No es necesario un recorrido formal. Sin embargo, puede ser apropiado si se requiere confirmar la información descrita en documentos y dibujos de la planta.
Salidas para otros capítulos	Los resultados obtenidos (compartimentos que sobreviven el filtrado) se usaran en: Capítulo 10. Frecuencias de ignición de incendio, donde se estiman las frecuencias para cada uno de los compartimentos de incendio que sobreviven el filtrado. El desarrollo de este capítulo debe dar como resultado lo siguiente: <ul style="list-style-type: none">• Una lista de todos los compartimentos descartados por el filtrado cualitativo y la base para su filtrado.• Una lista de todos los compartimentos que sobreviven el filtrado y requerirán más análisis.

8.6 Procedimiento

Se puede filtrar (descartar) un compartimento de incendio si:

- El compartimento no contiene alguno de los equipos (o sus circuitos asociados) identificados en los capítulos 6 “selección de equipo” y 7 “selección de cable”.
- El compartimento es tal que el incendio en el compartimento no dará lugar a:

- un disparo automático
- un disparo manual, tal como se especifica en los procedimientos de incendio, procedimientos de operación de emergencia, u otras políticas de la planta, y
- un *apagado controlado* según lo establecido por las especificaciones técnicas de operación debido a la existencia de una condición límite de operación (CLO).

8.7 Análisis cualitativo aplicable a este proyecto

Para nuestro caso de estudio la identificación de compartimentos está acotada a analizar sólo aquellos por donde pasan los cables asociados a las moto válvulas 1-RHR-MV-8247 y 8248, de tal manera que para este caso se descartan del análisis todos los demás compartimentos de la planta al no tener posibilidad de afectar el funcionamiento de las moto válvulas seleccionadas. A manera de guía para la realización de esta tarea, la tabla 8-1 muestra cómo se puede ir descartando cada compartimento en un filtrado de este tipo.

Tabla 8-1 Análisis cualitativo de los compartimentos de incendio

Identificación de los compartimentos descartados cualitativamente			
Compartimento			RW-IC (Edif. Desechos El. 4.00, 5.20 y 6.90)
Si*	No	Referencia	Preguntas
	X	Capítulos 5 y 6 de este proyecto	1 ¿El compartimento contiene alguno de los equipos (y sus circuitos asociados) identificados en las tareas de selección de equipos y selección de cables?
	X	FSAR	2 ¿Un incendio en el compartimento provocará un disparo automático?
	X	Procedimientos de la CLV	3 ¿Un incendio en el compartimento provocará un disparo manual como especificado en los procedimientos o planos, procedimientos de operación de emergencia u otras políticas de la planta?
	X	ETO U-1	4 ¿Un incendio en el compartimento provocará una paro controlado obligatorio por ETO's debido a la existencia de una condición límite de operación (LCO)?
* Si alguna respuesta fue "Sí", el compartimento no podrá ser descartado cualitativamente.			

Nota. Un incendio en un compartimento descartado cualitativamente (y que no se propaga a un compartimento que sobreviva el filtrado) no contribuye individualmente o colectivamente al riesgo inducido por incendio, ya que no causa un paro forzado de planta ni pondrá la planta en una condición degradada que requiera paro mientras la planta permanezca en la condición degradada.

9 Modelo de riesgo inducido por incendio

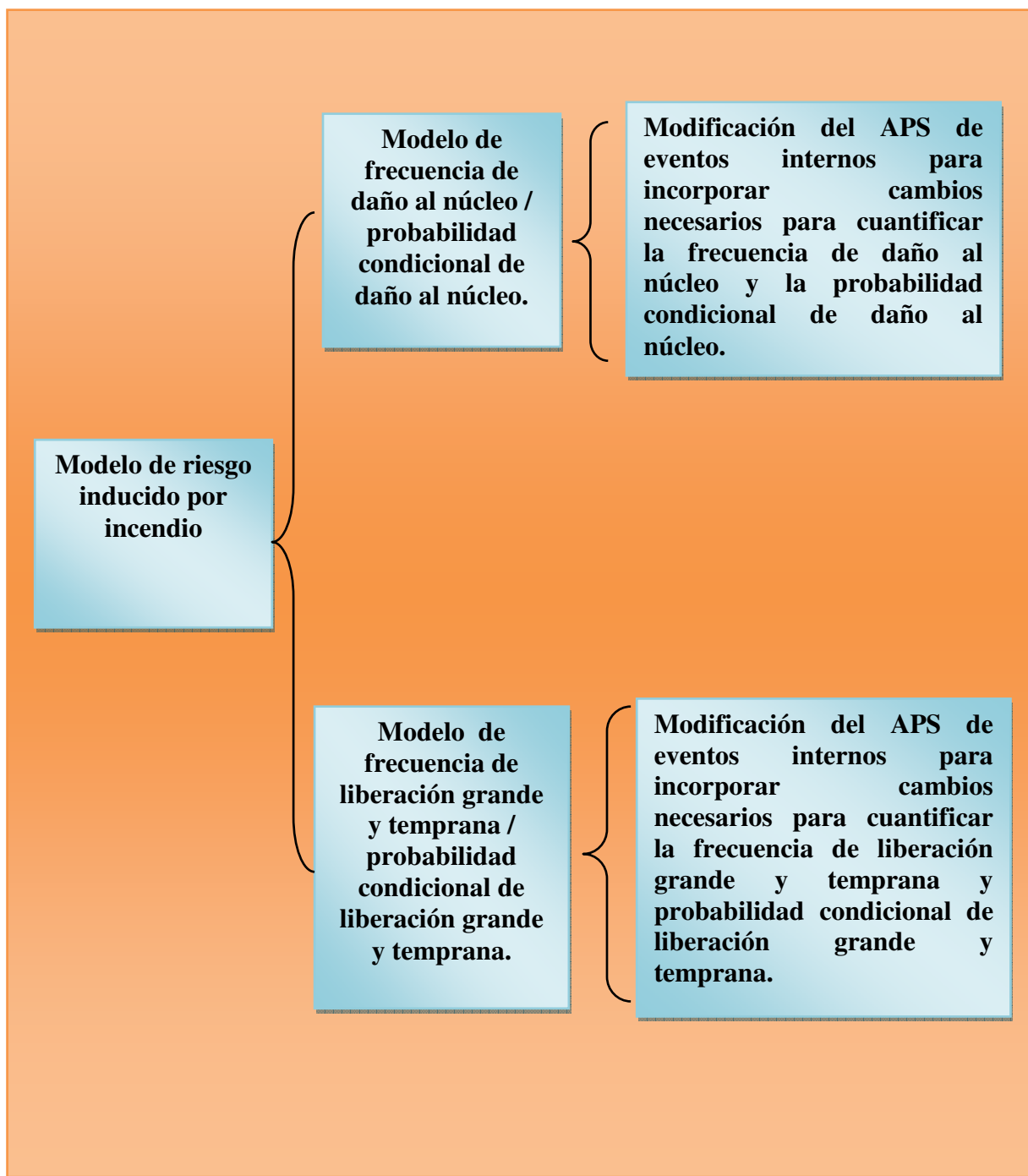


Figura 9-1 Proceso del Modelo de Riesgo Inducido por Incendio

9.1 Definiciones

Frecuencia por daño al núcleo (CDF).- Número esperado de eventos de daño al núcleo por unidad de tiempo.

Probabilidad condicional de daño al núcleo (CCDP).- Ésta es la probabilidad condicional dado un escenario de incendio específico en un compartimento de incendio identificado como evento iniciador inducido por incendio, e incluye la probabilidad de las combinaciones de fallas de equipos (algunas pueden ser directamente inducidas por el incendio mismo) y fallas del operador que resulten en daño al núcleo.

Frecuencia de liberación grande y temprana.- Número esperado de liberaciones grandes y tempranas por unidad de tiempo

Probabilidad condicional de liberación grande y temprana (CLERP).- Calculada por el modelo del APS de Incendios en forma similar al CCDP pero aplicada a la liberación grande y temprana.

Modelo del APS de Incendios.- Modelo del APS de eventos internos modificado para incluir eventos iniciadores debidos a incendio y fallas (equipo y operador) que pueden ocurrir como resultado de un evento de incendio.

9.2 Propósito

Esta sección describe el proceso para desarrollar el modelo probabilístico del APS de Incendios para calcular la CDF, CCDP, LERF, y CLERP por eventos de incendio. El procedimiento aborda el proceso de implementar cambios al APS de eventos internos para cuantificar la CDF, CCDP, LERF, y CLERP inducida por incendio, y para desarrollar modelos especiales para acreditar los procedimientos de emergencia de incendios.

9.3 Alcance

Este proceso aborda las siguientes etapas al desarrollar el modelo del APS de Incendios para calcular la CDF/CCDP y LERF/CLERP por eventos de incendio:

- Etapa 1- Desarrollo del modelo CDF/CCDP del APS de Incendios.
- Etapa 2- Desarrollo del modelo LERF/CLERP del APS de Incendios.

9.4 Antecedentes

El objetivo primario de esta actividad es proveer un enfoque que permita configurar o modificar el modelo del APS de eventos internos para cuantificar la CDF/CCDP y LERF/CLERP inducidas por incendio.

Hay dos enfoques para modelar en APS, uno es el “árbol de fallas” y el otro es el “árbol de eventos”. Existe una diversidad de programas informáticos (software) de APS disponibles en la industria diseñados en torno a estos dos enfoques.

Los modelos de APS de eventos internos generalmente se basan en la premisa de que los operadores entraran a los procedimientos de operación de emergencia (OEs). Consecuentemente, la respuesta de la planta y la respuesta de los operadores modelada en el APS se basan en los OEs.

Para algunas plantas, un incendio puede llevar a los operadores a usar los procedimientos de emergencia para incendios, los cuales se desvían significativamente de los procedimientos de operación de emergencia. En algunos casos, los trenes de sistemas de mitigación no protegidos (ejemplo, trenes no acreditados en el análisis de paro seguro debido a incendio) pueden ser puestos fuera de servicio para evitar los efectos adversos de actuaciones espurias inducidas por el fuego. Para estos casos el modelo del APS de eventos internos puede no ser apropiado y puede ser necesario desarrollar modelos especiales.

Lo anterior no es el caso de la CLV, ya que en ella se continuarían empleando los OEs para atender eventos inducidos por incendio.

Para incendios que no llevan a evacuación del cuarto de control principal los procedimientos de operación de emergencia continúan en uso, y por lo tanto el APS de eventos internos es aplicable. Para incendios que resultan evacuación del cuarto de control principal y transferencia de control al cuarto de control de parada remota, en algunas plantas los operadores están obligados a salir de los procedimientos de operación de emergencia para entrar a los procedimientos de emergencia de incendios.

Lo anterior tampoco no es el caso de la CLV, ya que en ella se continuarían empleando los OEs siempre que se tengan condiciones de entrada y se ejecutarían conjuntamente con el procedimiento de operación desde parada remota (OG-0209) pero teniendo mayor jerarquía que este último.

Suposiciones

El usuario está familiarizado con la metodología del APS de eventos internos y el software de APS empleado en la planta; también está familiarizado con los métodos para cuantificar el modelo del APS. El APS de eventos internos tiene suficiente resolución para propagar automáticamente las fallas de componentes de los modelos lógicos de sistemas usando el software del APS.

9.5 Interfaces

Entradas de otros capítulos	<ul style="list-style-type: none">• Secuencias de accidente seleccionadas del APS de eventos internos• Información de los eventos iniciadores inducidos por incendio (capítulo 6, “componentes del APS de Incendios”)• Lista de los compartimentos de incendio no descartados (capítulo 8, “análisis cualitativo”).• Equipos del APS de Incendios capturados en la base de datos del APS de Incendios.• Lista de eventos del análisis de confiabilidad humana.
Información adicional de soporte	<ul style="list-style-type: none">• Modelos del APS de eventos internos• Software necesario para cuantificar el APS de Incendios• Procedimientos de operación de emergencia• Procedimientos de emergencia para incendios
Recorridos	No son requeridos para soportar esta actividad
Salidas para otros capítulos	Este capítulo provee los pasos necesarios para adecuar el modelo del APS de eventos internos e incorporar los modelos del APS de Incendios.

9.6 Desarrollo del modelo CDF/CCDP

En esta etapa, el APS de evento internos se modifica para incorporar los cambios al modelo necesarios para cuantificar la *frecuencia de daño al núcleo* y la probabilidad condicional de daño al núcleo inducido por incendio.

Para identificar los equipos y modos de falla asociados que necesitan modelarse en el APS de Incendios, se estudian:

- La lista de los compartimentos de incendio no descartados del capítulo 3.
- Los datos de cable y canalizado de la planta.
- Los equipos del APS de Incendios.
- La selección de cable del APS de Incendios.

9.6.1 Selección de secuencias y eventos iniciadores inducidos por el incendio y verificar contra la lista de componentes y los modos de falla.

En esta etapa, se define un *evento iniciador inducido por incendio* para cada uno de los compartimentos no filtrados en el capítulo 6. Los compartimentos e impactos asociados deben ser documentados; en la tabla A-1 a la tabla A-13 del Apéndice A se encuentra documentada la información de los compartimentos. Los eventos iniciadores inducidos por incendio pueden ser incorporados dentro del modelo lógico del APS de eventos internos, ya que en la mayoría de los casos las fallas debido a incendio se pueden propagar a través de la estructura lógica existente para las secuencias de accidente existentes en el APS de eventos internos.

En nuestro caso de estudio, para la selección apropiada del evento iniciador debido a incendio se supone un escenario en donde estando la planta en operación normal (al 100% de potencia nominal), se presenta un incendio en un compartimento que contenga el centro de control de motores para las moto válvulas 1-RHR-MV-8247/8248 ó compartimentos por donde pasen los cables asociados a dichas válvulas, de tal manera que el fuego al dañar los cables, pudiera provocar la apertura espuria de las mismas, dando origen al evento iniciador “**Pérdida de Refrigerante Fuera de la Contención**”.

Para nuestro caso de estudio, la secuencia de accidente a utilizar es la siguiente:

Secuencia LOUT

LOCA de interfaz con falla a aislar
y pérdida de todas las posibilidades de inyección

Sistemas Fallados:	Todos
Frecuencia por Año (eventos internos):	3.3×10^{-8}
Contribución:	0.14 %

9.6.2 Incorporación de fallas de equipo inducidas por el incendio.

En esta etapa los modos de falla de los equipos inducidos por fuego son incorporados al modelo de eventos internos. La base de datos del APS de Incendios se usa para generar una lista de equipos fallados para cada compartimento de incendio. Los siguientes tipos de fallas de equipo inducidos por incendio son incluidos:

- Fallas de equipo inducidas por incendio (incluyendo operación espuria) que directamente deshabilitan o degradan sistemas, trenes y funciones acreditadas en el modelo APS de Incendios, incluyendo los modos de falla de cables inducidos por fuego.
- Los sistemas, trenes y funciones que no están acreditados en el modelo APS de Incendios se asumen en una condición fallada para todos los incendios.
- Fallas de la instrumentación inducidas por fuego (incluyendo actuación espuria) que impidan a los operadores de desarrollar una acción acreditada.
- Fallas de la instrumentación inducida por incendio (incluyendo actuación espuria) que lleven a los operadores a ejecutar acciones indeseadas (por ejemplo, reducción de la defensa en profundidad al poner equipo fuera de servicio).
- Acciones manuales especificadas en los procedimientos de emergencia para incendio que incluyan medidas para evitar o mitigar los efectos de operación espuria, para hacer frente a una barrera degradada o un problema de coordinación, así como otras acciones específicas de los incendios tales como la verificación del estado de los componentes.

Falla del aislamiento en sistemas de baja presión (LOCAs de interfaz)

Estos eventos iniciadores consisten en la falla de las válvulas de aislamiento de la frontera de presión de la vasija PIVs (1-RHR-MV-8247/8248) en una línea conectada con un sistema diseñado para baja presión. Este tipo de secuencias de accidente se conocen también como

LOCAs de interfaz (Interfacing Systems LOCA o ISLOCA). La falla del aislamiento puede presentarse por una combinación de fuga excesiva a través de válvulas y apertura inoportuna de válvulas con actuación remota (como es nuestro caso de estudio para esta última falla).

Tabla 9-1 Falla del aislamiento en sistemas de baja presión

Línea	Aislamiento	Localización
Línea de succión del modo de enfriamiento en parada del RHR	Dos válvulas motorizadas, interna y externa (1-RHR-MV8247/8248)	Cuarto de válvulas del edificio del reactor nivel 18.70: compartimento RB-9A

Frecuencia de LOCAs de interfaz

La siguiente tabla resume las frecuencias asignadas a estos iniciadores y sus posibilidades de recuperación.

Tabla 9-2 Frecuencia de LOCAs de interfaz

Línea	Diámetro	Frecuencia de eventos	Posibilidad de recuperación desde cuarto de control	Posibilidad de recuperación a largo plazo
Línea de succión del modo de enfriamiento en parada del RHR	18"	Falla catastrófica de PIVs 5.8×10^{-7} /año	Ninguna. Excepto cierre de las válvulas que originaron la falla.	Válvula manual de aislamiento del RRC dentro del pozo seco

Por lo tanto, la frecuencia de un LOCA de interfaz inducida por incendio obtenida para nuestro caso de estudio se añadiría a la frecuencia de 5.8×10^{-7} /año empleada en el APS de eventos internos, y sus efectos se introducirían a través de la lógica de falla existente ya que se trata del mismo evento iniciador ya modelado.

9.6.3 Incorporación de fallas humanas inducidas por el incendio

En el APS de Incendios es necesario considerar las tareas humanas que ocurren bajo condiciones de operación normal y aquellas hechas después de un evento iniciador debido a incendio, eso es, durante un accidente.

Debido a esto, los errores pueden ocurrir durante o después de mantenimiento, calibración o pruebas o durante la operación normal de la planta. Estos errores pueden ocurrir fuera del cuarto de control. En una situación de post-accidente, existe la posibilidad de errores humanos relacionados con los sistemas de seguridad que pueden ocurrir principalmente en el cuarto de control, debido a que es ahí donde se llevan a cabo las acciones de mitigación y éstas pueden estar ejecutándose bajo condiciones de rápida evolución de los eventos y alta tensión emocional.

Métodos de análisis de confiabilidad humana

En esta etapa, presentamos en más detalle el método ASEP ya que es relativamente fácil de plantear. El *procedimiento ASEP*, sin llegar al detalle del THERP (NUREG-1278), permite calcular valores conservadores de probabilidad de error humano para acciones antes y después de un evento anormal.

Tabla 9-3 Resumen del método ASEP (Fuente: NUREG-1842)

Método	Alcance	Modelo
ASEP	Técnica de cuantificación que trata eventos pre y post-iniciador (Simplificación de THERP).	Pre-iniciador: Probabilidad de error humano genérico para todos los errores pre-iniciador, modificados, por tipo de recuperación. Post-iniciador: Suma de la falla de diagnóstico y falla de ejecución.

Errores después del evento iniciador

Las acciones humanas después del evento iniciador corresponden a maniobras requeridas del operador para mitigar el evento y llevar el reactor a un estado estable.

Durante el desarrollo de las secuencias de accidente, se identifican algunas acciones críticas requeridas del operador en el transcurso de un accidente. Las principales acciones requeridas del operador modeladas en las secuencias de accidente pueden ser:

1. Reducción y control de nivel en el reactor en un accidente.
2. Alineamiento de un sistema para inyección.
3. Despresurización de emergencia de la vasija.
4. Iniciación de un sistema de emergencia manual.
5. Control de la contención primaria bajo distintos escenarios.
6. Diversas acciones inmediatas específicas del evento iniciador.

Tabla 9-4 HEPs de las acciones humanas¹

Tipo de acción	Grado de tensión	HEP	recuperación	HEP total
Paso a paso	Moderadamente alto	.02	.2	.004
Paso a paso	Extremadamente alto	0.05	.5	0.25
Dinámica	Moderadamente alto	.05	.5	.025
Dinámica	Extremadamente alto	.25	.5	.125

Bajo el método ASEP la probabilidad de error humano en la ejecución de las acciones después del evento iniciador típicamente se determina considerando el tipo de acción y el grado de tensión emocional:

Tipo de acción

- **Paso-por-paso** De acuerdo a un procedimiento prescriptivo detallado
- **Dinámica** Requiriendo un mayor grado de interacción operador-planta.

Grado de tensión emocional

- **Moderadamente alto** Se asigna por lo menos este grado si las acciones se llevan a cabo dentro de dos horas después del evento.
- **Extremadamente alto** Si más de dos sistemas de seguridad fallan.

Los valores básicos empleados en ASEP de acuerdo a esta caracterización de las acciones son:

	Moderadamente alto	Extremadamente alto
Paso-por-paso	0.02	0.05
Dinámica	0.05	0.25

En esta etapa, los eventos de error humano debido a incendios específicos se definen e incluyen en el modelo lógico del APS de eventos internos.

9.6.4 Desarrollo del modelo LERF/CLERP

En esta etapa, el APS de eventos internos se modifica para incorporar los cambios necesarios para cuantificar el LERF/ CLERP debido a incendio. Muchas de las características del modelo necesarias para calcular LERF / CLERP ya han sido implementadas en la etapa del desarrollo del modelo CDF/CCDP para eventos internos.

Selección de secuencias y eventos iniciadores inducidos por incendio y verificación contra la lista de componentes y los modos de falla.

Las secuencias de accidente de eventos internos son la principal fuente para su consideración en el modelo del APS de Incendios, y se utilizan como base para la definición de secuencias de accidente de LERF / CLERP específicas de incendios. Para muchos modelos de APS, las secuencias lógicas de accidente LERF / CLERP de los eventos internos existentes se pueden utilizar y las fallas inducidas por incendio se pueden propagar a través de la estructura lógica existente. La base de datos APS de Incendios se puede utilizar para generar una lista de eventos básicos APS para cada compartimento de incendio. Es posible que en algunos casos se necesiten nuevos modelos lógicos para LERF/CLERP y la lógica condicional para cada evento iniciador inducido por incendio tendrá que desarrollarse.

Incorporar fallas de equipo inducidos por incendio

En esta etapa, los eventos de falla de equipo inducidos por incendio se incorporan dentro del modelo lógico LERF/CLERP. Por lo general los cambios al modelo para calcular la LERF/CLERP ya se implementaron en la sección 9.6.2, y en caso contrario se emplearía el mismo método planteado en esa sección.

Incorporar errores humanos inducidos por incendio

Los eventos de error humano inducidos por incendios específicos se definen e incluyen en el modelo lógico LERF/CLERP. El procedimiento previsto en la sección 9.6.3 se puede utilizar para agregar los eventos de fallas humanas específicamente para el modelo LERF/CLERP.

10 Frecuencias de ignición



Figura 10-1 Frecuencias de Ignición

10.1 Definiciones

Frecuencia de incendio.- Tasa de ocurrencia de eventos de incendio potencialmente desafiantes (por Reactor-año).

Frecuencia de ignición de incendio.- Es la tasa de ocurrencia de un incendio desafiante que involucra un componente específico o compartimento específico de la planta bajo estudio.

Frecuencia de incendio genérica.- Frecuencias de incendio promedio estimada para las plantas nucleares comerciales de Estados Unidos

Fuente de ignición.- Pieza de equipo o actividad que causa un incendio.

Factor de ponderación de la fuente de ignición.- Fracción usada para ajustar las frecuencias de incendio globales para una fuente de ignición o localización genérica a las fuentes de ignición específicas dentro de la localización de la planta.

10.2 Propósito

Esta sección describe el procedimiento para estimar las frecuencias de incendio asociadas con las fuentes de ignición. Se proporcionan frecuencias de ignición genéricas que pueden ser ajustadas a las condiciones de planta en términos de las características y la experiencia en eventos de incendio de la planta. Se proveen además las bandas de incertidumbre en las frecuencias genéricas en términos de sus percentiles del 5% , 50% y 95%.

10.3 Alcance

Este capítulo aborda los siguientes temas relacionados con frecuencias de ignición:

- Recopilación de los datos de eventos de incendio específicos de la planta y actualización de las frecuencias de incendio genéricas utilizando el enfoque Bayesiano,
- Conteo de equipos (fuentes de ignición) por compartimento,
- Reparto de las frecuencias de ignición de acuerdo a configuraciones específicas del compartimento.
- Consideraciones de incertidumbre en las frecuencias de incendios.

10.4 Antecedentes

Este capítulo estima las frecuencias de ignición de incendio y sus respectivas incertidumbres para diferentes compartimentos y fuentes de ignición.

Para este propósito se ha desarrollado como punto de partida un conjunto de frecuencias de ignición de incendios para varios tipos de equipos genéricos típicamente encontrados en las localizaciones de interés de la planta.

Pueden postularse diferentes tipos de incendios para ciertas fuentes de ignición. Por ejemplo, la combinación “Plant-wide components/pumps”³ (bombas/en cualquier lugar de la planta) puede cubrir ambos tipos de incendio: eléctrico y aceite. En otros casos la tabla 10-1 provee un porcentaje para cada tipo de incendio. El porcentaje fue determinado de acuerdo con los eventos de incendio existentes en la base de datos de eventos de incendio que dieron origen a esta tabla.

Las frecuencias mostradas en la tabla 10-1 aplican para el conjunto de equipos relevantes dentro de una Unidad. Por ejemplo, en el caso de “baterías”, la frecuencia principal $7.5E-04/Rx$ -año cubre todos los bancos de baterías de la unidad. Si hay dos bancos de baterías relevantes en una unidad, la frecuencia de incendio por banco de baterías sería $3.75E-04/Rx$ -año; si hay 4 bancos de baterías relevantes por unidad, la frecuencia sería $1.87E-04/Rx$ -año para cada banco de baterías.

Como lo indica este ejemplo, la frecuencia de ignición puede variar de una planta a otra debido a las variaciones en la población total de un tipo de equipo existente en la planta.

El proceso de cuantificación requiere la frecuencia de ignición asociada con cada compartimento. La **frecuencia a nivel compartimento** es calculada como la suma de todas las frecuencias $\lambda_{IS,J}$ asociadas con las fuentes de ignición presentes en el compartimento. Las frecuencias de las fuentes de ignición $\lambda_{IS,J}$ se estiman mediante la siguiente ecuación:

$$\lambda_{IS,J} = \lambda_{IS} W_L W_{IS,J,L}$$

Donde:

- λ_{IS} = frecuencia de incendio a nivel planta asociada con la fuente de ignición IS.
- W_L = factor de ponderación para la localización por equipo compartido entre unidades
- $W_{IS,J,L}$ = factor de ponderación de la fuente de ignición que refleja la fracción de fuentes de ignición del tipo IS presentes en el compartimento J de la localización L.

λ_{IS} se toma directamente de la tabla 10-1 o después de una actualización Bayesiana que incorpore la experiencia de incendios específica de la planta. Para nuestro caso de estudio, se tomaran las frecuencias directamente de la tabla 10-1, ya que no se hizo un levantamiento de experiencia operacional específica de la planta.

³ En el caso de las tablas de datos genéricos de frecuencias de incendio se prefiere preservar la nomenclatura en inglés para facilitar su trazabilidad futura.

W_L ajusta las frecuencias para aquellas situaciones donde una localización común o conjunto de tipos de equipos son comunes a varias unidades de la planta. Por ejemplo, si un generador Diesel sirve para dos unidades, entonces se usa 2.0 como factor de ponderación de la localización. La CLV se caracteriza por tener muy pocos equipos compartidos entre sus unidades, y nuestro caso de estudio no incluye equipos con esta característica, por lo que W_L siempre será 1.0.

$W_{IS,J,L}$ es el factor de ponderación de la fuente de ignición descrito anteriormente. En términos generales es la fracción de un tipo de fuentes de ignición encontrada en un compartimento específico respecto al total existente en la Unidad.

Suposiciones

- Las frecuencias de ignición de incendio permanecen constantes todo el tiempo.
- En todas las plantas, la frecuencia genérica de ignición total es la misma para el mismo tipo de equipo, independientemente de las diferencias en la cantidad y características de los equipos que pueden existir en ellas.
- Dentro de cada planta, la frecuencia de ignición de incendio es la misma para un tipo de equipo. Por ejemplo, todas las bombas tienen la misma frecuencia de ignición independientemente de su tamaño, modelo, clase de seguridad, nivel de uso, ambiente de trabajo, etc.

10.5 Interfaces

Entradas de otros capítulos	Lista de compartimentos de incendios no descartados generada en capítulo 8 “análisis cualitativo”.
Información adicional de soporte	Registros disponibles de eventos de incendio en la planta para usarse en la actualización Bayesiana de frecuencias de ignición. Para nuestro caso de estudio, se tomarán las frecuencias de la tabla 10-1.
Recorridos	Al menos un recorrido de toda la planta es recomendado para identificar las fuentes de ignición en cada compartimento de incendio.
Salidas para otros capítulos	Las frecuencias de ignición calculadas en este se utilizan en el capítulo 11 “modelado del alcance del fuego” y el capítulo 14 “cuantificación del riesgo de incendio”.

10.6 Introducción

Típicamente, se emplean dos tipos de frecuencias de ignición en un APS de Incendios:

- 1) Frecuencia de incendio en un compartimento de la planta.
- 2) Frecuencia de ignición que involucra una fuente de ignición específica (ejemplo: un tablero eléctrico).

Un gran número de eventos de incendio han ocurrido en la industria nuclear. Estos eventos han servido como base para establecer las frecuencias de ignición e incertidumbres asociadas que han sido reportadas en fuentes públicas y privadas.

El analista tiene la opción de usar frecuencias de ignición genéricas proporcionadas por fuentes de varias industrias o usar la experiencia operacional de la planta para generar sus frecuencias específicas. Es importante hacer notar que este estándar prohíbe asignar frecuencia de ignición cero a cualquier área de la planta a menos que la atmosfera del área esté y se mantenga inertizada.

10.7 Asignación de las fuentes de ignición de la Planta a fuentes genéricas

El propósito de esta sección es asignar cada componente de la planta que pudiera originar un incendio (por ejemplo, equipo eléctrico) a un grupo correspondiente, como se indica en la Tabla 10-1.

Tabla 10-1 Grupos de Componentes y Frecuencias Genéricas⁴

ID	Location	Ignition Source (Equipment Type)	Mode	Generic Freq (per rx yr)	Split Fractions for Fire Type					
					Electrical	Oil	Transient	Hotwork	Hydrogen	HEAF ¹
1	Battery Room	Batteries	All	7.5E-04	1.0	0	0	0	0	0
2	Containment (PWR)	Reactor Coolant Pump	Power	6.1E-03	0.14	0.86	0	0	0	0
3	Containment (PWR)	Transients and Hotwork	Power	2.0E-03	0	0	0.44	0.56	0	0
4	Control Room	Main Control Board	All	2.5E-03	1.0	0	0	0	0	0
5	Control/Aux/Reactor Building	Cable fires caused by welding and cutting	Power	1.6E-03	0	0	0	1.0	0	0
6	Control/Aux/Reactor Building	Transient fires caused by welding and cutting	Power	9.7E-03	0	0	0	1.0	0	0
7	Control/Aux/Reactor Building	Transients	Power	3.9E-03	0	0	1.0	0	0	0
8	Diesel Generator Room	Diesel Generators	All	2.1E-02	0.16	0.84	0	0	0	0
9	Plant-Wide Components	Air Compressors	All	2.4E-03	0.83	0.17	0	0	0	0
10	Plant-Wide Components	Battery Chargers	All	1.8E-03	1.0	0	0	0	0	0
11	Plant-Wide Components	Cable fires caused by welding and cutting	Power	2.0E-03	0	0	0	1.0	0	0
12	Plant-Wide Components	Cable Run (Self-ignited cable fires)	All	4.4E-03	1.0	0	0	0	0	0
13	Plant-Wide Components	Dryers	All	2.6E-03	0	0	1.0	0	0	0
14	Plant-Wide Components	Electric Motors	All	4.6E-03	1.0	0	0	0	0	0

⁴ Se deja en inglés para conservar la descripción de localizaciones genéricas indicadas en NUREG-CR-6850 [20]

Tabla 10-2 Grupos de Componentes y Frecuencias Genéricas (Cont...)

ID	Location	Ignition Source (Equipment Type)	Mode	Generic Freq (per rx yr)	Split Fractions for Fire Type					
					Electrical	Oil	Transient	Hotwork	Hydrogen	HEAF ¹
15	Plant-Wide Components	Electrical Cabinets	All	4.5E-02	1.0	0	0	0	0	0
16	Plant-Wide Components	High Energy Arcing Faults ¹	All	1.5E-03	0	0	0	0	0	1.0
17	Plant-Wide Components	Hydrogen Tanks	All	1.7E-03	0	0	0	0	1.0	0
18	Plant-Wide Components	Junction Boxes	All	1.9E-03	1.0	0	0	0	0	0
19	Plant-Wide Components	Misc. Hydrogen Fires	All	2.5E-03	0	0	0	0	1.0	0
20	Plant-Wide Components	Off-gas/H2 Recombiner (BWR)	Power	4.4E-02	0	0	0	0	1.0	0
21	Plant-Wide Components	Pumps	All	2.1E-02	0.54	0.46	0	0	0	0
22	Plant-Wide Components	RPS MG Sets	Power	1.6E-03	1.0	0	0	0	0	0
23a	Plant-Wide Components	Transformers (Oil filled)	All	9.9E-03	0	1.0	0	0	0	0
23b	Plant-Wide Components	Transformers (Dry)			1.0	0	0	0	0	0
24	Plant-Wide Components	Transient fires caused by welding and cutting	Power	4.9E-03	0	0	0	1.0	0	0
25	Plant-Wide Components	Transients	Power	9.9E-03	0	0	1.0	0	0	0
26	Plant-Wide Components	Ventilation Subsystems	All	7.4E-03	0.95	0.05	0	0	0	0
27	Transformer Yard	Transformer – Catastrophic ²	Power	6.0E-03	1.0 ³		0	0	0	0
28	Transformer Yard	Transformer - Non Catastrophic ²	Power	1.2E-02	1.0 ³		0	0	0	0
29	Transformer Yard	Yard transformers (Others)	Power	2.2E-03	1.0	0	0	0	0	0
30	Turbine Building	Boiler	All	1.1E-03	0	1.0	0	0	0	0
31	Turbine Building	Cable fires caused by welding and cutting	Power	1.6E-03	0	0	0	1.0	0	0
32	Turbine Building	Main Feedwater Pumps	Power	1.3E-02	0.11	0.89	0	0	0	0
33	Turbine Building	Turbine Generator Excitor	Power	3.9E-03	1.0	0	0	0	0	0
34	Turbine Building	Turbine Generator Hydrogen	Power	6.5E-03	0	0	0	0	1.0	0
35	Turbine Building	Turbine Generator Oil	Power	9.5E-03	0	1.0	0	0	0	0
36	Turbine Building	Transient fires caused by welding and cutting	Power	8.2E-03	0	0	0	1.0	0	0
37	Turbine Building	Transients	Power	8.5E-03	0	0	1.0	0	0	0

Referencia: NUREG-CR-6850 de septiembre del 2005 [20].

El proceso de asignación comienza con la lista de todos los tipos de componentes representados en la lista de componentes APS de Incendios, aumentada con cualquier tipo de equipo adicional conocido por el analista. En las siguientes tablas, para los compartimentos de incendio identificados en el capítulo 5, se revisan todas las fuentes de ignición para verificar que cada una se le asigne a alguno de los grupos relevantes de la tabla 10-1.

Tabla 10-3 Asignación de grupos de fuente de ignición a componentes del compartimento.

Compartimento RPC			
Componente	Localización⁵	Fuente de ignición	Frecuencia genérica asignada (Rx-año)
1-RHR-MV-8247	Containmet	Motores eléctricos	4.6E-03

Compartimento RB-9			
Componente	Localización	Fuente de ignición	Frecuencia genérica asignada (Rx-año)
1-NCCW-MV-8736	Control/Aux/Reactor Building	Motores eléctricos	4.6E-03
1-RMA-FN-002	Control/Aux/Reactor Building	Sistemas de ventilación	7.4E-03

Compartimento RB-9A			
Componente	Localización	Fuente de ignición	Frecuencia genérica asignada (Rx-año)
1-RHR-MV-8248	Control/Aux/Reactor Building	Motores eléctricos	4.6E-03

Compartimento RB-9D			
Componente	Localización	Fuente de ignición	Frecuencia genérica asignada (Rx-año)
MCC-IAA-125 S1 (Div.I)	Control/Aux/Reactor Building	Gabinete Eléctrico	4.5E-02

Compartimento RB-7A			
Componente	Localización	Fuente de ignición	Frecuencia genérica asignada (Rx-año)
MCC-IAI-BA-S1	Control/Aux/Reactor Building	Gabinete Eléctrico	4.5E-02

⁵ Se deja en inglés para conservar la descripción de localizaciones genéricas indicadas en NUREG-CR-6850 [20]

Tabla 10-3 Asignación de grupos de fuente de ignición a componentes del compartimento. (Cont...)

Compartimento RB-16			
Componente	Localización	Fuente de ignición	Frecuencia genérica asignada (Rx-año)
1-MCC-1A1-B	Control/Aux/Reactor Building	Gabinete Eléctrico	4.5E-02
1-MCC-1A1-C	Control/Aux/Reactor Building	Gabinete Eléctrico	4.5E-02
1-RRA-FC-007A	Control/Aux/Reactor Building	Sistemas de ventilación	7.4E-03

Compartimento CB-9			
Componente	Localización	Fuente de ignición	Frecuencia genérica asignada (Rx-año)
1-PDP-SUPS-A3-2	Plant-Wide Components	Gabinete Eléctrico	4.5E-02

Compartimento CB-13			
Componente	Localización	Fuente de ignición	Frecuencia genérica asignada (Rx-año)
1-PDP-C6-S2	Plant-Wide Components	Transformadores	9.9E-03
1-PDP-C5-S1	Plant-Wide Components	Transformadores	9.9E-03

Compartimento CB-14			
Componente	Localización	Fuente de ignición	Frecuencia genérica asignada (Rx-año)
VB-61	Control Room	Tablero de control ppal.	2.5E-03
BB-9	Control Room	Tablero de control ppal.	2.5E-03
VB-32	Control Room	Tablero de control ppal.	2.5E-03
VB-26	Control Room	Tablero de control ppal.	2.5E-03
VB-29	Control Room	Tablero de control ppal.	2.5E-03
VB-23	Control Room	Tablero de control ppal.	2.5E-03
ARP-81	Control Room	Tablero de control ppal.	2.5E-03

Tabla 10-3 Asignación de grupos de fuente de ignición a componentes del compartimento. (Cont...)

Compartimento RB-12A			
Componente	Localización	Fuente de ignición	Frecuencia genérica asignada (Rx-año)
MCC-1B1-B	Control/Aux/Reactor Building	Gabinete Eléctrico	4.5E-02
MCC-1B1-C	Control/Aux/Reactor Building	Gabinete Eléctrico	4.5E-02
1-RRA-FC-007B	Control/Aux/Reactor Building	Sistemas de ventilación	7.4E-03

Compartimento RB-9E			
Componente	Localización	Fuente de ignición	Frecuencia genérica asignada (Rx-año)
1-DW-P-003	Control/Aux/Reactor Building	Bombas	2.1E-02

Compartimento CB-2			
Componente	Localización	Fuente de ignición	Frecuencia genérica asignada (Rx-año)
VB-110	Plant-Wide Components	Gabinete Eléctrico	4.5E-02
VB-69	Plant-Wide Components	Gabinete Eléctrico	4.5E-02

Compartimento CB-3			
Componente	Localización	Fuente de ignición	Frecuencia genérica asignada (Rx-año)
SWGR 1A-1	Plant-Wide Components	Gabinete Eléctrico	4.5E-02
SWGR 14A1	Plant-Wide Components	Gabinete Eléctrico	4.5E-02
MCC-1A1-2	Plant-Wide Components	Gabinete Eléctrico	4.5E-02

10.8 Revisión y recopilación de datos de eventos de incendio de la planta

El propósito de esta etapa es examinar los eventos de incendio en la planta para hacer dos determinaciones:

- 1) ¿Hay algún patrón inusual de ocurrencia de incendios en la planta?
- 2) ¿Se justifica la evaluación de frecuencia de incendios específica de la planta?

En principio, la frecuencia de incendios genérica de la tabla 10-1 se puede actualizar utilizando datos de eventos de incendios específicos de la planta en todos los casos. Sin embargo, para reducir el nivel de esfuerzo, el equipo de análisis puede decidir renunciar a esta opción. El uso de los datos de frecuencia de incendios genérica es razonable si se cumple un requisito importante: no hay patrones de ocurrencia de incendios inusuales en la planta.

Para nuestro caso de estudio y para reducir el nivel de esfuerzo que conlleva la realización de este proyecto, se utilizarán los datos de frecuencia genérica mostrados en la tabla 10-1, debido a que no hay patrones de ocurrencia de incendios inusuales en la planta.

10.9 Actualización de las frecuencias de ignición genéricas

Esta etapa se debe realizar en aquellos estudios donde se decide emplear frecuencias basadas en los datos de eventos de incendio específicos de la planta. El método empleado corresponde a la actualización Bayesiana, mediante la cual la información *a priori* (frecuencias genéricas) se combinan con la evidencia estadística de la planta (número de incendios observados para el tipo de fuente y tiempo total de exposición) para obtener las frecuencias específicas de la planta. Si la evidencia estadística es débil (cero eventos, o poco tiempo de exposición) la frecuencia específica es la misma que la frecuencia genérica; si la evidencia estadística es fuerte (varios eventos y tiempo de exposición significativo) la frecuencia específica se acerca a la frecuencia empírica (número de fallas entre tiempo de exposición).

10.10 Asignación de localizaciones específicas a las localizaciones genéricas

El catálogo de grupos de fuentes de ignición, tipos de equipo y ubicaciones de la planta se muestran en la tabla 10-1. Esta etapa consiste en asignarle una localización genérica a cada una de las localizaciones específicas de la planta. El siguiente conjunto de localizaciones genéricas se usa para definir los grupos de fuentes de ignición:

- Battery Room,
- Containment (PWR),
- Control Room,
- Control/Auxiliary/Reactor Building,
- Diesel Generator Room,
- Plant-Wide Components (i.e. en cualquier lugar de la planta),
- Transformer Yard, and
- Turbine Building.

Con el fin de utilizar el modelo de frecuencias genéricas, el analista debe asignar las localizaciones de la planta a alguna de las localizaciones genéricas arriba mencionadas. Por lo tanto, el resultado final de esta tarea es una lista de los compartimentos definidos en el capítulo 5 y sus respectivas localizaciones genéricas. Esta lista se muestra en la tabla 10-4.

La tabla 10-5 provee una descripción de cada categoría de localización genérica para facilitar el proceso de asignación a las localizaciones de la planta

Tabla 10-4 Localización genérica asignada a las localizaciones de la planta

Compartimento	Localización en la planta	Localización genérica
RPC	Contención Primaria	Containment
RB-9	Edificio del Reactor El. 18.70	Control/Aux/Reactor Building
RB-9A	Edificio del Reactor El. 18.70	Control/Aux/Reactor Building
RB-9D	Edificio del Reactor El. 18.70	Control/Aux/Reactor Building
RB-7	Edificio del Reactor El. 10.15	Control/Aux/Reactor Building
RB-9E	Edificio del Reactor El. 18.70	Control/Aux/Reactor Building
RB-7A	Edificio del Reactor El. 10.15	Control/Aux/Reactor Building
RB-16	Edificio del Reactor El. 25.10	Control/Aux/Reactor Building
CB-9	Edificio de Control El. 18.10	Plant-Wide Components
CB-13	Edificio de Control El. 18.10	Plant-Wide Components
CB-14	Edificio de Control El. 25.10	Control Room
RB-12A	Edificio del Reactor El. 18.70	Control/Aux/Reactor Building
CB-2	Edificio de Control El. 14.05	Control/Aux/Reactor Building
CB-3	Edificio de Control El. 14.05	Control/Aux/Reactor Building

Tabla 10-5 Descripción de localizaciones genéricas de planta y factor de ponderación W_L

Localización⁶	Descripción	Factor de ponderación W_L
Battery Room	Lugar(es) de la planta donde se localizan las estaciones de baterías. No incluye otras baterías temporales o permanentes.	El número de unidades del sitio que tienen en común un banco de baterías.
Containment (PWR)	PWR-Edificio que alberga el reactor y el resto de los sistemas primarios. El piso de recarga puede ser parte de esta localización en la mayoría de las plantas en Estados Unidos.	El número de unidades en el sitio dividido entre el número de Edificios de la Contención.
Control Room	Lugar(es) de la planta donde se localizan los controles para la operación normal y de emergencia. La envolvente del Cuarto de Control puede incluir localizaciones adicionales tales como: -cuarto de relevadores eléctricos, -cuarto de computadoras, -cuarto de recreación o cocina.	El número de unidades en el sitio dividido entre el número de Cuartos de Control por sitio.
Control/ Auxiliary/ Reactor Building	Combinación de edificios contiguos que contienen a los sistemas de enfriamiento del núcleo, agua de alimentación auxiliar, sistema de distribución Eléctrica de Emergencia, Circuitos de Control de emergencia y otros sistemas relacionados con el apagado seguro del reactor. Estas localizaciones podrían incluir el área de tendido de cables, área de interruptores críticos, cuarto de relevadores eléctricos, etc. No incluye específicamente la contención donde la vasija del reactor se localiza y las áreas de manejo de combustible de la planta. Nota: en reactores de agua en ebullición (BWR's), ésta combinación de localizaciones se refiere típicamente al Edificio del Reactor.	El número de unidades en el sitio dividido entre el número de Edificios de Reactor/Auxiliar/Control comunes y considerados como una estructura.
Diesel Generator Rooms	Lugar de la planta donde se localizan los generadores diesel de emergencia. No incluye generadores diesel temporales.	El número de unidades en el sitio que comparten un conjunto de generadores diesel.
Plant-Wide Components	Todos los lugares de la planta dentro de la cerca (área protegida) diferentes a la contención, edificio de manejo de combustible, edificio de oficinas, patio de mantenimiento, taller de mantenimiento, etc.	El número de unidades por sitio.
Transformer Yard	Área del patio donde se localizan los transformadores principales y auxiliares así como sus elementos relacionados. También se puede referir a la subestación eléctrica	El número de unidades en el sitio que comparten la subestación.
Turbine Building	Edificio de la Planta que alberga el turbogenerador, sus sistemas auxiliares, tales como agua de alimentación principal, condensador y otros sistemas. El edificio generalmente consiste de varias elevaciones.	El número de unidades en el sitio dividido entre el número de edificios de turbina.

Referencia: NUREG-CR-6850 de septiembre del 2005 [20].

⁶ Se deja en inglés para conservar la descripción de localizaciones genéricas indicadas en NUREG-CR-6850 [20]

10.11 Factor de ponderación de localización

El *factor de ponderación de localización* W_L , sólo se aplica en sitios que tienen varias unidades. Para los sitios con una sola unidad, se deberá utilizar $W_L = 1.0$. Sin embargo, si fuera posible obtener un recuento separado para cada unidad en un sitio de varias unidades, el analista puede establecer $W_L = 1.0$ y pasar al siguiente paso. De lo contrario, el factor de ponderación de localización se deberá evaluar de acuerdo a los lineamientos mostrados en la última columna de la tabla 10-5. El factor de ponderación de localización se utiliza para ajustar la frecuencia de incendios genérica a la ubicación y/o equipos compartidos entre las unidades en sitios con varias unidades. A manera de ejemplo, un cuarto de Control Principal se comparte entre dos unidades de una planta; el cuarto de control incluye dos tableros de control principal (una por unidad) y ningún otro equipo. La frecuencia de ignición de incendio para este cuarto de control, entonces se calcula como:

$$\lambda^{MCR} = \lambda^{MCB} W_L$$

Donde:

- $\lambda_{MCB} = 2.5E-03$ /Reactor-año (frecuencia genérica del tablero de control principal tomada del grupo 4 en la tabla 10-1)
- $W_L = 2.0$ (factor de ponderación de localización que resulta de dividir el número de unidades en el sitio entre el número de cuartos de control por sitio $2/1=2$ de acuerdo a tabla 10-5)

Por lo tanto:

$$\lambda^{MCR} = 2.5E-03 \times 2 = 5.0E-03 \text{ por Reactor-año}$$

En otras palabras, un sitio que comparte el cuarto de control entre dos unidades tiene el doble de posibilidades de experimentar un incendio en el cuarto de control originado por un panel principal, que otro sitio que sólo tiene un tablero principal en el cuarto de control de sus unidades. La frecuencia total de incendios en tableros es la misma, pero en el primer caso cada incendio afecta a ambas unidades.

10.12 Contabilización de las fuentes de ignición fijas

Para establecer un factor de ponderación de fuente de ignición $W_{IS,J}$, por compartimento, es necesario obtener el número total de componentes por tipo de equipo definido en la tabla 10-1. Si hay localizaciones o sistemas comunes entre las unidades, el equipo de toda la planta se debe contabilizar en esta etapa. De lo contrario, sólo el equipo de la unidad que está siendo estudiada debe ser considerado (como lo es nuestro caso de estudio donde sólo se considera una unidad).

Hay dos enfoques principales para contabilizar equipo: examen visual (dibujos y/o recorridos), o el uso de una base de datos electrónica. Una combinación de estos enfoques puede emplearse para garantizar el objetivo de esta etapa.

Una base de datos electrónica de equipos puede facilitar un conteo preciso. Por ejemplo, la base de datos electrónica puede proporcionar información precisa sobre el número de segmentos de gabinetes eléctricos en cada cuarto de interruptores.

Para nuestro caso de estudio, en esta actividad el número total de equipos en la planta se obtendrá de la base de datos electrónica de la página de la subgerencia de Ingeniería en el apartado de diseño / lista de componentes. El resultado obtenido se presenta en la tabla 10-6

A continuación se muestra un método de conteo para cada tipo genérico de equipo que se encuentra en los compartimentos analizados.

Grupo 4 – Tablero de Control Principal (Control Room): Un cuarto de control típicamente consiste de uno o dos (dependiendo el número de unidades) tableros de control principal como el elemento central del cuarto.

Grupo 14 – Motores Eléctricos (Plant-Wide components): Se incluyen dentro de este grupo los motores eléctricos con rango de potencia mayor a 5 HP acoplados a diversos dispositivos, excluyendo aquellos que se cuentan en otros grupos. Este grupo puede incluir motores de elevadores, grúas, válvulas, etc.

Grupo 15- Gabinetes Eléctricos (Plant-Wide components): Se refiere a aquellos componentes tales como interruptores, centros de control de motores, paneles de distribución de C.D., gabinetes de relevadores, paneles de interruptores y de control (excluyendo aquellos paneles que son parte de la maquinaria), paneles de protección contra incendio, etc.

Los gabinetes eléctricos en una planta nuclear varían significativamente en tamaño, configuración y voltaje. La configuración puede variar dependiendo del número de componentes que contribuyen a la ignición, tales como relevadores, tarjetas electrónicas, cargas de combustible, las cuales además afectan la frecuencia de incendio. Los voltajes en los gabinetes varían desde paneles de bajo voltaje (120V) hasta interruptores de 6.9 kV. Aunque se espera que estas características afecten la probabilidad de la ignición de incendio, a partir de un análisis sencillo de datos de eventos que involucran los gabinetes eléctricos se determino que la variación por tipo de gabinete no justifica la evaluación por separado de sus frecuencias. Por lo tanto, una sola frecuencia de incendio fue estimada para todos los gabinetes eléctricos.

Grupo 23– Transformadores (Plant-Wide components): Incluyen todos los transformadores interiores que no son parte integral de componentes mayores incluidos en esta contabilización. Los transformadores para potencia de control y otros transformadores pequeños, los cuales son subcomponentes de equipos eléctricos, se deben excluir. Los ejemplos de transformadores que se deben contabilizar para este grupo incluyen los transformadores 4160/480 conectados a centros de carga de corriente alterna, los reguladores de bajo voltaje y los transformadores de alumbrado de servicio esencial. El analista debe desarrollar un criterio para identificar aquellos transformadores que serán contabilizados como parte de este grupo y aquellos que serán ignorados como contribuyentes no insignificativos a la frecuencia de incendio. Es evidente que si el criterio permite incluir un gran número de transformadores la frecuencia por transformador será pequeña.

Como nota final, el analista debe contabilizar los transformadores montados en muro si estos satisfacen los criterios de contabilización y no deberá incluir transformadores de alumbrado pequeños.

Grupo 26- Subsistemas de ventilación (Plant-Wide components): esta categoría incluye componentes tales como unidades de aire acondicionado, chillers, motores de ventiladores, filtros de aire, dampers, etc. Un motor de ventilador y compresor albergados en el mismo equipo se cuentan como un solo componente (por ejemplo, una unidad condensadora). No se deberán contabilizar ventiladores si su motor es de 5 HP o menor.

10.13 Factor de ponderación de la fuente de ignición

El factor de ponderación de la fuente de ignición $W_{IS,J,L}$, es la fracción de fuente de ignición (IS) que está presente en el compartimento J. Los $W_{IS,J,L}$ se evalúan para todos los compartimentos identificados en el capítulo 5 y para todas las fuentes de ignición identificadas en la sección 10.2 de este capítulo. Los grupos listados en la sección anterior se pueden clasificar en tres categorías: componentes contabilizados, transitorios y sistemas grandes.

Componentes contabilizados

Se obtiene dividiendo el número de cada tipo de fuente de ignición en el compartimento J entre el número total en las localizaciones genéricas obtenido en la sección 10.12. Por ejemplo, si hay 2 bombas en un cuarto de bombas del sistema NSW y hay 50 bombas contabilizadas para el grupo de bombas en la sección 10.12 *bombas (Plant-Wide Components)*, el factor de ponderación de la fuente de ignición para las bombas en este cuarto sería $2/50=0.04$. Para nuestro caso de estudio el factor de ponderación para cada tipo de fuente de ignición de cada uno de los compartimentos identificados en el capítulo 5 se indica en la tabla 10-6.

Transitorios

Aquí se especifica un esquema de clasificación relativa para estimar los factores de ponderación de la fuente de ignición para los grupos de frecuencia de ignición que involucran actividades o combustibles transitorios. Este esquema aplica a todos los grupos relacionados con incendios transitorios definidos en la tabla 10-1. Estos grupos son el 3, 5, 6, 7, 11, 24, 25, 31, 36 y 37.

Los tres factores que influyen se describen a continuación:

Mantenimiento

La frecuencia y naturaleza de las actividades de mantenimiento (preventivo y/o correctivo) en un compartimento puede afectar la probabilidad y las características de los incendios transitorios.

Esto depende del tipo de equipo en el compartimento de trabajo, mantenimiento y los procedimientos de trabajo duro y las prácticas de limpieza. El número de órdenes de trabajo emitidas durante la operación para diferentes compartimentos de la planta durante un período de tiempo específico puede ser utilizado para establecer la clasificación relativa asociada a las actividades de mantenimiento. El analista debe utilizar su juicio de ingeniería para determinar el factor de mantenimiento de los compartimentos sin órdenes de trabajo en el periodo de tiempo seleccionado. La decisión puede basarse en las características del compartimento comparadas con los compartimentos con órdenes de trabajo. Si las órdenes de trabajo no se pueden recabar

fácilmente, el analista puede utilizar su juicio de ingeniería basado en la experiencia personal o información obtenida del personal de mantenimiento de la planta. En este caso, el analista puede pedir al personal de mantenimiento asignar una calificación entre 0 y 10 en función de la frecuencia de mantenimiento en un compartimento para las dos o tres actividades de mantenimiento más representativas (por ejemplo: soldadura, inspección de la bomba y sustitución del dispositivo eléctrico). Un “0” sólo se puede asignar a los compartimentos en los que no es posible o permitido ningún tipo de mantenimiento durante la condición de operación analizada.

Ocupación

El nivel de ocupación, que determina el tránsito por un compartimento, impacta tanto la probabilidad de combustibles transitorios presentes en el compartimento y la probabilidad de ignición, dentro de los límites especificados por el programa de control de materiales y de limpieza de la planta. Se puede utilizar juicio de ingeniería para determinar el factor de ocupación.

Almacenamiento

El almacenamiento temporal o permanente de materiales combustibles o inflamables en la estantería, gabinetes u otras formas de almacenamiento pueden afectar la frecuencia y características de los incendios transitorios iniciados en los compartimentos destinados a dicho almacenamiento. La cantidad, tipo y frecuencia de la utilización del material mantenido en estos lugares se deben tomar en cuenta. El juicio de ingeniería complementado con recorridos de la planta puede ser utilizado para determinar el factor de almacenamiento.

La asignación de un nivel de calificación de cada uno de los tres factores que influyen es un ejercicio de juicio subjetivo que refleja el diseño y prácticas específicos de la planta. Se recomienda utilizar los siguientes cinco niveles de clasificación:

1. No (0) Puede ser utilizado sólo para los compartimentos en los que los transitorios están excluidos por el diseño.
2. Bajo (1) Refleja el nivel de factor mínimo.
3. Medio (3) Refleja el nivel de factor promedio.
4. Alto (10) Refleja el nivel de factor más alto que el promedio.
5. Muy alto (50) Refleja el nivel de factor significativamente más alto que el promedio. (Este factor sólo influye para “mantenimiento”).

La descripción de los factores que influyen en el fuego transitorio es la siguiente:

Factor de influencia	No (0)	Bajo (1)	Medio (3)	Alto (10)	Muy Alto (50)
Mantenimiento	Las actividades de mantenimiento durante la operación de alimentación están excluidas por el diseño.	Pequeño número de órdenes de trabajo PM/CM en comparación con el número medio de órdenes de trabajo para un compartimento típico.	Número medio de órdenes de trabajo PM/CM.	Un gran número de órdenes de trabajo PM/CM en comparación con el número medio de órdenes de trabajo para un compartimento típico.	Debe ser asignado para áreas de la planta que pueden experimentar significativamente más órdenes de trabajo (PM/CM) en comparación con el número medio de órdenes de trabajo para un compartimento típico.
Ocupación	La entrada del compartimento no es posible durante la operación de la planta.	Compartimento con el tráfico peatonal bajo o fuera de la trayectoria general de tráfico.	Compartimentos de forma no continua ocupados pero con tráfico peatonal regular.	Compartimento continuamente ocupado.	No aplicable.
Almacenamiento	Entrada del compartimento no es posible durante la operación de la planta.	Compartimento en que no hay combustible inflamable son almacenados.	Compartimentos donde se almacena todo el material combustible inflamable en recipientes cerrados dedicados colocados en armarios de seguridad de incendios.	Los compartimentos destinados a los materiales combustibles inflamables a veces pueden ser traídos y dejados ya sea en recipientes abiertos por un corto tiempo o en un recipiente cerrado pero fuera de un gabinete dedicado en seguridad de incendios por un tiempo prolongado.	No aplicable.

Para nuestro caso de estudio se analizan los compartimentos identificados en el capítulo 5, enfocándose primordialmente a las válvulas de succión del modo enfriamiento en parada del RHR, así como sus cables y circuitos asociados que pasan por los diversos compartimentos, de tal manera que para estos compartimentos no se contemplan actividades de mantenimiento en operación normal de la planta ya que las válvulas son divisionales y sus vigilancias o mantenimientos se programan en recarga; al no considerarse mantenimientos, tampoco se consideran combustibles transitorios, y por lo tanto no se tomarán en cuenta.

Sistemas grandes

Los grupos 19 (hidrógeno misceláneo), 20 (off-gas) y 35 (aceite del turbogenerador) mostrados en la tabla 10-1 comprenden complejos de componentes dentro de la planta que tienen características en común. Cabe señalar que dependiendo de la definición de los analistas, otros grupos también pueden entrar en esta categoría.

Para nuestro caso de estudio, se analizarán los compartimentos identificados en el capítulo 5, por lo que estos grupos de sistemas grandes no caen dentro de este análisis.

Tabla 10-6 Contabilización de fuentes de ignición fijas y factor de ponderación.

Compartimento	# Componentes de cada tipo en el compartimento	# Total de componentes en la unidad	Factor de ponderación de fuente de ignición $W_{IS,JL}$
RB-9	1-NCCW-MV-8736	505	0.00198
	1-RMA-FN-002	177	0.00564
RB-9A	1-RHR-MV-8248	505	0.00198
RB-9D	MCC-IAA-125 S1	66	0.01515
RB-7A	MCC-IAI-BA-S1	66	0.01515
RB-16	1-MCC-1A1-B	66	0.03030
	1-MCC-1A1-C	66	0.03030
	1-RRA-FC-007A	84	0.0119
CB-9	1-PDP-SUPS-A3-2	6	0.16666
CB-13	1-PDP-C6-S2	52	0.03846
	1-PDP-C5-S1	52	0.03846
CB-14	Tablero de control principal	1	1
RB-12A	MCC-1B1-B	66	0.03030
	MCC-1B1-C	66	0.03030
	1-RRA-FC-007B	87	0.01149
RB-9E	1-DW-P-003	343	0.00291
CB-2	VB-110	1	1
	VB-69	1	1
CB-3	SWGR 1A-1	18	0.11111
	SWGR 14A1	18	0.11111
	MCC-1A1-2	66	0.01515
RPC	1-RHR-MV-8247	505	0.00198

10.14 Fuente de ignición y la frecuencia de incendios del compartimento

La frecuencia de incendios (genérica o específica de la planta) para cada fuente de ignición, λ_{IS-J} , se puede calcular ahora utilizando los datos obtenidos en los pasos anteriores con la ecuación $\lambda_{IS,J} = \lambda_{IS} W_L W_{IS,JL}$, tal como se muestra en la tabla 10-7.

Tabla 10-7 Frecuencia de incendios para cada fuente de ignición

Compartimento	Fuente de ignición	λ_{IS}	W_L	$W_{IS,JL}$	$\lambda_{IS,J}$
RB-9	1-NCCW-MV-8736	4.6E-03	1.0	0.00198	0.000009
RB-9	1-RMA-FN-002	7.4E-03	1.0	0.00564	0.000041
RB-9A	1-RHR-MV-8248	4.6E-03	1.0	0.00198	0.000009
RB-9D	MCC-IAA-125 S1	4.5E-02	1.0	0.01515	0.000681
RB-7A	MCC-IAI-BA-S1	4.5E-02	1.0	0.01515	0.000681
RB-16	1-MCC-1A1-B	4.5E-02	1.0	0.03030	0.001363
RB-16	1-MCC-1A1-C	4.5E-02	1.0	0.03030	0.001363
RB-16	1-RRA-FC-007A	7.4E-03	1.0	0.0119	0.000088
CB-9	1-PDP-SUPS-A3-2	4.5E-02	1.0	0.16666	0.007499
CB-13	1-PDP-C6-S2	9.9E-03	1.0	0.03846	0.00038
CB-13	1-PDP-C5-S1	9.9E-03	1.0	0.03846	0.00038
CB-14	Tablero de control principal.	2.5E-03	1.0	1	0.0025
RB-12A	MCC-1B1-B	4.5E-02	1.0	0.03030	0.001363
RB-12A	MCC-1B1-C	4.5E-02	1.0	0.03030	0.001363
RB-12A	1-RRA-FC-007B	7.4E-03	1.0	0.01149	0.000085
RB-9E	1-DW-P-003	2.1E-02	1.0	0.00291	0.000061
CB-2	VB-110	4.5E-02	1.0	1	0.045
CB-2	VB-69	4.5E-02	1.0	1	0.045
CB-3	SWGR 1A-1	4.5E-02	1.0	0.11111	0.004999
CB-3	SWGR 14A1	4.5E-02	1.0	0.11111	0.004999
CB-3	MCC-1A1-2	4.5E-02	1.0	0.01515	0.000681
RPC	1-RHR-MV-8247	4.6E-03	1.0	0.00198	0.000009

11 Modelado del alcance del fuego

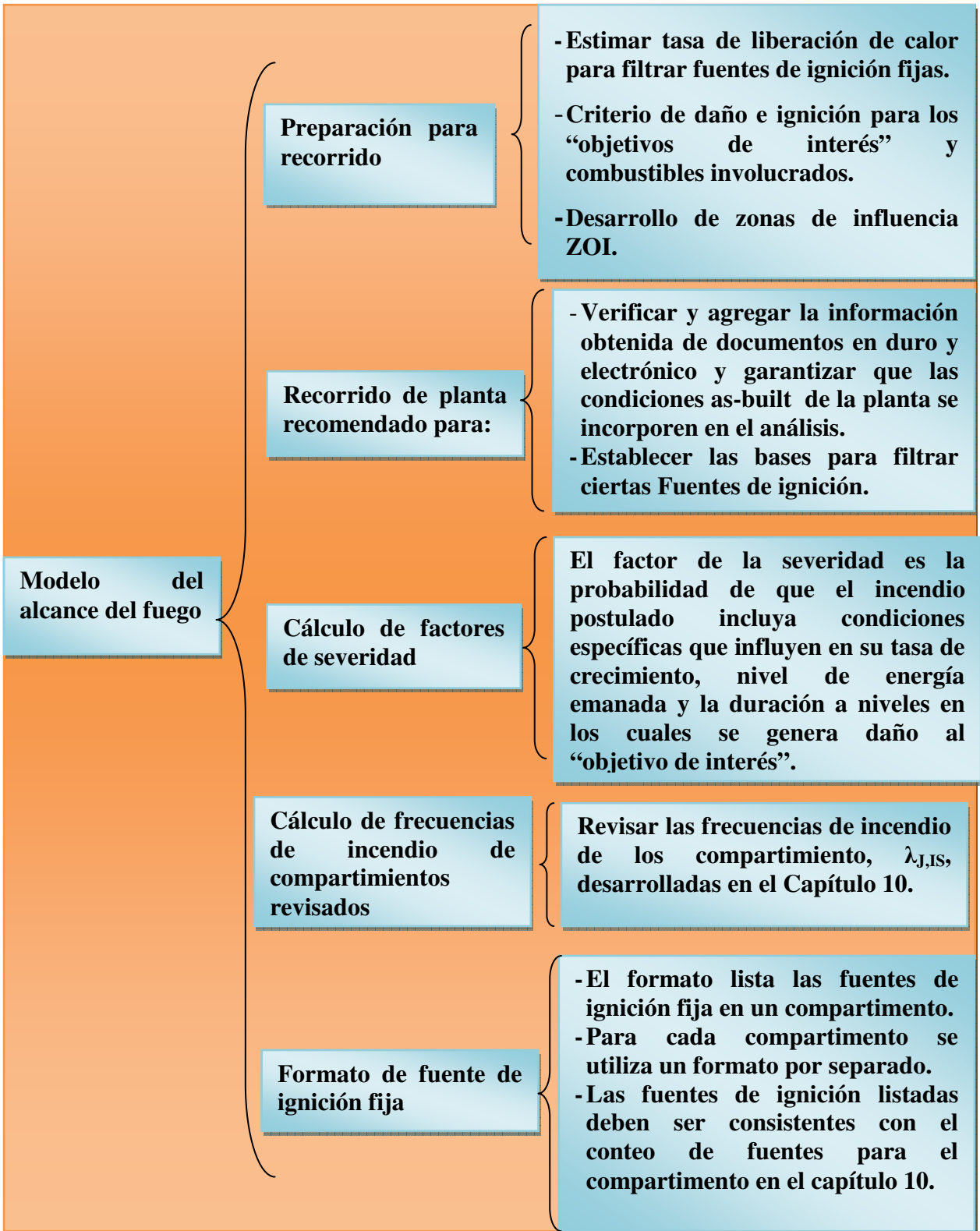


Figura 11-1 Proceso del Modelado del alcance del fuego

11.1 Definiciones

Chorro de techo.- El chorro de techo se refiere al flujo rápido de gases que llegan a la superficie inferior del techo por flotación de los productos de combustión calientes. Se forma cuando una pluma de fuego choca con el techo y los gases calientes se propagan radialmente hacia afuera.

Pluma de fuego.- La pluma de fuego es una corriente de flotación de gases calientes elevándose por encima del punto de combustión dentro de un espacio rodeado de aire no contaminado.

Capa de gas caliente.- Se refiere al volumen debajo del techo de un recinto donde se acumula el humo y se observan gases a alta temperatura.

Factor de severidad.- Es la probabilidad que una ignición ocurra a niveles para los cuales se produce daño al objeto de interés (i.e. con tasa de crecimiento, nivel de energía generada y duración suficientes). También puede ser definido como la probabilidad de una intensidad de incendio específica. En la figura 11-3 se muestra una representación conceptual para calcular el factor de severidad.

Fuente de ignición fija.- Pieza de equipo permanentemente instalada en un compartimento de incendio que puede causar un evento de incendio.

Objeto de interés (*target*).- Se puede referir al daño por incendio al objeto de interés o ignición del objeto mismo. El objeto de interés es un elemento cuya función puede ser adversamente afectada al modelar el incendio. Típicamente el objeto de interés es un cable o equipo que pertenece a la lista de componentes del APS de Incendios. Una ignición del objeto de interés podría ser algún material combustible o inflamable a través del cual el fuego podría extenderse.

Zona de influencia (ZOI).- Volumen que rodea una fuente de ignición donde todos los materiales combustibles y objetos de interés que intervienen pueden ser adversamente afectados por un incendio iniciado por la fuente de ignición. En la figura 11-2 se muestran las regiones de zona de influencia

11.2 Propósito

Este capítulo tiene dos objetivos principales:

- Descartar aquellas fuentes de ignición fijas que no representan una amenaza a los objetos de interés dentro de un compartimento de incendio específico.
- Asignar factores de severidad a las fuentes de ignición fijas no descartadas.

La aplicación de factores de severidad puede reducir la frecuencia del compartimento calculada en el capítulo 10, resultando en que algunos compartimentos sean descartados antes de proceder al modelado de sus incendios.

11.3 Alcance

Este capítulo contiene instrucciones para identificar y descartar fuentes de ignición fijas. También provee algunas notas generales de cómo asignar valores a los factores de severidad para fuentes de ignición consideradas en el modelo de frecuencia de incendio genérica.

El procedimiento recomienda dos formas de trabajar:

- (1) El formato de evaluación por recorrido, y
- (2) El formato de zona de influencia (ZOI).

El formato de evaluación por recorrido debe llenarse durante el recorrido, recopilando información sobre las fuentes de ignición en relación a los equipos cercanos. El formato ZOI especifica una zona de influencia para fuentes de ignición en un compartimento específico.

El enfoque de este capítulo es doble:

1. Acotar el análisis de fuentes de ignición fijas.
2. Aplicar factores de severidad a cada fuente de ignición.

Esta parte del modelado de un APS de Incendios es una actividad altamente especializada que requiere conocimiento profundo de fenómenos de incendio y sus modelos de simulación por lo que ha sido excluida expresamente del alcance de este trabajo. Sin embargo, su presentación en este capítulo se incluye para completar la descripción de los procesos de modelado del APS de Incendios.

11.4 Interfaces

Entradas de otros capítulos	Lista de compartimentos de incendios no descartados en las tareas previas de filtrado.
Información adicional de soporte	<ul style="list-style-type: none">• Lista de equipos en los compartimentos• Dibujos de diseño de los equipos• Dibujos de los cuartos y equipos Información para establecer las características de un incendio creíble asociado con una fuente específica de ignición: <ul style="list-style-type: none">• Potencia y voltaje de un motor• Potencia de los gabinetes eléctricos• Cantidad y naturaleza de materiales combustibles y flamables mantenidos en un recinto.
Recorridos	Se pueden visitar los compartimentos para confirmar la localización de las fuentes de ignición con respecto a los objetos de interés

Salidas para otros capítulos	<ul style="list-style-type: none"> • Frecuencia de incendio del compartimento revisada después de filtrar las fuentes de ignición fijas y aplicados los factores de severidad. Las frecuencias serán usadas en futuras tareas de filtrado cuantitativo. • Lista de fuentes de ignición fijas no descartadas dentro de cada compartimento de incendio y factores de severidad asociados. Esta información es usada en los modelos detallados de incendio.
-------------------------------------	--

11.5 Procedimiento

El procedimiento para el modelado del alcance del fuego incluye las siguientes etapas

1. Preparación para el recorrido de la planta, incluyendo:
 - Estimación de la tasa de liberación de calor para filtrado de las fuentes de ignición fijas
 - Criterio de daño e ignición para los objetivos y combustibles involucrados
 - Caracterización de zonas de influencia ZOI
2. Recorrido de la planta.
3. Cálculo de factores de severidad.
4. Cálculo de frecuencias de incendio de los compartimentos revisados.
5. Formato de fuente de ignición fija (ver ejemplos en las tablas 11-1 y 11-2).

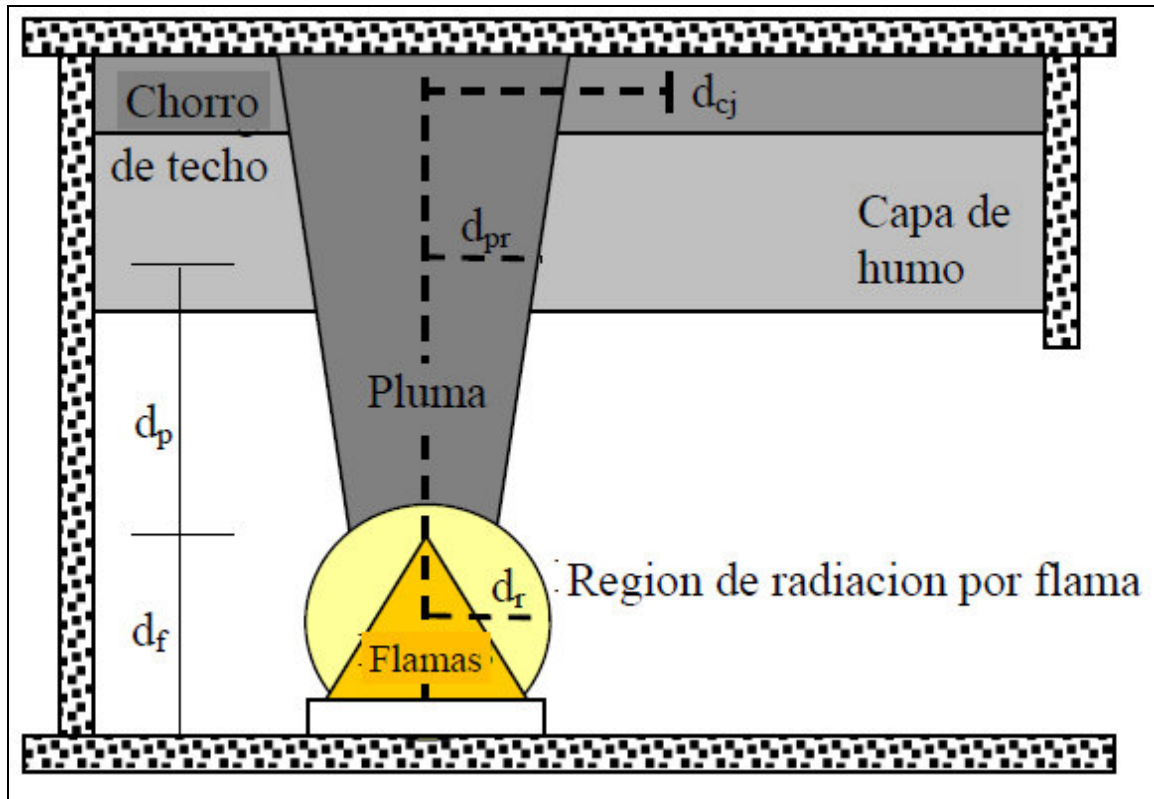


Figura 11-2 Regiones de Zona de Influencia

- dp:** Distancia crítica para los objetivos en la pluma
- dpr:** Radio de la pluma en la distancia crítica
- df:** Altura de la flama
- dcj:** Distancia crítica para los objetivos en el chorro de techo
- dr:** Distancia crítica para los objetivos sujetos a radiación por flama

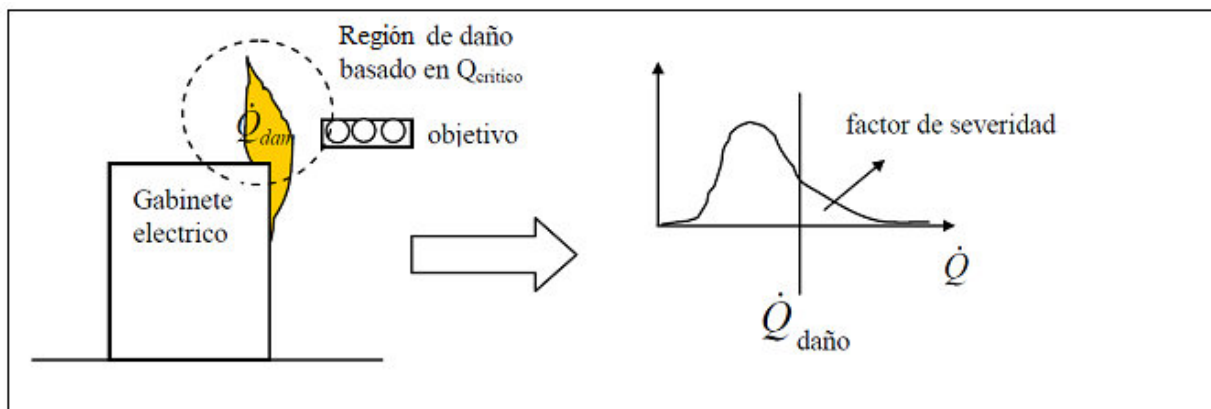


Figura 11-3 Representación conceptual para calcular el factor de severidad

Tabla 11-1 Formato de fuente de ignición fija – Compartimento RB-9.⁷

Planta	U-1 Laguna Verde	Criterio de daño	
Área de fuego	RB-IX Capítulo 3	Temperatura (C)	205°C
compartimento	RB-9	Flujo de calor (KW/m²)	6 kW/m ²

Datos de pre-recorrido		Datos de recorrido				Entrada			
ID equipo	HRR PDF	Condición de incendio	Distancia a objetivo (m)	HRR (KW) calculado	HRR crítico 98 th	Filtrado?	Factor de severidad	λ del capítulo 6	λ ajustada
1-NCCW-MV-8736	7	-----	-----	-----	69	-----	-----	0.000009	-----
1-RMA-FN-002	7	-----	-----	-----	69	-----	-----	0.000041	-----
								Frecuencia ajustada del compartimento:	

Tabla 11-2 Formato de fuente de ignición fija – Compartimento CB-3.

Planta	U-1 Laguna Verde	Criterio de daño	
Área de fuego	CB-III	Temperatura (C)	205°C
compartimento	CB-3	Flujo de calor (KW/m²)	6 kW/m ²

Datos de pre-recorrido		Datos de recorrido				Entrada			
ID equipo	HRR PDF	Condición de incendio	Distancia a objetivo (m)	HRR (KW) calculado	HRR crítico 98 th	Filtrado?	Factor de severidad	λ del capítulo 6	λ ajustada
SWGR 1A-1	1	-----	-----	-----	211	-----	-----	0.004999	-----
SWGR 14A1	1	-----	-----	-----	211	-----	-----	0.004999	-----
MCC-1A1-2	1	-----	-----	-----	211	-----	-----	0.000681	-----
								Frecuencia ajustada del compartimento:	

⁷ Para nuestro caso de estudio, la intención es mostrar lo que se tendría que realizar para obtener la frecuencia ajustada del compartimento.

12 Análisis detallado de falla de circuitos

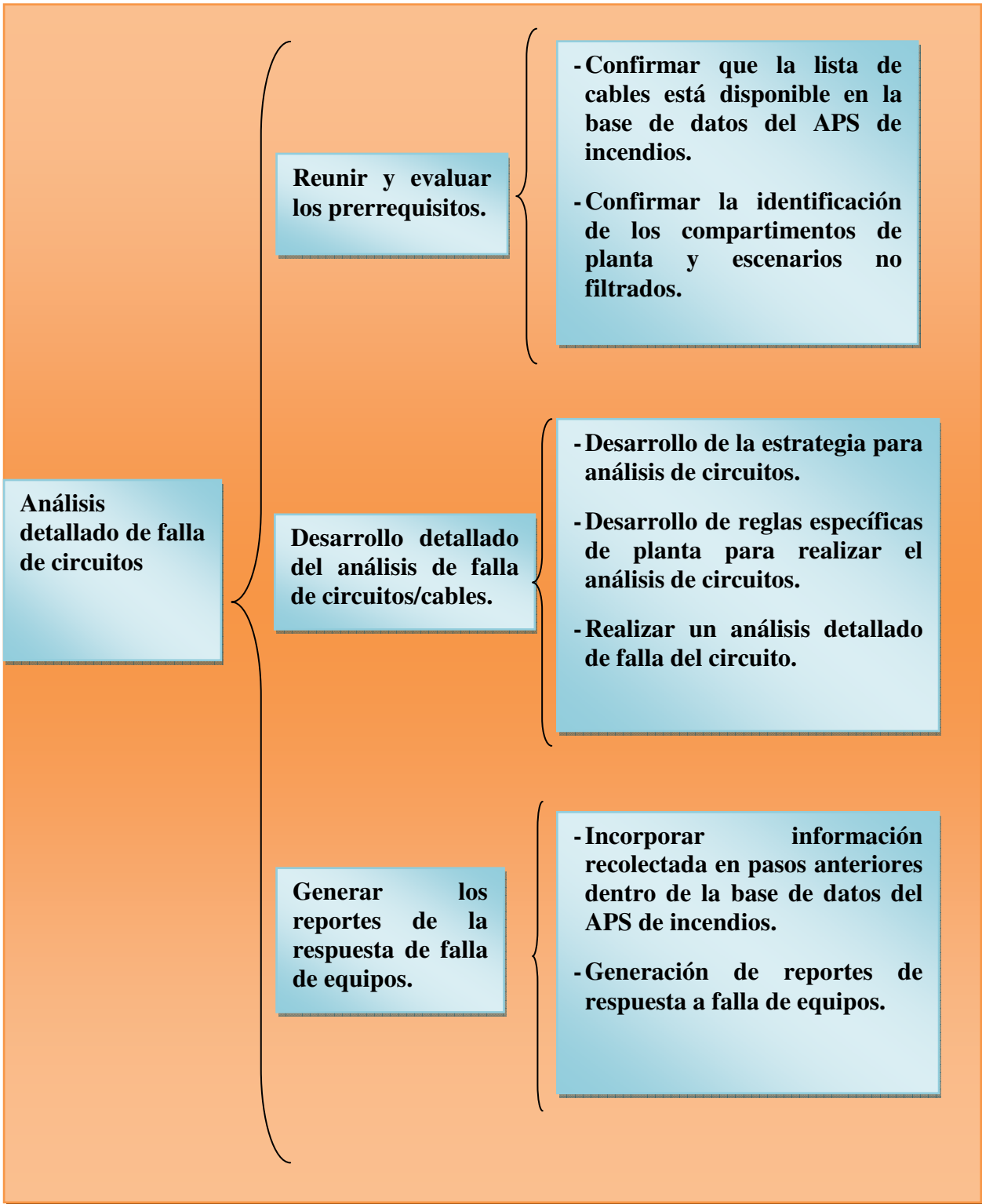


Figura 12-1 Proceso del Análisis detallado de falla de circuitos

12.1 Definiciones

Falla de cable.- Una condición donde el cable afectado ya no es capaz de desarrollar su función destinada.

Modo de falla de cable.- Forma en la cual un hilo o conductor falla. Se definen tres modos de falla principales: circuito abierto, falla a tierra (corto a tierra) y corto caliente.

Análisis de circuito.- Proceso de identificar cables y circuitos que, si son dañados por un incendio, podrían impedir la operación correcta de un componente del APS de Incendios.

Modo de falla de circuito.- La manera en la cual la falla de un conductor se manifiesta en el circuito. Incluye pérdida de potencia motriz, pérdida de control, pérdida de o falsa indicación, condiciones de circuito abierto (ejemplo, un fusible fundido o dispositivo de protección actuado) y operación espuria.

12.2 Propósito

El desarrollo del APS de Incendios de acuerdo con esta metodología necesita un análisis de falla de circuitos inducida por incendio. Los elementos de análisis de circuitos se desarrollan en tres fases distintas:

1. Selección del cable del APS de incendios (capítulo 7)
2. Análisis detallado de falla de circuitos (este capítulo)
3. Análisis de la probabilidad del modo de falla de circuito (capítulo 13)

Así, el propósito de este capítulo es desarrollar un análisis más detallado de la operación del circuito y su funcionalidad para determinar la respuesta de los equipos a los modos de falla de cables específicos. Estas relaciones son entonces usadas para refinar aún más la selección original de cable al descartar los cables que no impiden que un componente cumpla con su función acreditada.

12.3 Alcance

Este capítulo provee métodos y consideraciones técnicas para identificar la respuesta potencial de circuitos y equipos a modos de falla de cable específicos asociados con el daño del cable inducido por fuego. Este capítulo contiene los siguientes elementos:

- Determinar la respuesta de los componentes a modos de falla de cables/conductores postulados, y
- Descartar aquellos que no impactan la capacidad de un componente para completar su función acreditada.

12.4 Antecedentes

Para este capítulo, los modos de falla de cables de particular interés son: *Corto a tierra* y *corto caliente*. Las fallas en circuito abierto como modo de falla inicial no serán consideradas. Sin embargo, una condición de circuito abierto que resulte de la operación esperada de un dispositivo de protección (interruptor o fusible) en respuesta a corto circuito inducido por fuego será considerada de acuerdo a su impacto en la operación del componente afectado por el cable en cuestión.

Suposiciones

- Análisis del Apéndice R [3] disponible para identificar respuestas de equipos a modos de falla de cable específicos.
- Análisis de componentes disponible como parte del capítulo 7 “Selección de cables para el APS de Incendios”.
- El equipo está en su posición normal esperada al inicio del incendio.
- El desarrollador de este capítulo tiene conocimientos y experiencia en diseño y métodos de análisis de circuitos.

12.5 Interfaces

Entradas de otros capítulos	Lista de componentes del APS de Incendios (capítulo 6) Selección de cable del APS de Incendios (capítulo 7) Base de datos del APS de Incendios
Información adicional de soporte	Diagrama elementales de circuitos Diagramas de bloques Diagramas de alambrado Diagramas unifilares Dibujos del ruteado de cables
Recorridos	No se consideran como fundamentales para este capítulo
Salidas para otros capítulos	Los reportes de respuesta de equipos son usados principalmente como información de referencia para desarrollar análisis cuantitativos adicionales.

12.6 Compilación y evaluación previa de los prerequisites

En esta etapa se asegura que la información y los datos requeridos estén disponibles antes de iniciar los análisis detallados de circuitos.

12.6.1 Confirmar que la lista de cables del APS de Incendios está disponible en la base de datos del APS de Incendios

Considere los siguientes factores al realizar la verificación:

- 1.- Como mínimo, los cables deben estar correlacionados con los compartimentos de incendio de la planta.

Para nuestro caso de estudio los cables involucrados con los equipos de interés se encuentran plasmados sobre dibujos de planta, los cuales se muestran en las figuras A-1 a la A-6 del Apéndice A.

- 2.- Los datos de la lista de cables del APS de Incendios deben incluir una correlación con equipos específicos individuales del APS de Incendios.

Para nuestro caso de estudio, en la tabla 7-7 “lista de cables del APS de Incendios” del capítulo 7, se incluye la correlación de los cables con los equipos de interés (válvulas 1-RHR-MV-8247 y 1-RHR-MV-8248).

12.6.2 Confirmación de que los compartimentos y escenarios no descartados estén identificados.

Determinar el alcance de los equipos que requieren un análisis detallado de falla de circuitos.

1. Obtener una lista de compartimentos/escenarios de incendio no descartados en los filtrados. Generar una lista de los componentes afectados por cada compartimento/escenario que sobrevivió al filtrado. Esta lista se muestra en la tabla 12-1, la cual se deriva de las tareas realizadas hasta el capítulo 10 (frecuencia de fuentes de ignición).
2. Para los componentes que requieren un análisis detallado de falla de circuitos, asegúrese de que la base de datos del APS de Incendios incluye identificadores de equipo, características, condición normal y requisitos funcionales. En las tablas 12-2 y 12-3 se muestran los componentes de interés para nuestro caso de estudio. Toda esta información se obtiene del capítulo 6.

Tabla 12-1 Compartimentos no descartados

Compartimentos	Componentes afectados
RB-9	1-NCCW-MV-8736
	1-RMA-FN-002
RB-9A	1-RHR-MV-8248
RB-9D	MCC-IAA-125 S1
RB-7A	MCC-IAI-BA-S1
RB-16	1-MCC-1A1-B
	1-MCC-1A1-C
	1-RRA-FC-007A
CB-9	1-PDP-SUPS-A3-2
CB-13	1-PDP-C6-S2
	1-PDP-C5-S1
CB-14	Tablero de control principal
RB-12A	MCC-1B1-B
	MCC-1B1-C
	1-RRA-FC-007B
RB-9E	1-DW-P-003
CB-2	VB-110
	VB-69
CB-3	SWGR 1A-1
	SWGR 14A1
	MCC-1A1-2
RPC	1-RHR-MV-8247

Tabla 12-2 Datos de componente para análisis de falla de circuitos

Equipo ID	1-RHR-MV-8247
Descripción del Equipo	Válvula de succión de aislamiento interior del modo enfriamiento en parada del RHR.
Designación de Sistema	RHR (Sistema de Remoción de Calor Residual)
Tipo de equipo	ME (Motor eléctrico para actuar una válvula)
Localización	CNT (Contención Primaria) Pozo Seco
Evento iniciador APS	Pérdida de refrigerante fuera de la contención
Descripción de Evento APS	Se representan principalmente por las roturas originadas por falla del aislamiento entre el sistema primario y sistemas diseñados para baja presión, conocidos también como LOCA de interfaz. La frecuencia de estos eventos se estima de manera específica para el arreglo de válvulas de aislamiento de la frontera de presión existente en la CLV.
Posición normal / estado	cerrada
Posición deseada / estado	Modo reserva - cerrada Modo LPCI - cerrada Modo rociado y enfriamiento de la contención - cerrada Modo enfriamiento alberca de supresión - cerrada Modo enfriamiento en parada - abierta
Posición por falla eléctrica	A la falla cierra
Posición por falla de aire	No aplica
Referencias	APS de la CLV Rev. 3.03 [37] Curso Tecnología Laguna Verde Sistema RHR LV-5435-M-3084 S1 y S2 Residual Heat Removal System. NUREG/CR-6850 Secc. 6.5.6 [20] FSAR

Tabla 12-3 Datos de componente para análisis de falla de circuitos

Equipo ID	1-RHR-MV-8248
Descripción del Equipo	Válvula de succión de aislamiento exterior del modo enfriamiento en parada del RHR.
Designación de Sistema	RHR (Sistema de Remoción de Calor Residual)
Tipo de equipo	ME (Motor eléctrico para actuar una válvula)
Localización	CAR (Edificio del Reactor)
Evento iniciador APS	Pérdida de refrigerante fuera de la contención
Descripción de Evento APS	Se representan principalmente por las roturas originadas por falla del aislamiento entre el sistema primario y sistemas diseñados para baja presión, conocidos también como LOCA de interfaz. La frecuencia de estos eventos se estima de manera específica para el arreglo de válvulas de aislamiento de la frontera de presión existente en la CLV.
Posición normal / estado	Cerrada
Posición deseada / estado	Modo reserva - cerrada Modo LPCI - cerrada Modo rociado y enfriamiento de la contención - cerrada Modo enfriamiento alberca de supresión - cerrada Modo enfriamiento en parada - abierta
Posición por falla eléctrica	A la falla cierra
Posición por falla de aire	No aplica
Referencias	APS de la CLV Rev. 3.03 [37] Curso Tecnología Laguna Verde Sistema RHR LV-5435-M-3084 S1 y S2 Residual Heat Removal System. NUREG/CR-6850 Secc. 6.5.6 [20] FSAR

12.7 Realizar análisis detallado de falla de cable y circuito

Este paso lleva a cabo un análisis detallado de circuito realizado determinísticamente para los cables del APS de Incendios de interés que se encuentran en las localizaciones de planta no descartadas en los filtrados.

12.7.1 Desarrollo de la estrategia para el análisis de circuitos

- 1.- Determinar hasta qué punto los datos del análisis del Apéndice R [3] de circuito pueden ser utilizados. En nuestro caso de estudio, como no se cuenta con el análisis del Apéndice R estos datos no pueden ser utilizados.
- 2.- Determinar cómo se documentarán los resultados del análisis de falla de circuitos.

- 3.- Observar que el estado normal del equipo se debe identificar como parte de la selección de los componentes del APS de Incendios (capítulo 4). Si el estado normal es indeterminado, el análisis de falla de circuitos debe asumir el peor caso de condición inicial.

Para nuestro caso de estudio el estado normal de los componentes se identifica en las tablas 12-2 y 12-3 de este capítulo.

- 4.- La lista de equipos podría listar un componente más de una vez si éste tiene diferentes requisitos funcionales para diferentes secuencias de eventos. En este caso, los análisis detallados de circuitos deben realizarse para cada caso separadamente. Normalmente, solo pueden existir dos casos: abierta o cerrada para válvulas, arranque o paro para bombas, y abierto o cerrado para interruptores.

12.7.2 Desarrollo de reglas específicas de la planta para la realización del análisis de circuitos

- 1.- Los siguientes modos de falla de circuitos y su efecto en el comportamiento del circuito o respuesta del componente se deben incluir en la evaluación del análisis del circuito.

Tabla 12-4 Modos de falla de cables y efectos en componentes

Modos de falla del cable	Efectos en el Circuito/Componente
-Corto a tierra	Operación espuria
-Cortos calientes	-Pérdida de energía
	-Pérdida de control
	-Indicación errónea
	-Otros

- 2.- Existen numerosos sub-casos para los modos de falla de cable identificados anteriormente, basados en principios de ingeniería, resultados de pruebas y experiencia operacional. La tabla 12-5 enlista las recomendaciones para la disposición de ciertos casos de interés.

- 3.- Los criterios generales de evaluación para realizar el análisis detallado de falla de circuitos incluyen:

- Las evaluaciones de falla de circuitos se deben realizar con los componentes en su estado de operación normal. Por ejemplo, si los contactos de relevador incluidos como parte del circuito están cerrados en el estado normal de operación, el circuito debe ser analizado suponiendo que esos contactos están cerrados. Si el estado de un componente es indeterminado (es decir, varía como resultado de la operación normal de la planta; por ejemplo, dos motores que se van alternando en sus periodos de operación para uniformar sus tiempos de operación), el peor caso de estado funcional debe seleccionarse para el análisis.

Tabla 12-5 Recomendaciones para los modos de falla de cables

<p>Cortos calientes con polaridad compatible en sistemas eléctricos de CA trifásicos:</p>	<p>Caso 1: Sistema CA aterrizado con cable termoestable-aislado. Cortos calientes trifásicos se evalúan como eventos de baja probabilidad para sistemas eléctricos trifásicos de CA aterrizados. La probabilidad para un cable triplex (3 conductores en un cable) localizado en una charola o conduit es $5E-8/yr$. Este límite considera:</p> <p>De acuerdo a lo anterior, no es considerado como riesgo significativo de acuerdo con el criterio de filtrado de $1E-7/yr$ como se define en la sección 4.1.5.</p> <p>Caso 2: Sistema de CA no aterrizados o cable termoplástico-aislado. El modo de falla tiene una probabilidad baja, pero tan bajo como el caso 1. Por lo que no se puede argumentar que la probabilidad del modo de falla está debajo de $1E-7/yr$ por lo que se recomienda que este caso sea considerado para equipos con altas consecuencias como se define en la sección 4.1.5</p> <p>Caso 3: Cable blindado o cable en conduit. Las fallas trifásicas no se consideran creíbles para el Cable blindado o cable en conduit o un cable triplex utilizado en conduit. La base para la exclusión es que los cortos calientes de multiconductor a multiconductor no son posibles dada la intervención de la barrera (armadura o conduit).</p>
<p>Circuitos abiertos</p>	<p>Cuando un conductor individual dentro de un cable pierde la continuidad eléctrica. No necesita ser considerado como falla primaria del cable. Sin embargo, se sabe que los efectos de un corto a tierra o corto caliente probablemente causará la actuación de los dispositivos de protección del equipo, lo cual resulta en una efectiva condición de circuito abierto (estado de circuito esperado después de una acción de protección contra sobre corriente). Los efectos de la condición de circuito resultante deben ser considerados para determinar el impacto funcional en el equipo.</p>
<p>Cortos calientes de polaridad compatible múltiple en circuitos no aterrizados de CA y de CD</p>	<p>Su evaluación indica que son eventos de baja probabilidad, sin embargo, no se tienen suficientes datos disponibles como para filtrar este articular modo de falla.</p>

Tabla 12 5 Recomendaciones para los modos de falla de cables (Cont...)

<p>Fallas a tierra en circuitos de control no aterrizados de CA y CD</p>	<p>Una falla simple no tiene efectos funcionales inmediatos. Con respecto a actuaciones espurias, múltiples fallas a tierra pueden potencialmente energizar los conductores vía ruta de retroalimentación a través de las superficies aterrizadas (conduit, charola, etc).</p> <p>Para que este fenómeno sea viable, uno o más conductores energizados desde el mismo suministro de potencia así como el circuito que se analiza deben además estar susceptibles a daño debido a incendio. En la práctica, a menos que los conductores energizados (de la misma fuente de potencia) se encuentren en la misma charola, la probabilidad de una ruta de conducción viable a través de una superficie aterrizada es extremadamente baja. Para facilitar el análisis, se recomienda que una existente pero no especificada falla a tierra desde la misma fuente de potencia sea supuesta cuando se analizan circuitos no aterrizados.</p>
<p>Cortocircuitos calientes independientemente coincidentes que involucran cables separados</p>	<p>El análisis de componentes individuales debe considerar sólo fallas de los conductores específicos del circuito que se encuentran dentro del cable que se evalúa. Otros conductores que forman parte del circuito, pero que se encuentran en cables separados, se debe suponer que representan otras rutas normales del circuito y no serán afectados por el incendio.</p>
<p>Cortocircuitos calientes de intra-cable e inter-cable para cables multiconductores</p>	<p>Cuando se analizan cables multiconductores, los conductores energizados dentro del cable (intra-cable) y externos al cable (inter-cable) se consideran una fuente viable de conductores para analizar cortos calientes. Los conductores fuente se consideran capaces de cortocircuitar a los conductores de los cables individualmente o simultáneamente. La probabilidad de estas fallas (individuales y múltiples) se considera en el capítulo 11 (análisis de la probabilidad de modo de falla de cables).</p>
<p>Señales de instrumentación de bajo voltaje de CD (1-48 VDC)</p>	<p>Estos circuitos generalmente corresponden a cables para monitoreo de señales de instrumentación, sistemas de protección, o circuitos control de válvulas. Típicamente se utilizan cables blindados y aterrizados para estas aplicaciones.</p>

- Puede ser interesante extender el análisis para considerar los posibles efectos de ciertos modos de falla en el componente, si el estado del componente se cambia (o se intenta un cambio) mientras la falla está presente. Un ejemplo sería si el operador intenta cerrar una válvula que normalmente está abierta después del comienzo del daño en los cables.
- Durante el proceso de identificación de las respuestas de los equipos a los modos de falla de los cables, una falla por corto caliente entre los conductores apropiados se debe suponer conservadoramente que se produce con suficiente contacto eléctrico para imponer el voltaje completo en el “conductor objetivo”. Por ejemplo, si un corto caliente entre dos conductores puede producir una actuación espuria, el corto se supone que ocurre de una manera que permite suficiente transferencia de energía para completar la actuación espuria.
- El análisis detallado de falla de circuitos es un análisis determinístico “estático”. Como tal, no se consideran los aspectos dinámicos de las fallas en los cables. Cada falla de cable debe ser evaluada para que la respuesta posible del equipo pueda ser provocada. Los aspectos de tiempo y estado final del circuito/equipo no son factores a considerar dentro de este criterio. Por ejemplo, si un corto caliente entre 2 conductores pudiera producir una apertura espuria de una válvula solenoide, el análisis debe identificar “abre al fallar” como una respuesta del equipo. El tiempo que este corto caliente persista antes de que se degrade hasta una falla a tierra y termine la operación espuria no es un factor a considerar en el análisis.
- Las características específicas de la planta pueden evitar la ocurrencia de ciertas fallas de circuitos. Por ejemplo el uso de cables con blindajes metálicos aterrizados o a través de conduits, interruptores de protección contra cortocircuito, o blindajes robustos se incluyen en muchos casos para evitar cortos calientes. Los atributos de diseño y construcción de este tipo deben considerarse en la evaluación.
- Una vez que un cable se analice para una situación de incendio en un compartimento/escenario, los resultados de su análisis de circuitos serán aplicables para el mismo cable en cualquier otro compartimento/escenario. Por lo tanto, cada cable necesita analizarse solo una vez para satisfacer los objetivos de esta actividad.
- Se deben desarrollar reglas para la disposición de respuestas de componentes inesperadas o indefinidas que el análisis de circuitos revela como posibles para un determinado modo de falla.

12.7.3 Desarrollo de análisis detallado de falla de circuitos

Esta sección constituye el elemento central de este capítulo. El análisis incorrecto de los circuitos asociados con los cables puede resultar en determinaciones erróneas para la cuantificación de riesgos de incendio. Por lo tanto, se considera prudente prestar especial atención en la realización de las actividades descritas en esta sección.

Caso 1: Incorporación del análisis existente

Este caso involucra la adopción de los resultados del análisis del Apéndice R [3], el cual no es aplicable a nuestro caso de estudio.

Caso 2: Nuevo análisis de circuitos

1. Reúna y organice los dibujos de planta, documentos y datos para cada circuito. Haga uso de la información de los análisis realizados en el Capítulo 7.
2. Siguiendo las reglas específicas de la planta establecidas para el análisis de circuitos, identifique las respuestas de los circuitos/componentes (por ejemplo, operación espuria, pérdida de energía, pérdida de control, indicación errónea, etc.) directamente asociados con los siguientes modos de falla del cable debido a fuego:
 - Cortos a tierra, y
 - Cortos calientes
3. El análisis se lleva a cabo más fácilmente postulando fallas individuales en cada conductor del cable, es decir, el método “*hot probe*” (sondeo caliente):
 - Identifique la respuesta del equipo a fallas a tierra en cada conductor contenido en el cable.
 - Analice cortos calientes usando el método hot probe. En este enfoque, el analista asume la presencia de un conductor energizado (la sonda caliente) capaz de energizar el conductor del circuito en cuestión. Con esto se representa el conductor de una fuente no especificada (es decir, que podría ser una fuente intra-cable o inter-cable. La sonda caliente se postula para imaginar el contacto con cada conductor individual del cable (por separado o coincidente) y se determina la respuesta del equipo al corto caliente postulado (por ejemplo, la operación espuria, etc.) Este enfoque de análisis es un medio práctico para identificar los modos de la falla del equipo para la mayoría de los tipos de circuitos.
4. Además de realizar el análisis de sondeo caliente, determinar si el circuito contiene cualquier atributo único que merezca un análisis de cortos calientes coincidentes en cables separados.
5. En algunos casos, las fallas de cables eléctricos pueden causar daños permanentes a equipos eléctricos o mecánicos que imposibilitan ciertos tipos de acciones de recuperación. Por ejemplo, la operación espuria de una válvula debido a un corto caliente que baipasea el interruptor de torque de la válvula podría ocasionar el atoramiento permanente de la válvula por sobretorque. Los casos de esta naturaleza deben documentarse y discutirse con los analistas de sistemas para garantizar que las acciones de recuperación reflejen con exactitud las condiciones prevalecientes.

6. Documentar la respuesta del circuito y componentes para cada uno de los diferentes modos de falla postulados de acuerdo con los métodos establecidos durante la fase de planificación (ver sección 12.7.1).

12.8 Generación de reportes de respuesta de los equipos a fallas

1. Ingrese la información recogida en los pasos anteriores a la base de datos del APS de Incendios.
2. Una vez que la base de datos del APS de Incendios contemple los datos de respuesta del equipo a la falla, generar los reportes correspondientes. Estos reportes son un listado por compartimento del equipo y cables asociados que son afectados por el incendio en el compartimento, junto con las respuestas específicas de equipos que son posibles como resultado de daño por incendio a los cables.

13 Análisis de probabilidad de modos de falla de circuitos

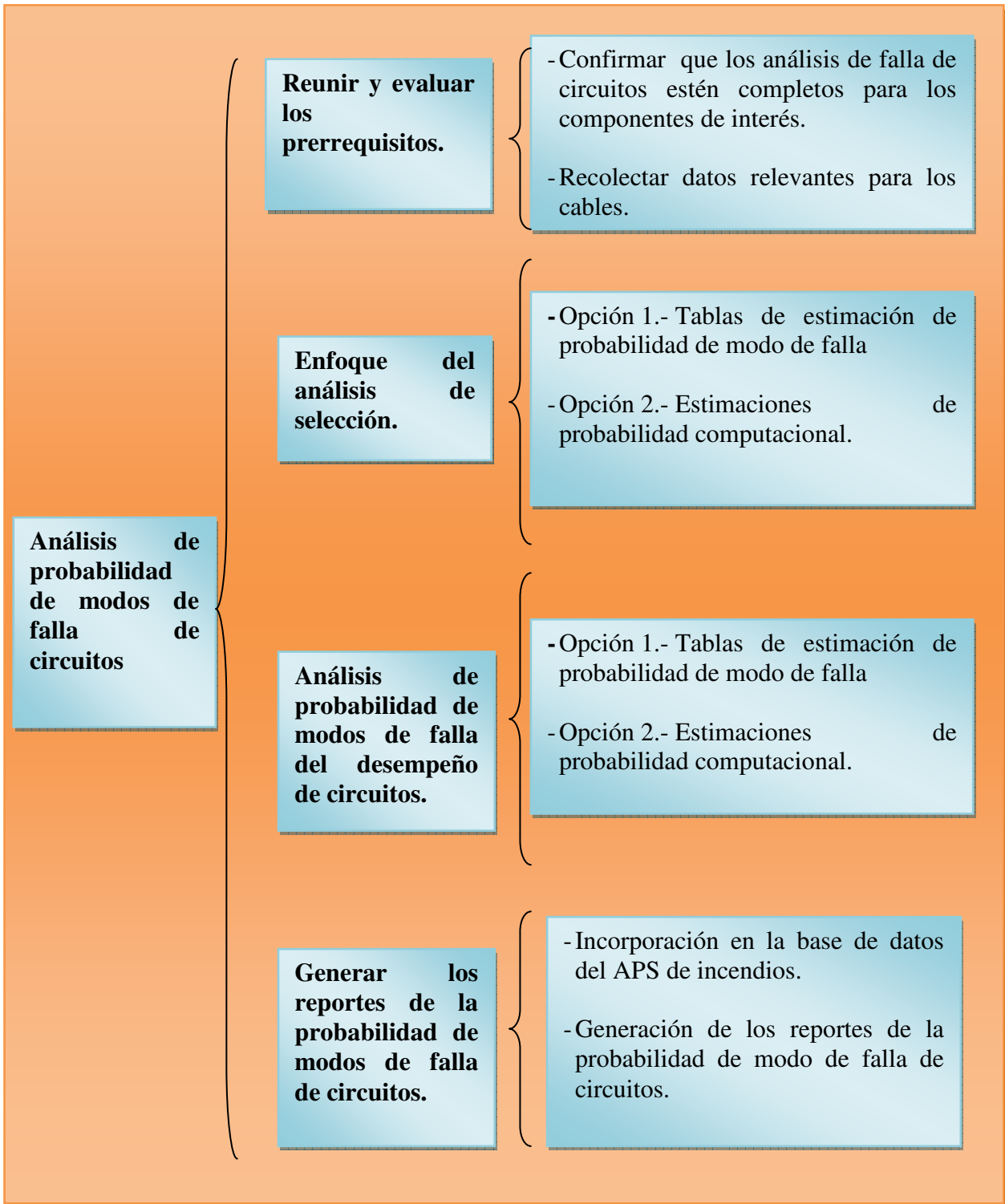


Figura 13-1 Proceso de Análisis de probabilidad de modos de falla de circuitos

13.1 Definiciones

Circuito abierto.- Una pérdida de continuidad en un circuito eléctrico, ya sea intencional o inesperada. Tal como se aplica a cable y alambres, las fallas por circuitos abiertos pueden resultar de la pérdida de continuidad del conductor o de la activación de dispositivos de protección de circuitos (ejemplo, un fusible fundido o la apertura de un interruptor).

Corto circuito (general).- Una conexión anormal (incluyendo arco voltaico) de impedancia relativamente baja entre dos conductores o puntos de diferente potencial. Un corto circuito podría involucrar una falla a tierra o corto caliente, tal como se aplica a las fallas de circuitos de control.

Corto conductor a conductor.- Es una conexión anormal de baja impedancia entre dos conductores.

Falla a tierra.- Es un tipo de corto circuito que involucra una conexión anormal entre un conductor y un medio conductor aterrizado. El medio aterrizado se refiere a alguna ruta de conducción asociada con la tierra de referencia del circuito. Esto podría incluir elementos estructurales (charolas, conduits, cajas, vigas metálicas, etc.) o conductores del circuito (conductor neutro) aterrizados intencionalmente. Una falla a tierra se caracteriza por una sobre corriente atribuible a la carga significativa en el circuito. Una falla a tierra debe provocar la actuación del dispositivo de protección contra sobrecorriente en un circuito diseñado apropiadamente.

Corto caliente.- Es un contacto directo de conductor a conductor en el cual un conductor energizado (conductor fuente) hace contacto con un conductor separado no aterrizado (conductor “objeto de interés”). Se caracteriza por una conexión anormal entre conductores que no producen una corriente de falla grande debido a la impedancia existente en la ruta de conexión atribuible a los componentes del circuito. Una característica del corto caliente es que no es detectable por dispositivos normales de protección y por lo tanto no resultará en una acción de protección contra sobrecorriente. Un corto caliente tiene el potencial para causar la energización no deseada de componentes conectados al conductor “objeto de interés” (por ejemplo, actuación espuria); sin embargo, el término corto caliente no es sinónimo del término actuación espuria.

Corto caliente externo.- Un corto caliente en el cual el conductor fuente y el conductor “objeto de interés” están en cables separados. Sinónimo con corto caliente iter-cable y corto caliente cable a cable.

Corto caliente interno.- Un corto caliente en el cual ambos conductor fuente y conductor “objeto de interés” están en el mismo cable multi-conductor. Sinónimo con corto caliente intra-cable.

Corto a tierra.- Sinónimo de falla a tierra.

Conductor fuente.- El conductor que está energizado en un corto caliente. Este conductor representa la fuente de energía.

Conductor “objeto de interés”.- El conductor que no se encuentra energizado en un corto caliente. Normalmente conectado a uno o más componentes del circuito. Un conductor “**objeto de interés**” es el medio por el cual la energía es transferida desde un conductor energizado a un componente en caso de un corto caliente.

13.2 Propósito

El desarrollo del APS de Incendios de acuerdo con esta metodología necesita un análisis de falla de circuitos inducida por incendio. Los elementos de análisis de circuitos se desarrollan en tres fases distintas:

- 1.- Selección de cable del APS de Incendios (capítulo 7)
- 2.- Análisis detallado de la falla de circuitos (capítulo 12), y
- 3.- Análisis de probabilidad de modo de falla de circuito (este capítulo).

Este capítulo provee los métodos e instrucciones para desarrollar la tercera fase de análisis de circuitos: análisis de probabilidad de modo de falla de circuito para los cables del APS de Incendios. Aquí se estima la probabilidad de corto circuito en cables como modo de falla de interés, el cual puede ser correlacionado con los modos de falla de componentes específicos.

13.3 Alcance

Este capítulo provee métodos y consideraciones técnicas para evaluar estimaciones de probabilidad a modos de falla de cables específicos asociados con daño a cables inducidos por incendio.

13.4 Antecedentes

Este capítulo analiza probabilísticamente la posibilidad de que un cable experimente uno o más modos de falla específicos (por ejemplo, corto a tierra, corto de conductor a conductor intra-cable, y corto conductor a conductor inter-cable. Los resultados de este análisis serán capturados en la base de datos del APS de Incendios, permitiendo la generación de reportes de fallas de equipos incluyendo la probabilidad estimada de modos de falla de interés.

Suposiciones

Los atributos de los requisitos de diseño y la configuración de los cables están disponibles o pueden ser determinados como parte del análisis.

El equipo está en su posición normal esperada al comienzo del incendio.

El desarrollador de este capítulo tiene conocimientos y experiencia en el diseño y métodos de análisis de circuitos, así como en las técnicas de estimación de probabilidades.

Los métodos de análisis presentados pueden ser razonablemente aplicados a cables multi-conductores con no más de 15 conductores. Se considera que los cables multi-conductores con más de 15 conductores tienen una incertidumbre substancialmente más alta.

13.5 Interfaces

Entradas de otros capítulos	Selección de cable del APS de Incendios (capítulo 7) Base de datos del APS de Incendios Análisis detallado de la falla de circuitos (capítulo 12) Cuantificación del riesgo de incendio (capítulo 14)
Información adicional soporte	<ul style="list-style-type: none"> • Diagramas elementales de circuitos • Diagramas de bloques • Diagramas de alambrado • Dibujos de ruteado de cables • Datos de los atributos de cables y circuitos: <ul style="list-style-type: none"> - Material de aislamiento del cable - Número de conductores normalmente energizados y número de conductores susceptibles a modos de falla de interés - Número de conductores normalmente aterrizados - Características de la fuente de potencia • Configuración de los atributos <ul style="list-style-type: none"> - Tipo de canalizado (charola o conduit) - Cantidad y tipo de otros cables contenidos en la charola
Recorridos	No se consideran como fundamentales para este capítulo
Salidas para otros capítulos	Los resultados de este capítulo se usan principalmente como información de referencia para el capítulo 14 “Cuantificación de riesgo de incendio”, incluyendo reevaluar la CCDP para aplicar nuevamente los criterios de filtrado de compartimento y/o escenarios.

13.6 Procedimiento

En este capítulo se realiza el análisis de circuitos localizados dentro de los compartimentos/escenarios no descartados por los filtrados para evaluar la probabilidad de modos de falla específicos de sus cables que pudieran afectar adversamente las funciones acreditadas de los equipos/componentes del APS de Incendios.

13.6.1 Compilación y evaluación de los prerrequisitos

Es recomendable:

1. Confirmar que se haya completado y documentado el análisis detallado de falla de circuitos para los componentes de interés.
2. Recopilar los datos relevantes de los cables importantes, incluyendo:

- Material de aislamiento.
- Número conductor en el cable.
- Tipo(s) de canalizado (si más de un canalizado está involucrado).
- Suministro de potencia (es decir, bus, inversor, batería, etc.)
- Número de conductores entre la fuente y el objetivo.

13.6.2 Enfoque del análisis de selección

Opción 1.- Tablas de estimación de la probabilidad del modo de falla

Esta tabla puede ser usada para cables que reúnen los siguientes criterios:

- Circuito aterrizado (incluyendo sistemas de impedancia aterrizados con capacidad de disparo por fallas a tierra)
- El cable es parte del circuito de control para un componente típico (ejemplo: válvulas motorizadas no complejas, solenoides, bombas, etc.).
- El cable está asociado a un solo componente.
- La configuración del cable es conocida y puede ser fácilmente asociada con alguna de las configuraciones definidas en las tablas 13-1 a la 13-5.
- El principal modo de falla por corto caliente preocupante es la actuación espuria del componente.

Opción 2.- Estimación de probabilidad computacional

Esta opción es adecuada para configuraciones que se desvían del caso base para prueba de circuitos. En particular, los casos para los cuáles el número de fuentes y objetivos de los conductores es sustancialmente diferente al de las muestras de prueba (por ejemplo, 2 fuentes de conductores y 2 objetivos de conductores dentro de un solo cable) son candidatos para esta opción. Las fórmulas de estimación de probabilidad se recomiendan para casos donde:

- El circuito está aterrizado o tiene impedancia aterrizada sin capacidad de disparo por falla a tierra.
- El cable es parte de un circuito o componente relativamente complejo
- El cable está asociado con o puede influenciar el comportamiento de componentes múltiples (por ejemplo, señales de actuación de salvaguardas o arreglos de buses).
- La configuración del cable no puede ser fácilmente categorizada dentro de alguna de las configuraciones definidas en las tablas 13-1 a la 13-5

13.6.3 Desarrollo del análisis de probabilidad del modo de falla de circuitos

Opción 1.- Tabla de estimación de la probabilidad del modo de falla.

- 1.- Categorice el circuito de interés basándose en la configuración de los atributos recolectados en el punto 13.2.
- 2.- Desde la tabla apropiada (13-1 a 13-5), seleccione las estimaciones de probabilidad para los modos de falla preocupantes.
- 3.- Si el modo de falla del cable puede ocurrir debido a diversas interacciones del cable, la probabilidad se toma como la suma simple de las estimaciones. Por ejemplo, si un modo de falla de un cable termoestable particular puede ser inducido por un evento de cortocircuito intra-cable ($P=0.30$) y por un evento de cortocircuito inter-cable ($P=0.03$), la probabilidad total de ese modo de falla se estima en 0.33.

Tabla 13-1 Estimaciones de la probabilidad del modo de falla dados daños de cable termoestable con transformadores de control de potencia (CPT) ¹

Tipo de canalización	Descripción del Corto caliente	Mejor estimación	Intervalo de Alta Confianza
charola	M/C Intra-cable	0.30	0.10 – 0.50
	1/C Inter-cable	0.20	0.05 – 0.30
	M/C → 1/C Inter-cable	0.10	0.05 – 0.20
	M/C → M/C Inter-cable	0.01-0.05	
Conduit	M/C Intra-cable	0.075	0.025 – 0.125
	1/C Inter-cable	0.05	0.0125 – 0.075
	M/C → 1/C Inter-cable	0.025	0.0125 – 0.05
	M/C → M/C Inter-cable	0.005-0.01	

(1) Referencia: Apéndice E del NUREG/CR-6850 [15].

M/C: Cable multiconductor.

1/C: Cable de un solo conductor

Intra-cable: Corto caliente generado internamente. El conductor de la fuente es parte del cable de interés.

Inter-cable: Corto caliente generado externamente. El conductor de la fuente es de un cable separado.

Tabla 13-2 Estimaciones de la probabilidad del modo de falla dados daños de cable termoestable sin transformadores de control de potencia [15]

Tipo de canalización	Descripción del Corto caliente	Mejor estimación	Intervalo de Alta Confianza
charola	M/C Intra-cable	0.60	0.20 – 1.0
	1/C Inter-cable	0.40	0.1 – 0.60
	M/C → 1/C Inter-cable	0.20	0.1 – 0.40
	M/C → M/C Inter-cable	0.02 – 0.1	
Conduit	M/C Intra-cable	0.15	0.05 – 0.25
	1/C Inter-cable	0.1	0.025 – 0.15
	M/C → 1/C Inter-cable	0.05	0.025 – 0.1
	M/C → M/C Inter-cable	0.01 – 0.02	

Tabla 13-3 Estimaciones de la probabilidad del modo de falla dados daños de cable termoplástico con transformadores de control de potencia [15]

Tipo de canalización	Descripción del Corto caliente	Mejor estimación	Intervalo de Alta Confianza
charola	M/C Intra-cable	0.30	0.10 – 0.50
	1/C Inter-cable	0.20	0.05 – 0.30
	M/C → 1/C Inter-cable	0.10	0.05 – 0.20
	M/C → M/C Inter-cable	0.01 – 0.05	
Conduit	M/C Intra-cable	0.075	0.025 – 0.125
	1/C Inter-cable	0.05	0.0125 – 0.075
	M/C → 1/C Inter-cable	0.025	0.0125 – 0.05
	M/C → M/C Inter-cable	0.005 – 0.01	

Tabla 13-4 Estimaciones de la probabilidad del modo de falla dados daños de cable termoplástico sin transformadores de control de potencia [15]

Tipo de canalización	Descripción del Corto caliente	Mejor estimación	Intervalo de Alta Confianza
charola	M/C Intra-cable	0.60	0.20 – 1.0
	1/C Inter-cable	0.40	0.1 – 0.60
	M/C → 1/C Inter-cable	0.20	0.1 – 0.40
	M/C → M/C Inter-cable	0.02 – 0.1	
Conduit	M/C Intra-cable	0.15	0.05 – 0.25
	1/C Inter-cable	0.1	0.025 – 0.15
	M/C → 1/C Inter-cable	0.05	0.025 – 0.1
	M/C → M/C Inter-cable	0.01 – 0.02	

Tabla 13-5 Estimaciones de la probabilidad del modo de falla dados daños de cable blindado o protegido [15]

Tipo de canalización	Descripción del Corto caliente	Mejor estimación	Intervalo de Alta Confianza
Con CPT	M/C Intra-cable	0.075	0.02 – 0.15
Sin CPT	M/C Intra-cable	0.15	0.04 – 0.30

3.- Cuando más de un cable puede causar el modo de falla de un componente, y esos cables están dentro del límite de influencia para el escenario bajo estudio, las estimaciones de probabilidad asociadas a todos los cables afectados deben considerarse al derivar una estimación de la falla para el componente. En general, las probabilidades se deben combinar como una función lógica “O exclusiva”, como se muestra:

$$P_{\text{falla del componente}} = (P_{\text{falla de cable A}}) + (P_{\text{falla de cable B}}) - (P_{\text{falla de cable A}}) (P_{\text{falla de cable B}})$$

4.- Documente la estimación de probabilidad de modo de falla del circuito de acuerdo con los métodos establecidos durante la fase de planeación.

Opción 2.- Estimación de probabilidad computacional

Este método involucra aplicar fórmulas para estimación de probabilidad de los modos de falla de circuitos. Las discusiones siguientes proporcionan solamente la definición mínima de las fórmulas para la estimación de la probabilidad del modo de falla y de sus términos.

La probabilidad de ocurrencia para un modo de falla de corto caliente específico (P_{MF}) se estima con la fórmula:

$$P_{MF} = CF \times P_{CC}$$

Donde:

P_{MF} = Probabilidad de que un modo de falla de corto caliente ocurra en un circuito específico dado un incendio de suficiente intensidad para causar daño del cable.

P_{CC} = La probabilidad que un corto de conductor a conductor ocurra antes de un corto a tierra o corto a conducto aterrizado.

CF = Un factor de configuración aplicado a P_{CC} para contabilizar el número relativo de conductores fuente y conductores objeto de interés. Los conductores objeto de interés son aquellos conductores de un circuito que, si entra en contacto con una fuente eléctrica de magnitud y de voltaje apropiados, da lugar a una energización anormal del circuito, componente o dispositivo. Un conductor fuente representa conductores energizados que son una fuente potencial de energía eléctrica

13.6.4 **Generación de reportes de probabilidad de los modos de falla de circuitos.**

- 1.- La información recabada anteriormente se incorpora en la base de datos del APS de Incendios, estableciendo las estimaciones de la probabilidad de los modos de falla de circuitos.
- 2.- Una vez poblada la base de datos del APS de Incendios con los datos de probabilidad de modos de falla, los *reportes de probabilidad* de los modos de falla de circuitos pueden generarse automáticamente. Estos reportes son un listado por área de la planta (compartimento, área de fuego, zona de fuego, etc.) de las estimaciones de probabilidad para los modos de falla de circuitos para los componentes de interés.

14 Cuantificación de riesgo de incendio

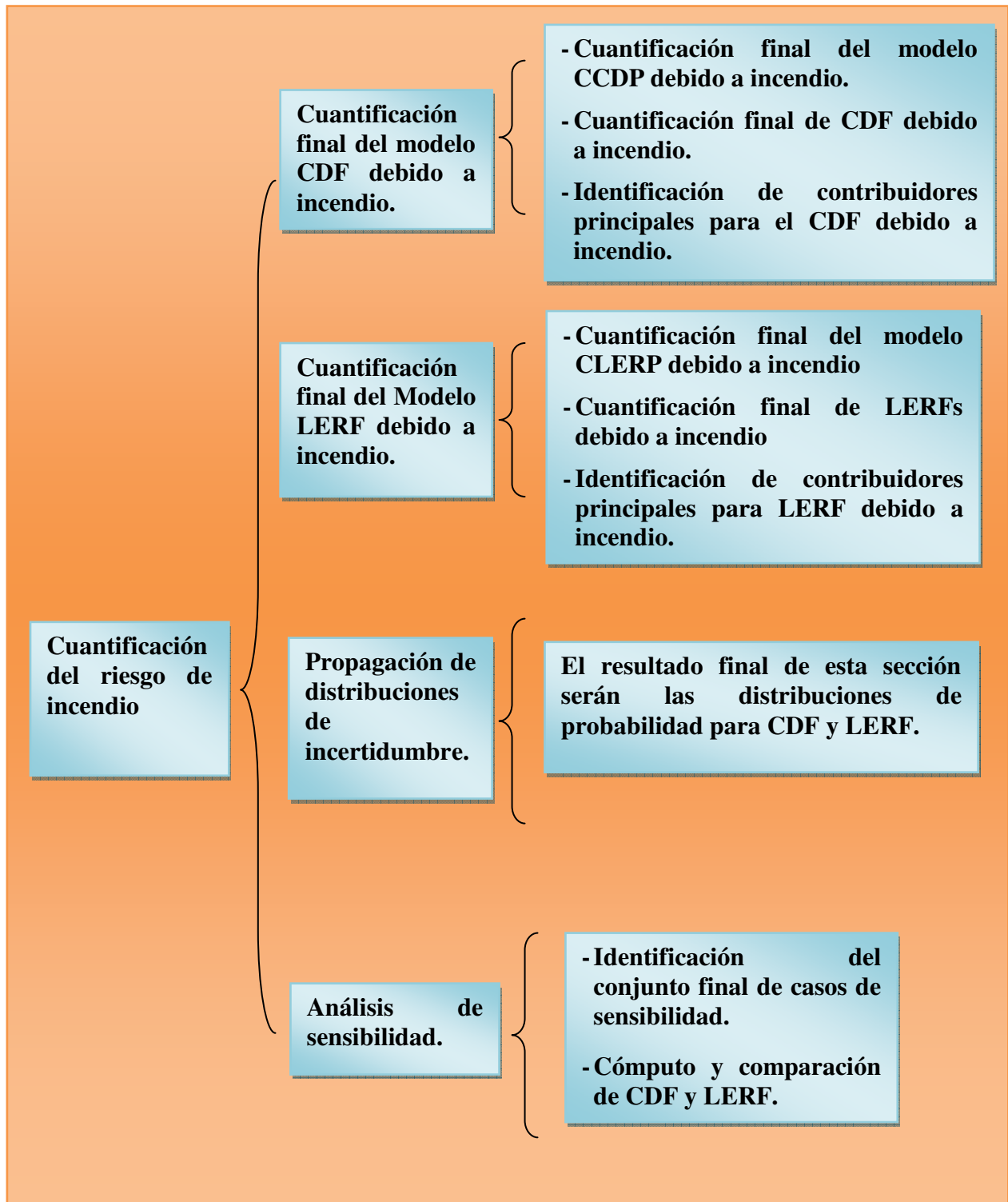


Figura 14-1 Proceso de Cuantificación de riesgo de incendio

14.1 Definiciones

Frecuencia por daño al núcleo (CDF).- Número esperado de eventos de daño al núcleo por unidad de tiempo, generalmente se considera por año.

Probabilidad condicional de daño al núcleo (CCDP).- Esta probabilidad es condicional sobre un escenario de incendio específico en un compartimento de incendio postulado como un evento iniciador inducido por incendio e incluye las probabilidades de las combinaciones de fallas de equipos (algunas pueden ser directamente inducidas por el incendio mismo) y fallas del operador que resulten en daño al núcleo.

Frecuencia de liberación grande y temprana (LERF).- Número esperado de liberaciones grandes y tempranas por unidad de tiempo, generalmente se considera por año.

Probabilidad condicional de liberación grande y temprana (CLERP).- Calculada por el modelo del APS de Incendios es una forma similar al CCDP pero aplicada a la liberación grande y temprana.

Incertidumbre.- Es una representación de la confianza en el estado de conocimiento sobre los valores de los parámetros y modelos usados al construir el Análisis Probabilístico de Seguridad.

Análisis de incertidumbre.- Es el proceso de identificar y caracterizar las fuentes de incertidumbre en el análisis, y evaluar su impacto en los resultados del APS. Un análisis de incertidumbre incluye el desarrollo de una medición cuantitativa en la medida de lo posible.

Árbol de fallas.- Es una técnica a través de la cual se especifica un estado no deseado del sistema (usualmente un estado crítico para la seguridad), y a partir de éste se analiza el sistema en el contexto de su entorno y operación para encontrar todos los caminos creíbles en los que el evento no deseado puede ocurrir.

Árbol de eventos.- Modelo lógico empleado en APS, que muestra los posibles cursos de evolución que puede tener la mitigación de un evento iniciador.

Análisis de sensibilidad.- Es un análisis desarrollado para investigar la sensibilidad a variaciones en los valores de los datos del análisis (ejemplo, frecuencia de daño al núcleo).

14.2 Propósito

Esta sección describe el procedimiento para desarrollar la cuantificación del riesgo de incendio. Este procedimiento proporciona al usuario un método general para cuantificar el modelo final del APS de Incendios para generar los resultados finales de riesgo de incendio.

14.3 Alcance

Esta sección aborda las siguientes etapas para cada una de las tareas más importantes de la cuantificación de riesgo:

- Etapa 1- Cuantificación final del modelo de CDF debida a incendio.
- Etapa 2- Cuantificación final del modelo de LERF debida a incendio.
- Etapa 3- Desarrollo de análisis incertidumbre.

En esta tarea, el modelo final del APS de Incendios se cuantifica para obtener los resultados finales del riesgo de incendio. Los modelos finales de CDF y LERF se cuantifican para cada escenario de incendio.

14.4 Antecedentes

Este capítulo provee un enfoque general para la cuantificación del modelo del APS de Incendios y los resultados finales de riesgo de incendio. Los modelos usados son el “árbol de fallas” y el “árbol de eventos”.

Existe una variedad de software de APS disponible en la industria diseñado en torno a estos enfoques.

El enfoque descrito en este capítulo está basado en el “estado del arte” de las practicas de APS de Incendios y está destinada para cualquier metodología de APS o producto de software. Este capítulo permite al usuario cuantificar la CDF y LERF ó la CCDP y CLERP. La única diferencia es que los valores cuantificados de las frecuencias de los escenarios de incendio se usan para calcular la CDF y LERF, mientras que en los cálculos de CCDP y CLERP las frecuencias se cambian a “1.0” ó “verdadero”.

Suposiciones

En este capítulo se asume que el analista del APS de Incendios está familiarizado con la metodología del APS y el software empleado en plantas nucleares. El analista debe estar familiarizado con los procedimientos de cuantificación del modelo del APS. También debe estar familiarizado con el estándar del ASME de APS para aplicaciones en plantas nucleares ASME RA-S [34].

14.5 Interfaces

Entradas de otros capítulos	<ul style="list-style-type: none">• Modelo de la respuesta de la planta (modelo de riesgo) para cuantificar CDF y LERF. Este modelo es inicialmente desarrollado en el capítulo 9 (modelo de riesgo inducido por incendio).• Análisis de probabilidad de los modos de falla de circuitos (capítulo 13).
Información adicional de soporte	APS de eventos internos. Acceso a las herramientas de software requeridas para cuantificar el modelo del APS. Estándar del ASME de APS para aplicaciones en plantas nucleares [34], particularmente los requisitos de cuantificación de secuencias de accidente y requisitos para la LERF.
Recorridos	No se requieren recorridos para soportar este capítulo.
Salidas para otros capítulos	Esta es la tarea final del proceso de cuantificación del APS de Incendios. Sin embargo, las estimaciones de CCDP y CLERP pueden retroalimentarse a las actividades anteriores como filtrado final de aquellos compartimentos y escenarios que no rebasen el criterio de probabilidad.

14.6 Procedimiento

Esta sección describe el procedimiento para llevar a cabo la cuantificación de riesgo de incendio, con la excepción de elementos de incendio específicos de la cuantificación. El modelo APS de Incendios desarrollado en los capítulos anteriores se utiliza para cuantificar la CDF y LERF para cada evento de ignición de incendio.

14.6.1 Cuantificación final del modelo de CDF y LERF debida a incendio

En modelo final del APS de Incendios, los valores de confiabilidad humana obtenidos en el capítulo 9 y las frecuencias de escenarios de incendio desarrolladas en el capítulo 10 se utilizan para cuantificar la CDF para cada evento de ignición de incendio.

Cuantificación final de la CDF debida a incendio

En este paso, el modelo final del APS desarrollado en capítulos anteriores se utiliza para cuantificar la CDF para cada escenario de incendio. Con la excepción de los procedimientos específicos de incendio, los lineamientos contenidos en la Norma ASME PRA [34] deben emplearse para llevar a cabo el proceso de cuantificación. Como las frecuencias de escenarios de incendio y los valores de probabilidad de los modos de falla de los componentes del APS de incendio y de confiabilidad humana han sido incorporados en el modelo final del APS de eventos internos, la CDF puede calcularse directamente mediante el software de APS.

Cuantificación de la CCDP

Para los cálculos de la *probabilidad condicional de daño al núcleo*, se pueden usar las herramientas informáticas de cuantificación que permitan la configuración dinámica del modelo para introducir los cambios necesarios a los modelos lógicos. Con este método, al evento iniciador “**Pérdida de refrigerante fuera de la contención**” se le asigna un valor de “**1.0**” ó “**verdadero**”, y a todos los demás iniciadores se les asigna un valor de “**0.0**” ó “**falso**”. El valor deseado de probabilidad condicional se obtiene siguiendo el proceso normal de cálculo probabilístico del APS con estas modificaciones.

Los resultados obtenidos para la CCDP se pueden emplear para el filtrado final de aquellos compartimentos y escenarios que no rebasen el criterio de probabilidad establecido, como parte del proceso iterativo de desarrollo de un APS de Incendios.

Identificación de los principales contribuyentes a la CDF

Con los resultados de los pasos anteriores, los analistas pueden ordenar los conjuntos mínimos de corte de acuerdo a su contribución a la CDF. Los resultados se pueden ordenar y sumar de diferentes maneras para proporcionar perspectivas sobre el riesgo de incendio para cada compartimento donde se produce ignición, para los estados de daño a la planta, para las acciones del operador post-incendio, etc.

Cuantificación final de la LERF debida a incendio

Al igual que los cálculos para la CDF descritos arriba, el modelo final del APS con las frecuencias de escenarios de incendio y los valores de probabilidad de los modos de falla de los componentes del APS de incendio y de confiabilidad humana, se utilizan para cuantificar la LERF para cada escenario de incendio.

La identificación de los principales contribuyentes a la LERF se hace a partir de estos resultados, de manera similar a los contribuyentes para la CDF.

Cuantificación de la CLERP

Al igual que los cálculos de CCDP, para la CLERP se pueden usar las herramientas informáticas de cuantificación que permitan la configuración dinámica del modelo para introducir los cambios necesarios a los modelos lógicos, aplicando el mismo método descrito anteriormente. Igualmente, los resultados de CLERP se pueden emplear para un filtrado final por probabilidad de los escenarios y compartimentos que no rebasen los criterios.

14.6.2 Propagar Distribuciones de Incertidumbre

Usando los principales contribuyentes identificados en los pasos anteriores, las distribuciones de probabilidad que representan las incertidumbres en los parámetros de entrada se pueden propagar a través de la CDF y LERF utilizando métodos Monte Carlo o Latin Hypercube. El resultado final serán distribuciones de probabilidad para la CDF y LERF. En este paso, el

impacto en los resultados finales de diversos temas abordados en la incertidumbre de cada tarea se debe manifestar, conminando a los analistas para ofrecer cualquier punto de vista que sea apropiado para la comprensión de los resultados del APS y para identificar cómo éstos pueden diferir al considerar el rango de incertidumbre.

14.6.3 Análisis de sensibilidad

En este paso, la validez de los casos de sensibilidad identificados en la tarea 15 se verificó primero, seguida por una repetición de cálculos de CDF y LERF para cada caso.

Identificación de casos para análisis de sensibilidad

Durante la ejecución de todas las tareas de desarrollo de modelos del APS de Incendios se van identificando un conjunto de casos para los cuales existe duda sobre la veracidad del modelo para representar los fenómenos de incendio y su impacto en la planta, ya sea a través de la lógica de fallas o por medio de los parámetros del modelo. Estos casos constituyen los candidatos para llevar a cabo análisis de sensibilidad. Se recomienda que el grupo del APS se reúna de nuevo para revisar los casos a la luz de los conocimientos adquiridos en la etapa de integración del modelo y la interpretación de los resultados cuantitativos. De esto resulta el conjunto de casos para análisis de sensibilidad a considerar.

Cálculo y comparación de la CDF y LERF para casos de sensibilidad

El valor promedio de los valores de CDF y LERF debe ser calculada para cada caso de análisis de sensibilidad seleccionado en el inciso anterior. Los resultados deben ser comparados con el caso base del modelo de APS de Incendios. Esta comparación ayuda a comprender los impactos de las hipótesis adoptadas en el modelo y sus posibles variantes.

Conclusiones

El objetivo del presente trabajo ha sido definir una estrategia para aplicar la metodología de Análisis Probabilístico de Seguridad para Incendios a la Central Laguna Verde a partir del planteamiento de un caso de estudio y tomando en cuenta la estructura documental existente en la central. En los capítulos anteriores se han planteado primordialmente los pasos a seguir para desarrollar un APS de incendios y las fuentes de información con que se cuenta o no se cuenta en la CLV para llevar a cabo esos pasos. En las siguientes conclusiones se realiza una estimación más precisa de los recursos que se tendrían que obtener si es que se tuviera la necesidad de desarrollar el estudio del APS de Incendios para la CLV.

Para la partición de planta en compartimentos, aunque es una actividad extensa, es la menos compleja, ya que la CLV cuenta con los recursos y documentación suficientes para poder desarrollar esta actividad. De acuerdo al esfuerzo realizado en esta actividad se puede estimar que para realizar este capítulo de forma completa se requerirían 280 horas-analista.

Para la realización de la selección de equipos se requiere personal con experiencia general en APS y sistemas de la planta, y para selección de cable y análisis de falla de circuitos se requiere personal especializado en diseño eléctrico. Adicionalmente, es muy deseable tener un análisis de paro seguro por incendio, pero su ausencia no impide o limita el desarrollo de un APS de Incendios. Si bien ese análisis proporcionaría desde el inicio información útil sobre los equipos afectados, la posibilidad de actuaciones espurias y la capacidad de los componentes del tren protegido, el APS de Incendios requiere de cualquier forma identificar de manera independiente estos elementos y modelarlos con su propia metodología. De acuerdo al esfuerzo realizado y viendo que no se cuenta con el análisis de paro seguro por incendio, se estima que para realizar estas actividades de forma completa se requerirían 6000 horas-analista.

Se puede decir que estas 3 actividades son las que requieren de mayor nivel de esfuerzo por el volumen de trabajo a realizar. Las demás actividades utilizan la información analizada y si bien se requerirá personal con conocimientos de APS general y análisis de sistemas de la planta, el nivel de esfuerzo es relativamente menor. Basado en experiencia recopilada de los autores de esta metodología, al menos 4000 horas-analista podrían ser requeridas para desarrollar un APS de Incendios completo en condiciones óptimas, y un caso promedio de la industria podría llegar a 7000 horas-analista.

Por lo anterior se concluye de los ejemplos realizados en el desarrollo de esta investigación y proyectados a un análisis completo que el nivel de esfuerzo para desarrollar un APS de Incendios de la CLV usando esta metodología requerirá unas 3000 horas-analista adicionales al que se tiene estimado para la industria, correspondientes a personal especializado en diseño eléctrico y con conocimiento de los sistemas de información de cables y canalización, para un total estimado de 10,000 horas-analista. Éste tiempo ya considera los trabajos que se pueden realizar simultáneamente así como la capacitación, se debe considerar personal con el perfil requerido que se menciona arriba, y el entrenamiento sería introductorio donde se describa el alcance de la metodología y lo que se espera obtener de cada capítulo. Esto se deberá considerar en la toma de decisiones, como estimación del rango nominal de recursos que deben esperar invertir para desarrollar el APS de Incendios, así como anticipar la necesidad de formar personal con las capacidades necesarias para cubrir las actividades que introducen la incertidumbre dentro de estas estimaciones.

Referencias

- 1 U.S. Code of Federal Regulations, Title 10, Chapter 50, 10CFR50.
- 2 U.S. Nuclear Regulatory Commission, “Guidelines for Fire Protection for Nuclear Power Plants”, Branch Technical Position APCSB 9.5-1, mayo 1976.
- 3 U.S. Code of Federal Regulations, “Fire Protection Program for Nuclear Power Facilities Operating Prior to January 1, 1979”, Title 10, Chapter 50, Appendix R, 1980.
- 4 American Nuclear Society, “Fire PRA Methodology Standard”, BSR/ANS 58.23, versión de 10 de marzo de 2005.
- 5 Dennis L. Berry, Earl E. Minor , “Nuclear Power Plant Fire Protection - Fire-Hazards Analysis (Subsystems Study Task 4)”, NUREG/CR-0654, SAND 79-0324, septiembre 1979.
- 6 NEI 07-12 (December 2007) Fire PRA Peer Review Process Guidelines (Rev. 0) BWROG/General Electric Nuclear Energy PWROG/AREVA NP Inc. & Westinghouse Electric Co.
- 7 Comisión Federal de Electricidad, “Informe Final de Seguridad, Fire Hazard Analysis”, LVNPS-I&2 FSAR Appendix 9.5A, 2010.
- 8 U.S. Nuclear Regulatory Commission, “Fire Protection Program for Nuclear Power Plants During Decommissioning and Permanent Shutdown”, Draft Regulatory Guide DG-1069, julio 1998.
- 9 David Miskiewicz, “Lessons Learned Developing a Fire PRA for an NFPA-805 Pilot Application”, Progress Energy Raleigh, NC, 2008.
- 10 National Fire Protection Association, “Standard for Fire Doors and Fire Windows”, NFPA 80 1999 Edition, 1999.
- 11 National Fire Protection Association, “Standard for Fire Walls and Fire Barrier Walls”, NFPA 221, 2000 Edition, 2000.
- 12 National Fire Protection Association, “Standard Methods of Tests of Fire Endurance of Building Construction and Materials”, NFPA 251 1999 Edition, 1999.
- 13 National Fire Protection Association, “Performance-Based Standard for Fire Protection for Light Water Reactor Electric Generating Plants”, NFPA 805 2001 Edition, 2001.
- 14 D. Hance, R. Kassawara, “EPRI/NRC-RES Fire Human Reliability Analysis Guidelines”, EPRI/NRC-RES Draft Report for Comment, EPRI 1019196, NUREG-1921, Electric Power Research Institute, noviembre 2009.
- 15 Electric Power Research Institute, “EPRI/NRC-RES Fire Probabilistic Risk Assessment Methods Enhancements Technical Report”, Supplement 1 to NUREG/CR-6850 and EPRI 1011989, septiembre 2010.

- 16 U.S. Nuclear Regulatory Commission, “Risk-Informed, Performance-Based Fire Protection for Existing Light-Water Nuclear Power Plants”, Regulatory Guide 1.205, septiembre 2004.
- 17 Comisión Federal de Electricidad, “Classification of Structures, Systems and Components”, LVNPS-1&2 FSAR TABLE 3.2-1, 2010.
- 18 Usama Farradj and Kiang Zee, “Scoping Fire Modeling for Defining the Zone of Influence for fire PRA”, ERIN Engineering and Research, Inc. 2175 N. California Blvd., Suite 810 Walnut Creek, CA 94596, 2008.
- 19 J.S. Hyslop, “Applications of Fire PRA in NFPA 805 Frequently-Asked-Questions Program”, U.S. Nuclear Regulatory Commission, Washington, 2008.
- 20 Electric Power Research Institute, “EPRI/NRC-RES Fire PRA Methodology for Nuclear Power Facilities” EPRI 1011989 and NUREG/CR-6850, 2005.
- 21 Comisión Federal de Electricidad, “Fire Protection Evaluation for all Buildings”, LVNPS-1&2 FSAR Appendix 9.5A, 2010.
- 22 Comisión Federal de Electricidad, “Fire Areas for all Buildings”, LVNPS-1&2 FSAR Appendix 9.5A, 2010.
- 23 M. P. Bohn, J.A. Lambright, “Procedures for the External Event Core Damage Frequency Analyses for NUREG-1 150”, U.S. Nuclear Regulatory Commission, prepared by Sandia National Laboratories, NUREG/CR-4840, SAND88-3102, 1990.
- 24 U.S. Nuclear Regulatory Commission, “PRA Procedures Guide: A Guide to the Performance of Probabilistic Risk Assessments for Nuclear Power Plants”, NUREG/CR-2300 Vol.1 y 2, 1983.
- 25 Comisión Federal de Electricidad, “Compliance of the LVNPS Fire Protection Program with the Requirements of the USNRC Branch Technical Position APCSB 9.5-1 Appendix A”, LVNPS-1&2 FSAR TABLE 9.5-4, 2010.
- 26 Electric Power Research Institute, “Fire PRA Methods Enhancements Additions, Clarifications, and Refinements to EPRI 1019189”, EPRI Interim Report 1016735, diciembre 2008.
- 27 Electric Power Research Institute, “EPRI/NRC-RES Fire Human Reliability Analysis Guidelines”, NUREG-1921, EPRI Report 1019196, Technical Update, November 2009.
- 28 Electric Power Research Institute, “EPRI/NRC-RES Nuclear Power Plant Fire-Modeling Applications Guide”, NUREG-1934, EPRI Report 1019195, diciembre 2009.
- 29 Electric Power Research Institute, “Use of EPRI/NRC-RES Fire Probabilistic Risk Assessment (PRA) Methodology in Estimating Risk Impact of Plant Changes Circuit Analyses”, EPRI Interim Report 1013489, diciembre 2006.

- 30 Nuclear Energy Institute, "Guidance for Implementing a Risk-Informed, Performance-Based Fire Protection Program Under 10 CFR 50.48(c)", Transition Process Pilot Report NEI 04-02, Final Report, julio 2004.
- 31 Electric Power Research Institute, "Fire tests in ventilated rooms detection of cable tray and exposure fires", EPRI NP-2751, Interim report, febrero 1983.
- 32 U.S. Nuclear Regulatory Commission, "Fire Dynamics Tools (FDTs): Quantitative Fire Hazard Analysis Methods for the U.S. Nuclear Regulatory Commission Fire Protection Inspection Program", NUREG-1805, Final Report, diciembre 2004.
- 33 U.S. Nuclear Regulatory Commission, "Cable Response to Live Fire (CAROLFIRE) Volume 3: Thermally-Induced Electrical Failure (THIEF)," NUREG/CR-6931 Vol. 3, NISTIR 7472, abril 2008.
- 34 American Society of Mechanical Engineers, "Standard for Probabilistic Risk Assessment for Nuclear Power Plant Applications", ASME RA/Sb-2005, Addendum B, 2005.
- 35 Comisión Federal de Electricidad, "Análisis probabilístico de seguridad de la Central Laguna Verde", Revisión 3.03, 2004.

Apéndice A:
Figuras y tablas de resultados para el caso de estudio

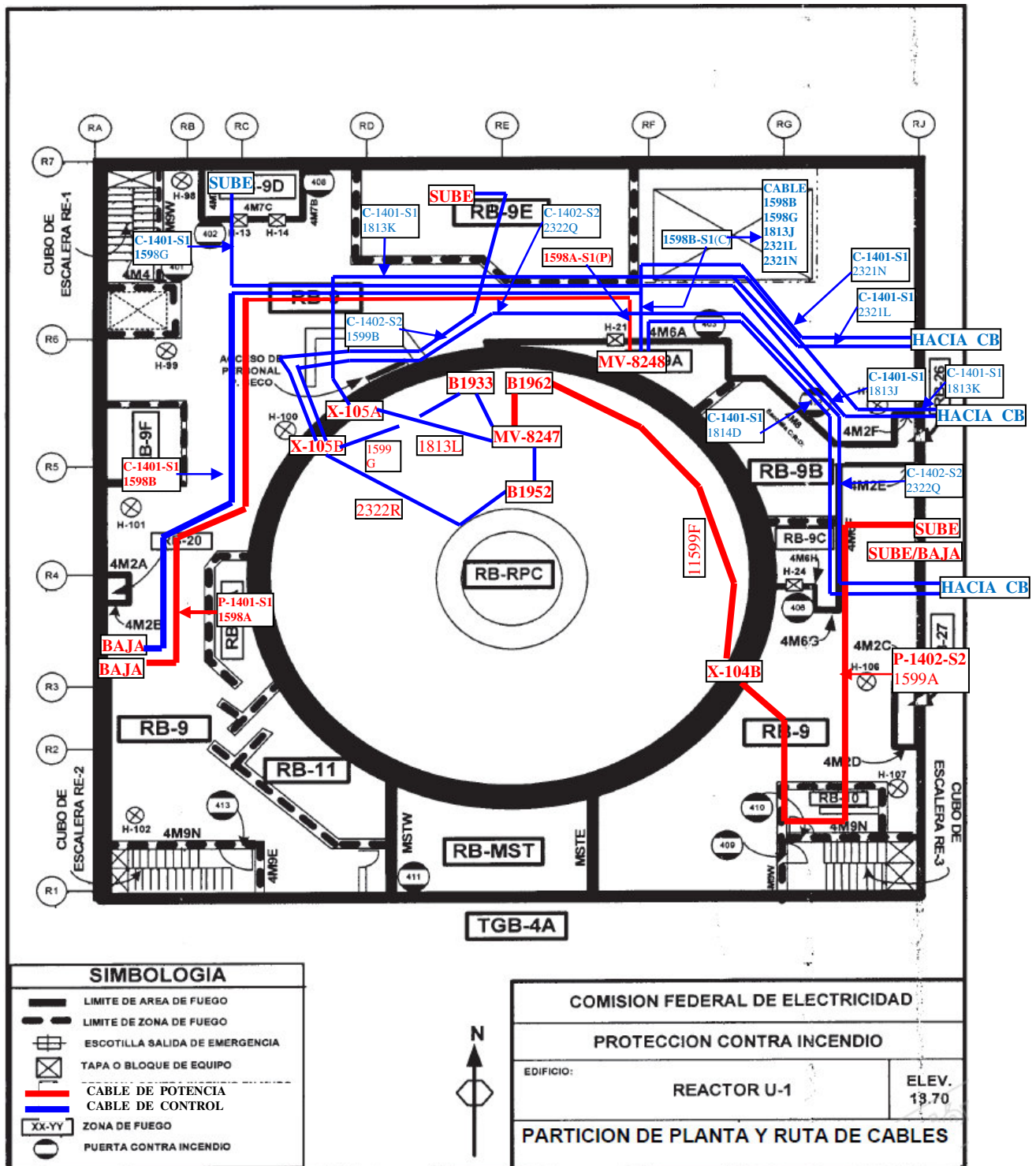


Figura A-0-1 Edificio del Reactor y Contención Primaria El. 18.70

Compartimentos	RPC – MV-8247	RB-9 – Ruta Cables
RB-9A – MV-8248	RB-26 – Ruta Cables	RB-20 Ruta Cables
RB-9D – Viene Cable de RB-16 (MCC-1A1-B EL. 25.10)	RB-9E-Ruta Cables	

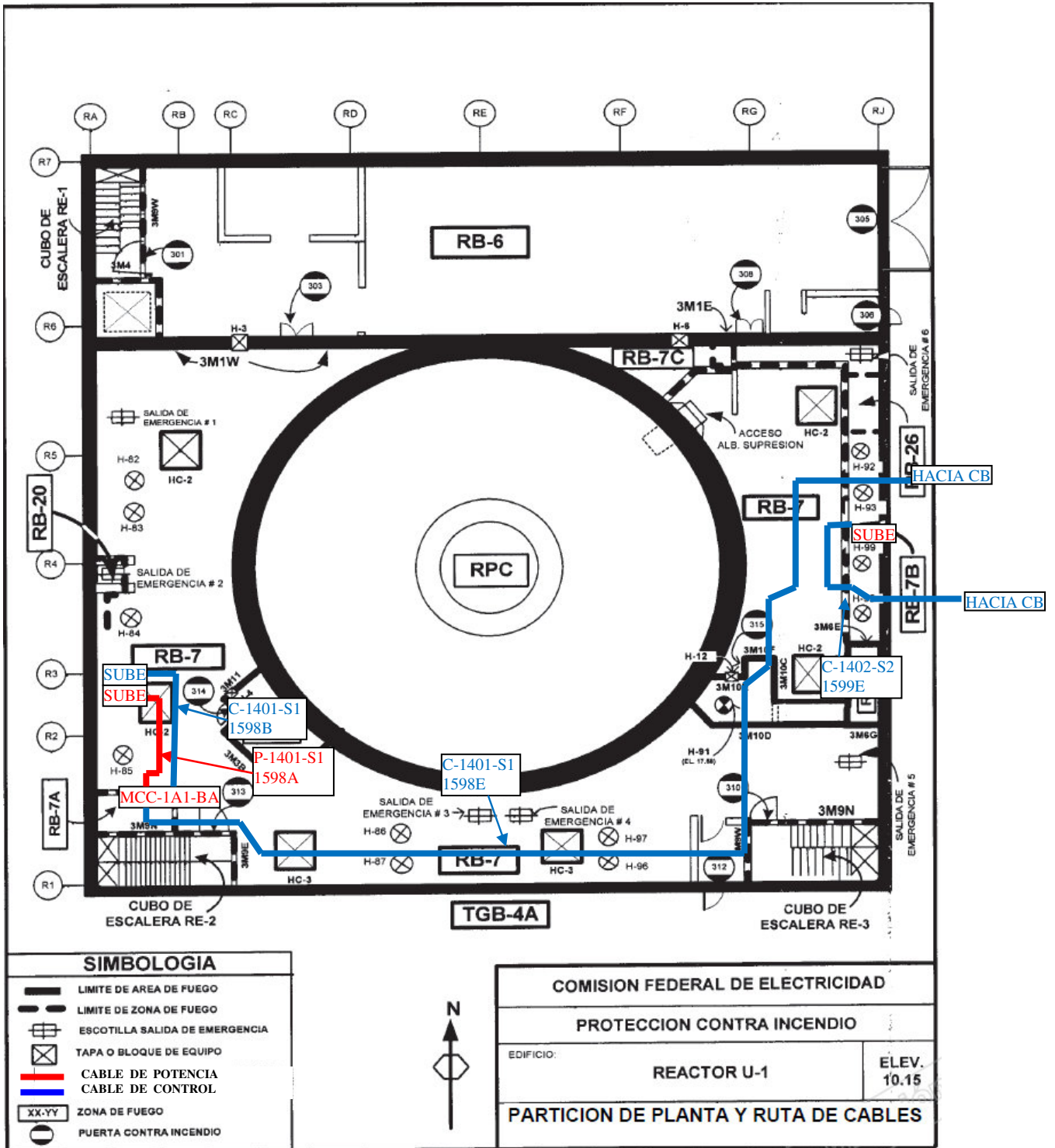


Figura A-0-2 Edificio del Reactor El. 10.15

Compartimentos	RB-7, RB-7A (MCC-1A1-BA) – Sube el Cable a RB-9 EL. 18.70
----------------	---

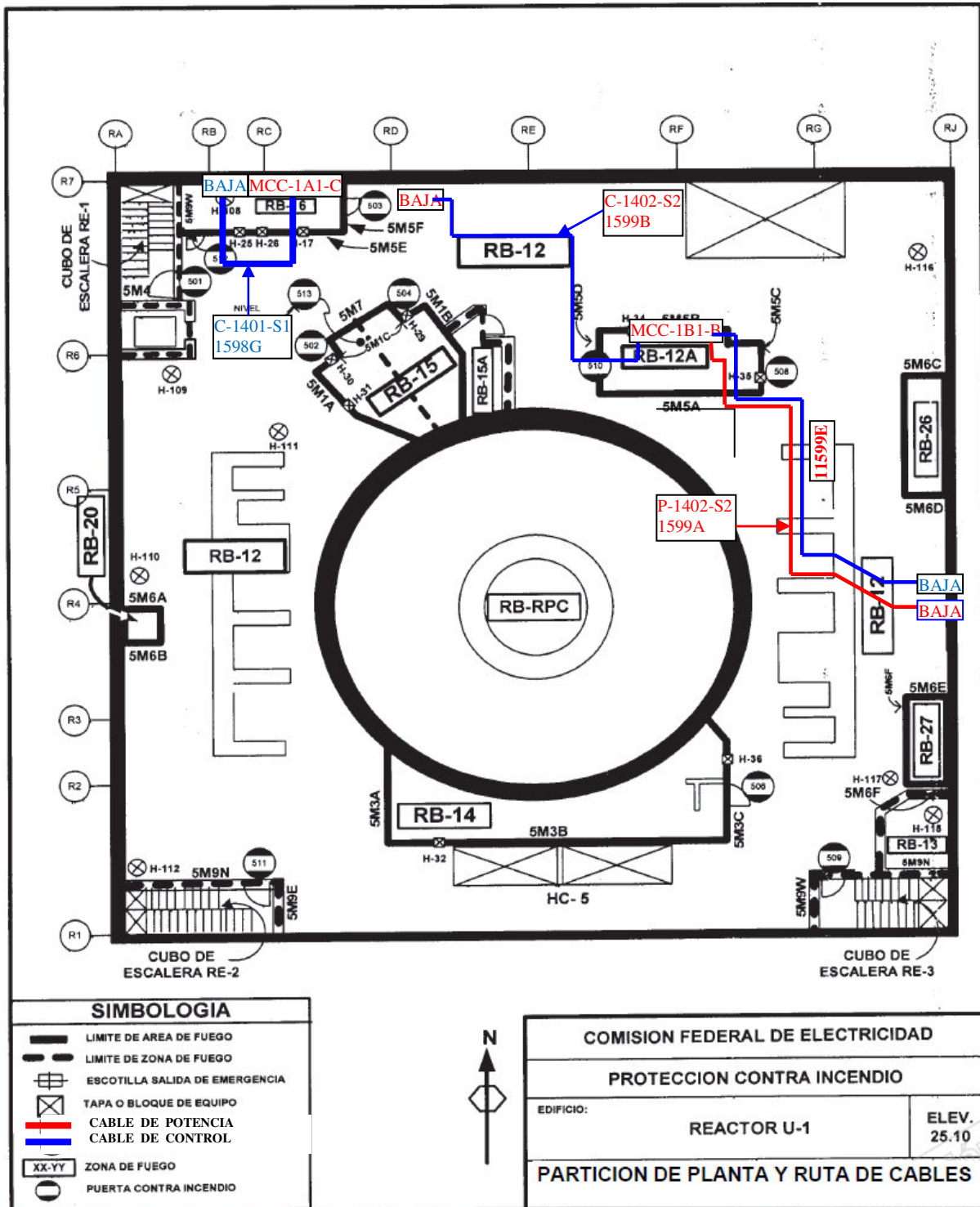


Figura A-0-3 Edificio del Reactor El. 25.10

Compartimentos	RB-16 (MCC-1A1-B – RB-12) – Baja el Cable a RB-9D EL. 18.70 RB-12A (MCC-1B1-B)-Baja el Cable a RB-9 EL 18.70
----------------	---

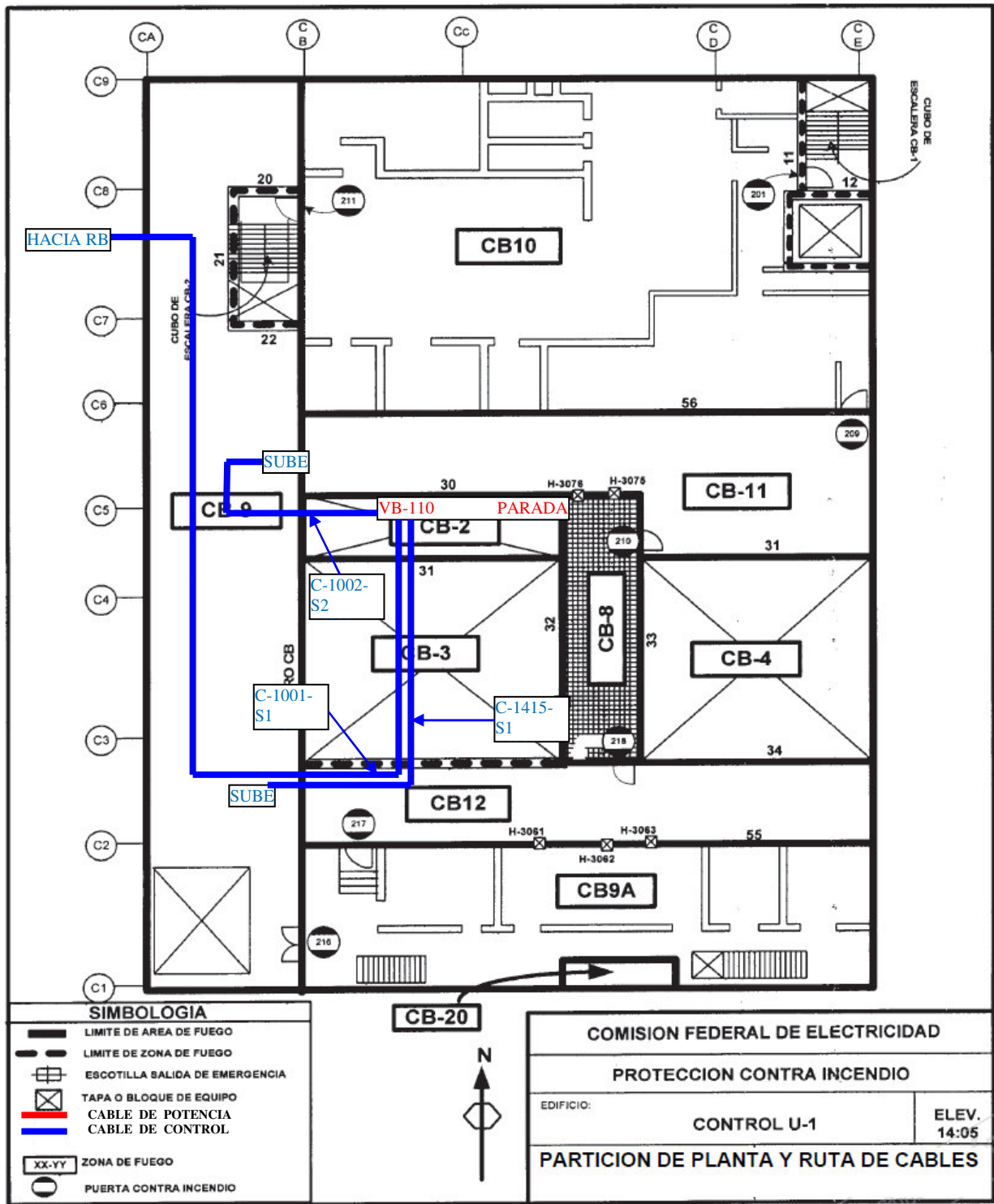


Figura A-0-4 Edificio de Control El. 14.05

Compartimentos	CB-2 VB-110 (Panel de Parada Remota) CB-3 Paso de Cables
----------------	---

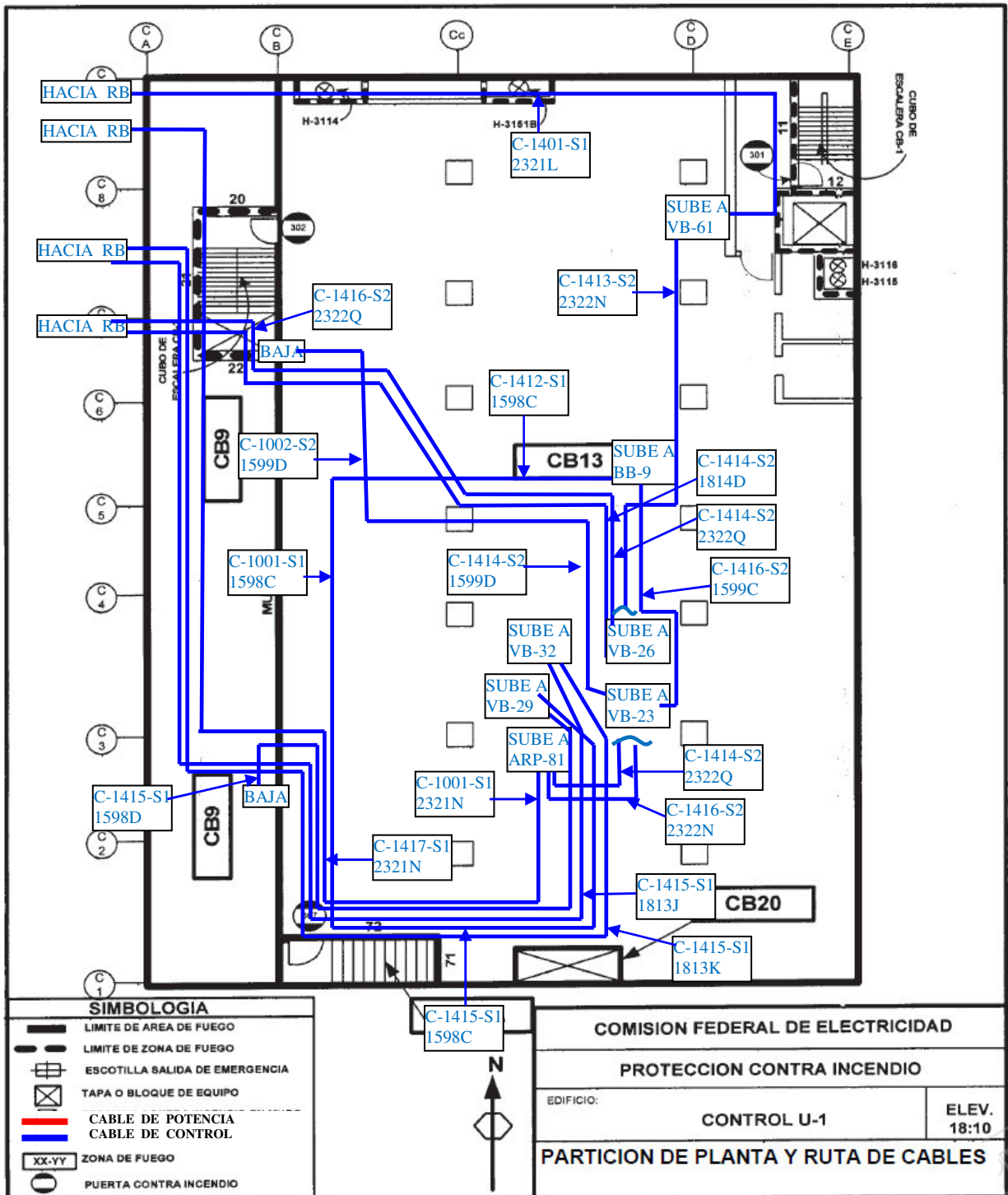
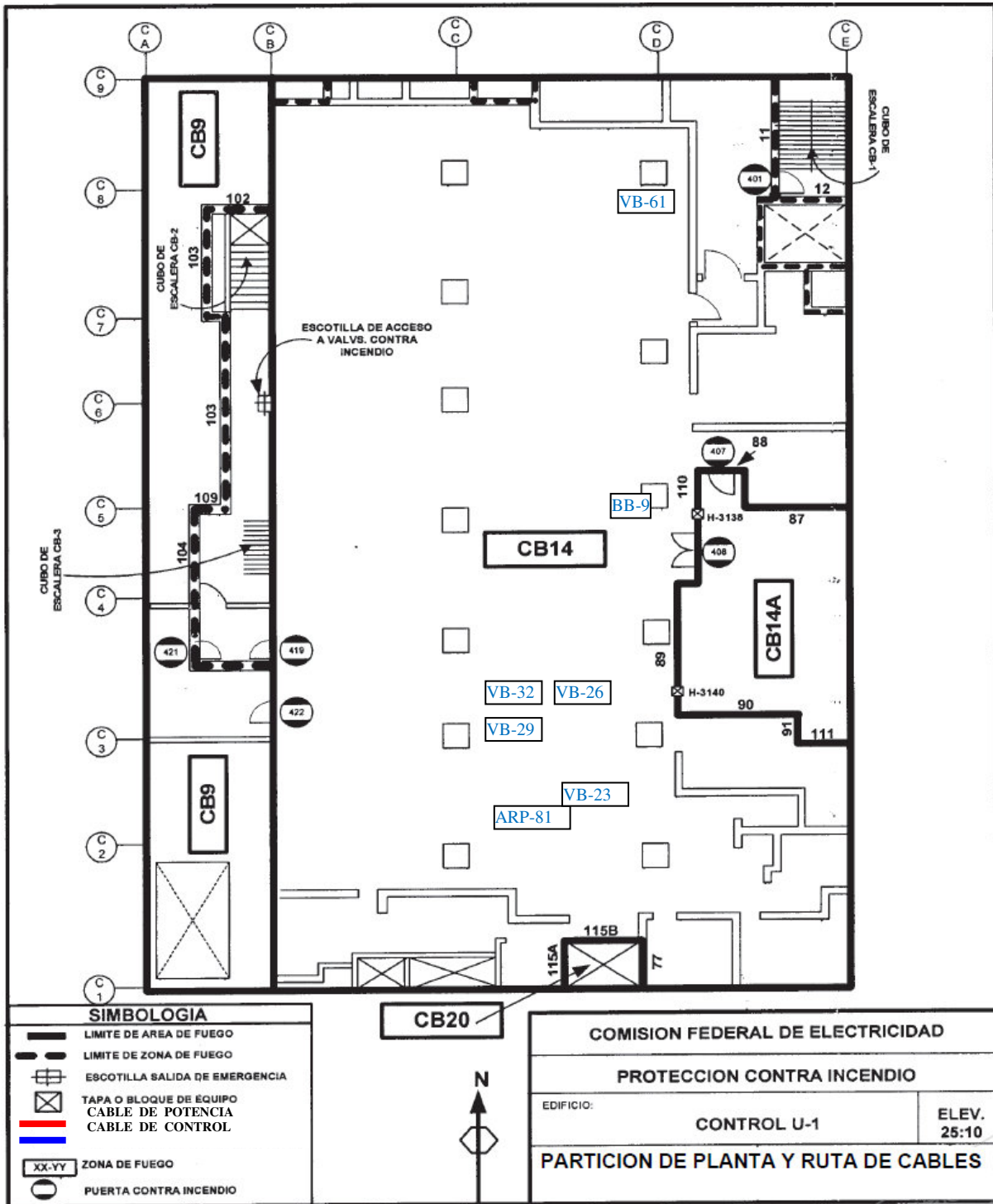


Figura A-0-5 Edificio de Control El. 18.10

Compartimentos
CB-9 Pasan Cables Provenientes de Reactor (RB-20 EL. 18.70) Dirigiéndose hacia CB-13



Compartimentos
CB-14 Cables que Suben a los Paneles desde (CB-13 EL. 18.10)

Tabla A-1 Información del Compartimento RPC

Información del compartimento

Compartimento RPC

Información del compartimento	
Unidad	1
Área de fuego CLV	RB-XXVII
Localización 6850	CNT
Edificio	RB
Factor de localización	1

Información de Transitorios	
Mantenimiento	0
Ocupación	0
Almacenamiento	0
Carga térmica cable	4487 Btu/ft ²
Mapeo transitorio	CNT

Información de las paredes del cuarto	
Espesor (ft)	4.92
Temperatura ambiente (C)	57.22
Numero de puertas	0
Altura de aperturas (ft)	No
Área abierta (ft2)	No
Tipo de construcción	Concreto
Conductividad térmica (Kw/m-K)	0.001
Densidad (kg/m ³)	2000
Calor específico (kJ/kg-K)	0.88

Detección y supresión fija	
Tipo de detección	No
Tipo de detección 2	No
Tiempo de llegada de brigada (min)	No definido
Tipo de supresión	No
Tipo de supresión 2	No

Información de la composición del cuarto							
Cuarto	Descripción del cuarto					Dibujo	Elevación
	<i>Longitud</i>	<i>Ancho</i>	<i>Alto</i>	<i>Área</i>	<i>Volumen</i>		
RB-XXVII	---	---	50.5 ft	4508 ft ²	266000 ft ³		
Total del compartimento				4508 ft²	266000 ft³		

Equipos en el compartimento			
Bomba de refrigerante del Reactor - Bin 2			
1-RRC-P001A	Bomba de recirculación del Reactor div. I		
1-RRC-P001B	Bomba de recirculación del Reactor div. II		
Subsistemas de Ventilación - Bin 26			
1-RRA-FC-001A	Vent & A/C Unit		
1-RRA-FC-001B	Vent & A/C Unit		
1-RRA-FC-002A	Vent & A/C Unit		
1-RRA-FC-002B	Vent & A/C Unit		
1-RRA-FC-003A	Vent & A/C Unit		
1-RRA-FC-003B	Vent & A/C Unit		
1-PRA-FN-006A	Ventilador		
1-PRA-FN-006B	Ventilador		
1-PRA-FN-006C	Ventilador		

Equipos en el compartimento			
Subsistemas de Ventilación - Bin 26			
1-PRA-FN-005A	Ventilador		
1-PRA-FN-005B	Ventilador		
1-PRA-FN-005C	Ventilador		
1-PRA-FN-005D	Ventilador		
1-PRA-FN-004A	Ventilador		
1-PRA-FN-004B	Ventilador		
Motores Eléctricos - Bin 14			
1-NCCW-MV-9339	Moto válvula		
1-RHR-MV-8908A	Moto válvula		
1-RHR-MV-8908B	Moto válvula		
1-RWCU-MV-8038B	Moto válvula		
1-RRC-MV-8829B	Moto válvula		
1-RRC-MV-8827B	Moto válvula		
1-RWCU-MV-8084	Moto válvula		
1-NCCW-MV-9359	Moto válvula		
1-NCCW-MV-8734	Moto válvula		
1-RHR-MV-8247	Moto válvula		
1-RRC-MV-8827A	Moto válvula		
1-NCCW-MV-9342	Moto válvula		
1-NCCW-MV-9343	Moto válvula		
1-RRC-MV-8826	Moto válvula		
1-RWCU-MV-8039	Moto válvula		
1-RRC-MV-8827A	Moto válvula		
1-NCCW-MV-9342	Moto válvula		
1-NCCW-MV-9343	Moto válvula		
1-NCCW-MV-9340	Moto válvula		
1-EDM-MV-2002	Moto válvula		
1-EDM-MV-2001	Moto válvula		
1-EDM-MV-2003	Moto válvula		
1-MS-MV-8341	Moto válvula		
1-MS-MV-8147	Moto válvula		
1-NCCW-MV-9341	Moto válvula		
1-NCCW-MV-9344	Moto válvula		
1-MS-MV-9060	Moto válvula		
1-MS-MV-9051	Moto válvula		
1-MS-MV-9059	Moto válvula		
1-LCS-MV-8103G	Moto válvula		

lista de penetraciones en RPC					
Elevación	Hacia compartimento	I & C	Eléctricas	Mecánicas	Hatch
-0.65&3.30m	RB-2	1		6	
-0.65&3.30m	RB-24			3	
-0.65&3.30m	RB-3	1		3	
-0.65&3.30m	RB-3A			2	
-0.65&3.30m	RB-4			2	
-0.65&3.30m	RB-4A	2		2	
10.15m	RB-7	15		12	(1) Para el personal
10.15m	RB-7C			2	
10.15m	RB-27	1		3	
10.15m	RB-3			2	
18.70m	RB-9	27	1	11	(1) Para el personal
18.70m	RB-9A		1		
18.70m	RB-9B		2		(1) Para equipo
18.70m	RB-9C		3		
18.70m	RB-11	4			
18.70m	RB-11A	3	3		
18.70m	RB-MST		6		
25.10m	RB-12	10	10	12	
25.10m	RB-14	2			
25.10m	RB-15			1	
25.10m	RB-15A			1	
33.00m	RB-17	4		7	
33.00m	RB-20	4			
33.00m	RB-25	2		2	

Rutas de acceso al compartimento RPC	
Ruta de acceso preferida	Desde El. 10.15 vía RB-6; RB-9 usando las puertas de escotilla R-306/307; escalera RE-1 y usando las puertas de acceso R-304, R-301, R-401
Ruta de acceso secundaria	Desde El. 10.15 vía RB-6; RB-7; RB-9 usando las puertas de escotilla R-306/307; escalera RE-2 and usando las puertas de acceso R-308-R-313; R-413 El.18.70

Características de Ventilación RPC			
Tipo	Suministro	Retorno	Ventilación Emerg.
Aire acondicionado por 1-PRA-FC's-001A/B, 2A/B, 3A/B	recirculación	recirculación	N/A

Comentarios
Tipo de área de radiación: área con radiación / área contaminada
Bases del compartimento: El piso del pozo seco es una losa de concreto reforzado de 2.5' de espesor, tiene la forma de un cono truncado de concreto de 4.92' de espesor. Tiene adyacentes a todos los compartimentos del Edificio del Reactor. El techo es una tapa de acero desmontable de forma semiéptica con diámetro aproximado de 27.9'. No hay charolas de cables.
Base para el factor de transitorios por mantenimiento: actividades de mantenimiento durante operación a potencia no son posibles por diseño.
Base para el factor de transitorios por ocupación: la entrada al compartimento no es posible durante la operación de la planta.
Base para el factor de transitorios por almacenamiento: la entrada al compartimento no es posible durante la operación de la planta.
Detección / Supresión Ninguna detección ni supresión es localizada en este cuarto
Base para la Ventilación del Área: En operación a potencia, la atmósfera del compartimento es inertizada, por lo que no se considera riesgo de incendio.

Tabla A-2 Información del Compartimento RB-9

Información del compartimento

Compartimento RB-9

Información del compartimento	
Unidad	1
Área de fuego CLV	RB-IX
Localización 6850	CAR
Edificio	RB
Factor de localización	1

Información de Transitorios	
Mantenimiento	3
Ocupación	1
Almacenamiento	1
Carga térmica cable	74991 Btu/ft ²
Mapeo transitorio	CAR

Información de las paredes del cuarto	
Espesor (ft)	2
Temperatura ambiente (C)	21.1
Numero de puertas	14
Altura de aperturas (ft)	No
Área abierta (ft ²)	No
Tipo de construcción	Concreto
Conductividad térmica (kW/m-K)	0.001
Densidad (kg/m ³)	2000
Calor específico (kJ/kg-K)	0.88

Detección y supresión fija	
Tipo de detección	ionización
Tipo de detección 2	térmico
Tiempo de llegada de brigada (min)	No definido
Tipo de supresión	No
Tipo de supresión 2	multiciclo

Información de la composición del cuarto							
Cuarto	Descripción del cuarto					Dibujo	Elevación
	<i>Longitud</i>	<i>Ancho</i>	<i>Alto</i>	<i>Area</i>	<i>Volumen</i>		
RB-IX	---	---	21 ft	6728 ft ²	135752 ft ³	9.5A-2	18.70
Total del compartimento				6728 ft²	135752 ft³		

Equipos en el compartimento			
Motores Eléctricos - Bin 14			
1-NCCW-MV-8736	Válvula operada por motor		
Subsistemas de Ventilación - Bin 26			
1-RMA-FN-002	Ventilador de mezcla		
1-RMA-FN-002	Ventilador de mezcla		
Transformadores (Plant-Wide Components)- Bin 23			
LP-TR-R3 NS1	Transformador		
LP-TR-9A N/E S1	Transformador		
LP-TR-16A N S1	Transformador		
LP-TR-R3A N/E S1	Transformador		
LP-TR-R13 N S2	Transformador		
LP-TR-R17 N S2	Transformador		
Transformadores (Plant-Wide Components)- Bin 23			
LP-TR-R18 N S2	Transformador		
LP-TR-R4 N S2	Transformador		
LP-TR-R9 N S2	Transformador		

lista de penetraciones en RB-9					
Elevación	Hacia compartimento	I & C	Eléctricas	HVAC	Mecánicas
18.70	RB-6	1	1	2	17
	RB-7B	2	2		1
	RB-9C	1	2	1	5
	RB-12	14	9	5	46
	RB-13	13		5	
	RB-7		4	5	30
	RB-9A		4	1	5
	RB-9B		2		
	RB-9D		5	2	8
	CB-9		4		
	MST		5		
	RB-7A			1	2
	RB-26			1	2
	RB-14				2
	RB-15A				1
	RB-20				1
	TGB-4A				1

Rutas de acceso al compartimento RB-9	
Ruta de acceso preferida	Desde El. 10.15 m vía RB-6 usando las puertas de escotilla R-306/7 escalera RE-1 y puertas de acceso R-304; R-301 and R-401.
Ruta de acceso secundaria	Desde El. 10.15 vía RB-6 and RB-7 usando las puertas de escotilla R-306/307; escalera RE-3/RE-2 y puertas de acceso R-308; R-310; R-409; R-313 y R-413.

Características de Ventilación RB-9			
Tipo	Suministro	Retorno	Ventilación Emerg.
Aire acondicionado por ductos	8650 (70°F)	8650 (104°F)	N/A

Comentarios
Tipo de área de radiación: área con radiación / área no contaminada
Bases del compartimento: El piso y los muros son de concreto de 1 y 2 ft de espesor respectivamente, y como compartimentos adyacentes tiene: norte exterior, sur TGB-4A, este CB-9, oeste RW-6. El piso tiene un hatch de equipo el cual es cerrado durante operación y puede sostener sustancialmente los efectos de un incendio.
Base para el factor de transitorios por mantenimiento: número promedio de ordenes de trabajo
Base para el factor de transitorios por ocupación: compartimento con tránsito peatonal bajo o fuera de la ruta de tráfico general
Base para el factor de transitorios por almacenamiento: compartimento donde ningún material combustible/ flamable es almacenado.
Detección / Supresión Los detectores de incendio mandan señal al LFDPC PANEL 1-3A local en el Edificio del Reactor y este manda a su vez manda señal al MFDPC en el Edificio del CAS-DIESEL.
Base para la Ventilación del Área: La ventilación es a través de ductos de suministro y de retorno, la ventilación se encuentra en servicio durante operación normal, se mantiene presión negativa en el compartimento (-0.25 in WG), la ventilación no dispara en caso de incendio en el área.

Tabla A-3 Información del Compartimento RB-9A

Información del compartimento

Compartimento RB-9A

Información del compartimento	
Unidad	1
Área de fuego CLV	RB-IX
Localización 6850	CAR
Edificio	RB
Factor de localización	1

Información de Transitorios	
Mantenimiento	3
Ocupación	1
Almacenamiento	1
Carga térmica cable	0 Btu/ft ²
Mapeo transitorio	CAR

Información de las paredes del cuarto	
Espesor (ft)	1.5
Temperatura ambiente (C)	21.1
Numero de puertas	1
Altura de aperturas (ft)	No
Área abierta (ft2)	No
Tipo de construcción	Concreto
Conductividad térmica (kW/m-K)	0.001
Densidad (kg/m ³)	2000
Calor específico (kJ/kg-K)	0.88

Detección y supresión fija	
Tipo de detección	ionización
Tipo de detección 2	No
Tiempo de llegada de brigada (min)	No definido
Tipo de supresión	No
Tipo de supresión 2	No

Información de la composición del cuarto							
Cuarto	Descripción del cuarto					Dibujo	Elevación
	<i>Longitud</i>	<i>Ancho</i>	<i>Alto</i>	<i>Área</i>	<i>Volumen</i>		
RB-IX	---	---	8.7 ft	413.3 ft ²	8339 ft ³	9.5A-2	18.70
Total del compartimento				413.3 ft²	8339 ft³		

Equipos en el compartimento			
Motores Eléctricos - Bin 14		Number Counted	Not Counted
1-RHR-MV-8248	Válvula operada por motor		

lista de penetraciones en RB-9A					
Elevación	Hacia compartimento	I & C	Eléctricas	HVAC	Mecánicas
18.70	RB-9		4	1	

Rutas de acceso al compartimento RB-9A	
Ruta de acceso preferida	Desde el. 10.15 vía RB-ID; usando las puertas de escotilla R-306/307; escalera RE-1 y puerta de acceso R-304; R-301; R-401 y R-404
Ruta de acceso secundaria	Desde el. 10.15 vía RB-ID; RB-IXB;RB-vía; usando las puertas de escotilla R-306/307; escalera RE-3 y puerta de acceso R-308; R-310; R-409 y R-404

Características de Ventilación RB-9A			
Tipo	Suministro	Retorno	Ventilación Emerg.
Aire acondicionado por ductos	2200 (70°F)	8650 (85°F)	N/A

Comentarios
Tipo de área de radiación: área con radiación / área no contaminada
Bases del compartimento: El piso y los muros son de concreto de 1 y 1.5 ft de espesor respectivamente, y como compartimentos adyacentes tiene a RB-9, RB-9B y RPC.
Base para el factor de transitorios por mantenimiento: número promedio de ordenes de trabajo
Base para el factor de transitorios por ocupación: compartimento con tránsito peatonal bajo o fuera de la ruta de tráfico general
Base para el factor de transitorios por almacenamiento: compartimento donde ningún material combustible/ flamable es almacenado
Detección / Supresión Los detectores de incendio Mandan señal al LFDPC PANEL 1-3A local en el Edificio del Reactor y este manda a su vez manda señal al MFDPC en el Edificio del CAS-DIESEL
Base para la Ventilación del Área: La ventilación es a través de rejilla de suministro y de retorno, la ventilación se encuentra en servicio durante operación normal, se mantiene presión negativa en el compartimento (-0.25 in WG), la ventilación no dispara en caso de incendio en el área.

Tabla A-4 Información del Compartimento RB-9D

Información del compartimento

Compartimento RB-9D

<i>Información del compartimento</i>	
Unidad	1
Área de fuego CLV	RB-X
Localización 6850	CAR
Edificio	RB
Factor de localización	1

<i>Información de Transitorios</i>	
Mantenimiento	1
Ocupación	1
Almacenamiento	1
Carga térmica cable	110879.4 Btu/ft ²
Mapeo transitorio	CAR

<i>Información de las paredes del cuarto</i>	
Espesor (ft)	1
Temperatura ambiente (C)	21.1
Numero de puertas	2
Altura de aperturas (ft)	No
Área abierta (ft2)	No
Tipo de construcción	Concreto
Conductividad térmica (kW/m-K)	0.001
Densidad (kg/m ³)	2000
Calor específico (kJ/kg-K)	0.88

<i>Detección y supresión fija</i>	
Tipo de deteccion	ionización
Tipo de deteccion 2	térmico
Tiempo de llegada de brigada (min)	No definido
Tipo de supresion	No
Tipo de supresion 2	No

<i>Información de la composición del cuarto</i>							
Cuarto	<i>Descripción del cuarto</i>					<i>Dibujo</i>	<i>Elevación</i>
	<i>Longitud</i>	<i>Ancho</i>	<i>Alto</i>	<i>Area</i>	<i>Volumen</i>		
RB-X	---	---	21 ft	178 ft ²	3593 ft ³	9.5A-2	18.70
Total del compartimento				178 ft²	3593 ft³		

<i>Equipos en el compartimento</i>			
Gabinetes Eléctricos - Bin 15			
MCC-IAA-125 S1 (Div.I)	Centro de control de motores		
Subsistemas de Ventilación - Bin 26			
1-RRA-FC-006-I	Vent & AC unit		
LP-TR-R9 N S2	Transformador		

<i>Lista de penetraciones en RB-9D</i>					
<i>Elevación</i>	<i>Hacia compartimento</i>	<i>I & C</i>	<i>Eléctricas</i>	<i>HVAC</i>	<i>Mecánicas</i>
18.70	RB-6		1		
	RB-9		5	2	8
	RB-16		1	1	
	RB-20				1
	TGB-4 ^a				1

Rutas de acceso al compartimento RB-9D	
Ruta de acceso preferida	Desde El. 10.15 m vía RB-6 and RB-9 usando las escotillas R- 306/307; escalera RE-1 y puertas de acceso R-304; R-301; R-401 and R-402 o R-408.
Ruta de acceso secundaria	Desde El. 10.15 vía RB-6; RB-7 y RB-9 usando las puertas de escotilla R-306/307; escalera RE-3 y puertas de acceso R-308; R-409 y R-402 o R-408.

Características de Ventilación RB-9D			
Tipo	Suministro	Retorno	Ventilación Emerg.
Aire acondicionado por ductos	160 (70°F)	160 (104°F)	4440 (101°F)

Comentarios
Tipo de área de radiación: área con radiación / área no contaminada
Bases del compartimento: El piso y los muros son de concreto de de 1 ft de espesor, y como compartimentos adyacentes tiene: norte exterior, sur RB-9, este RB-9, oeste RB-9. Cuenta con 2 puertas: R-402 de 121 cm de ancho x 213 cm de alto con resistencia al fuego de 3 horas. R-408 de 76 cm x 213 cm con resistencia al fuego de 3 horas.
Base para el factor de transitorios por mantenimiento: pequeño número de órdenes de trabajo comparado con el número promedio de las órdenes de trabajo de un compartimento típico.
Base para el factor de transitorios por ocupación: compartimento con tránsito peatonal bajo o fuera de la ruta de tráfico general.
Base para el factor de transitorios por almacenamiento: compartimento donde ningún material combustible/ flamable es almacenado.
Detección / Supresión Los detectores de incendio Mandan señal al LFDPCP PANEL 1-3A local en el Edificio del Reactor y este manda a su vez manda señal al MFDCP en el Edificio del CAS-DIESEL.
Base para la Ventilación del Área: La ventilación es a través de un ramal en ducto de suministro con un compuerta contra incendio en la penetración con rejilla de suministro de aire en el muro sur del compartimento, la extracción es a través de una rejilla de transferencia con una compuerta contra incendio que dirige el aire hacia el compartimento RB-9, a su vez cuenta con una compuerta de gravedad para evitar el flujo inverso. En caso de incendio, la compuerta contra incendio cortará el suministro de aire hacia el compartimento.

Tabla A-5 Información del Compartimento RB-7

Información del compartimento

Compartimento RB-7

Información del compartimento	
Unidad	1
Área de fuego CLV	RB-VII
Localización 6850	CAR
Edificio	RB
Factor de localización	1

Información de Transitorios	
Mantenimiento	3
Ocupación	1
Almacenamiento	1
Carga térmica cable	44418.8 Btu/ft ²
Mapeo transitorio	CAR

Información de las paredes del cuarto	
Espesor (ft)	2
Temperatura ambiente (C)	21.1
Numero de puertas	7
Altura de aperturas (ft)	No
Área abierta (ft2)	No
Tipo de construcción	Concreto
Conductividad térmica (kW/m-K)	0.001
Densidad (kg/m ³)	2000
Calor específico (kJ/kg-K)	0.88

Detección y supresión fija	
Tipo de deteccion	Ionización
Tipo de deteccion 2	Térmico
Tiempo de llegada de brigada (min)	No definido
Tipo de supresion	Multiciclo
Tipo de supresion 2	Multiciclo

Informacion de la composicion del cuarto							
Cuarto	Descripción del cuarto					Dibujo	Elevación
	<i>Longitud</i>	<i>Ancho</i>	<i>Alto</i>	<i>Area</i>	<i>Volumen</i>		
RB-VII	---	---	28 ft	6976 ft ²	183930 ft ³	9.5A-2	10.15
Total del compartimento				6976 ft²	183930 ft³		

Equipos en el compartimento			
Gabinetes Eléctricos - Bin 15			
MCC-IBA-AA	Centro de control de motores		
MCC-1C-AA-DIV-B	Centro de control de motores		
MCC-IBA-AA DIV A	Centro de control de motores		
MCC-IAI-BA-S1	Centro de control de motores		
Motores Eléctricos - Bin 14			
1-PHO-MV-4811/12	Válvula operada por motor		
1-PHO-MV-4809	Válvula operada por motor		
1-PHO-MV-4805	Válvula operada por motor		
1-PHO-MV-4806	Válvula operada por motor		
1-LCS-MV-8104A	Válvula operada por motor		
1-LCS-MV-8106A	Válvula operada por motor		
1-LCS-MV-8104E	Válvula operada por motor		
1-NSW-MV-8476	Válvula operada por motor		
1-NSW-MV-8453	Válvula operada por motor		

Transformadores (Plant-Wide Components)- Bin 23			
PDP-R52-TRANSF N52	Transformador		

lista de penetraciones en RB-7					
Elevación	Hacia compartimento	I & C	Eléctricas	HVAC	Mecánicas
10.15	RB-2A	2			3
	RB-3	2	4	3	5
	RB-3A	1	1		7
	RB-4A	2	1	1	3
	RB-9	13	4	5	30
	RB-27	1	5	1	1
	RB-2		1	2	9
	RB-4		1	2	5
	RB-6		10	1	18
	RB-9F		2		
	CB-9		2		2
	RB-11				11
	RB-11A				1
	NST				2

Rutas de acceso al compartimento RB-7	
Ruta de acceso preferida	Desde zona de incendio RB-6 a través de las puertas de escotilla R-306; R-307 por medio de las puertas R-303 or R-308
Ruta de acceso secundaria	Desde el Edificio de Turbina a través de las puertas de escotilla R-311, R-312

Características de Ventilación RB-7			
Tipo	Suministro	Retorno	Ventilación Emerg.
Aire acondicionado por ductos	5200 (70°F)	5200 (104°F)	N/A

Comentarios
Tipo de área de radiación: área con radiación / área no contaminada
Bases del compartimento: El piso y los muros son de concreto de 1 y 2 ft de espesor respectivamente, y como compartimentos adyacentes tiene: norte RB-6, sur TGB-4A, este CB-9, oeste RW-5. Dentro del compartimento se tienen los siguientes hatches: (6) para equipo ((1) hacia compartimento RB-2; (1) hacia compartimento RB-4; (1) hacia compartimento RB-4A en piso; (1) hacia compartimento RB-2A ; (1) hacia compartimento RB-3A con cubierta de acero; (6) hacia escape (1) hacia compartimento RB-2; (1) hacia compartimento RB-3; (1) hacia compartimento RB-4A en piso; (1) hacia compartimento RB-2A; (1) hacia compartimento RB-3A).
Base para el factor de transitorios por mantenimiento: número promedio de ordenes de trabajo
Base para el factor de transitorios por ocupación: compartimento con tránsito peatonal bajo o fuera de la ruta de trafico general
Base para el factor de transitorios por almacenamiento: compartimento donde ningún material combustible/ flamable es almacenado.
Detección / Supresión Los detectores de incendio Mandan señal al LFDPC PANEL 1-3A local en el Edificio del Reactor y este manda a su vez manda señal al MFDPC en el Edificio del CAS-DIESEL.
Base para la Ventilación del Área: La ventilación es a través de ductos de suministro y de retorno, la ventilación se encuentra en servicio durante operación normal, se mantiene presión negativa en el compartimento (-0.25 in WG), la ventilación no dispara en caso de incendio en el área.

Tabla A-6 Información del Compartimento RB-16

Información del compartimento

Compartimento RB-16

<i>Información del compartimento</i>	
Unidad	1
Área de fuego CLV	RB-XIII
Localización 6850	CAR
Edificio	RB
Factor de localización	1

<i>Información de Transitorios</i>	
Mantenimiento	3
Ocupación	1
Almacenamiento	1
Carga térmica cable	37979.4 Btu/ft ²
Mapeo transitorio	CAR

<i>Información de las paredes del cuarto</i>	
Espesor (ft)	1
Temperatura ambiente (C)	21.1
Numero de puertas	2
Altura de aperturas (ft)	No
Área abierta (ft2)	No
Tipo de construcción	Concreto
Conductividad térmica (kW/m-K)	0.001
Densidad (kg/m ³)	2000
Calor específico (kJ/kg-K)	0.88

<i>Detección y supresión fija</i>	
Tipo de detección	Ionización
Tipo de detección 2	Térmico
Tiempo de llegada de brigada (min)	No definido
Tipo de supresión	No
Tipo de supresión 2	multiciclo

<i>Información de la composición del cuarto</i>							
Cuarto	<i>Descripción del cuarto</i>					<i>Dibujo</i>	<i>Elevación</i>
	<i>Longitud</i>	<i>Ancho</i>	<i>Alto</i>	<i>Area</i>	<i>Volumen</i>		
RB-VII	---	---	26 ft	282.94 ft ²	7146.78 ft ³	9.5A-3	25.10
Total del compartimento				282.94 ft²	7146.78 ft³		

<i>Equipos en el compartimento</i>			
Gabinetes Eléctricos - Bin 15			
1-MCC-1A1-B	Centro de control de motores		
1-MCC-1A1-C	Centro de control de motores		
Subsistemas de Ventilación - Bin 26			
1-RRR-FC-007A	Vent A/C Unit		

<i>lista de penetraciones en RB-16</i>					
<i>Elevación</i>	<i>Hacia compartimento</i>	<i>I & C</i>	<i>Eléctricas</i>	<i>HVAC</i>	<i>Mecánicas</i>
25.10	RB-9D		1	1	
	RB-12		5	3	5
	RB-17		1		

Rutas de acceso al compartimento RB-16	
Ruta de acceso preferida	Para El. 10.15 vía RB-6 hacia cubo de escaleras RE1 usando las puertas de escotilla R-306/7 y puertas de acceso R-304, R-301, R-501 and R-512 o R-503
Ruta de acceso secundaria	A través de las puertas de escotilla R-311/2 hacia cubo de escaleras RE3, usando las puertas de acceso R-310, R-509 and R-512 o R-503

Características de Ventilación RB-16			
Tipo	Suministro	Retorno	Ventilación Emerg.
Aire acondicionado por ductos	800 (70°F)	800 (100°F)	4990 CFM (94°F)

Comentarios
Tipo de área de radiación: área con radiación / área no contaminada
Bases del compartimento: El piso y los muros son de concreto de 1 ft de espesor, y como compartimentos adyacentes tiene: norte exterior, sur RB-12, este RB-12, oeste RB-12. La puerta del lado sur R-512 es de 90cm de ancho x 220 cm de alto, la puerta del lado este R-503 es de 104 cm de ancho x 320 cm de alto, ambas puertas con resistencia al fuego de 3 horas.
Base para el factor de transitorios por mantenimiento: número promedio de ordenes de trabajo.
Base para el factor de transitorios por ocupación: compartimento con tránsito peatonal bajo o fuera de la ruta de trafico general.
Base para el factor de transitorios por almacenamiento: compartimento donde ningún material combustible/ flamable es almacenado.
Detección / Supresión Los detectores de incendio Mandan señal al LFDPC PANEL 1-3A local en el Edificio del Reactor y este manda a su vez manda señal al MFDCP en el Edificio del CAS-DIESEL.
Base para la Ventilación del Área: La ventilación es a través de un ramal en ducto de suministro con una compuerta contra incendio en la penetración con rejilla de suministro de aire en el muro sur del compartimento, la extracción es a través de una rejilla de transferencia con una compuerta contra incendio que dirige el aire hacia el compartimento RB-12, a su vez cuenta con una compuerta de gravedad para evitar el flujo inverso. En caso de incendio, la compuerta contra incendio cortará el suministro de aire hacia el compartimento.

Tabla A-7 Información del Compartimento CB-9

Información del compartimento

Compartimento CB-9

Información del compartimento	
Unidad	1
Área de fuego CLV	CB-V
Localización 6850	CAR
Edificio	CB
Factor de localización	1

Información de Transitorios	
Mantenimiento	3
Ocupación	1
Almacenamiento	1
Carga térmica cable	249140.2 Btu/ft ²
Mapeo transitorio	CAR

Información de las paredes del cuarto	
Espesor (ft)	1.5
Temperatura ambiente (C)	40
Numero de puertas	12
Altura de aperturas (ft)	No
Área abierta (ft2)	No
Tipo de construcción	Concreto
Conductividad térmica (kW/m-K)	0.001
Densidad (kg/m ³)	2000
Calor específico (kJ/kg-K)	0.88

Detección y supresión fija	
Tipo de detección	Ionización
Tipo de detección 2	Térmico
Tiempo de llegada de brigada (min)	No definido
Tipo de supresión	No
Tipo de supresión 2	Multiciclo

Información de la composición del cuarto							
Cuarto	<i>Descripción del cuarto</i>					<i>Dibujo</i>	<i>Elevación</i>
	<i>longitud</i>	<i>ancho</i>	<i>alto</i>	<i>Área</i>	<i>Volumen</i>		
RB-VII	163.3	148.3	74.31 ft	2366 ft ²	171129 ft ³	9.5A-8	18.10
Total del compartimento				2366 ft²	171129 ft³		

Equipos en el compartimento			
Gabinetes Eléctricos - Bin 15			
1-PDP-SUPS-A3-2	Panel de calentadores		
Subsistemas de Ventilación - Bin 26			
1-COA-FN-001	HVAC ventilador de suministro		
1-CEA-FN-007	HVAC ventilador de extracción		

lista de penetraciones en CB-9					
Elevación	Hacia compartimento	I & C	Eléctricas	HVAC	Mecánicas
18.10	CB-14	1	1	2	
	CB-1		8	2	7
	CB-2		1		
	CB-3		5	1	
	CB-10		2		
	CB-11		2		1
	CB-12		1		
	CB-13		21	1	1
	CB-14		1	2	
	CB-21		4	1	6
	CB-9A				3

Rutas de acceso al compartimento CB-9	
Ruta de acceso preferida	Desde Exterior vía WT-1; CB-8-CB-9A usando las puertas de acceso MS-105; CB-139; CB-140 y CB-126 F. a la CB-217
Ruta de acceso secundaria	Desde Exterior vía WT-1; CB-8-CB-9A usando las puertas de acceso MS-105; CB-139; CB-140 y CB-126 F. a la CB-217

Características de Ventilación CB-9			
Tipo	Suministro	Extracción	Ventilación Emerg.
Infiltración*	3545 (100°F)	3545 (100°F)	N/A

*CFM'S válidos solo cuando el sistema de remoción de humos se encuentra en operación.

Comentarios
Tipo de área de radiación: área sin radiación / área no contaminada
Bases del compartimento: El piso es de 1 ft de espesor y los muros son de concreto, el muro oeste es de 1.5 ft de espesor, los muros norte, sur y este son de 2.5 ft, y como compartimentos adyacentes tiene: norte exterior, sur WT-1, este CB-1,2,3,5,7,9A,10,11,12,13,14, oeste Edificio del Reactor.
Base para el factor de transitorios por mantenimiento: número promedio de ordenes de trabajo.
Base para el factor de transitorios por ocupación: compartimento con tránsito peatonal bajo o fuera de la ruta de tráfico general.
Base para el factor de transitorios por almacenamiento: compartimento donde ningún material combustible/ flamable es almacenado.
Detección / Supresión Los detectores de incendio Mandan señal al LFDPC PANEL 1-1A local en el Edificio del Control y este manda a su vez manda señal al MFDPC en el Edificio del CAS-DIESEL
Base para la Ventilación del Área: Se considera infiltración y extracción de aire al exterior solo cuando el sistema de remoción de humos se encuentra en operación.

Tabla A-8 Información del Compartimento CB-13

Información del compartimento

Compartimento CB-13

<i>Información del compartimento</i>	
Unidad	1
Área de fuego CLV	CB-X
Localización 6850	CAR
Edificio	CB
Factor de localización	1

<i>Información de Transitorios</i>	
Mantenimiento	1
Ocupación	1
Almacenamiento	1
Carga térmica cable	240842.51 Btu/ft ²
Mapeo transitorio	CAR

<i>Información de las paredes del cuarto</i>	
Espesor (ft)	2.5
Temperatura ambiente (C)	40
Numero de puertas	4
Altura de aperturas (ft)	No
Área abierta (ft ²)	No
Tipo de construcción	Concreto
Conductividad térmica (kW/m-K)	0.001
Densidad (kg/m ³)	2000
Calor específico (kJ/kg-K)	0.88

<i>Detección y supresión fija</i>	
Tipo de detección	Ionización
Tipo de detección 2	Térmico
Tiempo de llegada de brigada (min)	No definido
Tipo de supresión	No
Tipo de supresión 2	Multiciclo

<i>Información de la composición del cuarto</i>							
Cuarto	<i>Descripción del cuarto</i>					<i>Dibujo</i>	<i>Elevación</i>
	<i>Longitud</i>	<i>Ancho</i>	<i>Alto</i>	<i>Area</i>	<i>Volumen</i>		
RB-VII	163.3	87.43	22.96 ft	14180 ft ²	285381 ft ³	9.5A-8	18.10
Total del compartimento				14180 ft²	285381 ft³		

<i>Equipos en el compartimento</i>			
Transformadores (Plant-Wide Components)- Bin 23			
1-PDP-C53	Transformador		
1-PDP-C8	Transformador		
1-PDP-C55	Transformador		
1-PDP-C6-S2	Transformador		
1-PDP-C5	Transformador		
1-PDP-C52	Transformador		
1-PDP-C5-S1	Transformador		
PDP-C7	Transformador		

Lista de penetraciones en CB-13					
Elevación	Hacia compartimento	I & C	Eléctricas	HVAC	Mecánicas
18.10	CB-14	1	21		8
	CB-4		2		
	CB-9		21	1	1
	CB-9A		5		6
	CB-10		2		3
	CB-11		1		
	CB-3				1

Rutas de acceso al compartimento CB-13	
Ruta de acceso preferida	Desde El. 10.15 m Through Main Entrance CB-102 Door to CB-101 F. Door; CB-1 paso de escalera CB-10 F. Zone El.14.05 to CB-301 F. Door
Ruta de acceso secundaria	Desde El. 10.15 CB-108 F. Door, Through CB-9 F. Zone to CB-2 paso de escalera CB-10 F. Zone (El.14.05 m) to CB-302 F. Door

Características de Ventilación CB-13			
Tipo	Suministro	Extracción	Ventilación Emerg.
Ventilación a través de ductos	3170 (70°F)	3170 (104°F)	N/A

Comentarios
Tipo de área de radiación: área sin radiación / área no contaminada
Bases del compartimento: El piso es de 1 ft de espesor y los muros son de concreto de 2.5 ft de espesor, y como compartimentos adyacentes tiene: norte exterior, sur WT-1, este exterior, oeste CB-9.
Base para el factor de transitorios por mantenimiento: pequeño número de órdenes de trabajo comparado con el número promedio de las órdenes de trabajo de un compartimento típico.
Base para el factor de transitorios por ocupación: compartimento con tránsito peatonal bajo o fuera de la ruta de tráfico general.
Base para el factor de transitorios por almacenamiento: compartimento donde ningún material combustible/ flamable es almacenado.
Detección / Supresión Los detectores de incendio Mandan señal al LFDPC PANEL 1-1B local en el Edificio del Control y este manda a su vez manda señal al MFDCP en el Edificio del CAS-DIESEL.
Base para la Ventilación del Área: El sistema de ventilación y aire acondicionado de este compartimento está diseñado para limitar la máxima temperatura en verano a 40°C (104°F). La humedad relativa del espacio no se espera que exceda 70% bajo las condiciones de carga de diseño.

Tabla A-9 Información del Compartimento CB-14

Información del compartimento

Compartimento CB-14

Información del compartimento	
Unidad	1
Área de fuego CLV	CB-XI
Localización 6850	CAR
Edificio	CB
Factor de localización	1

Información de Transitorios	
Mantenimiento	3
Ocupación	10
Almacenamiento	1
Carga térmica cable	16097.17 Btu/ft ²
Mapeo transitorio	CAR

Información de las paredes del cuarto	
Espesor (ft)	2.5
Temperatura ambiente (C)	26.8
Numero de puertas	4
Altura de aperturas (ft)	No
Área abierta (ft2)	No
Tipo de construcción	Concreto
Conductividad térmica (kW/m-K)	0.001
Densidad (kg/m ³)	2000
Calor específico (kJ/kg-K)	0.88

Detección y supresión fija	
Tipo de detección	Ionización
Tipo de detección 2	No
Tiempo de llegada de brigada (min)	No definido
Tipo de supresión	No
Tipo de supresión 2	No

Información de la composición del cuarto							
Cuarto	<i>Descripción del cuarto</i>					<i>Dibujo</i>	<i>Elevación</i>
	<i>Longitud</i>	<i>Ancho</i>	<i>Alto</i>	<i>Area</i>	<i>Volumen</i>		
RB-VII	163.3	87.43	22.96 ft	12832 ft ²	298908 ft ³	9.5A-8	25.10
Total del compartimento				12832 ft²	298908 ft³		

Equipos en el compartimento			
Gabinetes Eléctricos - Bin 15			
VB-116	Panel de control		
ARP-71, 72	Panel auxiliar de relevadores		
VB-40	Panel de control S1S7 Resp. monitor de alarmas		
VB-54, 55, 63, 57B, 15	Panel de Vent. A.C. del Edificio del Turbogenerador		
VB-17	Monitoreo de radiación de proceso		
VB-16	Reg. Rad & Process		
VB-41	Reg. de NSSS Tab. Vert.		
VB-18	Panel del HPCS		
VB-66A	Gabinete de Alarmas BOP		
VB-111	Datos Metereologicos		
VB-47B	Sec. de Carga P/Gen. Diesel		
VB-47A	Sec. de Carga P/Gen. Diesel		

Equipos en el compartimento			
Gabinetes Eléctricos - Bin 15			
VB-114-1	Reserve		
ARP-77	Panel		
ARP-76	Panel		
VB-33	Sist. B. del RPS y NS4		
VB-23	Rel. Valv. Inter.		
VB-118	LLS / ADS		
VB-22	ADS		
VB-26	Panel de relevadores RHR y RCIC		
VB-34	Panel Sist. Mon. Radiac H13-P636		
VB-25	Panel Detecc. Fugas Div. II.1B		
VB-27	Panel Detecc. Fugas Div. II.1A		
VB-35	Panel Sist. Mon. Radiac H13. P636		
VB-32	Panel LPCS/RMR a Pal. Reles Div.I		
VB-31	Panel ADS Div. Y Pnl.		
VB-117-S1	Panel LLS/SRV		
VB-29	Panel Rele de Valv. Ext. Div.I		
VB-36	Panel Sist. A del RPS y NS4		
ARP-79/80/81/82	Panel		
	Panel Tablero Prueba Tiempo de Scram		
	Panel de Barra		
VB-39	Panel		
VB-24	Panel Inst. de Proverso Div. II		
VB-436	Panel Tab. Recirc. y Agua de Aliment		
VB-28	Panel Bombas de Cloro Gab. Control		
VB-59	Panel Sum de Vapor		
VB-30	Panel		
VB-21	Panel Div IA/IIA/IB/IIB		
VB-20	Panel Control Flujo Neutronico		
VB-668	Panel Alarmas BOP		
ARP-83/84/85/86	Panel		
VB-56	Panel Inst. NSW, NCCW, FCCC		
VB-102	Panel Analizador Hidrogeno		
VB-65	Panel Gab-Control Recomb. H2 "B"		
VB-64	Panel Gab. Control Recomb N2 "1"		
VB-44	Panel Aisl. Div/II		
VB-105A	Panel Fission Prod. Monitoring		
VB-105B	Panel monitor de radiacion Gross Gama		
VB-52	Panel Cont. Prim. Vent. y A.C.		
VB-97	Panel Sist. Alberca Supres		
VB-53	Panel Sist. Mon. Cont. Primario		

Equipos en el compartimento			
Gabinetes Eléctricos - Bin 15			
VB-99	Panel valv. Aisl. Vap. Ppal. Sist Panel Control Fugas		
VB-61	Panel Indication de Aislam del Panel Cont. Primario		
VB-45	Panel Control Subestación		
VB-58A	Panel Prot. C/Inc. y Sist. Misc.		
VB-51	Panel Prot. C/Inpoc. de Agua al Panel Turbina		
VB-50	Panel Relev. Protection (Transf.)		
VB-46	Panel Gen. y Subs. Medición y Reg.		
VB-49	Panel Supervisionarios		
VB-48	Panel Sum. de Potencia Gab. Aux. Tablero Gobernador EH-U1/Gab de Lógica		
VB-77	Panel RFWT U1 C/Vent Señal de Control de Veloc.		
BB-9	Panel Sound Powered Dashboard Panel Channel A/B Panel Inf. Nucleo Reactor		
BB-10	Panel Cto. Sist. Rec. A/BSist. Reactor Panel Valv. Proc.		
BB-11	Panel Mapa de Barras		
BB-12	Panel Indication Edo. Inoperativo/ Condensado/Agua Alimentación/ Aire/Mallas Viajeras/Agua de Servicio/Enfriamiento/Circulación		
BB-13	Panel Turb. Princ. y Auxiliares		
BB-14A	Panel Gen. Diesel Div I y Aux.		
BB-14	Panel Gen. Transf. y Aux.		
BB-14B	Panel Gen. Diesel Div. II y Aux.		
VB-48A	Panel Posicionadores de los Actuadores de Valv's de By-Pass T.G.		

lista de penetraciones en CB-14					
Elevación	Hacia compartimento	I & C	Eléctricas	HVAC	Mecánicas
25.10	CB-9	1	1	1	
	CB-13	1	10		8
	CB-14A	1	6	7	
	CB-19		1	6	2
	CB-21		1	7	8
	CB-15			2	
	CB-16			3	
	CB-20			5	6
	CB-18				1

Rutas de acceso al compartimento CB-14	
Ruta de acceso preferida	Desde entrada principal puerta CB-102 hacia CB-14 y CB-1 paso de escalera al compartimento CB-10 (El. 14.05 m) compartimento CB-13 (El.18.10), hacia puerta CB-401
Ruta de acceso secundaria	Desde salida de emergencia CB-108 F. puerta CB-14 hasta CB-2 paso de escalera compartimento CB-9 El. 10.15); compartimento CB-10 (El.14.05 m), compartimento CB-13 (El.18.10), puertas CB-419

Características de Ventilación CB-14			
Tipo	Suministro	Extracción	Ventilación Emerg.
Ventilación a través de ductos	32385 (70°F)	32385 (104°F)	Sí, actúan la unidad fan coil y la unidad de filtración

Comentarios
Tipo de área de radiación: área sin radiación / área no contaminada.
Bases del compartimento: El piso es de 1 ft de espesor y los muros son de concreto de 2.5 ft de espesor, y como compartimentos adyacentes tiene: norte exterior, sur exterior, este exterior, oeste Edificio del Reactor.
Base para el factor de transitorios por mantenimiento: número promedio de órdenes de trabajo.
Base para el factor de transitorios por ocupación: compartimento continuamente ocupado.
Base para el factor de transitorios por almacenamiento: compartimento donde ningún material combustible/ flamable es almacenado.
Detección / Supresión Los detectores de incendio Mandan señal al LFDCP PANEL 1-1B local en el Edificio del Control y este manda a su vez manda señal al MFDCP en el Edificio del GAS-DIESEL.
Base para la Ventilación del Área: El sistema de ventilación y aire acondicionado de este compartimento está diseñado para limitar la máxima temperatura en verano a 26.8°C (80°F). La humedad relativa del espacio no se espera que exceda 55% bajo las condiciones de carga de diseño.

Tabla A-10 Información del Compartimento RB-12A

Información del compartimento

Compartimento RB-12A

Información del compartimento	
Unidad	1
Área de fuego CLV	RB-XII
Localización 6850	CAR
Edificio	RB
Factor de localización	1

Información de Transitorios	
Mantenimiento	3
Ocupación	1
Almacenamiento	1
Carga térmica cable	86994 Btu/ft ²
Mapeo transitorio	CAR

Información de las paredes del cuarto	
Espesor (ft)	1
Temperatura ambiente (C)	21.1
Numero de puertas	2
Altura de aperturas (ft)	No
Área abierta (ft2)	No
Tipo de construcción	Concreto
Conductividad térmica (kW/m-K)	0.001
Densidad (kg/m ³)	2000
Calor específico (kJ/kg-K)	0.88

Detección y supresión fija	
Tipo de deteccion	Ionización
Tipo de deteccion 2	Térmico
Tiempo de llegada de brigada (min)	No definido
Tipo de supresion	No
Tipo de supresion 2	Multiciclo

Informacion de la composicion del cuarto							
Cuarto	<i>Descripcion del cuarto</i>					<i>Dibujo</i>	<i>Elevación</i>
	<i>Longitud</i>	<i>Ancho</i>	<i>Aalto</i>	<i>Area</i>	<i>Volumen</i>		
RB-XII	37.72	7.07	26 ft	267 ft ²	6942 ft ³	9.5A-3	25.10
Total del compartimento				267 ft²	6942 ft³		

Equipos en el compartimento			
Gabinetes Eléctricos - Bin 15			
MCC-1B1-B	Centro de control de motores		
MCC-1B1-C	Centro de control de motores		
1-RRA-FC-007B	RRA Fan Coil		

Tabla A-11 Información del Compartimento RB-9E

Información del compartimento

Compartimento RB-9E

Información del compartimento	
Unidad	1
Área de fuego CLV	RB-IX
Localización 6850	CAR
Edificio	RB
Factor de localización	1

Información de Transitorios	
Mantenimiento	1
Ocupación	1
Almacenamiento	1
Carga térmica cable	1514.7 Btu/ft ²
Mapeo transitorio	CAR

Información de las paredes del cuarto	
Espesor (ft)	1
Temperatura ambiente (C)	21.1
Numero de puertas	1
Altura de aperturas (ft)	No
Área abierta (ft ²)	No
Tipo de construcción	Concreto
Conductividad térmica (kW/m-K)	0.001
Densidad (kg/m ³)	2000
Calor específico (kJ/kg-K)	0.88

Detección y supresión fija	
Tipo de detección	Cable thermistor
Tipo de detección 2	No
Tiempo de llegada de brigada (min)	No definido
Tipo de supresión	No
Tipo de supresión 2	No

Información de la composición del cuarto							
Cuarto	Descripción del cuarto					Dibujo	Elevación
	<i>Longitud</i>	<i>Ancho</i>	<i>Alto</i>	<i>Area</i>	<i>Volumen</i>		
RB-X	---	---	21 ft	746.57 ft ²	14941 ft ³	9.5A-2	18.70
Compartment totals:				746.5 ft²	14941 ft³		

Equipos en el compartimento			
Gabinetes Eléctricos - Bin 15			
1-DW-P-003	Pumps		

lista de penetraciones en RB-9E					
Elevación	Hacia compartimento	I & C	Eléctricas	HVAC	Mecánicas
18.70	RB-6		1		1
	RB-12				12

Rutas de acceso al compartimento RB-9D	
Ruta de acceso preferida	Desde El. 10.15 vía RB-6 y RB-9 usando las puertas de escotilla R-306/307; escalera RE-1 y usando las puertas de acceso R-304; R-301 R-401 and R-404.
Ruta de acceso secundaria	Desde El. 10.15 vía RB-6;RB-7 and RB-9 usando las puertas de escotilla R-306/307; escalera RE-3 y usando las puertas de acceso R-308; R-310; R-409 y R-404.

Características de Ventilación RB-9E			
Tipo	Suministro	Retorno	Ventilación Emerg.
Aire acondicionado por ductos	2200 (70°F)	2200 (85°F)	N/A

Comentarios
Tipo de área de radiación: área con radiación / área no contaminada
Bases del compartimento: El piso y los muros son de concreto de de 1 ft de espesor, y como compartimentos adyacentes tiene: norte exterior, sur RB-9, este RB-9, oeste RB-9. Cuenta con 1 puerta: R-404 de 121 cm de ancho x 220 cm de alto con resistencia al fuego de 2 horas.
Base para el factor de transitorios por mantenimiento: pequeño número de órdenes de trabajo comparado con el número promedio de las órdenes de trabajo de un compartimento típico.
Base para el factor de transitorios por ocupación: compartimento con tránsito peatonal bajo o fuera de la ruta de tráfico general.
Base para el factor de transitorios por almacenamiento: compartimento donde ningún material combustible/ flamable es almacenado.
Detección/Supresión: El cable thermistor Manda señal al LFDPC PANEL 1-3A local en el Edificio del Reactor y este manda a su vez manda señal al MFDCP en el Edificio del CAS-DIESEL.
Base para la Ventilación del Área: La ventilación es a través de un ramal en ducto de suministro con rejilla de suministro de aire en el muro oeste del compartimento, la extracción es a través de una rejilla de que dirige el aire hacia el ducto de retorno general del Edificio.

Tabla A-12 Información del Compartimento CB-2

Información del compartimento

Compartimento CB-2

Información del compartimento	
Unidad	1
Área de fuego CLV	CB-II
Localización 6850	CAR
Edificio	CB
Factor de localización	1

Información de Transitorios	
Mantenimiento	1
Ocupación	1
Almacenamiento	1
Carga térmica cable	102326.8 Btu/ft ²
Mapeo transitorio	CAR

Información de las paredes del cuarto	
Espesor (ft)	2.5
Temperatura ambiente (C)	40
Numero de puertas	2
Altura de aperturas (ft)	No
Área abierta (ft2)	No
Tipo de construcción	Concreto
Conductividad térmica (kW/m-K)	0.001
Densidad (kg/m ³)	2000
Calor específico (kJ/kg-K)	0.88

Detección y supresión fija	
Tipo de detección	Ionización
Tipo de detección 2	Térmico
Tiempo de llegada de brigada (min)	No definido
Tipo de supresión	No
Tipo de supresión 2	Multiciclo

Información de la composición del cuarto							
Cuarto	<i>Descripción del cuarto</i>					<i>Dibujo</i>	<i>Elevación</i>
	<i>Longitud</i>	<i>Ancho</i>	<i>Alto</i>	<i>Area</i>	<i>Volumen</i>		
CB-II	-----	-----	26 ft	361 ft ²	9041 ft ³	9.5A-7	10.15/14.05
Total del compartimento				361 ft²	9041 ft³		

Equipos en el compartimento			
Gabinetes Eléctricos (Plant-Wide Components)- Bin 15			
VB-110	NSSS Remote Shutdown Panel		
VB-69	BOP Remote Shutdown Panel		

Lista de penetraciones en CB-2					
Elevación	Hacia compartimento	I & C	Eléctricas	HVAC	Mecánicas
10.15/14.05	CB-3		2	2	
	CB-8		2	1	
	CB-9		1		
	CB-11		1		

Rutas de acceso al compartimento CB-2	
Ruta de acceso preferida	Desde El. 10.15 vía CB-1 hacia el lado sur usando las puertas de acceso CB-102 CB-130 y CB-131
Ruta de acceso secundaria	Desde El. 10.15 vía CB-9 y CB-1, usando las puertas de acceso DB-108 CB-126, CB-130 y CB-131

Características de Ventilación CB-2			
Tipo	Suministro	Extracción	Ventilación Emerg.
Ventilación a través de ductos	940 (70°F)	940 (104°F)	N/A

Comentarios
Tipo de área de radiación: área sin radiación / área no contaminada
Bases del compartimento: El piso es de 1 ft de espesor y los muros son de concreto de 2.5 ft de espesor, y como compartimentos adyacentes tiene: norte CB-11, sur CB-3, este CB-8, oeste CB-9.
Base para el factor de transitorios por mantenimiento: pequeño número de órdenes de trabajo comparado con el número promedio de las órdenes de trabajo de un compartimento típico.
Base para el factor de transitorios por ocupación: compartimento con tránsito peatonal bajo o fuera de la ruta de tráfico general.
Base para el factor de transitorios por almacenamiento: compartimento donde ningún material combustible/ flamable es almacenado.
Detección/Supresión: Los detectores de incendio Mandan señal al LFDPC PANEL 1-1A local en el Edificio del Control y este manda a su vez manda señal al MFDCP en el Edificio del CAS-DIESEL.
Base para la Ventilación del Área: El sistema de ventilación y aire acondicionado de este compartimento está diseñado para limitar la máxima temperatura en verano a 40°C (104°F). La humedad relativa del espacio no se espera que exceda 70% bajo las condiciones de carga de diseño.

Tabla A-13 Información del Compartimento CB-3

Información del compartimento

Compartimento CB-3

Información del compartimento	
Unidad	1
Área de fuego CLV	CB-III
Localización 6850	CAR
Edificio	CB
Factor de localización	1

Información de Transitorios	
Mantenimiento	1
Ocupación	1
Almacenamiento	1
Carga térmica cable	30181.2 Btu/ft ²
Mapeo transitorio	CAR

Información de las paredes del cuarto	
Espesor (ft)	2.5
Temperatura ambiente (C)	40
Numero de puertas	3
Altura de aperturas (ft)	No
Área abierta (ft2)	No
Tipo de construcción	Concreto
Conductividad térmica (kW/m-K)	0.001
Densidad (kg/m ³)	2000
Calor específico (kJ/kg-K)	0.88

Detección y supresión fija	
Tipo de detección	Ionización
Tipo de detección 2	Térmico
Tiempo de llegada de brigada (min)	No definido
Tipo de supresión	No
Tipo de supresión 2	Multiciclo

Información de la composición del cuarto							
Cuarto	<i>Descripción del cuarto</i>					Dibujo	Elevación
	<i>Longitud</i>	<i>Ancho</i>	<i>Alto</i>	<i>Área</i>	<i>Volumen</i>		
CB-II	-----	-----	26ft	1572 ft ²	37328 ft ³	9.5A-7	10.15/14.05
Total del compartimento				1572 ft²	37328 ft³		

Equipos en el compartimento			
Gabinetes Eléctricos (Plant-Wide Components)- Bin 15			
SWGR 1A-1	4160 V critical switchgear		
SWGR 14A1	480 V critical switchgear		
MCC-1A1-2	Centro de control de motores		

Lista de penetraciones en CB-3					
Elevación	Hacia compartimento	I & C	Eléctricas	HVAC	Mecánicas
10.15/14.05	CB-2		2	1	
	CB-8		5	3	3
	CB-9		5	1	

Rutas de acceso al compartimento CB-3	
Ruta de acceso preferida	Desde Exterior vía CB-1, CB-8 usando las puertas de acceso CB-102, CB-130 y CB-133 or CB-135
Ruta de acceso secundaria	Desde Exterior vía CB-9, CB-1, y CB-8 usando las puertas de acceso CB-108; CB-126; CB-1; CB-133 or CB-135

Características de Ventilación CB-3			
Tipo	Suministro	Extracción	Ventilación Emerg.
Ventilación a través de ductos	3710 (70°F)	3710 (104°F)	N/A

Comentarios
Tipo de área de radiación: área sin radiación / área no contaminada
Bases del compartimento: El piso es de 1 ft de espesor y los muros son de concreto de 2.5 ft de espesor, y como compartimentos adyacentes tiene: norte CB-2, sur CB-5, este CB-4, oeste CB-9.
Base para el factor de transitorios por mantenimiento: pequeño número de ordenes de trabajo comparado con el número promedio de las ordenes de trabajo de un compartimento típico.
Base para el factor de transitorios por ocupación: compartimento con transito peatonal bajo o fuera de la ruta de trafico general
Base para el factor de transitorios por almacenamiento: compartimento donde ningún material combustible/ flamable es almacenado
Detección/Supresión: Los detectores de incendio Mandan señal al LFDPC PANEL 1-1A local en el Edificio del Control y este manda a su vez manda señal al MFDPC en el Edificio del CAS-DIESEL
Base para la Ventilación del Área: El sistema de ventilación y aire acondicionado de este compartimento está diseñado para limitar la máxima temperatura en verano a 40°C (104°F). La humedad relativa del espacio no se espera que exceda 70% bajo las condiciones de carga de diseño.