

La Metodología de Análisis de Causa Raíz MORT (*Management and Oversight Risk Tree*). Propuesta de Modernización y Adaptación a la Realidad Española



Colección
Otros Documentos
43.2020

La Metodología de Análisis de Causa Raíz MORT (*Management and Oversight Risk Tree*). Propuesta de Modernización y Adaptación a la Realidad Española

Violeta Solano Udina¹, Rodolfo Isasia González²

¹ Universidad Politécnica de Madrid (UPM).

² Consejo de Seguridad Nuclear (CSN).

Colección Otros Documentos
ODE-04.25

Copyright 2017, Consejo de Seguridad Nuclear
Edita y distribuye:
Consejo de Seguridad Nuclear
C/ Justo Dorado, 11. 28040 Madrid. España
www.csn.es
peticiones@csn.es
Maquetación: Composiciones RALI, S.A.
www.rali.es
Depósito legal: M-31261-2020

Contenidos

Abstract	7
Resumen	11
Lista de abreviaturas	15
I. Introducción	19
I.1. Antecedentes	21
I.2. Justificación	21
II. Objetivo	29
III. Análisis de MORT	33
III.1. Análisis de accidentes.....	35
III.1.1. Secuencia de sucesos	37
III.1.2. Análisis de barrera.....	38
III.1.3. Análisis del cambio.....	41
III.1.4. Búsqueda de causa raíz	42
IV. MORT	45
IV.1. Estudio del diagrama de MORT	49
IV.2. Puertas lógicas, <i>inputs</i> y <i>outputs</i>	51
IV.3. Estructura de MORT	52
IV.4. Nomenclatura del diagrama	53
IV.5. Riesgos asumidos.....	54
IV.6. Procedimiento para el análisis	55
V. Adaptación de MORT	57
V.1. Comparación de MORT	59
V.1.1. Factores de control específicos	62
V.1.2. Factores del sistema de gestión	82
V.1.3. Riesgos asumidos (R).....	98
V.2. Conclusiones.....	100
VI. Captura del regulador	103
VII. Caso ideal de MORT para España	107
VII.1. Interpretación y adaptación.....	112

VIII. Resultados	115
IX. Conclusiones	119
X. Bibliografía	123
Anexo I	127
Anexo II	139
Anexo III	143

Abstract

Abstract

The MORT methodology is an analytical procedure in which the tasks and processes of an organization are studied in detail to assess the effective management of their risks, thus allowing to identify the root causes of any accident and in this way avoid its recurrence through the application of corrective measures. In the framework of the Goded cathedra of collaboration between ETSII-UPM and the CSN, an adaptation of the MORT methodology to the Spanish scenario has been developed. For this, a comparison of the different existing versions of the MORT user manual has been carried out, to subsequently adapt it and create its own in order to incorporate its own terminology and processes, and thus facilitate its use and application in the Spanish nuclear power plants.

Resumen

Resumen

Toda industria en explotación conlleva consigo un riesgo para la seguridad de las personas, las cosas o el medio ambiente que debe ser conocido y aceptado por la población, sopesándose con ello los costes y beneficios de la actividad. Estos riesgos pueden reducirse hasta cierto nivel asintótico, siendo imposible alcanzar el riesgo cero ideal.

Cuando tiene lugar un accidente la opinión pública exige a sus gestores la adopción de medidas correctoras para evitar que vuelva a ocurrir, y para ello se debe realizar una investigación seria, profunda y sistemática. Este tipo de investigaciones pretende identificar las causas raíces que han dado lugar al accidente, pudiendo existir más de una, pero sabiendo que la eliminación de una sola de ellas bastaría para haber evitado el accidente.

El análisis para identificar las causas raíces de un accidente se denomina análisis de causa raíz. Éste permite determinar los factores que si se corrigiesen prevendrían la ocurrencia del accidente. En este ámbito se ubica la metodología MORT: procedimiento analítico en el que se estudian las funciones y procesos de una organización para la gestión efectiva de sus riesgos, permitiendo identificar las causas raíces para aplicar medidas correctoras que solventen los errores humanos, los fallos en la ejecución de actividades o en los flujos de información y así evitar que se pueda volver a dar dicha situación.

La metodología MORT surgió en los Estados Unidos (1973) patrocinada por el DOE y desde su creación ha sido aplicada a numerosas industrias de riesgo como la aeroespacial y la nuclear, y ha sido adaptada en diferentes países.

En este documento se describe cómo se ha desarrollado la adaptación de la metodología MORT al escenario español y, en particular, al ámbito nuclear y de las centrales nucleares. Para ello, se ha realizado una comparación de distintas versiones del manual de usuario de MORT y se ha elaborado uno propio con el fin de incorporar lenguajes y procesos propios, facilitando así su uso y aplicación en las centrales nucleares españolas, obteniendo una herramienta con gran potencial en la investigación de accidentes e inspecciones por parte del regulador: un manual de usuario de MORT con su correspondiente diagrama de árbol lógico adaptados a nuestro país.

Lista de abreviaturas

Lista de abreviaturas

APS	Análisis Probabilista de Seguridad
CSN	Consejo de Seguridad Nuclear
DOE	Department of Energy
ERDA	Energy Research and Development Administration
ES&H	Environmental, Safety and Health
ESQ	Environmental, Safety and Quality
ETSII	Escuela Técnica Superior de Ingenieros Industriales
IAEA	International Atomic Energy Agency
INSAG	International Nuclear Safety Group
MORT	<i>Management Oversight and Risk Tree</i>
NRC	Nuclear Regulatory Commission
NRI	Noordwijk Risk Initiative
OSHA	Occupational Safety and Health Administration
SMART	Specific, Measurable, Agreed, Realisable, Time-bound

I. Introducción

I. Introducción

I.1. Antecedentes

El sector de la energía nuclear, al igual que todas las industrias de producción eléctrica, tiene riesgos asociados. Sin embargo, este sector incluye riesgos específicos que lo hacen extremadamente susceptible y sensible de cara a la opinión pública. Nótese que la radiación nuclear natural del combustible instalado en una central nuclear se multiplica por un factor superior a 10^5 cuando pasa a operación comercial y el reactor está a potencia, lo cual hace que el término fuente radiológico en el caso de un accidente con expulsión de material radiactivo al exterior sea excepcionalmente elevado.

Toda actividad humana lleva implícita un riesgo debiéndose sopesar los costes y beneficios de la actividad. Estos riesgos pueden reducirse hasta cierto nivel asintótico, pero es imposible alcanzar el riesgo cero. Consecuentemente, cierto grado de riesgo debe ser tolerado y aceptado por la sociedad.

Los accidentes son sucesos generalmente no intencionados ni deliberados cuya ocurrencia no puede prevenirse completamente. La exposición a amenazas que puedan dar lugar a accidentes o incidentes puede reducirse hasta cierto punto, pero, como ya se ha dicho, no pueden reducirse a cero, ni tampoco se puede garantizar que la exposición a la radiación sea inofensiva.

Los efectos de la exposición a la radiación pueden ser de dos tipos: deterministas o estocásticos. Los efectos deterministas son lo que se producirían de manera directa si la dosis recibida es lo suficientemente alta. Si la dosis es inferior a un valor umbral, estos efectos nunca se observarían. Los efectos estocásticos, o también llamados probabilistas, por su parte, son los que aumentan la probabilidad de inducción del efecto en función de la exposición.

En el área nuclear, como indica el documento de la *Organización Internacional de la Energía Atómica* “*Basic Safety Principles for Nuclear Power Plants*” 75-INSAG-3 Rev.1 [1] el riesgo asociado a un accidente o incidente, se define como el producto de la probabilidad del accidente y el efecto adverso al que da lugar (1), es decir, las consecuencias del suceso.

$$\text{Riesgo} = \text{Probabilidad} \times \text{Consecuencias} \quad (1)$$

Sus unidades serían:

$$\frac{\text{Magnitud de las consecuencias}}{\text{Unidad de tiempo}} = \frac{\text{Sucesos}}{\text{Unidad de tiempo}} \times \frac{\text{Magnitud}}{\text{Suceso}} \quad (2)$$

Por tanto, el riesgo global se obtendría considerando el conjunto de los sucesos potenciales y sumando el producto de sus respectivas probabilidades y consecuencias.

El determinar la probabilidad mediante el APS (Análisis Probabilístico de Seguridad), en el que se desarrollan las probabilidades de las secuencias de accidentes individuales y, a partir de ellas, la probabilidad general de un accidente importante, era un objetivo que se había eludido durante mucho tiempo. Esto motivó al desarrollo del *WASH-1400 (1975)* [2].

Como indica la U.S.NRC en el documento *WASH-1400 Reactor Safety Study* [3], el objetivo del equipo que elaboró el WASH-1400 era identificar las secuencias individuales de accidente y su probabilidad, además de estimar las consecuencias de accidentes como el daño al núcleo, la liberación en la contención, etc. Este documento demostró que era posible realizar un análisis de seguridad de accidentes, comparándolo, además, con otros desastres o accidentes industriales como terremotos, accidentes aéreos, entre otros.

Todas las organizaciones relacionadas o involucradas de alguna forma en actividades nucleares, tienen una especial preocupación por mejorar la seguridad y la prevención de errores, tanto en diseño como en operación. Esto se consigue mediante unas estructuras, sistemas y procedimientos seguros y de elevada confiabilidad, y con el apoyo de un personal comprometido con la seguridad (cultura de seguridad).

Al igual que las responsabilidades técnicas, los principios de seguridad relacionados con las responsabilidades del regulador son fundamentales. Estas responsabilidades administrativas están relacionadas con el establecimiento de una cultura de seguridad de la organización, así como con suministrar un control reglamentario y verificación de las actividades reguladas relacionadas con la seguridad [1].

La base para que se preste la atención necesaria a cuestiones de seguridad es el compromiso adquirido por los altos mandos de todas las organizaciones involucradas mediante lo siguiente [1]:

- Estableciendo e implantando políticas que garantizan prácticas adecuadas, reconociendo también que su importancia no radica sólo en su implantación, sino en crear un entorno de conciencia de seguridad.
- Estableciendo líneas claras de responsabilidad, comunicación y autoridad, siempre respaldadas por los recursos necesarios.
- Realizando revisiones internas y externas de forma periódica.
- Llevando a cabo procesos y cursos de formación.

Tal y como indica el INSAG [1], el concepto de cultura de seguridad incluye requisitos en tres niveles:

1) Políticas

En cualquier organización, la forma en que las personas se comportan o actúan está condicionada por requisitos establecidos en los más altos niveles de la misma. En el caso de las centrales nucleares, el más alto nivel que afecta a la cultura de seguridad es el nivel legislativo. La organización debe hacer que las responsabilidades sean conocidas por todos mediante una declaración de políticas de seguridad. En ésta, se proporcionan requisitos para la gerencia y el personal, además de declarar los objetivos de la organización y el compromiso por parte de la administración con la seguridad de la central nuclear.

2) Administración o gestión

La actitud de las personas normalmente se ve influida por el ambiente de trabajo. La clave para que este ambiente de trabajo sea adecuado es promover y fomentar las actitudes y buenas prácticas que lleven a la seguridad. La responsabilidad de crear este ambiente de trabajo, de acuerdo con la política y los objetivos de seguridad de la organización, recae en los gerentes y altos mandos.

3) Individuos

Normalmente, el personal que apuesta por la excelencia en todos los asuntos relacionados con la seguridad, se caracterizan por tener una actitud cuestionadora, un enfoque riguroso y prudente, además de apostar por la buena comunicación y la transparencia. Los objetivos marcados en pro de la seguridad, sólo pueden ser alcanzados si los individuos de todos los niveles de la organización responden a un marco de cultura de seguridad establecido por la administración. Se requiere un alto nivel de compromiso con respecto a la cultura de seguridad.

Sin embargo, la seguridad en las organizaciones, como analiza el documento *Culture for Safety – Nuclear Safety and Security Programme* [4], puede sufrir cierta erosión. En ocasiones, cuando se produce un accidente o incidente, los análisis que se llevan a cabo posteriormente, apuntan a una erosión de los márgenes de seguridad, debido a la relajación con el paso de los años, de las personas u organizaciones responsables, que aceptan o pasan por alto condiciones y actuaciones no contempladas en la operación normal de las instalaciones, priorizando otros aspectos y preocupaciones.

Al evaluar y analizar la cultura de seguridad de una organización, se permitirá conocer y entender el origen de los accidentes y sucesos que se pueden producir. Ejemplos de ello podría ser la suposición

generalizada en la organización de pensar que “los procedimientos de trabajo deben cumplirse rigurosamente porque son esenciales para la seguridad” o “nosotros no somos responsables de la seguridad porque de ello ya se encargan los mandos superiores”. Algunas de las suposiciones extendidas y practicadas en la organización pueden ser beneficiosas para la misma, como es el caso de la primera suposición presentada, o poner en peligro a la misma, como lo hace la segunda suposición.

Lo descrito anteriormente, lo plasma el Director General de la IAEA, en el informe sobre el accidente de Fukushima Daiichi, quien afirmaba lo siguiente [4]:

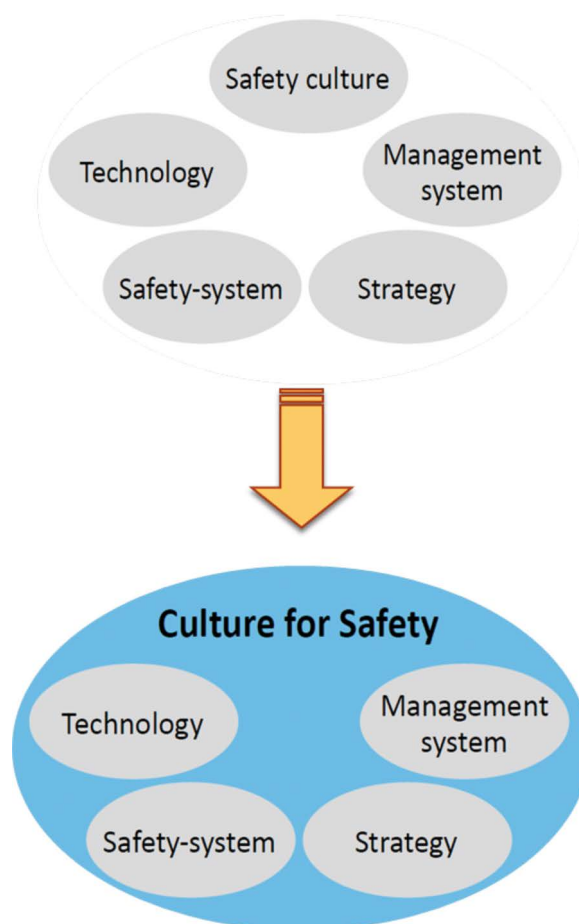
“Un factor importante que contribuyó al accidente fue la suposición generalizada en Japón de que sus centrales nucleares eran tan seguras que un accidente de esa magnitud era impensable. Esta suposición fue aceptada por los operadores de la central nuclear y no fue cuestionada por los reguladores ni por el gobierno. Como resultado, Japón no estaba lo suficientemente preparada para el accidente nuclear que se produjo en marzo de 2011”

Pero sin lugar a duda, la suposición más perjudicial, la más extendida, y la que aparece casi siempre en las investigaciones de cierta profundidad, es la de pensar que “la probabilidad de que un accidente ocurra es muy baja o remota, tanto que nunca nos pasaría o nos afectaría”. El origen de esta suposición se trata en psicología como un “sesgo cognitivo debido a la necesidad humana de simplificar las explicaciones de lo que ocurre y tratar de comprender lo que le rodea; ese mecanismo lleva a una simplificación de la realidad que elude lo improbable”. Tras esta suposición está la explicación de la relajación de los controles y las protecciones que sucede en cada accidente.

Por tanto, conocer e identificar estas suposiciones y comportamientos generalizados y extendido en la organización, es fundamental para comprender el impacto que conlleva en la seguridad, permitiendo también llevar a cabo actuaciones para aplicar medidas correctivas. De esto, se deduce la gran importancia que recae en el factor humano y el papel primordial que juega la cultura de seguridad.

Sin embargo, cada vez más se está caminando hacia otro concepto: Cultura por la seguridad. Éste amplía el concepto de “cultura de seguridad”, recordando que no se trata de una entidad individual que puede ser aplicada o eliminada de la cultura de la organización, sino que la seguridad es el resultado de la cultura de una organización, ya que ésta influye en todos los aspectos de cómo se comportan las personas, cómo se desarrolla el sistema de gestión y cómo se manifiestan los principios de “defensa en profundidad”. Por tanto, el objetivo de cualquier organización debe ser el de crear una cultura organizacional que trabaje para lograr alcanzar la seguridad cada día, y que esta cultura sea algo inherente a todos los aspectos de la organización. Esta idea se ve reflejada en la Figura 1-1.

Figura 1-1. Cultura por la seguridad [4]



I.2. Justificación

Antes de 1970, la Administración de investigación y desarrollo de la energía (Energy Research and Development Administration – ERDA) no tenía un programa de seguridad como tal. Existía el deseo de mejorar el desarrollo de la inversión de activos en pro de la seguridad. Emergiendo así, poco a poco, conceptos como el de análisis de sistemas, causa de accidentes, factores humanos, reducción de errores y medidas del desarrollo de la seguridad. Todo ello sugería la necesidad de desarrollar un mayor control sobre las amenazas y peligros a los que se veía sometida la industria, y en especial, el sector nuclear [5].

Durante esa época, ERDA, predecesor del actual Departamento de Energía de los Estados Unidos (Department of Energy – DOE), comenzó un estudio llevado a cabo por W.G. Johnson. De esta manera, en 1970, la publicación *New approaches to safety industry* [6] escrito por W.G. Johnson, recoge principios de seguridad de diversas fuentes y muestra cómo aplicarlos a la industria.

Tres años más tarde, en 1973, se realiza la primera publicación del programa MORT bajo el título “*MORT: the Management Oversight & Risk Tree*”, el cual está documentado en el documento del Sandia National Laboratory *SAN 821-2* [7]. Se trata de una propuesta para formular un concepto comprensible de los sistemas por los que se producen los accidentes y de su control. En este punto, se debe destacar que MORT no representa una metodología nueva y sin probar, sino que representa la síntesis de los mejores elementos y conceptos de un programa de seguridad incluyendo las técnicas más avanzadas del Estado del Arte en análisis y evaluación de programas de seguridad.

El programa MORT se ocupó de un amplio espectro de riesgos, incluyendo incendios, enfermedades profesionales, peligros radiológicos y criticidad nuclear. Estos riesgos surgieron en diversos sectores, desde el transporte aéreo y por carretera hasta instalaciones fijas y minas, permitiendo al programa adquirir conocimientos diferentes y descubrir técnicas y principios generales.

MORT fue desarrollado, como herramienta de trabajo, por el DOE y publicado en 1992. Los numerosos conceptos del sistema de seguridad y elementos del programa de seguridad al Estado del Arte, se sintetizan para desarrollar un “MORT programado” y se presentan con gran detalle en el manual de usuario de MORT [5]. Conceptos innovadores como el rol de la secuencia del flujo de energía no deseado, barreras para evitar dichos flujos de energía, errores, cambios y riesgos, se relacionan sistemáticamente junto con las ciencias del comportamiento, de la organización y analíticas.

Por tanto, la información que nos ofrece MORT, es un árbol lógico, que relaciona e integra de forma sistemática una amplia variedad de conceptos de seguridad. El diagrama establece de forma ordenada todos los posibles factores de causa del accidente, proporcionando al usuario una técnica minuciosa de investigación de accidentes e incidentes. También se puede utilizar para profundizar en el análisis de sistemas para adecuar los elementos de control y seguridad de cara al futuro y prevenir así posibles incidentes o accidentes [5].

En el año 2002, The Noordwijk Risk Initiative Foundation (NRI) publica otro manual de usuario *NRI MORT User's Manual* [8]. La versión ofrecida en el Manual de DOE no se ajustaba a sus necesidades, ya que, además de estar escrita en inglés americano, hacía referencia a documentos y organizaciones que eran relativamente desconocidas para las personas que no formaban parte del público para el que estaba escrito. Además, el manual ya tenía diez años de antigüedad. Uno de los factores que contribuyen de forma notable a que la guía fuese más práctica fue el estilo del lenguaje, haciéndose más comprensible.

Esta nueva versión pretendía [8]:

- Reformular la escritura a inglés británico.
- Simplificar el sistema de transferencia del diagrama.
- Eliminar las referencias específicas a DOE.
- Ayudar a los usuarios a adaptar el conjunto de preguntas a sus propias organizaciones.

Esta versión revisa el manual de DOE manteniéndose cerca de la estructura de la revisión de 1992 de MORT y de las intenciones del texto original.

En el año 2009, se llevó a cabo una segunda versión por la NRI [9], para traducirlo al holandés. Además, se revisó de nuevo el manual con el fin de considerar cambios estructurales y reformular algunas preguntas del manual. Este documento es, por tanto, el más actualizado del que se dispone hasta la fecha.

II. Objetivo

II. Objetivo

Este documento describe, principalmente, el trabajo realizado en el marco del Trabajo Fin de Master sobre Adaptación de la metodología MORT de análisis de causa raíz a las CCNN españolas, realizado entre la Universidad Politécnica de Madrid y el CSN, en el que se ha llevado a cabo la comparación de versiones públicas de manuales de usuario de MORT, y sus correspondientes diagramas de árbol, para así poder estudiar y analizar las diferencias, deficiencias y adecuación de todos los sucesos que forman parte de estos.

Así mismo, describe la elaboración de un manual de usuario en castellano, además de un árbol lógico para facilitar el uso y aplicación del manual, ambos adaptados a las características propias del ámbito nuclear en España, y de aplicación en todas las centrales nucleares españolas, con la extrapolación a cualquier accidente ocurrido en otras industrias distintas a la nuclear. Esta herramienta propia será de aplicación directa en la investigación de accidentes e incidentes, además de poder ser utilizada como guía en inspecciones por parte del regulador.

III. Análisis de MORT

III. Análisis de MORT

La metodología MORT (*Management Oversight and Risk Tree*) es una metodología exhaustiva que establece las causas raíces de los accidentes y las recoge en un árbol de fallos. Proporciona una técnica minuciosa para la investigación de accidentes y, además, permite analizar los programas de seguridad. Se trata de una lista de verificación gráfica.

Se utiliza para establecer de forma ordenada las causas raíces del accidente, pero también puede servir como forma de profundizar en el análisis de sistemas para adecuar los elementos de control y seguridad de cara al futuro y prevenir así posibles incidentes o accidentes.

Los diagramas de los que se parte en este documento son los que aparecen en el Anexo II [9], correspondiente al diagrama de NRI, y en el Anexo III [5], que hace referencia al diagrama de DOE.

Para entender la metodología MORT, en la siguiente sección se presentan las técnicas de análisis de causa raíz más utilizadas en la investigación de incidentes y accidentes.

III.1. Análisis de accidentes

Para poder hacer frente a un análisis de accidentes debemos saber qué son los accidentes y qué implican éstos. Como establece *DOE Workbook: Conducting Accident Investigation* [10], los accidentes son sucesos no planeados y no intencionados que dan lugar a daños o pérdidas personales, materiales o medioambientales de gran valor, los cuales se denominan, en inglés, “targets”. Estos daños o pérdidas supondrían un incremento brusco e inesperado del coste de una organización, así como una disminución importante de su eficiencia.

Hay que tener muy en cuenta que rara vez los accidentes son sencillos y casi nunca son resultado de una única causa. Hay tantas causas como controles y barreras existan para impedir la ocurrencia del accidente, y por tanto, han debido fallar. En la mayoría de los accidentes intervienen múltiples causas, pudiendo estar éstas correlacionadas entre sí.

Un accidente se producirá cuando estén presentes deficiencias significativas en la supervisión, errores, omisiones o cambios no anticipados. Cualquiera de estas condiciones puede ser precursora de un accidente, y la única incertidumbre será cuándo tendrá lugar y cómo de severas serán sus consecuencias.

Para poder llevar a cabo un estudio completo del accidente, se deben conocer y entender profundamente los factores que han contribuido al mismo, así como los sistemas habilitados, ya sean controles o barreras, que deben prevenirlo. Los controles ayudan a prevenir los errores o fallos que pueden dar lugar al accidente; las barreras ayudan a mitigar las consecuencias de los fallos o errores potenciales. Éstas pueden ser tanto barreras físicas (equipos de salvaguardia o muros de contención), como barreras administrativas (procedimientos de trabajo, análisis de peligros, supervisión de la línea de gestión y sistemas de comunicación). La ejecución del personal así como las condiciones ambientales, también contribuyen decisivamente en la protección. Por ello es necesario analizar la fiabilidad humana, ya que es un factor determinante en el desarrollo del accidente.

Sin embargo, cierto grado de riesgo base es inherente a cualquier tipo de actividad industrial. Por tanto, asumiendo este riesgo, pero incluyendo protecciones contra los sucesos no deseados, se conseguirá controlarlo o minimizarlo.

El entender cómo prevenir o controlar un accidente requiere, como ya se ha dicho, un alto grado de entendimiento de la secuencia de los sucesos que dan lugar al mismo, para así identificar e implementar medidas compensatorias o contramedidas que también contienen riesgos, pero de un modo aceptable [10].

En las siguientes subsecciones se explican en detalle algunas de las técnicas más utilizadas en la investigación de accidentes [10]:

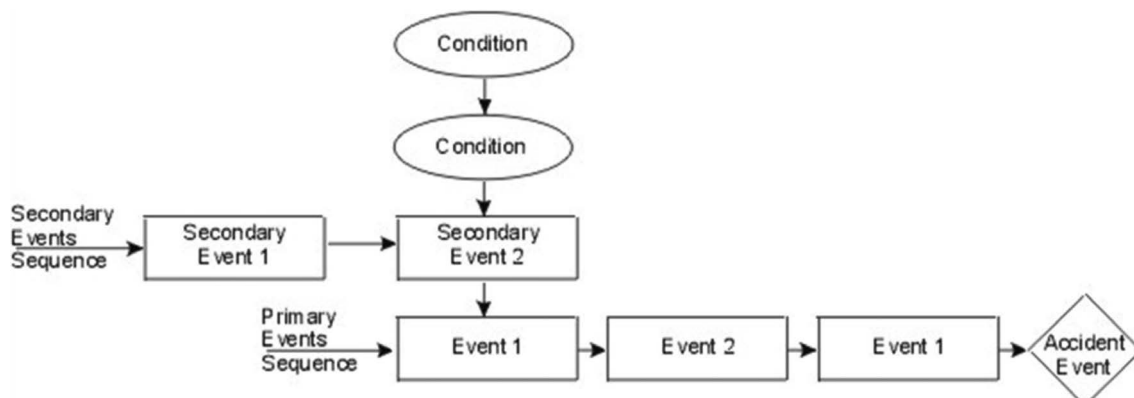
- Secuencia de eventos. Se utiliza para trazar la evolución cronológica de los sucesos y las condiciones y circunstancias alrededor de los mismos.
- Análisis de barreras. Se usa para estudiar la efectividad de las barreras previstas, dispuestas y supuestas (tanto físicas como de gestión) que pretenden proteger a las personas, bienes y medio ambiente de las transferencias no deseadas de energía.
- Análisis del cambio. Se usa para examinar los cambios planeados y no planeados en un sistema y determinar su importancia como factor de causa del accidente, es decir, estudia en tareas rutinarias qué ha cambiado en esta ocasión, para que haya dado lugar al accidente.
- Búsqueda de causa raíz. Se usa para identificar los factores de causa, incluyendo los sistemas de gestión, que si se corrigiesen, podrían prevenir la repetición del suceso. Es una aplicación directa de la metodología MORT.

III.1.1. Secuencia de sucesos

Este análisis se inicia examinando el suceso que ha precedido inmediatamente al accidente, y continúa con los sucesos en orden cronológico inverso. Elaborando, de esta forma, la cadena de sucesos precedentes al accidente y evaluando su importancia. Para determinar así, si los sucesos se habían desviado de su actividad normal, con sus correspondientes consecuencias.

De esta forma se elabora la cadena principal de sucesos y las cadenas secundarias (Figura 3-1), en las que se van incluyendo los sucesos relevantes y sus condiciones, obteniendo finalmente una “foto” temporal de lo que precedió al accidente.

Figura 3-1. Cadena de sucesos [10]



Cabe destacar que, como indica el documento *Event and causal factor analysis* [11], los sucesos describen un acontecimiento, pero no una condición, estado, circunstancia, problema, resultado o conclusión. Por ejemplo, un suceso sería “la tubería de la pared se rompió”, y no “la tubería tenía una grieta”.

Cada vez que se identifique un suceso significativo, se debe responder a una serie de preguntas sobre la cadena de sucesos para clarificar las causas y cómo se ha producido el mismo. A continuación, se presenta un ejemplo genérico de las preguntas que se deberían realizar:

- ¿Por qué ocurrió este suceso?
- ¿Qué pasó para permitir que el suceso ocurriese?

- ¿Por qué se daban esas condiciones?
- ¿Quién era el responsable de esas condiciones?
- ¿Existe relación entre lo que fue mal en ese suceso y otros sucesos, o condiciones de los mismos, en la secuencia del accidente?

Este análisis se debe realizar inmediatamente producido el accidente. Sin embargo, los sucesos no se descubrirán en el orden secuencial en el que se produjeron, por tanto, la cadena inicial que se obtendrá, será sólo un esqueleto del producto final. Muchos sucesos y condiciones se descubren a corto plazo. Por ello, la cadena se debe actualizar a medida que nuevos datos vayan apareciendo.

En ocasiones, los sucesos y condiciones de cadenas diferentes, están relacionadas y sugieren un factor de causa mayor y más significativo, denominado factor o factores causales. Por ejemplo, dos cadenas independientes en las que aparezcan condiciones como “*el procedimiento no identificó un peligro eléctrico*” y “*los peligros eléctricos no se trataron en el pre-job-briefing*”, respectivamente, puede indicar que el riesgo eléctrico no fue identificado adecuadamente en el análisis de peligros de la actividad correspondiente.

Aunque no todas las cadenas de sucesos den lugar al descubrimiento de factores causales, es importante preparar un listado completo de sucesos para entender las circunstancias que han dado lugar al accidente y cerciorarse de que todos los sucesos significantes han sido identificados.

Este análisis va a permitir validar la secuencia de sucesos que relaciona el accidente con las condiciones que afectaron a los mismos, también muestra las relaciones relevantes entre ellos y las condiciones a las que están asociados, y relaciona los hechos producidos y los factores causales con los temas organizativos y sistemas de gestión. Además, da una ayuda visual efectiva que resume la información clave del accidente centrándose en las causas [10].

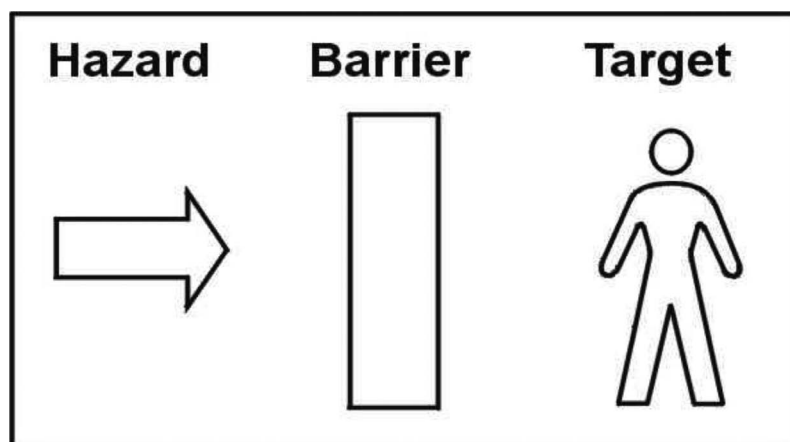
III.1.2. Análisis de barrera

El análisis de barreras está basado en la premisa de que los peligros están asociados con todos los accidentes. Las barreras se desarrollan e integran en los sistemas o procesos de trabajo para proteger a las

personas o equipos de dichas amenazas. Por tanto, para que un accidente se produzca, deben estar presentes tres factores (Figura 3-2):

1. Las amenazas o peligros que entren en contacto con
2. Los blancos u objetivos que pueden recibir el daño
3. Las barreras o controles que fallaron de alguna forma

Figura 3-2. Factores presentes en el accidente [10]



La energía o “Flujo de energía” se refiere al factor peligroso o amenaza que podría dañar al blanco expuesto ante éste. Puede incluir también ciertas condiciones ambientales adversas. Estos flujos de energía pueden ser de dos tipos: los deseados, como podría ser la electricidad de un cable que alimenta a un equipo eléctrico; y los no deseados, como sería el contacto de un empleado con la electricidad de ese cable.

Los “Blancos” pueden ser personas, cosas o procesos; de hecho, es cualquier cosa que debiera estar protegida o que no debería ser perturbada por un flujo de energía. MORT define accidente en términos de pérdidas, por tanto, al menos uno de los blancos en la secuencia del accidente tiene que ser de valor. Así mismo, los incidentes, es decir, aquellas secuencias que casi dan lugar a pérdidas son también de interés y se puede aplicar este análisis a los mismos.

Las “Barreras” son los medios interpuestos mediante los cuales los blancos están protegidos de los flujos de energía. Así como en las barreras (cuya naturaleza es puramente protectora), los análisis también se centran en el trabajo o proceso de control de las mismas, ya que también proporcionan protección guiando las energías y blancos de manera segura. Cada barrera de por sí, es suficiente para impedir el accidente, si no, no es barrera.

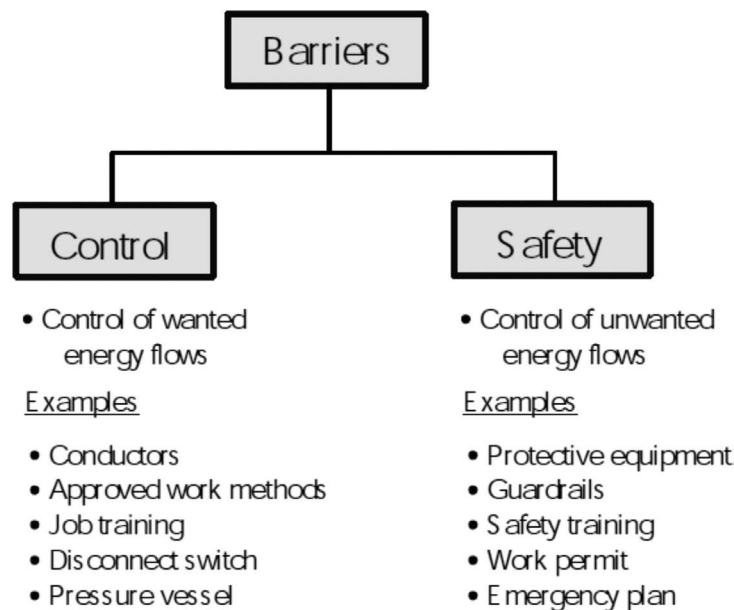
Este análisis se utiliza para identificar las barreras y controles que deberían haber estado presentes para evitar que se produjese el accidente. Se centra en estudiar las siguientes barreras:

- Las barreras que estaban en su lugar y cómo actuaron.
- Las barreras que estaban en su lugar, pero no fueron utilizadas.
- Las barreras que no estaban en su lugar, pero fueron requeridas.
- Las barreras que, si hubiesen estado presentes, habrían prevenido el accidente.

Las barreras pueden ser tanto físicas como administrativas. El análisis de cada una de ellas es diferente: para llevar a cabo el análisis de las barreras físicas, se requiere de planes y especificaciones del sistema, documentación técnica, información de la instalación y pruebas de los equipos, así como su historia de mantenimiento, entre otras. Para las barreras administrativas, se requiere recopilar información en tres niveles diferentes, los cuales son el nivel de actividad (permisos de trabajo, cadenas organizativas, formación...), de instalación (límites de exposición, requisitos técnicos de seguridad, documentación de seguridad de la gestión...) y nivel institucional (políticas, directivas, presupuestos...).

Las barreras hacen referencia tanto al control de los flujos deseados de energía, como al control de los flujos no deseados de energía. Éstos últimos están directa o indirectamente relacionados con la protección de las personas y objetos ante los flujos no deseados de energía, y son las barreras de seguridad. En la Figura 3-3 se muestra un esquema de dicha clasificación.

Figura 3-3. Barreras para flujos de energía deseados y no deseados [10]



III.1.3. Análisis del cambio

Se entiende como cambio, cualquier factor (actuación del personal, equipos, revisiones de manuales...) que afecte de alguna forma al equilibrio de un sistema que opera como inicialmente se había planeado. Un cambio es, a menudo, una fuente de desviaciones en las operaciones del sistema o proceso. Los cambios pueden ser tanto planeados, anticipados y deseados, como no intencionados ni deseados [10].

Es probable que los cambios en el área de trabajo sean causa de accidentes. Sin embargo, cabe destacar que los cambios planeados son parte necesaria en el día a día de las empresas, negocios, instalaciones, fábricas...

El análisis del cambio examina los cambios planeados y no planeados que han podido causar resultados no esperados ni deseados.

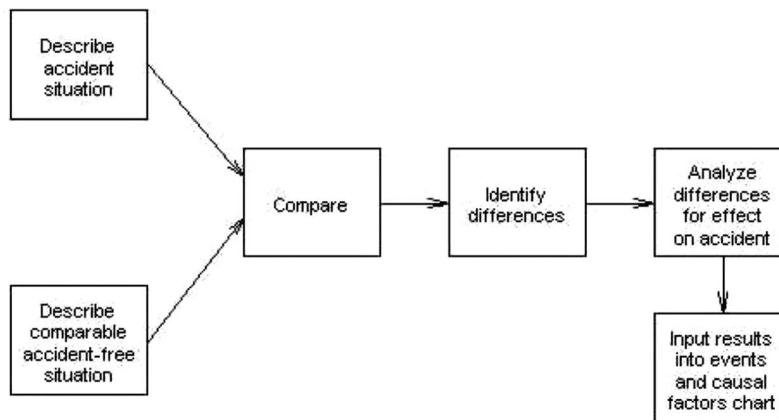
En la investigación de accidentes, se utiliza esta técnica para estudiar el accidente mediante el análisis de las diferencias entre lo que había ocurrido en otras ocasiones en la misma actividad o proceso, o lo que era esperado que ocurriese, y la secuencia de sucesos real que se produjo para poder darse el accidente. Estas diferencias se estudian y se determina si las diferencias existentes contribuyeron, o no, al accidente.

Cabe destacar que un buen análisis del cambio identifica los cambios producidos y los resultados de dichos cambios. Esta distinción es importante, porque si sólo se identifican los resultados de los cambios, no se descubrirán los factores de causa del accidente [10].

Este análisis es relativamente sencillo. Consiste en cuatro pasos, tal como se puede observar en la figura (Figura 3-4). En el último paso se debe combinar los resultados obtenidos mediante el análisis del cambio con los resultados de otras técnicas. Esto es útil para entender profundamente el accidente.

Se recomienda comparar este análisis con el de la secuencia de eventos, ya descrita anteriormente, incluyendo los resultados del análisis del cambio en los sucesos del análisis de secuencia de sucesos, para así identificar factores de causa potenciales.

Figura 3-4. Esquema Análisis del cambio [10]



III.1.4. Búsqueda de causa raíz

Para desarrollar el análisis de búsqueda de causa raíz, se debe conocer que los factores causales son los sucesos o condiciones que produjeron o contribuyeron a la ocurrencia del accidente. Existen tres tipos de factores causales [10]:

- Causa directa de un accidente. La causa directa de un accidente es el suceso o condición que causaron de forma inmediata el accidente. Por ejemplo, la causa directa de un accidente puede ser la activación inadvertida de un circuito eléctrico que inicia la liberación de CO₂ en un espacio ocupado.
- Causas o factores contribuyentes. Las causas contribuyentes son sucesos o condiciones que, colectivamente con otras causas, aumentaron la probabilidad de un accidente, pero que de forma individual no lo causaron. Un ejemplo de factor contribuyente puede ser un fallo en la implantación de los procedimientos de seguridad vigentes del proyecto que contribuyeron al accidente.
- Causa raíz. Las causas raíces son los factores causales que, si se corrigiesen, prevendrían la ocurrencia de los mismos accidentes, o parecidos. Las causas raíces pueden derivarse de, o abarcar, varias causas contribuyentes. Es decir, son factores causales fundamentales de orden superior, que abordan categorías de deficiencias, en lugar de problemas o fallos únicos. Sin la presencia de las causas raíces, el suceso no habría tenido lugar. La corrección de las causas raíces no solo evitaría que se repitiera el mismo accidente, sino que también resolvería las deficiencias del sistema de administración, supervisión y gestión que podrían causar o contribuir

a otros accidentes. Un ejemplo de causa raíz podría ser que los sistemas de gestión de contratistas no fueron efectivos para traducir las lecciones aprendidas de las ocurrencias pasadas en operaciones diarias más seguras en las instalaciones. En este caso el fallo en implementar las lecciones aprendidas es la causa raíz del accidente.

Los accidentes son síntomas de problemas en el sistema de gestión de la seguridad. Aunque los accidentes generalmente derivan de factores de causa múltiple, si se corrigen únicamente las causas directas puntuales de un accidente es como tratar los síntomas e ignorar la enfermedad.

El análisis de búsqueda de causa raíz, es un proceso sistemático que utiliza los resultados de otras técnicas analíticas, como las vistas en los subapartados anteriores, para determinar las razones más importantes por las que se produjo el accidente. Este análisis contesta a la pregunta “¿Por qué?”.

Una vez que se hayan realizado varias (o todas) las técnicas de investigación de accidentes recomendadas, se debe tener una amplia comprensión de los sucesos y condiciones del accidente, junto con una lista extensa de los factores de causa sospechados. El análisis de causa raíz se desarrolla para refinar la lista de factores de causa y categorizar cada uno según su importancia e impacto en el accidente.

Este análisis no es una ciencia exacta, por lo que requiere de un buen criterio, al igual que el resto de técnicas de investigación presentadas.

La intención de este análisis es identificar y abordar únicamente aquellas causas raíces que puedan ser controladas por el sistema o proceso que se investiga, excluyendo así los sucesos o condiciones que no se puedan anticipar o controlar.

En un accidente, puede existir más de una causa raíz, pero raramente más de tres o cuatro. Si una vez finalizado el análisis, se piensa que existen numerosas causas raíces, entonces se deben volver a analizar los factores de causa recogidos para valorar si existen causas que se pueden combinar para reflejar causas raíces más fundamentales.

Si se lleva a cabo un análisis de causa raíz antes de que se conozcan todos los hechos significativos del accidente o se determine el espectro completo de factores causales, es probable que la causa o causas raíces no sean descubiertas.

La metodología MORT se basa en la aplicación de la búsqueda de la causa raíz, y por tanto, lleva a cabo el análisis del resto de métodos presentados para la investigación de accidentes.

IV. MORT

IV. MORT

La metodología MORT (*Management Oversight and Risk Tree*) es una metodología exhaustiva que establece las posibles causas raíces de los accidentes y las recoge en un árbol de fallos.

Tal y como se describe en [8], esta metodología es una expresión lógica de las funciones necesarias en una organización para poder gestionar los riesgos de manera efectiva. Se hace énfasis en el “qué” en lugar de en el “cómo”. MORT es reflejo de una filosofía integral que hace más efectiva la gestión de la seguridad, e integra la parte administrativa y la de control de operación.

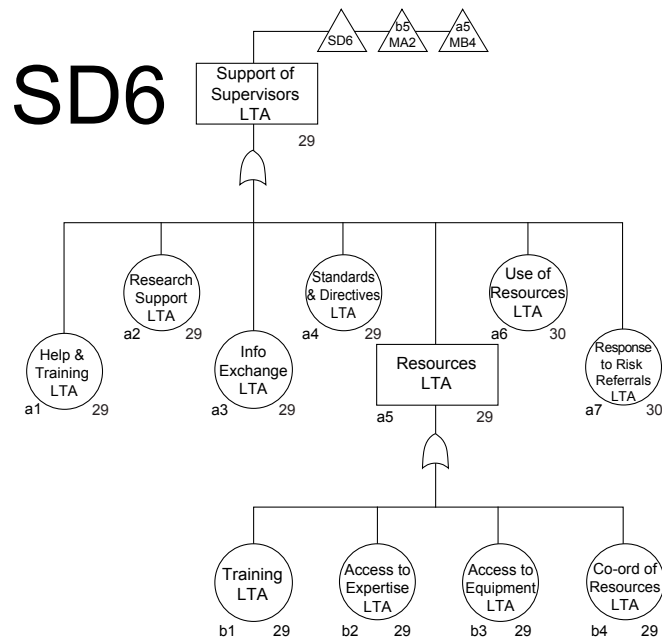
El estudio de MORT consiste, básicamente, en tres etapas:

1. Definir los sucesos que posteriormente serán analizados. Se identifica el listado completo de sucesos que comprendieron el accidente.
2. Caracterizar cada suceso en términos de flujos de energía no deseados. Se analiza cómo fue el intercambio de energía con la persona u objetos afectados. El propósito de esta etapa es entender cómo se ha producido el daño.
3. Evaluar la hipótesis de que las transferencias de energía no deseadas sean resultado de cómo se gestionaron los riesgos de la actividad o proceso donde se produjo el accidente. El análisis se debe realizar “hacia arriba”, es decir, subiendo en los puestos de responsabilidad y la jerarquía, para encontrar decisiones administrativas o de diseño sobre personas, equipos, procesos y procedimientos que hayan sido relevantes en el accidente.

Con el fin de facilitar el análisis, se debe utilizar el diagrama de MORT (ver Anexo II y Anexo III). La clave para entender MORT es examinar cada uno de los elementos del diagrama. Cada suceso corresponde a una o varias preguntas que se debe hacer el analista y a las cuales se les debe dar respuesta. Estas preguntas se realizan mediante una secuencia predeterminada en el manual de usuario, la cual está diseñada para ayudar a clarificar los hechos que rodean el accidente.

Cabe destacar que en el diagrama aparecen redundancias planeadas, ya que si la amenaza o peligro puede identificarse o conectarse en dos o más sucesos, como puede observarse en la Figura 4-1, donde diferentes ramas presentan transferencias a la rama SD6 (apoyo a la supervisión) se logra un mayor grado de protección contra éstas. Es mejor hacer la pregunta correcta dos veces, que no hacerla en ningún momento.

Figura 4-1. Estudio de la misma rama desde diferentes puntos de vista



Los ingredientes clave que define MORT [8] para que se produzca un accidente son los siguientes:

1. Flujo de energía o condición ambiental adversa.
2. Personas vulnerables u objetos que pueden ser dañados por ese flujo de energía o condición ambiental.
3. Ausencia o fallo de barreras y controles diseñados para separar los anteriores (1 y 2)
4. Sucesos y flujos de energía que permiten llegar hasta el final del accidente.

Estos cuatro “ingredientes” deben estar siempre presentes para que se dé el accidente. Si alguno de los anteriores no se cumple, entonces dicho accidente no llegará a producirse. Por tanto, para MORT, un incidente o accidente es un suceso en el cual una barrera ha sido inadecuada o ha fallado ante un flujo de energía no deseado o condición ambiental adversa, dando lugar así a pérdidas o consecuencias adversas.

También debe tenerse en cuenta la posibilidad de que personas u objetos puedan entrar en contacto con flujos de energía dañinos o condiciones ambientales adversas, tal y como se indica en el documento

Barrier Analysis [12]. Por tanto, las personas u objetos deberán aislarse para prevenir dicha posibilidad. También se remarca que se deben tener en cuenta otros factores relacionados con los blancos potenciales, como por ejemplo, el control de los empleados que podrían resultar heridos en el área de trabajo.

Cabe destacar que, aunque existan tantos MORT como analistas y enfoques, todos ellos tienen algo en común: la coherencia en el nivel de corte de las causas raíces elegido, es decir, fija un nivel de causas normalizadas; además de la exhaustividad en lo referente a que todos los aspectos queden vigilados o cubiertos.

La versión de MORT que se ha desarrollado en el CSN, está basada en las versiones públicas, anteriormente mencionadas, y altamente contrastadas, además de estar dirigido a aplicaciones del área nuclear.

IV.1. Estudio del diagrama de MORT

Este diagrama tiene una estructura similar a un árbol de fallos, como se puede observar en las figuras. En éste, los sucesos se dividen en:

- Sucesos no básicos (rectángulos).
- Sucesos básicos (círculos).
- Riesgos asumidos (rombos).

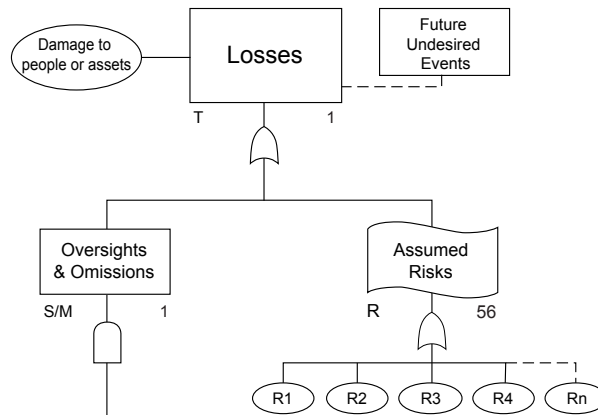
Todos estos sucesos están conectados mediante puertas lógicas, las cuales se presentan en la sección *Puertas lógicas, inputs y outputs*.

También existen otros símbolos como:

- Triángulos. Indican una transferencia a otra rama del diagrama.
- Óvalos. Indican una condición para que se puedan producir los sucesos que quedan en un nivel inferior a ellos.

Es importante saber que en cada uno de los sucesos se presentan una o varias preguntas a las cuales hay que responder. En la Figura 4-2 se observa el inicio del árbol de MORT.

Figura 4-2. Parte inicial del diagrama de MORT [9]



El primer suceso, al que se tiene que enfrentar el investigador es el de “pérdidas”, suceso con forma de rectángulo, por lo que se trata de un suceso no básico. A su izquierda puede observarse la condición (óvalo) de “daño a personas o bienes”, el cual indica que para que se produzca el suceso de “pérdidas” tiene que darse dicha condición.

En el suceso de “pérdidas” se debe responder a la pregunta:

“¿Qué tipo de riesgo ha producido las pérdidas?”

La respuesta puede tener dos posibilidades:

1. Debido a riesgos que no fueron adecuadamente gestionados (*Oversight and Omissions*) y que saldrán a la luz tras el análisis,
2. Debido a los riesgos que se han gestionado adecuadamente, es decir, son riesgos asumidos (ver sección *Riesgos asumidos (R)*).

Como el árbol de MORT se estudia de arriba hacia abajo y de derecha a izquierda, la siguiente pregunta sería:

“¿Qué produciría descuidos y omisiones?”

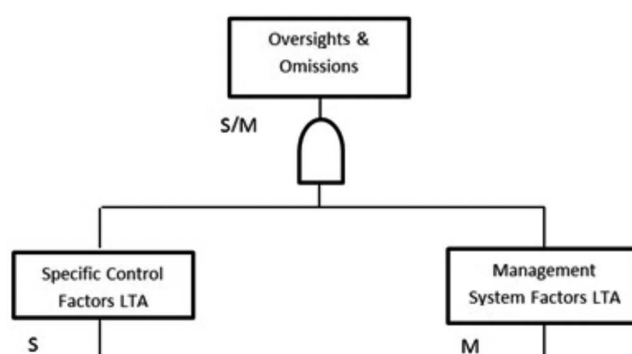
La respuesta se encuentra en el segundo nivel de la cadena, en el que se trabaja de la misma forma, al igual que en el resto de los niveles del diagrama.

IV.2. Puertas lógicas, *inputs* y *outputs*

El diagrama de MORT está compuesto de *inputs* y *outputs*, es decir, de sucesos de entrada y sucesos de salida conectados mediante puertas lógicas. El diagrama MORT tiene puertas lógicas. Estas puertas lógicas son de tipo “Y” y “O”, sin embargo, para el análisis MORT, no contribuyen de manera significativa y podrían ser obviados fácilmente.

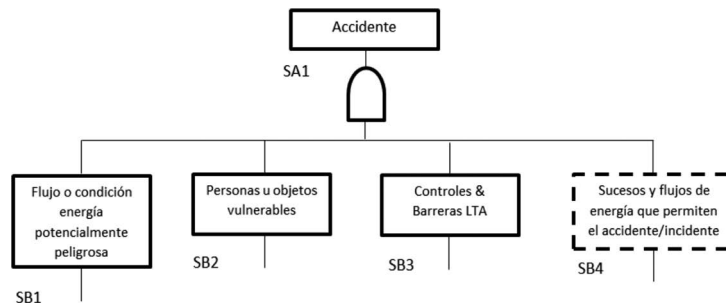
De todas las puertas lógicas presentes en el diagrama, únicamente existen dos puertas “Y”, mientras que el resto son de tipo “O”. La primera puerta “Y” que aparece (Figura 4-3), pretende recordar que, aunque los accidentes estén producidos en su mayoría por “supervisiones y omisiones” que hacen referencia al control específico de la actividad, relevantes e imprescindible la contribución de los sistemas de gestión.

Figura 4-3. Primera puerta Y del diagrama



La segunda puerta “Y” hace referencia a los cuatro ingredientes clave, comentados anteriormente (ver sección 4 *MORT*), para que se produzca el accidente. Esta puerta lógica enfatiza que el accidente se producirá únicamente cuando estén presentes estos elementos. Sin embargo, el accidente no ocurrirá si alguno de los mismos no estuviese presente (Figura 4-4).

Figura 4-4. Segunda puerta Y del diagrama



El suceso SB4 (Figura 44) está marcado con un rectángulo discontinuo. Esto indica que el suceso no se analiza como parte del diagrama de MORT, pero que se necesitan identificar todos los sucesos y flujos de energía existentes que se han producido antes, durante y después del accidente.

IV.3. Estructura de MORT

La estructura de MORT está compuesta de un esqueleto o ramas principales (ver Figura 4-5), que son:

- Descuidos y omisiones.
- Factores del sistema de gestión.

Existe también una tercera rama correspondiente a los riesgos asumidos, que posteriormente se explicarán (ver sección 4.5 *Riesgos asumidos*).

La rama de *Descuidos y omisiones* se divide en otras dos, mediante una puerta Y: *Factores de control específicos* y *Factores del sistema de gestión*. Esto quiere decir que, para que se produzca un accidente o incidente, se tiene que dar una deficiencia en ambas ramas, tanto en los factores de control específicos como en los factores del sistema de gestión.

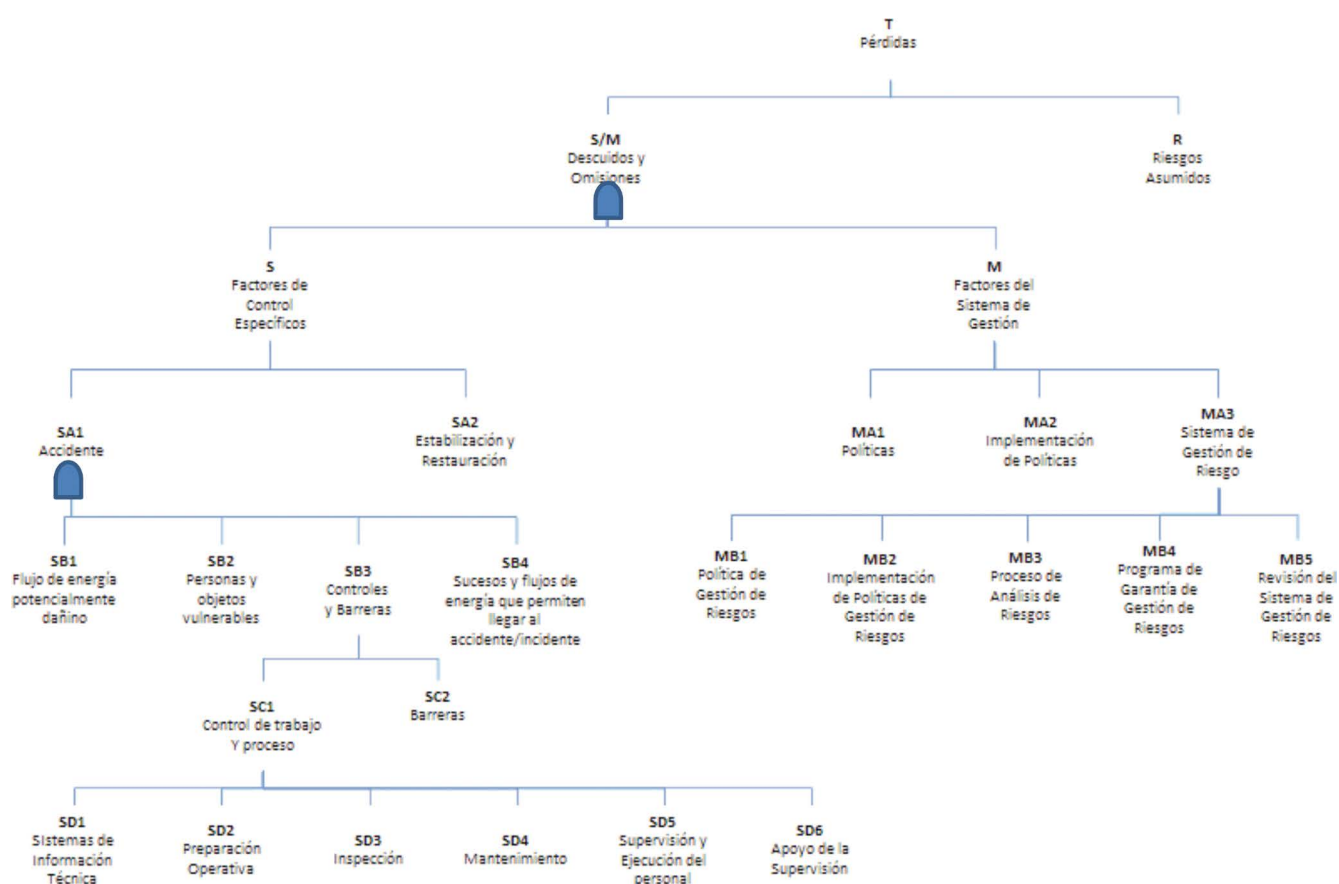
En cuanto a las deficiencias en los *Factores de control específicos*, se pueden dar o en el propio accidente, o bien durante el proceso de estabilización y restauración.

El accidente se producirá por la presencia de cuatro elementos: un flujo de energía dañino, la presencia de objetos o personas vulnerables, fallo en los controles o barreras y una condición para que se produzca la liberación no programada de energía que de lugar al accidente. Los controles y barreras, por

su parte, también dependerán de varios factores, entre los cuales se encuentran la inspección, el mantenimiento, la supervisión del personal...

La rama correspondiente a *Los factores del sistema de gestión* puede tener deficiencias debido a las políticas a aplicar, en la implantación de dichas políticas o en el sistema de gestión de riesgos.

Figura 4-5. Esqueleto principal del diagrama de MORT



IV.4. Nomenclatura del diagrama

Cada suceso del diagrama está definido individualmente con una serie de letras y números.

Los sucesos que forman parte de la rama de *Factores de control específicos* se identifican con la letra “S” (*Specific Control Factors*), mientras que la rama de *Factores del sistema de gestión* queda identificada con la letra “M” (*Management System Factors*).

Al descender en ambas ramas al siguiente nivel, los sucesos se identifican con la letra “S” o “M” según se encuentren en una rama u otra, seguida de la letra “A” en el primer nivel, de la letra “B” en el segundo, y así sucesivamente. Por último, se coloca un número que indique la posición en la que se encuentra el suceso correspondiente con respecto al suceso situado más a la izquierda, en ese mismo nivel (Figura 45).

La rama de *Riesgos asumidos*, la cual se presenta en la sección 4.5 *Riesgos Asumidos*, se identifica por la letra “R” seguida de un número, según el orden en que aparecen estos riesgos en el estudio de MORT.

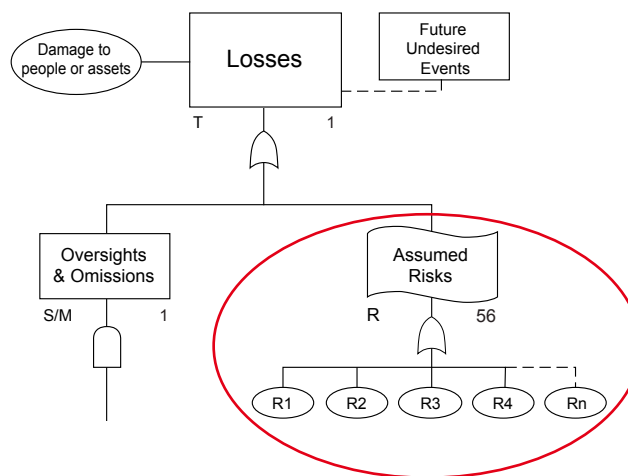
IV.5. Riesgos asumidos

En el análisis MORT existen dos tipos de riesgos:

1. Riesgos asumidos. Han sido identificados y aceptados correctamente por las personas apropiadas y de forma adecuada, previo estudio y análisis de los mismos.
2. Riesgos no asumidos. Riesgos que no han sido gestionados adecuadamente. Estos riesgos se encuentran en la rama de “*Oversights & Omissions*”, es decir, descuidos y omisiones.

En la mayor parte de los accidentes contribuyen ambos riesgos. En el diagrama de MORT, los riesgos asumidos quedan representados como se muestra en la Figura 4-6.

Figura 4-6. Riesgos asumidos [9]



IV.6. Procedimiento para el análisis

Para poder llevar a cabo el análisis de accidentes mediante la metodología de MORT, se necesita una gran comprensión del sistema en el que se ha dado el mismo, así como una descripción suficientemente amplia de la secuencia de sucesos que le ha dado lugar. Es conveniente que este análisis sea desarrollado por un equipo compuesto, como mínimo, por un par de personas, ya que se trata de una tarea muy laboriosa y ardua, que requiere contraste de opiniones, y que requiere mucho más tiempo si sólo lo hace una persona.

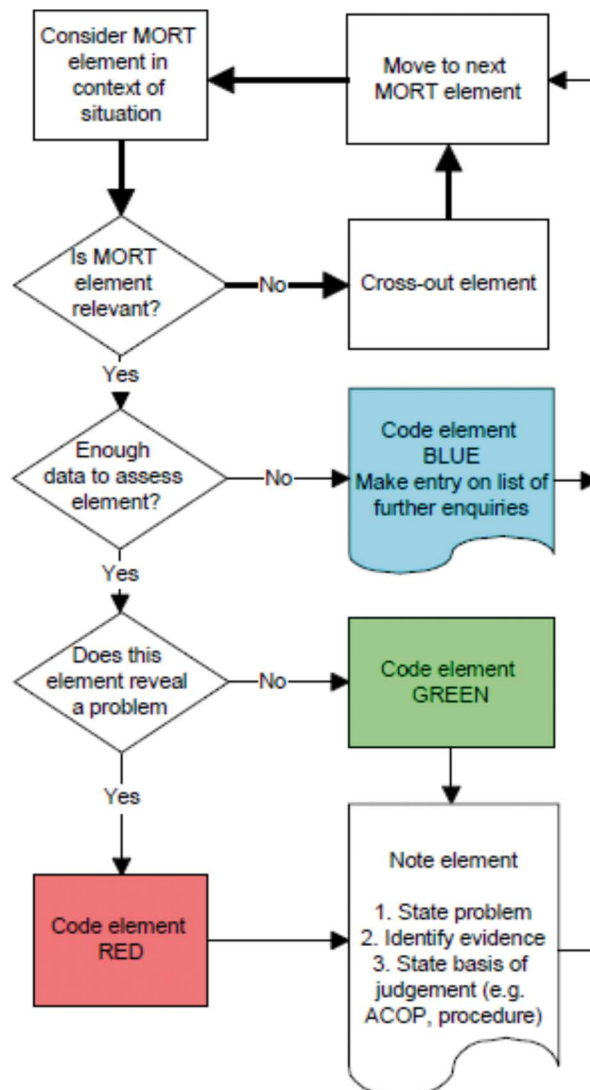
El objetivo es entender cómo los “blancos” han sido expuestos al peligro, daño o cambio no planeado, y explicarlo en términos de gestión de riesgos.

El procedimiento para utilizar MORT [9], cuyo esquema se presenta en la Figura 47, es el siguiente:

1. Escoger un suceso del Análisis de barrera, previamente realizado, y escribirlo en el diagrama de MORT sobre la casilla SA1 “incidente”. Es decir, el suceso seleccionado será el que se analizará en primer lugar.
2. Desarrollar el suceso SB1
 - a. Escribir el estado del flujo de energía en SB1.
 - b. Estudiar los sucesos según se muestra en la Figura 4-7,
 - i. Colorear de ROJO (problema) o VERDE (adecuado) sólo las evidencias y las normas explícitas de juicio.
 - ii. Colorear de AZUL si las evidencias o las normas requeridas no son claras.
 - iii. Mantener la lista de consultas a lo largo de todo el proceso.
 - iv. Escribir una lista provisional de Riesgos asumidos.
 - c. Estudiar los sucesos de la rama de gestión (M)
3. Si es necesario, añadir otro suceso del Análisis de barrera.

- a. Usar una cadena de MORT nueva.
 - b. Repetir el paso 2.
4. Cuando el análisis de SA1 haya sido completado:
- a. Conducir el estudio al suceso SA2 (Estabilización y Restauración).
 - a. Repetir el paso 2.

Figura 4-7. Procedimiento para la utilización de MORT



V. Adaptación de MORT

V. Adaptación de MORT

Para llevar a cabo la adaptación del análisis MORT al modelo español, se han seguido una serie de pasos:

- a. Comparación de las distintas versiones disponibles de MORT.
- b. Interpretación de los manuales de MORT de las versiones disponibles.
- c. Definición de la terminología y jerga adecuada para el escenario español.
- d. Definición de MORT para el escenario español.
- e. Elaboración del manual de usuario del MORT en castellano para el escenario español.
- f. Delineación del diagrama MORT en castellano.

A continuación, se desarrollan dichas etapas del proceso de adaptación de MORT.

V.1. Comparación de MORT

Las versiones de MORT utilizadas para realizar la comparación son:

- Departamento de Energía de Estados Unidos (*Department of Energy* – DOE), revisión de 1992
- *The Noordwijk Risk Initiative Foundation* (NRI) revisión de 2009, siendo la única versión europea disponible

La comparación se ha iniciado trasladando los diagramas de MORT de ambas versiones a una hoja Excel. En éste, se clasifican y ordenan los sucesos y se realiza una primera comparación entre los sucesos básicos del diagrama. Un ejemplo del documento Excel queda representado en la Figura 5-1.

El objetivo de este documento Excel, es la comparación de los sucesos básicos de cada una de las versiones, clasificando estos sucesos según su parecido e indicando aquellos en los que se producen transferencias o se establecen riesgos asumidos. También este documento permite tener una visión más ordenada, intuitiva y sintetizada del diagrama de MORT.

Figura 5-1. Esquema Excel

T	S/M	S	SA1	SB1	a1	b1			
Injuries, damage, other costs. Performance lost or degraded. Program public impact	Oversights and omissions	Specific control factors	Accident	Potentially Harmful Energy Flow Condition	Non-functional Energy Flow	Control LTA			
						b2			
						Control Impracticable		RISK 1	
						b3			
					Functional Energy Flow	Control of use LTA			
						b4			
						Diversion of Energy LTA	c1		
							Control LTA		
							Divert Impracticable		RISK 2
				Vulnerable People or Objects	Non-functional	b1			
						Control LTA			
						b2			
						Control Impracticable		RISK 3	
					Functional	b3			
						Control of Exposure LTA			
						b4			
						Evasive action LTA	c1		
							Means of Evasion LTA		
							c2		
							Evasion impracticable		RISK 4

Para cada uno de los sucesos básicos del diagrama, se ha establecido una tabla comparativa de los mismos (Figura 5-2), en la que se presenta el suceso básico correspondiente a cada una de las versiones de MORT, incluyendo algunos comentarios explicativos de las diferencias encontradas, si así lo requiriese dicho suceso.

Figura 5-2. Tabla comparativa Excel

--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--

La leyenda de colores utilizada en el documento Excel es la representada en la siguiente:

Tabla 5-1. Leyenda comparación sucesos

	Sucesos básicos iguales
	Sucesos básicos parecidos
	Sucesos básicos inexistentes en una de las dos versiones
	Sucesos que solo aparecen en uno de las dos versiones
	Ramas inexistentes en uno de los dos MORT
	Transferencia a otra rama
	Riesgos asumidos

En el documento Excel se establecen otra serie de colores para cada uno de los niveles del diagrama, con el objetivo de conseguir así una visualización y comprensión del diagrama más intuitiva, rápida y sencilla:

Tabla 5-2. Leyenda niveles del diagrama

	Nivel superior T
	S/M o Riesgos
	Specific Control Factors o Management
	Nivel SA o MA
	Nivel SB o MB
	Nivel SC
	Nivel SD
	Nivel a
	Nivel b
	Nivel c
	Nivel d

Una vez completada la comparación mediante el Excel, se hace evidente la gran similitud entre ambas versiones del diagrama de MORT, sobre todo en la rama de *Factores de Control Específicos* (rama S), que corresponde a la parte más técnica del estudio. Sin embargo, esta comparación es sólo una primera aproximación superficial de los sucesos básicos de ambas versiones.

A continuación, se desarrolla una comparación mucho más profunda y completa, teniendo en cuenta la definición y preguntas que presenta cada suceso del diagrama. Dicha comparación, se lleva a cabo a lo largo del diagrama de MORT de izquierda a derecha.

En primer lugar, se analiza la rama S referente a los *Factores de Control Específicos*.

V.1.1. Factores de control específicos

Ambos manuales poseen la misma estructura principal en esta parte del árbol. Dentro de la rama SA1 (Accidente), las diferencias se concentran en el subnivel SB3 (Controles y Barreras) y, principalmente, en el subnivel SC1 (Control de trabajo y proceso), donde la mayoría de los sucesos de subnivel “SD” presentan diferencias notables.

V.1.1.1. Sistema de Información Técnica (SD1)

Esta rama estudia la adecuación del sistema de información diseñado para apoyar al sistema o proceso en cuestión. El sistema de información incluye proporciones de información sobre la tecnología, actividades y materiales utilizados, así como los sistemas de monitorización que miden el comportamiento y eficiencia, y las acciones derivadas de los resultados del proceso de supervisión.

Las variaciones entre los manuales se encuentran en los sucesos a2 (Recopilación de datos) y a3 (Análisis de datos) de dicha rama, las cuales se presentan a continuación:

- **Recopilación de datos.** (Figura 5-3 y Figura 5-4).

Identificado como a2. Considera cómo la organización toma datos sobre su propia experiencia operativa.

Ambos manuales tienen en cuenta el plan de monitorización, revisiones independientes, acceso a la información de incidentes previos, información proporcionada por los empleados,

inspecciones rutinarias, proceso de auditoría “ascendente” y monitorización de la salud. Sin embargo, DOE incluye un suceso adicional, el cual trata sobre los errores en el sistema de muestreo, que no es considerado por NRI.

- **Análisis de datos.** (Figura 5-3 y Figura 5-4).

Identificado como a3. Considera si los datos relevantes para el proceso han sido analizados de forma adecuada.

Al observar la rama a3 de ambos diagramas, parece que son muy diferentes, pero al analizarlos en detalle se evidencia su similitud. DOE presenta más sucesos, sin embargo, éstos tienen poca profundidad de análisis. Por su parte, NRI engloba algunos sucesos de DOE en uno sólo, realizando una descripción más amplia y profunda. A continuación, se presenta un ejemplo (Tabla 5-3):

Tabla 5-3. Ejemplo comparación NRI vs DOE

NRI	DOE
Statistics and risk projection Were the available status statistics, predictive statistics and projections adequate? Would they have alerted management to the problem in the work/process?	Available statistics Were the available status and predictive statistics adequate? Risk projection analysis Was the risk projection analysis adequate?

Como se ha podido comprobar, NRI es mucho más completo a la hora de realizar las preguntas ya que no sólo se refiere a si la acción ha sido adecuada, como hace DOE.

Figura 5-3. NRI - Rama SD1. Sistema de información técnica

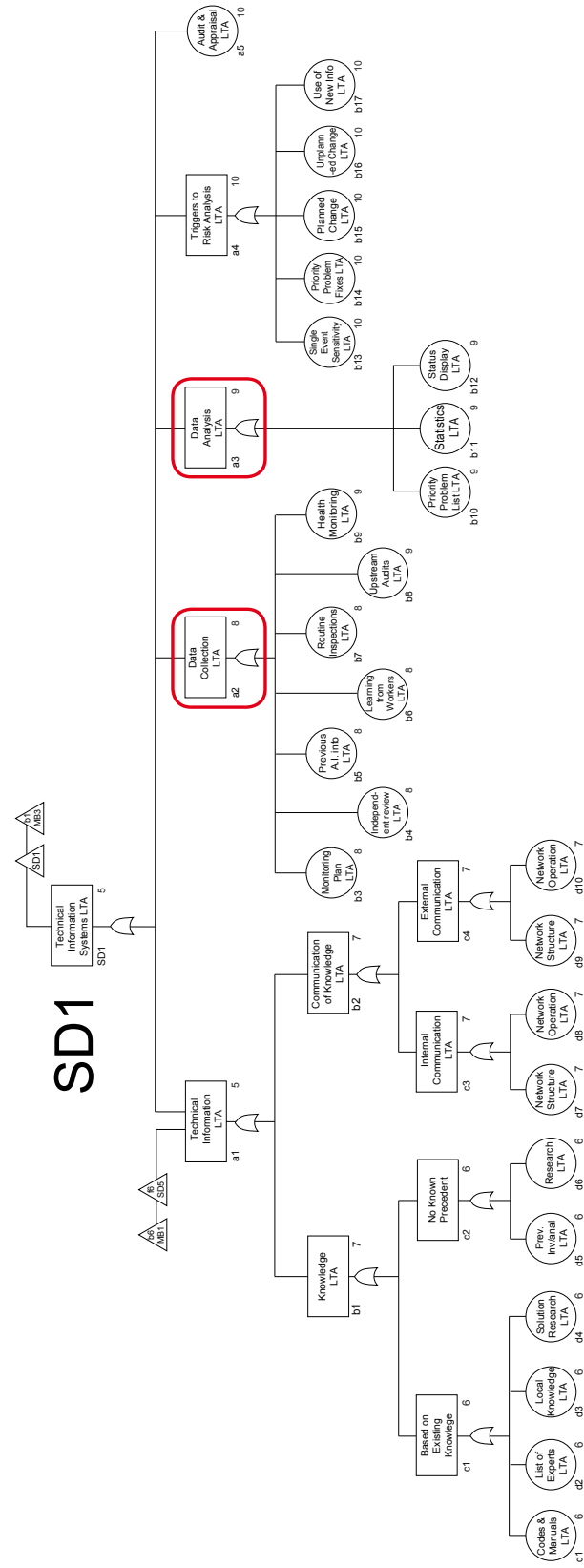
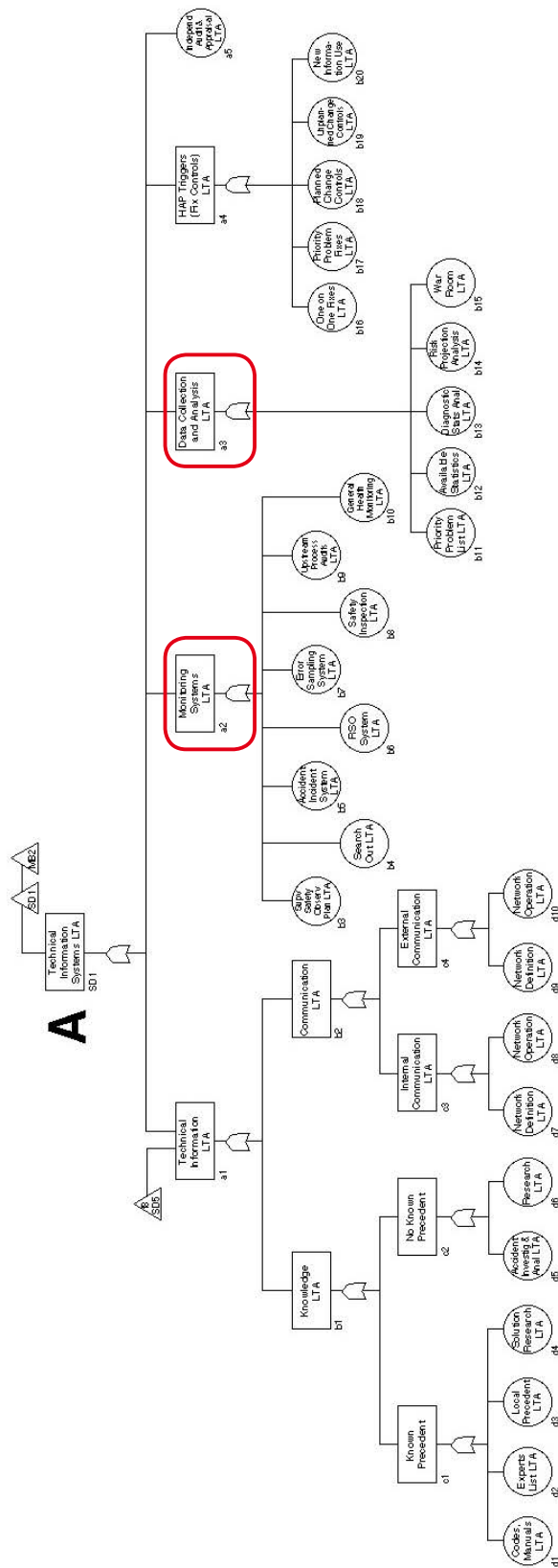


Figura 5-4. DOE - Rama SD1. Sistema de información técnica



V.1.1.2. *Inspección (SD3) y Mantenimiento (SD4)*

Estas dos ramas consideran la contribución de la inspección y mantenimiento de los equipos, procesos, operaciones relacionadas con el problema en cuestión.

En estas ramas, la identificación de los sucesos varía según el manual, por lo que, aunque sean muy similares, pueden parecer muy distintas.

A continuación, se analizan los sucesos básicos que presentan diferencias en las versiones. Todas ellas se pueden observar en la Figura 5-5 y Figura 5-6:

- **Coordinación.** (Figura 5-5 y Figura 5-6)

Considera si el plan estaba coordinado con el fin de minimizar conflictos con la operación.

Este suceso sí aparece en NRI (identificado como c4), pero no en el diagrama de DOE. No obstante, éste se incluye en la descripción del suceso “Schedule” (suceso c2 de DOE), el cual equivale al suceso “Frequency” en NRI (suceso c3). Es decir, la coordinación se tiene en cuenta en ambas versiones de MORT, pero en sucesos diferentes de la rama.

La coordinación es un aspecto muy importante para poder desarrollar una tarea o trabajo de forma correcta, por lo que parece más correcto situarlo como un suceso aparte, de la misma forma que lo hace NRI.

- **Inventario.** (Figura 5-5 y Figura 5-6)

Analiza si el inventario era adecuado, indicando qué debía estar sometido a inspección/mantenimiento.

Este suceso aparece en NRI identificado como “c2”. Sin embargo, se echa en falta en el diagrama de DOE. Se trata de un factor muy importante que no se puede pasar por alto para poder llevar a cabo un adecuado mantenimiento o inspección. Se trata de un suceso muy necesario.

Figura 5-5. NRI - Rama SD3 y SD4. Inspección/Mantenimiento

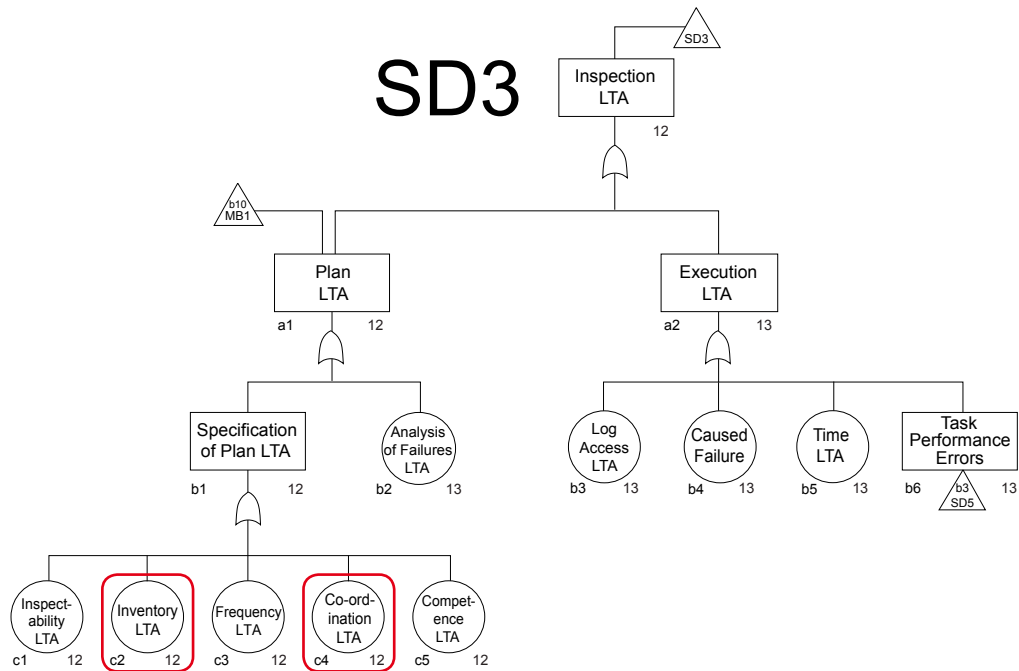
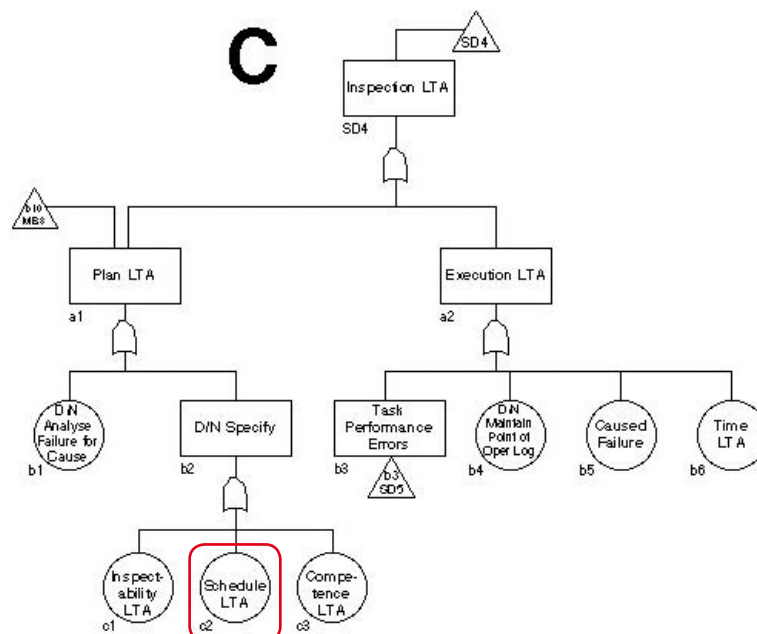


Figura 5-6. DOE - Ramas SD3 y SD4. Inspección/Mantenimiento



V.1.1.3. Supervisión y ejecución del personal (SD5)

Esta rama estudia el papel de la supervisión y el desempeño del personal en el control del proceso en cuestión.

Existen muchas diferencias entre la versión de DOE y NRI, entre ellas, la identificación de los sucesos. Estas diferencias en la identificación de los sucesos se deben a que en DOE aparece un suceso más, de nivel “a”, que en NRI, el cual se denomina “*Help and training*” (suceso a1). Este suceso hace referencia al apoyo y formación que reciben los supervisores. Resulta curioso que aparezca en la rama de *Supervisión y ejecución del personal*, ya que la rama SD6 hace referencia, en ambos manuales, al apoyo de la supervisión. Por tanto, no parece que tenga mucho sentido incluir el suceso “*Help and training*” en la rama SD5.

El resto de las diferencias se concentran en los subniveles de las ramas “*Detection or Correction of hazards*” (suceso identificado como a3 en NRI y a4 en DOE) y en “*Performance errors*” (suceso identificado como a4 en NRI y a5 en DOE).

V.1.1.3.1. Detección de amenazas (Figura 5-7 y Figura 5-8)

Identificado como b1. Esta rama considera si el problema estaba relacionado con las condiciones de peligro preexistentes, las cuales no fueron detectadas por el supervisor.

En esta rama NRI tiene en cuenta el conocimiento de la mano de obra y si esta información se transmitió a niveles superiores. Ésta, en muchas ocasiones, es conocedora de ciertas amenazas. Se trata de un evento importante ya que, a menudo, el conocimiento sobre los peligros o amenazas proviene de la mano de obra. Por otra parte, el supervisor debe ser receptivo y darle valor a la información que recibe de niveles inferiores. Este análisis no es tenido en cuenta por parte de DOE.

V.1.1.3.2. Corrección de amenazas. (Figura 5-7 y Figura 5-8)

Identificado como b2. Considera si el problema estaba relacionado con los peligros detectados que habrían sido inadvertidos por el supervisor.

El único aspecto que tratan diferente DOE y NRI es cómo se trata el retraso en la corrección de la amenaza: ambos manuales tienen en cuenta el que no se corrija un problema a tiempo, es decir, que se produzca un retraso en dicha corrección debido a una decisión inadecuada de retrasar la acción correctora, no disponer de un presupuesto adecuado para realizar la acción o que la decisión de retrasar la acción se

debiese a una limitación de tiempo. Sin embargo, NRI incluye en esta rama un suceso independiente con un riesgo asumido: el riesgo de posponer la acción correctora (identificado como c6). Para que se pueda considerar riesgo asumido, éste debe haber sido analizado, calculado y evaluado por una persona con autoridad y a la que le ha sido delegada la toma de decisiones. DOE también indica que el retraso en la corrección puede ser considerado como riesgo asumido, pero no le otorga tanta importancia como hace NRI.

Figura 5-7. NRI – Rama SD5. Supervisión y ejecución del personal

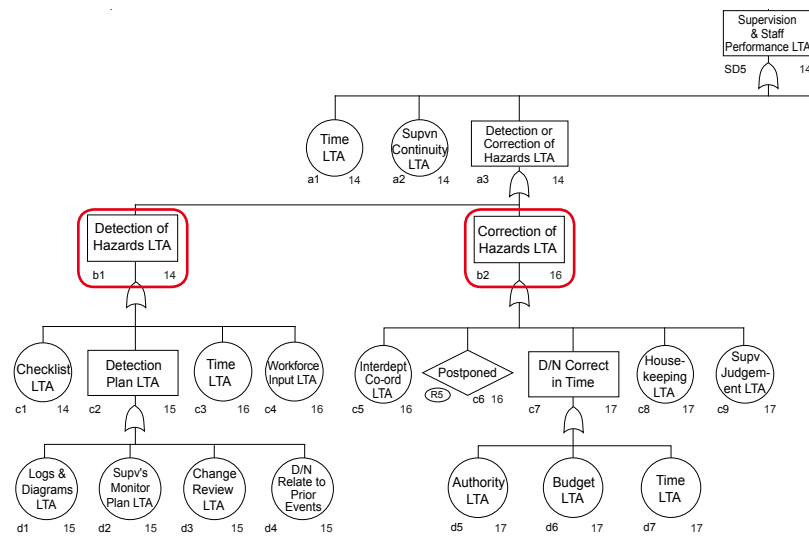
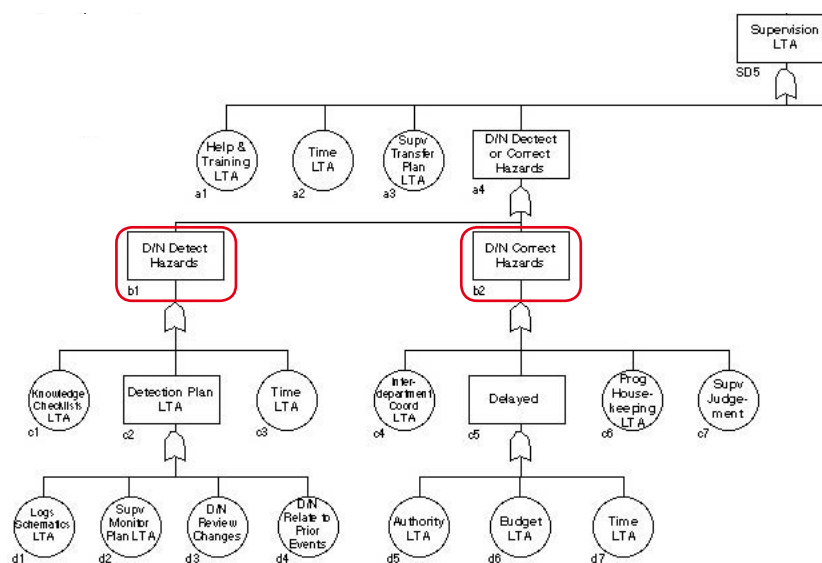


Figura 5-8. DOE – Rama SD5. Supervisión y ejecución del personal



V.1.1.3.3. Errores de actuación

Identificado como a4. Esta rama estudia la contribución de los errores del personal a que se produzca el incidente o accidente. Las diferencias que presentan las versiones de DOE y NRI son las siguientes:

- Conocimiento (Figura 5-9 y Figura 5-10)

Identificado como e4 en NRI y como e5 en DOE. Esta rama considera si existe un conocimiento adecuado disponible para el análisis de riesgos específico de la tarea.

Tanto NRI como DOE consideran si las sugerencias e información de que disponen los trabajadores fueron tenidas en cuenta, así como el respaldo del sistema de información técnica, el cual deriva en una transferencia. Sin embargo, DOE, incluye en la rama de “información de los empleados” sucesos en los que se analizan: el programa JSA, el sistema de gestión general, el estudio RSO (*Reported Significant Observations*) y las sugerencias de los empleados.

Figura 5-9. NRI – Rama SD5-e4. Errores de actuación → Conocimiento

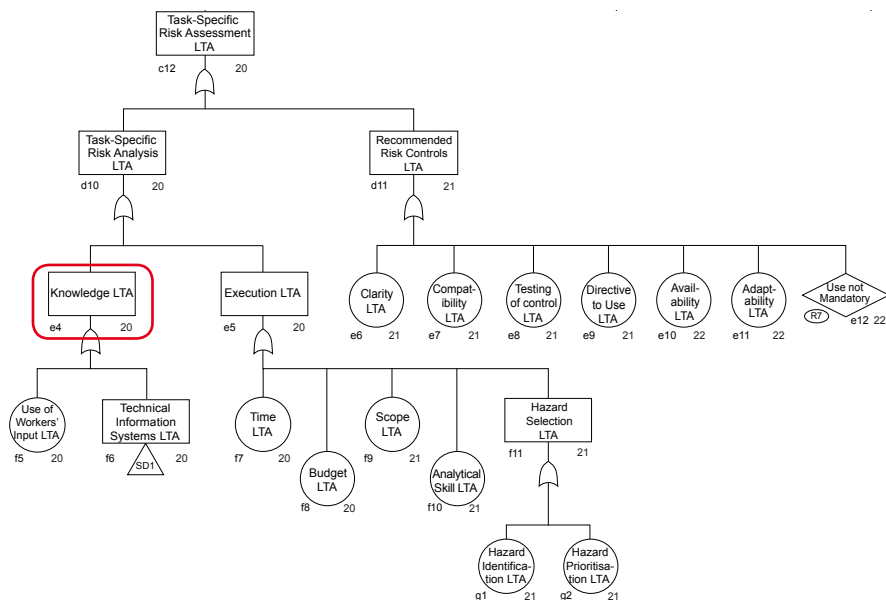
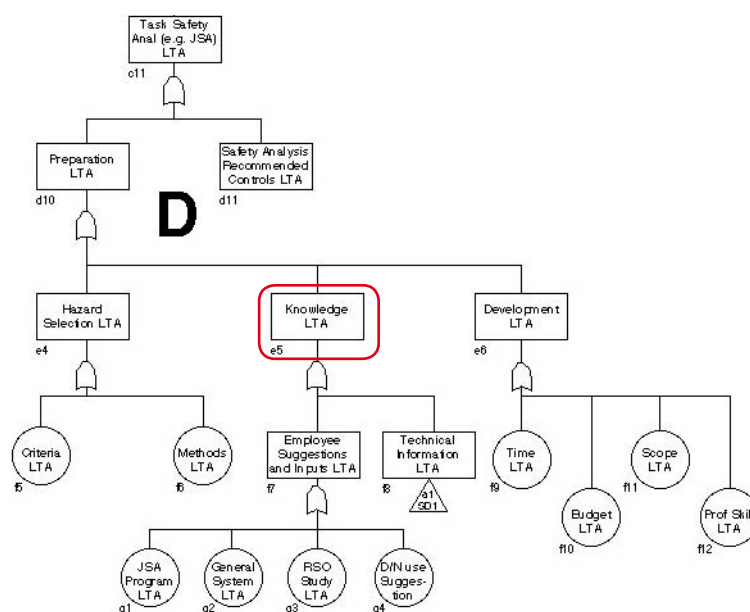


Figura 5-10. DOE – Rama SD5-e5. Errores de actuación → Conocimiento



- Selección de amenazas (Ver Figura 5-13 y Figura 5-14)

Identificado como f11 en NRI y como e4 en DOE. Esta rama considera si existe un conocimiento adecuado disponible de las amenazas existentes. Considera la omisión de un peligro relevante para el proceso en cuestión. La selección de las amenazas existentes es crítica para la adecuación del análisis de riesgo específico de las tareas. Ambos manuales hacen referencia a este suceso, sin embargo, lo sitúan en lugares diferentes dentro de la rama que trata sobre la adecuación de la tarea específica del análisis de riesgo, cuyo nombre en DOE es “Preparation” (identificado como d10) y en NRI “Execution” (identificado como d11).

Como puede verse en la Figura 5-11, que corresponde al diagrama de la versión de NRI, la selección de amenazas se sitúa en el nivel f11, mientras que la versión de DOE, Figura 5-12, lo sitúa en la posición e4.

En la versión de DOE, se presenta una rama individual para analizar la selección de amenazas, teniendo en cuenta el criterio y métodos para llevarlo a cabo.

La rama “Execution” (NRI), de la que cuelgan los sucesos tiempo, presupuesto, alcance y la selección de peligros, abarca el estudio de la calidad de las tareas específicas para el análisis de riesgo. Por tanto, parece lógico que la selección de peligros se encuentre dentro de esta rama, ya que se trata de una acción crítica para llevar a cabo la ejecución del análisis de riesgo específico de la tarea.

Figura 5-11. NRI – Rama SD5-f11. Errores de actuación → Selección de amenazas

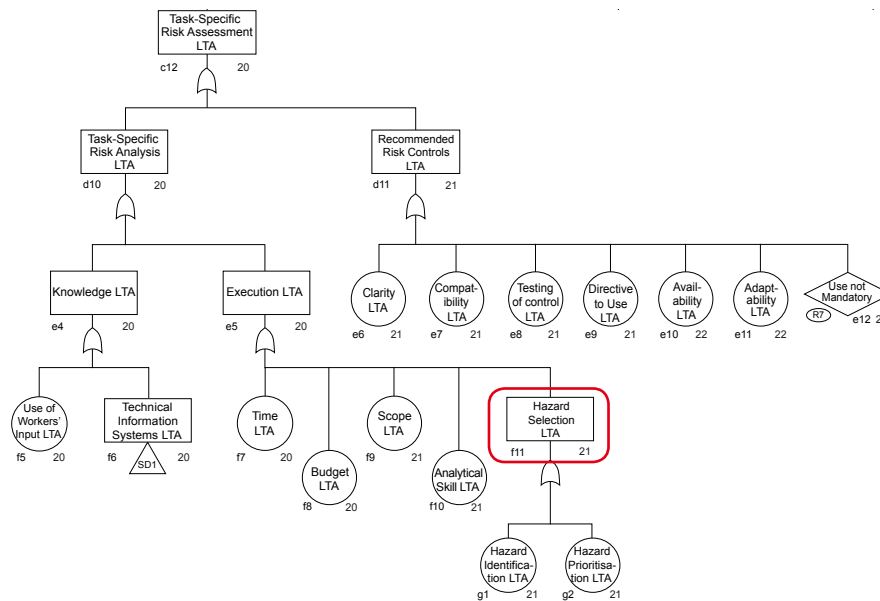
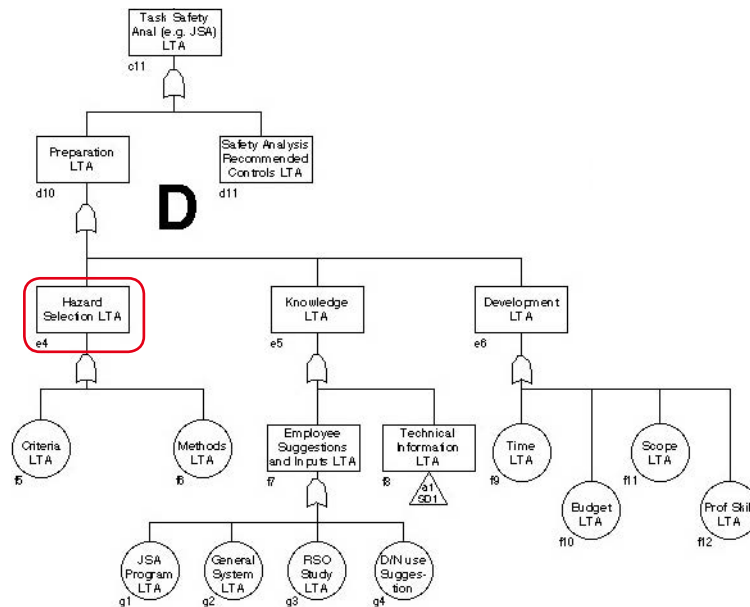


Figura 5-12. DOE – Rama SD5-e4. Errores de actuación → Selección de amenazas



- Controles de riesgo recomendados. (Figura 5-13 y Figura 5-14)

Identificado como d11. Esta rama considera si el problema en cuestión está relacionado con la adecuación de los controles recomendados de la evaluación de riesgo específica de la tarea.

La única diferencia existente entre las versiones de DOE y NRI es la presencia, en el diagrama de NRI, del suceso denominado “*Use not mandatory*” (identificado como e12), el cual tiene en cuenta la posibilidad de que los controles recomendados no sean obligatorios. Se trata, por tanto, de un riesgo asumido.

La incorporación, por parte de NRI, del riesgo asumido “*Use not mandatory*” es importante para que quede definida la responsabilidad del uso de los controles de riesgo establecidos.

Figura 5-13. NRI – Rama SD5-d11. Errores de actuación → Controles de riesgo recomendados

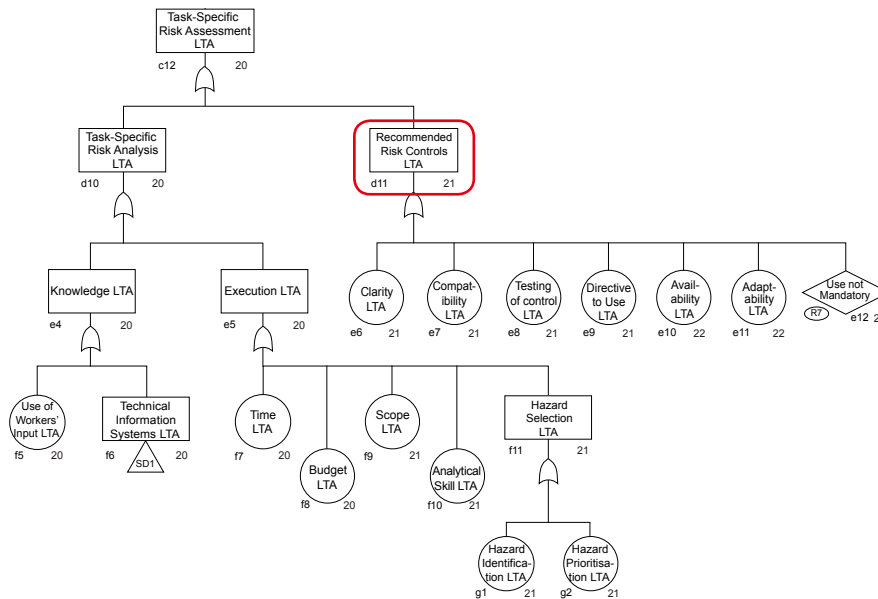
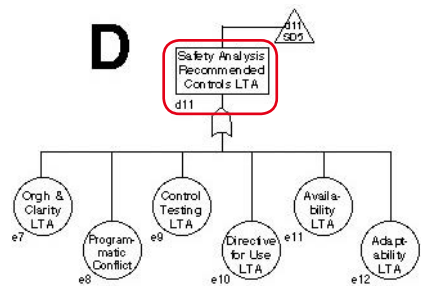


Figura 5-14. DOE – Rama SD5-d11. Errores de actuación → Controles de riesgo recomendados



- Motivación del personal (Figura 5-15 y 5-16)

Identificado como d15 en NRI y como d17 en DOE. Esta rama considera si la incentivación de los empleados contribuye a un desarrollo inadecuado de la tarea en cuestión. Se trata de comprender mejor cómo la organización no motivó al empleado o empleados, según el estándar requerido, al observar su comportamiento y la realización de sus trabajos. En este ámbito, se debe considerar la situación individual de cada persona, en particular las recompensas y sanciones recibidas.

El único suceso en el que difieren las versiones de DOE y NRI es en el desarrollo del suceso “*Group Norms Conflict*”. Como su propio nombre indica, este suceso trata de resolver los conflictos dentro del grupo de trabajo.

NRI se centra sobre los esfuerzos realizados por la organización para promover el compromiso de los trabajadores y establecer acuerdos sobre lo que es importante. Además, también señala que se debe tener en cuenta los desacuerdos que pudiesen existir entre los trabajadores y sus respectivos jefes a la hora de realizar las tareas.

Por su parte, DOE incluye dos sucesos básicos por debajo de “*Group Norms Conflict*”, los cuales hacen referencia a dos aspectos para analizar si los individuos están en concordancia con los objetivos de la organización: La participación de los trabajadores y las acciones que se toman por parte de la organización para motivar al personal.

Sí es cierto que NRI realiza un estudio más genérico del suceso, pero el manual cuenta con unas notas adicionales para permitir que la persona que realiza el análisis, tenga en cuenta muchos aspectos que en el manual de DOE se pasan por alto, como un posible conflicto personal entre el trabajador y el supervisor, lo cual podría llevar a un mal desarrollo de las tareas por parte del trabajador.

Figura 5-15. NRI – Rama SD5-d15. Errores de actuación → Motivación del personal

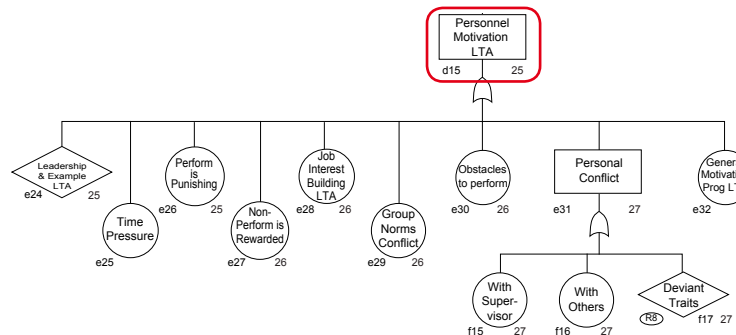
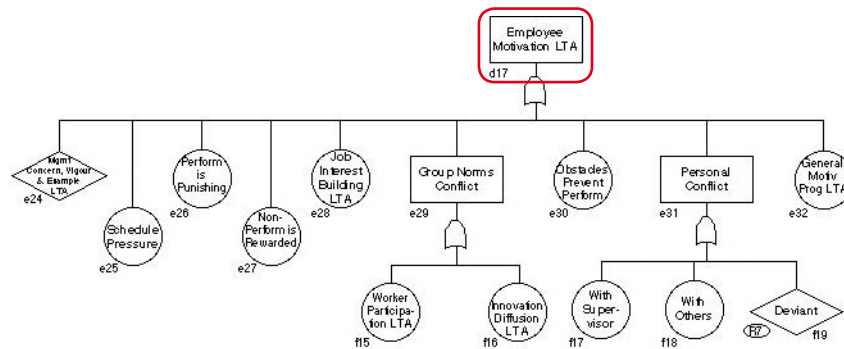


Figura 5-16. NRI – Rama SD5-d17. Errores de actuación → Motivación del personal



- Errores en tareas no relacionadas (ver Figura 5-17 y Figura 5-18)

Identificado como b4. Esta rama considera si el control del trabajo en cuestión se vio comprometido por actividades que no formaban parte de la tarea.

NRI considera dos sucesos básicos que cuelgan de éste: el primero de ellos, “*Allowed activities*”, analiza si alguna actividad permitida no relacionada con el trabajo en cuestión contribuyó al problema; el segundo suceso, “*Prohibited activities*”, analiza si una actividad no permitida y no relacionada con el trabajo contribuyó al desarrollo del problema.

DOE, por su parte, incluye un suceso más en la rama, denominado “*Peripheral*”, el cual tiene en cuenta los trabajos periféricos a la tarea principal.

Al analizar los sucesos se hace evidente la similitud entre las actividades permitidas, las cuales no están relacionadas con la tarea principal, y las actividades periféricas. Por tanto, no se ve la necesidad de

separar ambas actividades en dos sucesos diferentes, siguiendo la clasificación que lleva a cabo NRI. Dentro de las actividades permitidas se engloban todas aquellas que no entran en conflicto con el resto de normativas y reglas, como puede ser tomarse un descanso autorizado, ir a comer, etc.

Figura 5-17. NRI – Rama SD5-b4. Errores de actuación → Errores en tareas no relacionadas

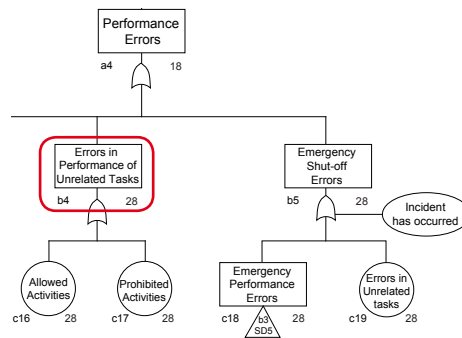
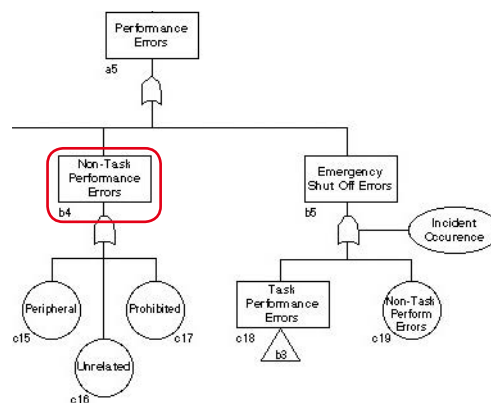


Figura 5-18. DOE – Rama SD5-b4. Errores de actuación → Errores en tareas no relacionadas



V.1.1.4. Apoyo a la supervisión (SD6)

Esta rama considera si los niveles más altos de la gestión le dan apoyo a la organización de forma adecuada. Tiene en cuenta la ayuda y formación de los supervisores, búsqueda de información necesaria por parte del supervisor, el intercambio de información, los estándares y directivas, el uso de los recursos, los recursos disponibles y la respuesta ante riesgos.

Esta rama SD6, está formada por varias ramas inferiores, una de las cuales es “*Resources*”, identificada como a4 en DOE y a5 en NRI (Figura 5-19 y Figura 5-20).

Dentro de la rama “*Resources*”, DOE incluye un suceso básico más que NRI. Éste se denomina “*Measure of performance*” (b4), el cual estudia si los métodos establecidos para medir el desempeño permitieron evaluar la efectividad de los programas de supervisión.

Sin embargo, NRI refleja este análisis en el suceso a1 “*Help and training supervisors*” en el que se estudia la formación y ayuda recibida por los supervisores para ser capaces de desarrollar de forma correcta y completa sus funciones. Cabe recordar que, este último suceso se desarrolla en la rama SD5 en la versión de DOE, presentada en la sección anterior (ver sección 5.1.1.3 *Supervisión y ejecución del personal (SD5)*) Por ello, en la presente rama de Apoyo a la supervisión (SD6) de DOE, se hace referencia a la formación de forma muy escueta.

Por tanto, se diría que ambas versiones son prácticamente iguales. Sin embargo, NRI parece prestar más atención a la ayuda y formación de los supervisores. Además, NRI expone un desarrollo más profundo de análisis de la rama.

Figura 5-19. NRI - Rama SD6. Apoyo a la supervisión

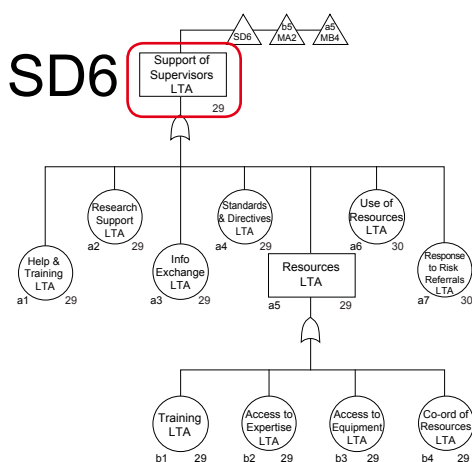
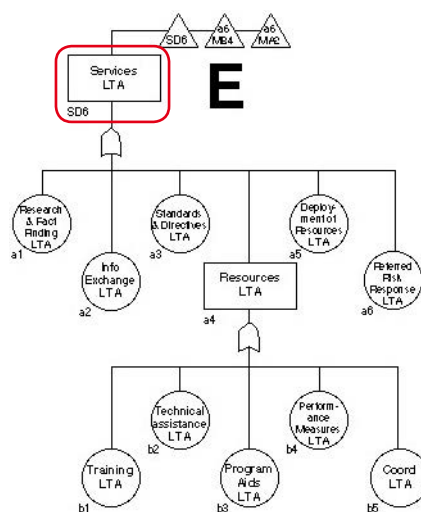


Figura 5-20. DOE - Rama SD6. Apoyo a la supervisión



V.1.1.5. Barreras (SC2)

Esta rama trata de identificar las barreras que están en su lugar o las que deberían estar. Como ya se ha explicado en capítulos anteriores, MORT considera cuatro tipos de barreras: en la fuente de energía, en las personas u objetos vulnerables, barreras entre la energía y las personas u objetos, y por último, el tiempo y espacio.

Para analizar e identificar más fácilmente las barreras que se tienen en cuenta en esta rama, se recomienda llevar a cabo un análisis de barreras previo.

El estudio de cada tipo de barreras se lleva a cabo mediante una misma rama de estudio (Figura 5-21 y 5-22). Esto sucede tanto en la versión de DOE como en la de NRI. Sin embargo, esta rama común de estudio, presenta un suceso básico “*Task Performance Errors*” que continúa con una transferencia a la rama SD5-b3 (*Task Performance Errors*). Esta rama tendrá diferencias según en qué versión de MORT nos encontremos (NRI o DOE), como se ha podido ver en secciones anteriores (Supervisión y ejecución del personal (SD5)).

Figura 5-21. NRI - Rama SC2. Barreras

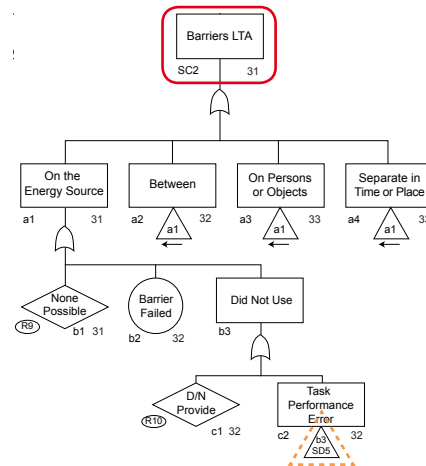
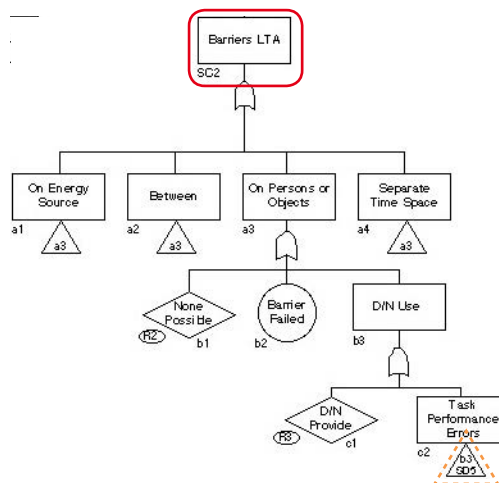


Figura 5-22. DOE – Rama SC2. Barreras



V.1.1.6. Estabilización y Restablecimiento (SA2)

Esta rama pretende evaluar los sucesos que se producen después de un accidente. Inmediatamente después de éste, los esfuerzos deben dirigirse a limitar las consecuencias del accidente y, si es posible, reducir el impacto de las consecuencias.

Esta rama presenta grandes diferencias entre las versiones de NRI y DOE, de tal forma que dirigen el análisis de los sucesos del nivel “a”, de forma totalmente diferente.

A continuación, se estudian las ramas (Figura 5-23 y Figura 5-24) de cada uno de los sucesos de nivel “a” de esta rama principal SA2:

V.1.1.6.1. Prevención de accidentes posteriores

Identificado como a1. Estudia la adecuación de las acciones para prevenir posibles accidentes desarrollados como consecuencia del primero. Tiene en cuenta tanto el plan de restauración y rehabilitación como la ejecución del mismo. En el desarrollo de la ejecución, es donde se producen las diferencias entre ambas versiones de MORT: NRI presenta un estudio más amplio del suceso, en el que se tiene en cuenta la notificación, la formación y experiencia, los cambios producidos tanto en personal como en los equipos, la logística de la ejecución, los errores en el desarrollo de las tareas (con transferencia a la rama SD5-b3), además del riesgo asumido de que se produzcan retrasos en la respuesta de ejecución del plan; DOE sólo tiene en cuenta la formación y práctica, los cambios, tanto en el personal como en los equipos, y los errores en el desarrollo de las tareas (con transferencia a la rama SD5-b3). Por tanto, se hace evidente la falta de áreas de estudio en el diagrama MORT de DOE, dando como resultado un análisis que puede resultar incompleto.

V.1.1.6.2. Acciones de emergencia

Identificado como a2. El suceso considera si la respuesta a la emergencia desde el comienzo del accidente fue temprana y adecuada. En ambas versiones este suceso tiene una transferencia al suceso a1 (*Prevention of Follow-on accidents*), por lo que al igual que en éste, el análisis de las acciones de emergencia resulta incompleto en la versión de DOE.

V.1.1.6.3. Rescate y salvamento

Identificado como a3. Se considera si las víctimas fueron llevadas de forma satisfactoria a un área segura. En ambas versiones, este suceso tiene una transferencia al suceso a1 (*Prevention of Follow-on accidents*). Al igual que ocurre en el suceso a1 y a2, el rescate y salvamento queda incompleto en la versión de DOE.

V.1.1.6.4. Servicios médicos

Identificado como a4. Considera la adecuación de la asistencia médica y el daño sufrido por las víctimas del accidente. En este suceso, NRI vuelve a tener una transferencia al suceso a1 (*Prevention of*

Follow-on accidents). Sin embargo, DOE lleva a cabo un análisis diferente, teniendo en cuenta únicamente los elementos que deben estar presentes en un servicio médico adecuado, como son los primeros auxilios, el transporte de personas afectadas con su correspondiente plan, notificación, personal y equipos adecuados y el riesgo asumido de la distancia al centro médico más cercano, y por último, el tratamiento médico. Son factores muy importantes, el problema de esta rama de DOE, es que no indica cómo analizar cada uno de los eventos, únicamente tiene en cuenta si estaban presentes estos servicios y si fueron correctos. Por su parte, NRI incluye el análisis del plan de servicios médicos, en el cual deben estar presentes todos estos servicios que presenta DOE.

V.1.1.6.5. Diseminación de la información

Identificado como a5 en NRI y a6 en DOE. Se considera la contribución realizada por parte de la organización al informar adecuadamente del accidente a todas las partes interesadas. En este suceso, NRI incluye, de nuevo, la transferencia al suceso a1 (*Prevention of Follow-on accidents*). También indica mediante una nota, a qué grupos de interés hay que hacer llegar dicha información. Sin embargo, DOE indica únicamente los grupos a los que hay que informar de la situación (empleados, autoridades, público, servicios médicos), pero no define cómo realizar dicha diseminación de la información.

V.1.1.6.6. Restablecimiento y rehabilitación

Identificado como a6 en NRI y a5 en DOE. Se considera si las personas y objetos volvieron a su estado en condición anterior al accidente. En esta rama, DOE únicamente analiza los bienes que hay que restaurar o rehabilitar, tales como los bienes personales y materiales. Este análisis queda incompleto al no definir cómo realizar el estudio de forma correcta. Sin embargo, NRI es más ambicioso, y analiza más sucesos básicos: las acciones tomadas para mantener un nivel adecuado de operación, la rehabilitación y apoyo a la misma para restaurar dentro de lo posible la salud de los empleados y personal afectado y, por último, las pérdidas aceptadas antes de que se produjese ningún accidente. Este último suceso básico es un riesgo asumido, ya que en cualquier accidente, siempre se producen pérdidas que se espera que ocurran, sobre todo materiales.

Figura 5-23. NRI – Rama SA2. Estabilización y restablecimiento

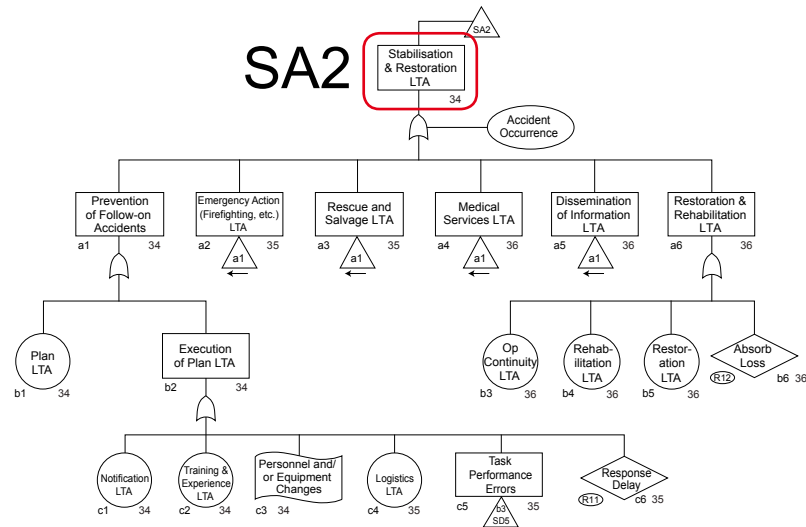
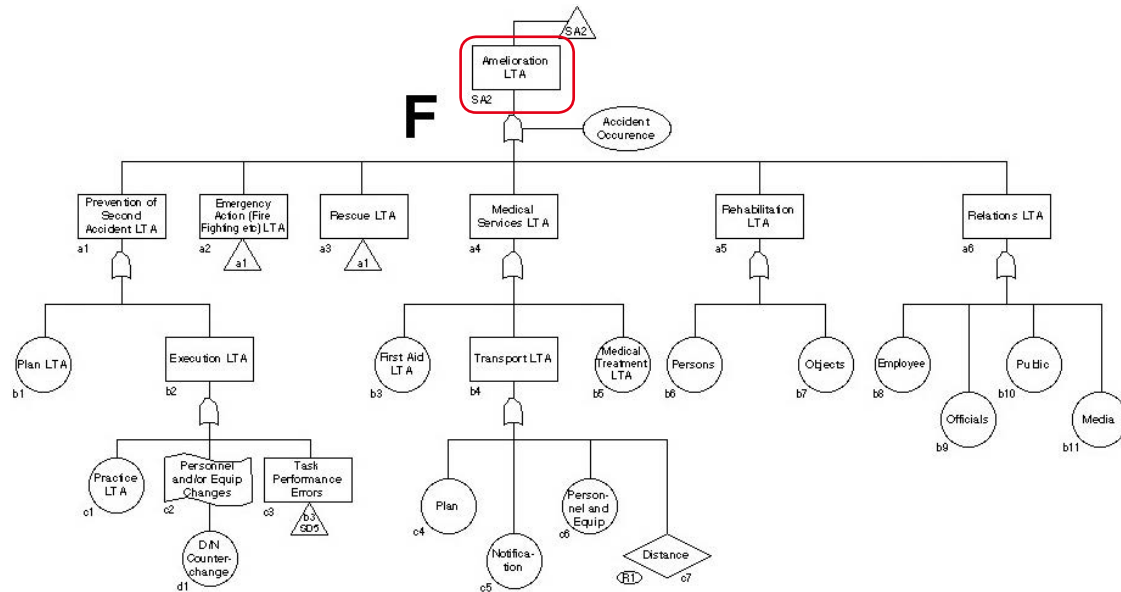


Figura 5-24. DOE - Rama SA2. Estabilización y restablecimiento



V.1.2. Factores del sistema de gestión

Una vez finalizada la comparación entre las ramas S de las versiones de MORT de NRI y DOE, se ha procedido a analizar la rama M, referente a los factores del sistema de gestión “*Management System*”

Factors”. Esta rama considera el diseño o el proceso de elaboración del plan o políticas que pueden contribuir al accidente o incidente y sus consecuencias.

El análisis MORT, asume que todos los aspectos que se analizan en la rama S están relacionados muy directamente con los aspectos de la rama M. La justificación de esta relación entre las ramas se encuentra en que la rama M diseña y “gobierna” la rama S.

A continuación, se analizan las diferencias que presentan las versiones de NRI y DOE de MORT:

V.1.2.1. Implantación de políticas (MA2)

Esta rama considera si el problema en cuestión es resultado de cómo se implantaron las políticas.

Observando la Figura 5-25 y 5-26, en las que quedan representadas las ramas MA2 de ambas versiones de MORT, se puede comprobar que la estructura de éstas es completamente diferente en cada una de las versiones: DOE presenta diez sucesos básicos, mientras que NRI, con un árbol mucho más complejo, tiene dieciocho.

DOE lleva a cabo un análisis más sencillo de la implantación, ya que directamente los sucesos más básicos de la rama cuelgan del suceso principal. Estos sucesos básicos, como se puede ver en la Figura 5-25, hacen referencia a los métodos, criterios y análisis implementados (a1), la línea de responsabilidad (a2), la responsabilidad del personal (a3), los métodos para que se produzca un flujo de información adecuado (a4), las directivas implementadas (a5), los servicios de gestión (a6), los presupuestos (a7), los retrasos en la implantación de los programas de seguridad (a8), el cual es un riesgo asumido, la responsabilidad en las funciones de seguridad (a9), y por último, el ejemplo dado por los altos directivos en cuanto al compromiso e involucración con la empresa (a10). Cabe destacar que el suceso a6 tiene una transferencia a la rama SD6 (Servicios), la cual permite un análisis más profundo del suceso.

Sin embargo, NRI estructura la rama en más niveles, proporcionando un análisis en más etapas, permitiendo mayor profundidad en el mismo. Los niveles “a” se dividen en el proceso de planeamiento (a1), la ejecución del plan (a2) y la monitorización de la implantación de políticas (a3). A continuación, se desarrollan cada una de las ramas de nivel “a”:

V.1.2.1.1. Proceso de planificación

Identificado como a1. Esta rama considera si el plan de implantación de políticas es adecuado, teniendo en cuenta: la especificación del plan (b1) y la utilización del “*feedback*” (b2). Como sucesos básicos en esta rama, nos encontramos con: 1) los criterios, métodos y análisis de la especificación (c1), 2) la asignación de responsabilidades (c2), en la cual se tiene en cuenta la línea de responsabilidad, la responsabilidad del personal y la asignación de tareas, 3) el programa (c3), 4) los presupuestos (c4), y 5) el flujo de información según el plan de comunicación y las directivas y guías del mismo (c5).

V.1.2.1.2. Ejecución del plan

Identificado como a2. Considera si el problema en cuestión es resultado de cómo se llevó a cabo la implantación de políticas. Los sucesos básicos de la rama tienen en cuenta: 6) el liderazgo (b3), la competencia de: 7) la autoridad (c6), 8) la responsabilidad (c7) y 9) del errores en el desarrollo de las tareas (c8), así como 10) el apoyo para ejecutar el plan (b5), el cual tiene una transferencia a la rama SD6 (Apoyo a la supervisión), 11) el tiempo y presupuesto (b6), 12) los posibles retrasos (b7), el cual se trata de un riesgo asumido, y por último, 13) la causa del fallo (b8).

V.1.2.1.3. Monitorización

Identificado como a3. Estudia si existe una monitorización adecuada de la implantación del proceso.

Figura 5-25. NRI - Rama MA2. Implantación de políticas

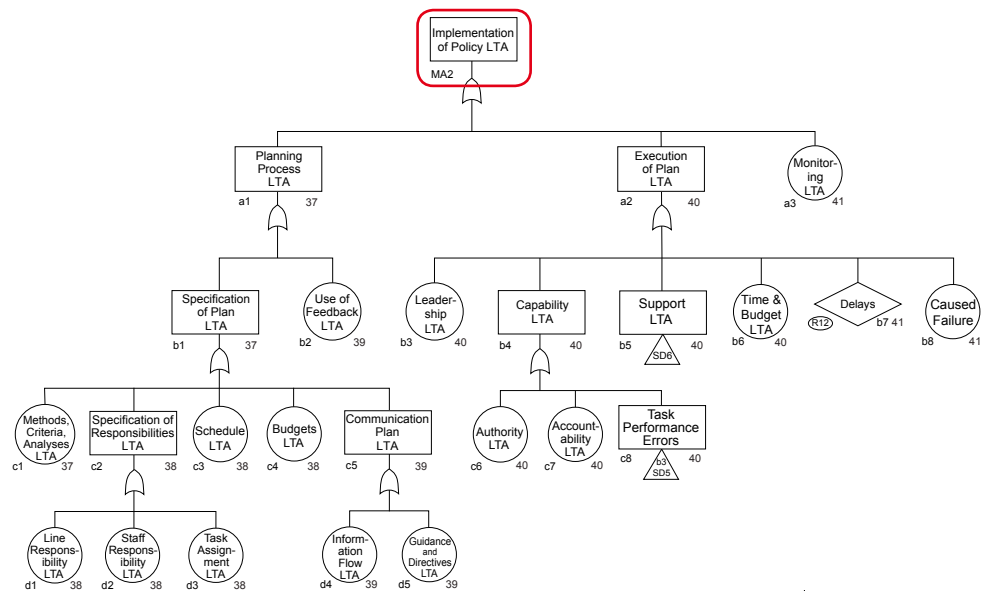
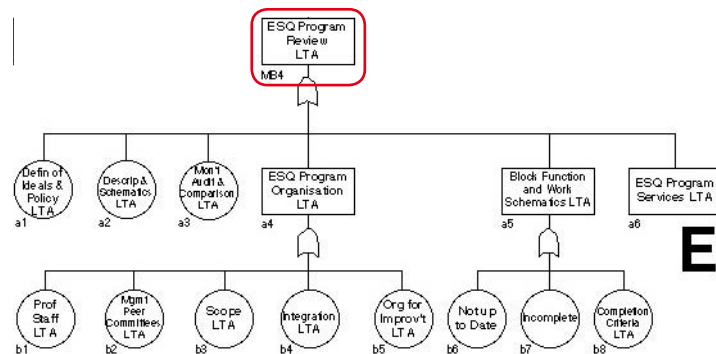


Figura 5-26. DOE - Rama MA2. Implantación de políticas



Como se ha podido comprobar, la versión de NRI, está mucho más desarrollada y tiene en cuenta factores que pasa por alto la versión de DOE.

V.1.2.2. Sistema de gestión de riesgos (MA3)

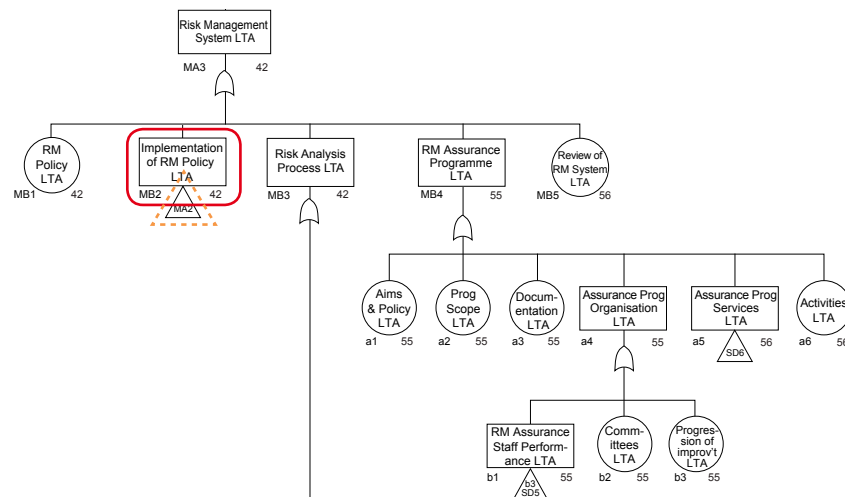
Esta rama estudia la adecuación del sistema del sistema de gestión de riesgos. Presenta varias diferencias entre las versiones de DOE y NRI, las cuales se concentran en las ramas MB2, MB3 y MB4. Dichas diferencias se presentan a continuación:

V.1.2.3. Implantación de la política de gestión de riesgos (MB2)

La rama de estudio considera factores distintos según en qué versión de MORT nos encontremos: Para DOE, se trata de una evaluación de la adecuación de los sistemas de información técnica a la hora de apoyar las necesidades del Sistema de Gestión de Riesgos. Sin embargo, en NRI se estudia si el problema es debido a la forma de implantar la Política de Gestión de Riesgos.

La similitud de las versiones reside en que ambas se analizan mediante una transferencia a la rama MA2. Por tanto, la manera de proceder en el análisis sería seguir los pasos de la misma, pero poniendo como sujeto del análisis la política de gestión de riesgos. Sin embargo, el análisis no será el mismo ya que la rama MA2 en cada una de las versiones difiere, como ya se ha mostrado en secciones anteriores, siendo más completa la versión de NRI. (Figura 5-27 y Figura 5-28).

Figura 5-27. NRI – Rama MA3. Sistema de gestión de riesgos



Sin embargo, el suceso “*Technical Information System*” que presenta DOE, aparece como suceso principal de cabecera de la rama MB2. Por tanto, se analiza teniendo en cuenta si el sistema de información técnica es adecuado para apoyar las necesidades del sistema de gestión de riesgos; y no, teniendo en cuenta si el sistema de información técnica fue adecuado al proporcionar apoyo al análisis de riesgo, como sí hace la versión de NRI.

NRI propone una versión más completa en esta rama, ya que, como se ha dicho, en la rama MB2 se analiza la implantación de las políticas de gestión de riesgos, y en la rama que nos encontramos (MB3), se analiza dónde pudo fallar el apoyo por parte del sistema de información técnica. Por lo que tiene una visión más amplia considerando, tanto la implantación del análisis de riesgo, como el apoyo del sistema de información técnica al análisis de riesgo. Mientras que DOE, no analiza en ningún momento la implantación del análisis de riesgo.

La última diferencia en esta rama, se encuentra en el desarrollo del siguiente suceso:

- **Especificación de los requisitos.**

Identificado como b5 en NRI y b4 en DOE. Tiene en cuenta la búsqueda y aplicación de criterios relevantes para el proceso de trabajo en cuestión. Considera una serie de factores o documentos, los cuales difieren según se trate de la versión de NRI o DOE.

Para DOE, se deben tener en cuenta: los requisitos propios del cliente (c9), la regulación OSHA (c10), otros códigos federales o nacionales distintos de los anteriores (c11) y por último, los códigos estatales o locales aplicables al área geográfica donde se desarrolla el trabajo (c12). Como puede observarse, estos sucesos están definidos para su aplicación según las leyes de Estados Unidos, ya que hace referencia a los estados y a normativas propias del país.

NRI hace un análisis más genérico, analizando: los requisitos del cliente o grupos de presión (c9), los códigos o regulaciones forales (*statutory*) (c10), los requisitos de otros códigos y normativas nacionales o internacionales (c11), las leyes y códigos locales (c12), y por último, las normativas internas (c13). Siendo todos estos sucesos mucho más genéricos para así, poder llevar a cabo su aplicación independientemente del país o región donde se esté realizando el análisis MORT.

Figura 5-29. NRI - Rama MB3-a1. Conceptos y requisitos

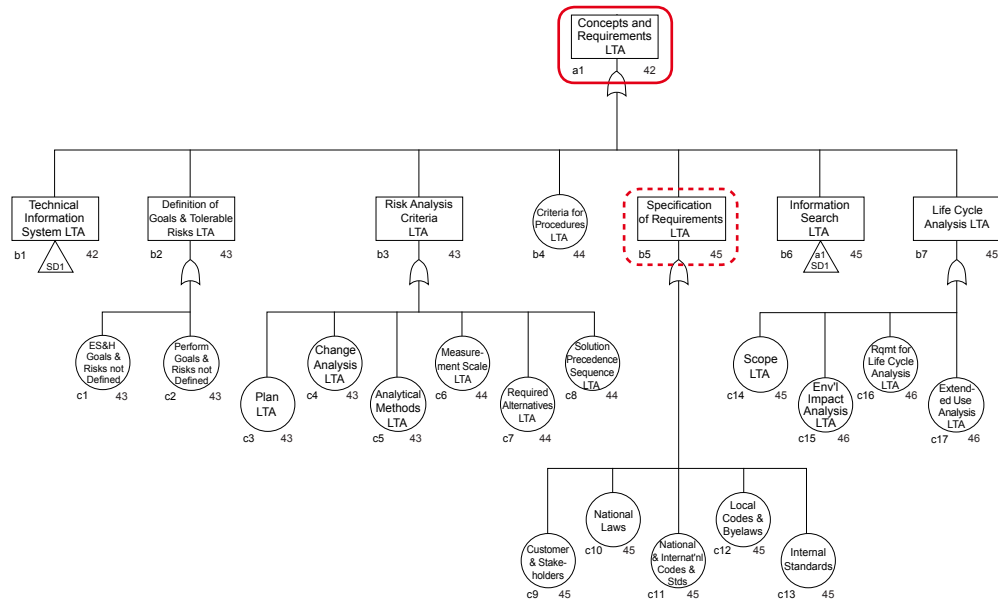
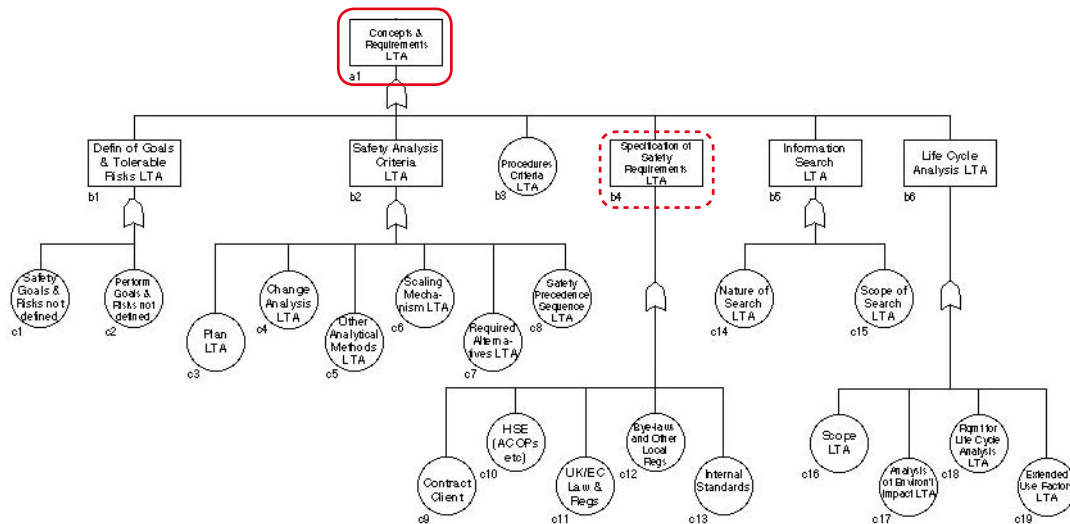


Figura 5-30. DOE - Rama MB3-a1. Conceptos y requisitos



V.1.2.4.2. Diseño y desarrollo

Identificado como a2. Estudia el diseño e implantación de los controles del proceso o trabajo, y de las infraestructuras relacionadas. (Figura 5-31 y 5-32).

A continuación, se analizan las diferencias existentes en esta rama:

- **Revisión de los factores humanos**

Identificado como b9 en NRI y como b8 en DOE. Estudia la adecuación de los factores humanos del proceso en cuestión. Los factores humanos se definen como la aplicación de la psicología y fisiología en el análisis y mejora del desarrollo del trabajo humano. En esta rama se desarrollan aspectos como las habilidades profesionales, el análisis de las tareas, planes de inspección y mantenimiento, entre otros.

Las ramas dentro de factores humanos que presentan diferencias son las siguientes:

- **Diseño de la interfaz.** Identificado como c28 en NRI y c30 en DOE. Determina las características o capacidades especiales requeridas por las personas y maquinaria para la realización de la tarea. En este suceso, se analiza a los usuarios que realizan las tareas, los indicadores de trabajo, la interpretación de los indicadores, el diseño de los controles y los errores no predichos. En este suceso, DOE incluye en el análisis el uso de estereotipos, lo cual no tiene en cuenta NRI en el propio suceso, pero sí lo incluye dentro de comentarios en el manual de usuario.
- **Errores no predichos.** Identificado como c29 en NRI y c31 en DOE). Analiza la predicción y alcance de los errores, como son los fallos al actuar, las acciones incorrectas o acciones fuera de la secuencia. Estos tipos de fallo son recogidos por DOE como sucesos básicos, mientras que NRI, lo indica como nota para tenerlo en cuenta a la hora de realizar el análisis.
- **Uso de estereotipos.** Identificado como d2 en DOE. Se trata de un suceso adicional que incluye DOE. Analiza si los estereotipos de la *checklist* se aplicaron en el diseño, como puede ser la codificación de controles por tamaño, color o forma. Sin embargo, NRI lo incluye como nota en el manual para tenerlo en cuenta a la hora de analizar el suceso de *Interpretation* (d3). Por tanto, DOE le otorga mucha más importancia al uso de los estereotipos, ya que los analiza como suceso individual.

- **Plan de contingencia**

Identificado como b16 en NRI. Se trata de un suceso adicional que incluye NRI. Éste analiza el plan de contingencia al estudiar las funciones de emergencia preplanificadas, la severidad y tipos de accidentes posibles, la adecuación de los recursos para ejecutar el plan correctamente, etc. Se trata de un análisis valioso para ejecutar el plan de contingencia. Sin embargo, DOE no presenta en su manual un suceso que analice dicho plan.

Figura 5-31. NRI – Rama MB3-a2. Diseño y desarrollo

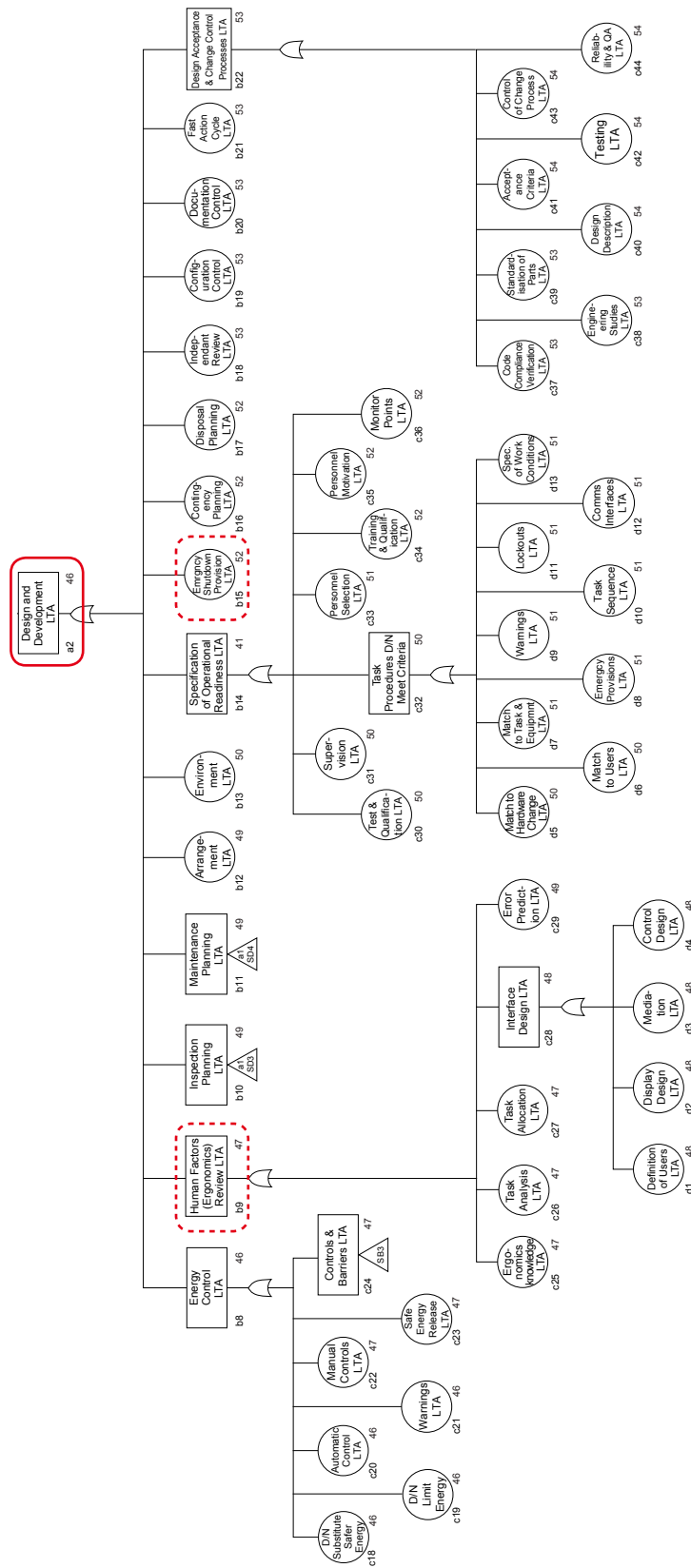


Figura 5-32. DOE - Rama MB3-a2. Diseño y desarrollo

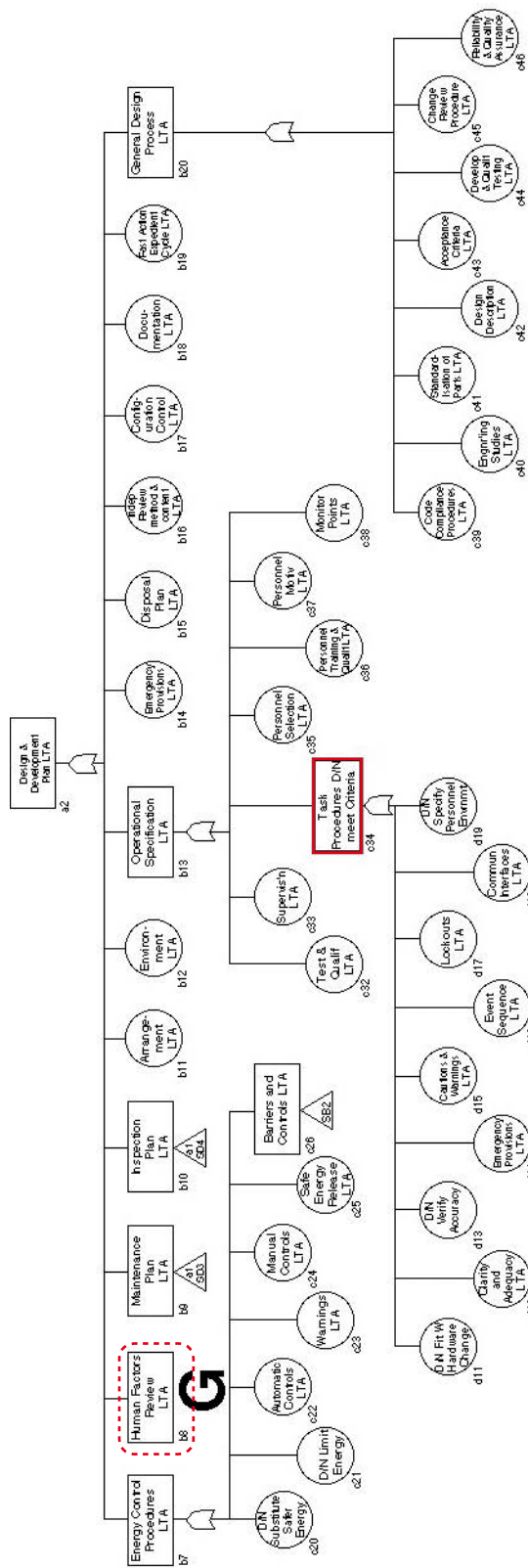
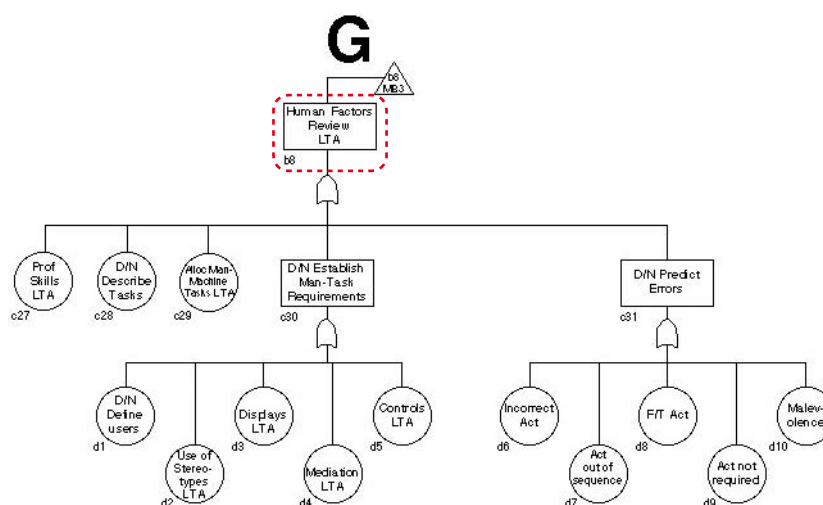


Figura 5-33. DOE - Rama MB3-a2-b8. Diseño y desarrollo → Revisión de factores humanos



V.1.2.5. Programa de garantía de gestión de riesgos (MB4)

Considera la adecuación de los procesos destinados a asegurar la gestión de riesgos.

A continuación, se analiza esta rama (ver Figura 48 y Figura 49) ya que, aunque el diagrama de MORT de ambas versiones parezca muy similar, presenta diferencias muy significativas entre ellas:

V.1.2.5.1. Definiciones de objetivos y políticas

Identificado como a1. Estudia aspectos como la adecuación de la declaración de políticas y articulación de objetivos, además de conocer si se proporcionó un punto de referencia para medir el programa de gestión de riesgos. En este suceso, DOE está muy adaptado a Estados Unidos, como ya se ha visto en otras ocasiones, por lo que hace referencia al programa ESQ (*Environment, Safety and Quality Program*). Por su parte, NRI hace referencia al programa ES&H (*Environmental Safety and Health*).

V.1.2.5.2. Alcance

Identificado como a2 en NRI. Analiza si el programa de gestión de riesgos se estableció de cara al futuro, es decir, teniendo en cuenta las necesidades futuras. No aparece un suceso equivalente en el nivel “a” de la versión de DOE, pero sí aparece en el nivel “b”, el cual se estudiará durante la presente sección.

V.1.2.5.3. Documentación

Identificado como a3 en NRI y a2 en DOE. En la versión de DOE este suceso se denomina “*Description and schematics*”. Ambos analizan si se siguió un proceso de documentación adecuada en la gestión de riesgos. Sin embargo, en este caso, DOE es más amplio en el estudio del mismo, ya que tiene en cuenta la disponibilidad y evaluación de los programas de operación. También, una vez más hace referencia al “*ESQ program*”, para saber si los criterios establecidos y los pasos llevados a cabo están en concordancia con dicho programa.

V.1.2.5.4. Monitorización, auditoría y comparación

Identificado como a3 en DOE. Estudia si existe algún sistema que compare el desarrollo actual con los ideales y objetivos del “*ESQ program*”. Este suceso también se analiza de forma similar en la versión de NRI mediante el suceso denominado “*Assurance activities*” (identificado como a6 en NRI). Comprueba si el sistema de garantía compara de forma adecuada el desempeño en la actualidad con las metas y objetivos del programa. Se trata de un suceso relevante ya que se debe conocer el estado en el que se encuentran las tareas y proceso, además de a dónde se quiere llegar, para ser consciente de dónde se tienen que invertir esfuerzos y mejoras.

V.1.2.5.5. Organización del programa de garantía

Identificado como a4. Considera la organización del programa de garantía de gestión de riesgo, es decir, estudia si se tienen los elementos necesarios y adecuados para llevar a cabo la organización del mismo. La diferencia principal entre este suceso en las versiones correspondientes a DOE y NRI, reside en que el primero, tiene siempre como punto de referencia el “*ESQ program*”, mientras que NRI, hace referencia a un programa de garantía de gestión de riesgos genérico. De este suceso se desarrollan una serie de subsucesos para permitir un análisis en profundidad. Las diferencias entre estos en las versiones de MORT estudiadas son los siguientes:

V.1.2.5.5.1. Personal

Identificado como b1. En ambas versiones se estudia si el personal de garantía de gestión de riesgo desarrolló bien su tarea gracias tanto al programa de garantía como al criterio de gestión. Además, analiza la eficacia en aspectos técnicos y de comportamiento. Se debe destacar que en la versión de NRI, se produce una transferencia a la rama SD5-b3, la cual estudia la actuación de los supervisores y del personal en los

errores referentes al desarrollo de tareas. Dicha transferencia no se ve recogida en DOE, por lo que puede llevar a un análisis incompleto.

V.1.2.5.5.2. Comités de gestión

Identificado como b2. Estudia la adecuación de los comités y si estos estaban orientados hacia la resolución de problemas reales. Ambas versiones de MORT coinciden en el desarrollo de este suceso.

V.1.2.5.5.3. Organización para la mejora

Identificado como b3 en NRI y como b5 en DOE. En ambas versiones se estudia el diseño y gestión del programa de garantía.

V.1.2.5.5.4. Alcance

Identificado como b3 en DOE. Analiza si el alcance del programa aborda todas las formas de riesgo, incluyendo la anticipación de riesgos. Este suceso, con idéntico nombre al suceso “a2” de la misma rama en la versión NRI, no hace referencia al mismo análisis. DOE se centra en estudiar si el programa tiene en cuenta diferentes formas de riesgo, mientras que NRI, como ya se ha visto anteriormente, analiza la proyección al futuro del programa.

V.1.2.5.5.5. Integración

Identificado como b4 en DOE. Este suceso estudia la integración del personal de apoyo del programa en una unidad principal en lugar de estar disperso en varios lugares. Sin embargo, NRI no presenta un suceso similar en su versión de MORT.

V.1.2.5.5.6. Servicios del programa de garantías

Identificado como a5 en NRI y como a6 en DOE. Considera la prestación de servicios y guía para apoyar las actividades del programa de garantías. En ambas versiones existe una transferencia al suceso SD6, el cual hace referencia al apoyo en la supervisión, con sus respectivas diferencias ya analizadas en secciones anteriores.

V.1.2.5.5.7. Esquemas de trabajo

Identificado como a5 en DOE. Analiza si todos los esquemas de las funciones y procesos son adecuados y están disponibles. Estudiando así su estado de actualización (b6), verificando que se incluyan todos los datos y esquemas necesarios (b7), así como analizando el criterio para completar, terminar y revisar los esquemas (b8). Todo este análisis se desarrolla en torno al programa ESQ. Este suceso no tiene un equivalente en la versión de NRI.

V.1.2.5.5.8. Actividades de aseguramiento

Identificado como a6 en NRI. Tiene en cuenta si el sistema de garantías compara de forma adecuada el desempeño actual con los objetivos del programa de garantía de calidad. Este suceso es muy parecido a *Organisation for improvement* (identificado como b3 en NRI y como b5 en DOE). Sin embargo, el suceso en el que nos encontramos compara únicamente el desarrollo actual con los objetivos del programa, es decir, no analiza si el programa se ha elaborado de forma correcta para lograr los objetivos, sino que compara la situación actual con las metas del programa.

Figura 5-34. NRI – MB4. Programa de garantía de gestión de riesgos

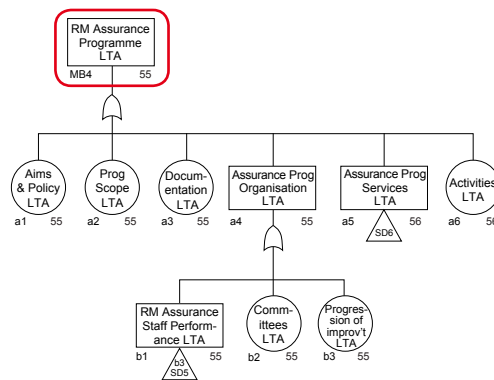
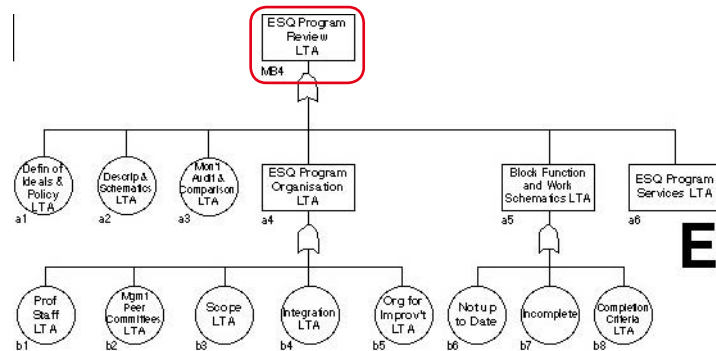


Figura 5-35. DOE – MB4. Revisión del programa ESQ



V.1.2.6. Revisión del sistema de análisis de riesgo (MB5)

Esta rama sólo está presente en la versión de NRI (ver Figura 5-36), y estudia si la organización se aseguró de que la revisión del sistema de gestión de riesgos se llevase de forma correcta y efectiva, además de documentar dichas revisiones adecuadamente. También se tiene en cuenta la existencia de revisiones externas.

Figura 5-36. NRI – MB5. Revisión del sistema de análisis de riesgo

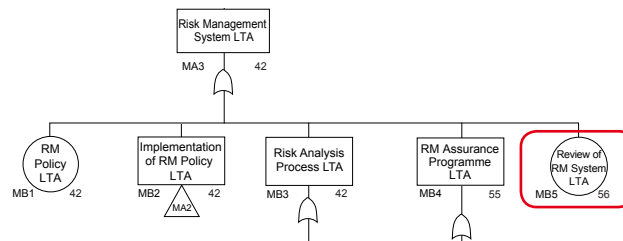
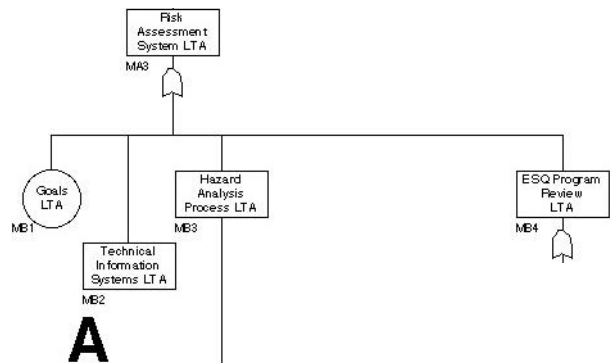


Figura 5-37. DOE – Ausencia de rama MB5



V.1.3. Riesgos asumidos (R)

Esta rama es muy similar en ambas versiones de MORT. Hace referencia al estudio de los riesgos reales que se han estudiado, analizado, cuantificado y finalmente asumido por el personal adecuado. Se incluyen notas para saber si estos riesgos han sido asumidos adecuadamente. NRI tiene un estilo mucho más clarificador y descriptivo que DOE, lo cual se agradece a la hora de llevar a cabo el análisis de riesgos.

La versión de MORT propuesta por NRI, presenta trece riesgos asumidos, mientras que la propuesta por DOE tiene once. Los riesgos asumidos se recogen a continuación, en el orden en el que aparecen en ambos diagramas de MORT:

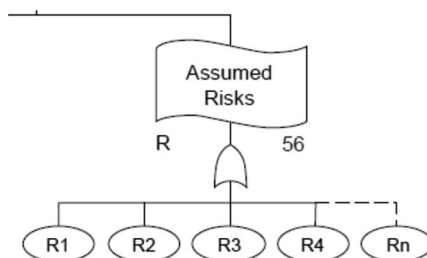
Tabla 5-4. Riesgos asumidos

	NRI	DOE
Risk 1	Control Impracticable	Control Impractical
Risk 2	Divert Impracticable	Control Impractical
Risk 3	Control Impracticable	Low Potential
Risk 4	Evasion Impracticable	Management, Concern, Vigour & Example
Risk 5	Postponed	Deviant
Risk 6	Low Potential	None Possible

	NRI	DOE
Risk 7	Use not Mandatory	D/N Provide
Risk 8	Leadership & Example LTA	Control Impractical
Risk 9	Deviant Traits	Control Impractical
Risk 10	None Possible	Distance
Risk 11	D/N Provide	Delays
Risk 12	Response Delay	—
Risk 13	Absorb Loss	—
Risk 14	Delays	

Los riesgos asumidos quedan representados a lo largo del diagrama, mediante sucesos definidos con rombos. Estos riesgos también se resumen en la rama de Riesgos asumidos (Ver Figura 5-38).

Figura 5-38. Riesgos asumidos



Cada vez que, durante el análisis, aparezca un riesgo asumido provisional, debe incluirse en una tabla resumen (ver Figura 539), incluyendo todos los detalles oportunos sobre el mismo. De esta forma. El diagrama de MORT de NRI, proporciona esta tabla. Sin embargo, la versión de DOE no.

Figura 5-39. Tabla riesgos asumidos provisionales

(Provisional) Assumed Risks		
MORT Reference	Description of (Provisional) Assumed Risks	Judgement

V.2. Conclusiones

A lo largo de la comparación, se han observado características propias de cada una de las versiones, tanto en el formato como en el trasfondo de las preguntas de cada uno de los sucesos. A continuación, se describen dichas características:

DOE

Respecto al trasfondo de los sucesos y sus correspondientes preguntas, en muchos casos el manual de usuario de DOE no indica cómo analizar en profundidad el suceso. En lugar de ello, se describen los grupos de personas a los que les afecta dicho suceso.

Por otra parte, tampoco presenta ramas que sí existen en el manual de usuario de NRI. Por lo que el análisis, lejos de ser incorrecto, al compararlo con la versión de NRI, parece incompleto quizás por su antigüedad. Ésta falta de ramas, se hace evidente al observar la tabla Excel del Anexo I, en el que se ve remarcado en color rojo las ramas que son completamente diferentes en las versiones o que no existen en alguna de ellas.

Hay que recordar que se trata de una versión relativamente antigua, publicada en 1992. No obstante, hay muchos aspectos que siguen vigentes y que conviene utilizar frente a la versión de NRI.

NRI

El manual de uso de MORT publicado por NRI es mucho más descriptivo en el desarrollo de las preguntas, además, incluye notas anexas las cuales facilitan el desarrollo del análisis y aclaran conceptos que aparecen en dichas preguntas.

Este manual también es más incisivo a la hora de indicar cómo analizar los sucesos. Las ramas para el estudio de éstos son, en muchos casos, mucho más extensas y recogen más información que el manual de usuario de DOE.

Si bien es cierto, que el manual de NRI se basa en el de DOE, por lo que no es de extrañar que contenga la mayor parte de la información de éste. Se trata de un documento más actualizado (publicado en 2009), cuyo objetivo era facilitar la utilización de MORT y su aplicación a la investigación de accidentes.

VI. Captura del regulador

VI. Captura del regulador

El análisis de accidentes mediante la metodología MORT, así como el resto de análisis presentados en secciones anteriores (ver sección 3.1. Análisis de accidentes), se tienen que llevar a cabo con total independencia para presentar la realidad de lo sucedido y poder así tomar medidas y mejorar en el futuro.

En las industrias reguladas uno de los principales interesados en la investigación de incidentes y, por tanto, uno de los mayores usuarios del MORT son los propios organismos reguladores, encargados de supervisar la correcta gestión de la industria. Éstos actúan en nombre de la sociedad, ya que ésta delega la responsabilidad de salvaguardar su salud y su seguridad. De esto se deriva que el organismo regulador representa una barrera de alta integridad en la ocurrencia de un accidente. Todo esto da lugar a un problema añadido cuando el regulador se confunde al intentar llevar a cabo su misión reguladora con una organización que quiere que el regulador actúe de acuerdo a sus intereses en lugar de hacerlo pensando en la protección del público. Es decir, pierde parte de su independencia. En esta situación se hablaría de “Captura del Regulador”. Tal como indica la publicación *Development of Checklist for Self-Assessment of Regulatory Capture in Nuclear Safety Regulation* [13], la captura del regulador podría ser causa de fallos en la regulación, lo cual conlleva un fenómeno muy serio y preocupante.

La captura del regulador, según David A. Moss [14], se definiría de la siguiente manera:

“La captura del regulador es el resultado o proceso mediante el cual la regulación, en la ley o la aplicación, se aleja consistente o reiteradamente del interés público y va en favor de los intereses de la industria regulada, por la intención y la acción de la misma industria”

Sin embargo, la captura se encuentra presente en cierto grado y no se puede hablar únicamente de la presencia o no presencia de la misma. Esto lo refleja David A. Moss en el documento *“Preventing regulatory Capture”* [14], en el que se lleva a cabo una distinción entre lo que denomina “captura fuerte” y “captura débil” del regulador:

- La “captura fuerte” viola los intereses del público de tal manera que el público estaría mejor atendido ya sea (a) sin regulación de la actividad en cuestión porque los beneficios de la regulación son superados por los costos de la captura, o (b) por el reemplazo integral de la política y la agencia en cuestión.
- La “captura débil” se da cuando los beneficios totales netos de la regulación se ven disminuidos como resultado de la influencia de un interés especial, pero siguen siendo positivos.

En ese mismo artículo [14], se proponen algunas estrategias y mecanismos para prevenir la captura (experiencia diversa e independiente, división de poder, cobertura mediática y escrutinio periodístico...), todos ellos orientados hacia el trabajo empírico que permitirá una mayor comprensión de la regulación y de la captura del regulador. También hace hincapié en la necesidad de dicha comprensión, ya que:

“Cuanto más comprendamos la naturaleza del especial interés de la influencia sobre el regulador, más capaces seremos de concebir un espectro de soluciones para reducir el alcance de la captura del regulador.” [14]

En 2011, la IAEA celebró una Conferencia Ministerial sobre Seguridad Nuclear para actuar en función de las enseñanzas extraídas del accidente de la central de Fukushima Daiichi, para así poder fortalecer la seguridad nuclear. De esta Conferencia se obtuvo el *Proyecto de Plan de Acción del OIEA sobre seguridad nuclear* [15], en el cual queda reflejada la importancia de fortalecer la eficacia de los órganos reguladores nacionales:

*“Los Estados miembros deberán realizar sin demora un examen a nivel nacional y, en lo sucesivo, exámenes periódicos de sus órganos reguladores, comprendida la evaluación de su **independencia efectiva**, la idoneidad de sus recursos humanos y financieros y sus necesidades de apoyo técnico y científico, a fin de que puedan desempeñar sus funciones”*

Por tanto, se hace evidente la importancia de conseguir la máxima independencia posible por parte de los organismos reguladores. Se trata de un aspecto crucial que se debe seguir estudiando para poder implantar un sistema de independencia robusto.

Con respecto al análisis de accidentes, la independencia es una condición esencial para poder llevar a cabo la investigación de forma correcta y veraz. Permite que los resultados obtenidos reflejen los problemas que derivaron al accidente para poder corregirlos y evitar que se produzcan de nuevo.

Una opción para tener en cuenta la independencia de los organismos reguladores, sería la ampliación del estudio de MORT, extendiéndolo a los procesos del propio organismo regulador. Es decir, introduciendo los errores del regulador como barrera adicional en el estudio. Esta fase del trabajo queda para una ampliación futura.

VII. Caso ideal de MORT para España

VII. Caso ideal de MORT para España

Tras realizar el estudio y comparación completa de los manuales de MORT, se ha procedido a elaborar un manual de MORT que se ajuste a las necesidades de las centrales nucleares españolas y encaje en el marco español.

Como ya se ha visto en el apartado anterior, el manual elaborado por NRI es mucho más descriptivo y completo que el de DOE. Por ello, la versión propuesta se aproxima más que la holandesa.

Sin embargo, también se han tenido en cuenta cuestiones que sí presenta el manual de DOE y se ha considerado conveniente incluir con el fin de hacer un manual mucho más integral y perfeccionado.

A continuación, se muestra una tabla (Tabla 7-1) en la que aparecen los sucesos en los que se han incluido preguntas de DOE, indicando en primer lugar las cuestiones presentadas en ambos manuales y posteriormente el suceso del caso ideal de MORT para España:

Tabla 7-1. Elaboración sucesos del caso ideal para España

DOE	NRI	CASO IDEAL
SA1 → SB3 → SC1 → SD1 → a1 → b2 → c4 → d10 (FUNCIONAMIENTO INADECUADO DE LA RED EXTERNA)		
• ¿El funcionamiento de la red de comunicación externa era adecuado? • ¿El método de búsqueda, recuperación y procesamiento de información relevante era adecuado?	• ¿La información de esas fuentes fue obtenida de una manera efectiva?	• ¿La información de esas fuentes fue obtenida de una manera efectiva? • ¿El funcionamiento de la red de comunicación externa era adecuado? • ¿El método de búsqueda, recuperación y procesamiento de información relevante era adecuado?
SA1 → SB3 → SC1 → SD1 → a2 → b7 (INSPECCIONES RUTINARIAS INADECUADAS)		
• ¿Se hicieron las inspecciones de seguridad rutinarias in situ? • ¿Fueron adecuadas?	• ¿Se consideraron adecuadamente la seguridad, salud y protección del medio ambiente?	• ¿Se consideraron adecuadamente la seguridad, salud y protección del medio ambiente? • ¿Se hicieron las inspecciones de seguridad rutinarias in situ?

SA1 → SB3 → SC1 → SD1 → a5 (AUDITORÍA Y EVALUACIÓN INDEPENDIENTE INADECUADOS)		
• ¿Hubo una revisión reciente de todo el sistema de seguridad? • ¿Las auditorías y evaluaciones fueron llevadas a cabo de una manera verdaderamente independiente? • ¿Era adecuado el plan de evaluación?	• ¿El sistema de información técnica estaba sujeto a una revisión adecuada?	• ¿El sistema de información técnica estaba sujeto a una revisión adecuada? • ¿Hubo una revisión reciente de todo el sistema de seguridad? • ¿Las auditorías y evaluaciones fueron llevadas a cabo de una manera verdaderamente independiente? • ¿Era adecuado el plan de evaluación?
SA1 → SB3 → SC1 → SD2 → a2 (SOPORTE TÉCNICO INADECUADO)		
• ¿Se suministró un soporte técnico adecuado al proceso de flujo de trabajo, particularmente en el lugar de trabajo? • ¿Las relaciones de organización frente a funcionales fueron adecuadas para asegurar el nivel requerido de operabilidad?	• ¿El soporte técnico proporcionado fue adecuado para asegurar la preparación del trabajo o proceso?	• ¿El soporte técnico proporcionado fue adecuado para asegurar la preparación del trabajo o proceso? • ¿Se suministró un soporte técnico adecuado al proceso de flujo de trabajo, particularmente en el lugar de trabajo? • ¿Las relaciones de organización frente a funcionales fueron adecuadas para asegurar el nivel requerido de operabilidad?
SA1 → SB3 → SC1 → SD4 → a1 → b1 → c5 (COMPETENCIA INADECUADA)		
• ¿El plan especificaba los requisitos mínimos de competencia y formación de los individuos utilizados en el programa?	• ¿La competencia del personal era adecuada para las tareas de mantenimiento e inspección en cuestión?	• ¿La competencia del personal era adecuada para las tareas de mantenimiento e inspección en cuestión? • ¿El plan especificaba los requisitos mínimos de competencia y formación de los individuos utilizados en el programa?
SA1 → SB3 → SC1 → SD5 → a3 → b1 → c1 (LISTA DE COMPROBACIÓN INADECUADA)		
• ¿Había una lista de comprobación específica disponible para el proceso? • ¿Se usó? • ¿Se considera que el supervisor fue competente para evaluar los aspectos de seguridad de su área de trabajo?	• Si había una lista de comprobación de amenazas en el trabajo o proceso específico, ¿se usó correctamente? • ¿La ausencia de esa lista de comprobación contribuyó al problema en cuestión?	• Si había una lista de comprobación de amenazas en el trabajo o proceso específico, ¿se usó correctamente? • ¿La ausencia de esa lista de comprobación contribuyó al problema en cuestión? • ¿Se considera que el supervisor fue competente para evaluar los aspectos de seguridad de su área de trabajo?

SA1 → SB3 → SC1 → SD5 → a3 → b1 → c2 → d3
(REVISIÓN INADECUADA DE CAMBIOS)

- ¿La guía proporcionó información sobre los métodos de revisión y detección de cambios?
- ¿Los cambios implicados son conocidos por el supervisor?
- ¿Se realizaron “counterchanges” para los cambios conocidos?
- What counterchanges were made for the known changes?
- ¿Los cambios realizados en el trabajo/ proceso, ya sean planificados o no, eran conocidos por el supervisor?
- ¿El método del supervisor para detectar o revisar los cambios era adecuado?
- ¿Los cambios realizados en el trabajo/ proceso, ya sean planificados o no, eran conocidos por el supervisor?
- ¿El método del supervisor para detectar o revisar los cambios era adecuado?
- ¿La guía proporcionó información sobre los métodos de revisión y detección de cambios

SA1 → SB3 → SC1 → SD5 → a3 → b2 → c9
(JUICIO DE SUPERVISIÓN INADECUADO)

- ¿El criterio ejercido por el supervisor de no corregir la amenaza detectada fue adecuada considerando el nivel de riesgo involucrado?
- Si se establecieron previamente las limitaciones de la autoridad supervisora, ¿las acciones del supervisor eran acordes con dichas limitaciones?
- ¿El criterio del supervisor fue adecuado considerando el nivel de riesgo involucrado?
- ¿Se había establecido un precedente en el que el supervisor no actúa en tales circunstancias?
- ¿El criterio del supervisor fue adecuado considerando el nivel de riesgo involucrado?
- ¿Se había establecido un precedente en el que el supervisor no actúa en tales circunstancias
- Si se establecieron previamente las limitaciones de la autoridad supervisora, ¿las acciones del supervisor eran acordes con dichas limitaciones?

MA2 → a2 → b3
(LIDERAZGO INADECUADO)

- ¿Los niveles altos de gestión han demostrado un interés en las actividades de programa de los niveles más bajos a través de la implicación personal?
- ¿Su preocupación es conocida, respetada y reflejada en todos los niveles de gestión y de empleados?
- ¿La alta dirección y otras personas influyentes proporcionaron un liderazgo adecuado?
- ¿Su comportamiento refleja la importancia de la implantación de la política en cuestión?
- ¿La alta dirección y otras personas influyentes proporcionaron un liderazgo adecuado?
- ¿Su comportamiento refleja la importancia de la implantación de la política en cuestión?
- ¿Los niveles altos de gestión han demostrado un interés en las actividades de programa de los niveles más bajos a través de la implicación personal?
- ¿Su preocupación es conocida, respetada y reflejada en todos los niveles de gestión y de empleados?

MA3 → MB3 → a2 → b14 → c32 → d6 (ADAPTACIÓN INADECUADA AL USUARIO)		
• ¿El estilo de escritura de los procedimientos tiene en consideración las habilidades de lectura e inteligencia de los usuarios? • ¿Los procedimientos tienen un alcance suficiente como para cubrir todos los pasos de las tareas y se da suficiente información sobre cada paso?	• ¿Los procedimientos correspondían adecuadamente con la capacidad de lectura mínima y competencia técnica del personal que los usaban?	• ¿Los procedimientos tienen un alcance suficiente como para cubrir todos los pasos de las tareas y se da suficiente información sobre cada paso? • ¿Los procedimientos correspondían adecuadamente con la capacidad de lectura mínima y competencia técnica del personal que los usaban?

VII.1. Interpretación y adaptación

Se ha llevado a cabo un proceso de interpretación y adaptación del lenguaje y terminología, para elaborar un manual de usuario de acuerdo con el vocabulario y nomenclatura utilizados en España en el ámbito nuclear.

Algunas de las adaptaciones realizadas son las siguientes:

- Permit to work → Permiso de trabajo
- Housekeeping → Orden y limpieza
- National vocational qualifications → Calificaciones generales
- Solution precedence sequence → Priorización de soluciones
- ES&H (Environment, Safety and Health) → MASS (Medio ambiente, Seguridad y Salud)

Sin embargo, otros conceptos se han mantenido con la terminología original, ya que se han asentado en el ámbito español y se utilizan de forma normalizada en el día a día de nuestra industria.

Este es el caso del “Pre-job briefing”. Se trata de asegurar, mediante una reunión, que el personal al cargo, así como los potenciales trabajadores comprendan el objetivo del trabajo o proceso a ser desarrollado mediante una descripción de las tareas involucradas. Este concepto se usa de forma habitual y es una actividad necesaria previa a desarrollar ciertas tareas en planta, sobre todo cuando éstas son peligrosas o complejas.

Además, se ha visto necesaria la inclusión de algún suceso adicional, como es el caso de la rama correspondiente a la supervisión y desarrollo del personal (SD5). En concreto, en lo referente a los errores en la ejecución de las tareas y a los controles de riesgo recomendados (Rama SD5-a4-b3-c12-d11). En esta rama no se tiene en cuenta el riesgo derivado de producirse fallos al usar los controles de riesgo recomendados de la tarea. Por ello, se ha incluido el suceso “Fallo al usarse”, en el que se analiza si “*¿El personal involucrado falló al usar los controles recomendados para la tarea?*”.

VIII. Resultados

VIII. Resultados

El resultado del estudio y comparación de los manuales y diagramas de MORT de las versiones de DOE y NRI, se presentan en forma de manual de usuario junto con su correspondiente diagrama.

El manual de usuario elaborado presenta el mismo formato que el manual de usuario publicado en 2009 por NRI. Se decide utilizar éste, por ser muy intuitivo y práctico a la hora de buscar las ramas y sucesos que se requieren en cada momento. Como puede verse en la Figura 8-1, se recoge un pequeño esquema en la parte superior de cada hoja, el cual permite saber en todo momento en qué lugar del diagrama se encuentran los sucesos que aparecen en la misma.

Figura 8-1. Formato del manual de usuario

CONTEXTO

T Preguntas fundamentales

S/M Descuidos y omisiones

S El accidente

SB1 El flujo de energía o condición ambiental potencialmente dañinos.

```
graph BT
    SD1[SD1] --- SC1[SC1]
    SD2[SD2] --- SC1
    SD3[SD3] --- SC1
    SD4[SD4] --- SC1
    SD5[SD5] --- SC1
    SD6[SD6] --- SC2[SC2]
    SD7[SD7] --- SC2
    SD8[SD8] --- SC2
    SD9[SD9] --- SC2
    SC1 --- SB1[SB1]
    SC1 --- SB2[SB2]
    SC1 --- SB3[SB3]
    SC1 --- SB4[SB4]
    SC2 --- SB1
    SC2 --- SB2
    SC2 --- SB3
    SC2 --- SB4
    SB1 --- SA1[SA1]
    SB2 --- SA2[SA2]
    SB3 --- M[M]
    SB4 --- M
    SA1 --- T[T]
    SA2 --- T
    M --- T
    T --- R[R]
```

T Preguntas fundamentales

- ¿Qué pasó?
- ¿Cuál fue la secuencia de sucesos, incluyendo el suceso inicial, que marcó el paso del trabajo/proceso de una situación controlada a no controlada?
- Describir la magnitud de los daños y las pérdidas (incluyendo activos intangibles como son la reputación, la confianza del cliente, la moral de los empleados, etc.)

El análisis posterior tratará de establecer:

- ❖ ¿Por qué se produjeron los daños o pérdidas?
- ❖ ¿Qué sucesos futuros no deseados podrían resultar de los problemas identificados?

S/M.Descuidos y omisiones

Este árbol considera dos explicaciones para el incidente. La primera explicación para evaluar es que el incidente fue debido a problemas en la planificación, diseño o control del trabajo/proceso. La segunda explicación considerada es que el incidente fue resultado aceptado del proceso de gestión de riesgos (un riesgo asumido).

S. Factores específicos de control

Esta mitad del árbol de MORT esta dirigido a:

- ❖ los controles específicos de las energías nocivas
- ❖ los controles específicos de personas vulnerables y bienes
- ❖ las barreras entre energías, personas y bienes
- ❖ cómo las acciones de emergencia contribuyeron al resultado final del accidente

SA1. Accidente

El análisis MORT puede implicar más de un barrido e través de la rama SA1. Se aconseja decidir desde un principio el número de interacciones de flujo de energía/diana (transferencias de energía) que tiene intención de incluir en el análisis

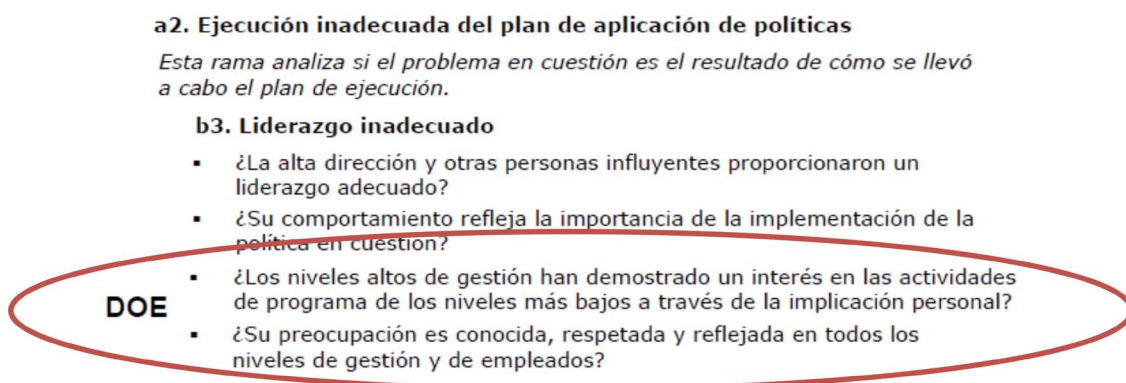
Conforme se avance en el análisis, considerar los posibles efectos de los problemas de control identificados.

Esto ayuda a evaluar la gravedad de los problemas de control.

Además, la utilización por parte del manual de NRI de las notas anexas, es un punto clave, ya que clarifica y ayuda a comprender mejor cómo y hacia dónde se tiene que estudiar el suceso. Éstas quedan remarcadas en azul para clarificar que no forma parte de las preguntas de cada uno de los sucesos.

Como ya se ha mencionado en capítulos anteriores, este documento se aproxima más al Manual de usuario de NRI (publicación 2009) que al de DOE, ya que, como se ha visto a lo largo del documento, se trata de la versión más actualizada de que se dispone públicamente, y presenta un análisis muy completo que, en su mayoría, engloba lo presentado por DOE. Sin embargo, el manual de usuario que se ha elaborado incluye preguntas presentes en el manual de DOE y no en el de NRI, que se han creído oportunas mantenerlas, ya que pueden ayudar a completar ciertos aspectos del análisis y mejorar la información de los sucesos. En el manual, estas preguntas de DOE que han sido incluidas se resaltan de la siguiente manera (Figura 8-2. Preguntas de DOE incluidas).

Figura 8-2. Preguntas de DOE incluidas



El diagrama se ha realizado buscando claridad y orden. El diagrama es una herramienta básica a la hora de llevar a cabo el análisis, ya que facilita y agiliza el desarrollo del mismo. Proporciona una imagen completa y estructurada de todas las áreas que se deben estudiar ante un accidente o incidente.

IX. Conclusiones

IX. Conclusiones

El objetivo de este documento ha sido la adaptación y elaboración de una versión nueva de MORT formado por un manual de usuario en castellano y su correspondiente diagrama.

Este análisis se ha llevado a cabo teniendo en cuenta las versiones públicas más actualizadas de DOE y NRI, analizando y comparando los manuales de usuario y diagramas de ambas versiones. El resultado de dicho análisis se ha plasmado en forma de manual de usuario en castellano y respectivo diagrama.

Los puntos clave en la elaboración de este manual se presentan a continuación:

- Comparación de ramas y sucesos básicos mediante formato Excel. Este documento permite visualizar de forma rápida las principales diferencias de las versiones de MORT, siendo un apoyo imprescindible para posteriores etapas del estudio.
- Interpretación de los manuales. Se han estudiado los sucesos de ambos manuales para averiguar si hacían referencia a los mismos aspectos a aplicar en el análisis o no.
- Definición de la metodología MORT para el caso español. Esta definición está estrechamente relacionada con la toma continua de decisiones que se han adoptado durante la elaboración del proyecto, en el cual se han tenido que seleccionar qué sucesos son más apropiados, completos y adecuados en cada situación y área del análisis.
- Elaboración de una versión de MORT con su manual de usuario y diagrama. Se presenta una herramienta clara y útil para aplicación en la investigación de accidentes.

Se ha desarrollado una herramienta útil y exhaustiva para el análisis de accidentes e incidentes y de aplicación en diferentes industrias, entre ellas la nuclear. Se trata de un instrumento propio con procesos y lenguaje también propios y normalizados, logrando reducir el esfuerzo empleado en la aplicación de la metodología MORT, ya que se trata de un documento en castellano, evitando ambigüedades dialécticas, y con un formato sencillo e intuitivo.

Este documento se ha desarrollado en todo momento desde el punto de vista del regulador, y por ello destaca como potencial herramienta de análisis del estado de seguridad de las centrales nucleares y su inspección. Este documento proporcionaría una guía a la hora de inspeccionar una central y no pasar por

alto ningún aspecto de la misma. Sin embargo, para que el análisis sea fiable y eficaz, se debe asegurar la total independencia de quien lo aplica.

Los organismos reguladores deben actuar en nombre de la sociedad y proteger la salud de ésta. Sin embargo, puede darse el caso en el que el organismo regulador se confunda al intentar llevar a cabo su cometido de regulador en una organización determinada, y acabe cediendo de acuerdo con los intereses de esa organización. Por ello, es primordial la necesidad de absoluta independencia de cualquier entidad a la hora de desarrollar una investigación de accidentes.

Es importante tener en cuenta que esta versión de MORT es un elemento vivo, es decir, se trata de un proceso iterativo: conforme se le dé uso, se descubrirán deficiencias, aspectos de mejora o posibles incorporaciones al mismo. Debe ser un proceso de retroalimentación para llegar a perfeccionar y obtener una versión que represente, lo más fielmente posible, la situación de las centrales nucleares españolas.

En conclusión, se ha desarrollado una adaptación de la metodología MORT de investigación de accidentes, obteniendo un manual de usuario y correspondiente diagrama. Una herramienta útil que tiene en cuenta todos los aspectos relacionados con la seguridad de las centrales, desde los aspectos más técnicos, hasta los administrativos, teniendo en cuenta en todo momento el factor humano. Esta herramienta debe considerarse como una ayuda para mejorar aspectos de seguridad deficientes, y de esta forma prevenir posibles incidentes en el futuro.

X. Bibliografía

X. Bibliografía

- [1] IAEA, *Basic Safety Principles for Nuclear Power Plants. 75-INSAG-3 Rev. 1. INSAG-12.*
- [2] U.S. NUCLEAR REGULATORY COMMISSION, *Reactor Safety Study - WASH-1400*, 1975.
- [3] USNRC, *WASH-1400. The Reactor Safety Study. Introduction of Risk Assessment to the Regulation of Nuclear Reactors.*
- [4] IAEA, *Culture for Safety. Nuclear Safety and Security Programme.*
- [5] U. S. D. o. Energy, *Mort User's Manual.*
- [6] W.G.Johnson, *New approaches to safety industry*, 1970.
- [7] U. A. E. Commission, *SAN 821-2. The Management Oversight and Risk Tree - MORT.*
- [8] The Noordwijk Risk Initiative Foundation, *NRI MORT User's Manual*, 2002.
- [9] The Noordwijk Risk Initiative Foundation, *NRI MORT User's Manual*, 2009.
- [10] United States, Department of Energy., *DOE Workbook: Conducting Accident Investigations.*
- [11] Technical Research and Analysis Center, DOE., *Events and Causal Factors Analysis.*
- [12] J. Kingston, R. Nertney, R. Frei y P. S. N. R. I. Foundation, *Barrier Analysis Analysed in MORT Perspective.*
- [13] K.S.Choi, Y.E.Lee, H.S.Chang y S.J.Jung, *Development of checklist for Self-Assessment of Regulatory Capture in Nuclear Safety Regulation*, 2011.
- [14] D. Carpenter y D. A.Moss, «Preventing Regulatory Capture».
- [15] IAEA, *Proyecto de Plan de Acción del OIEA sobre seguridad nuclear*, 2011.

Anexo I

Reproducción de MORT en Excel

Anexo I

El primer paso que se lleva a cabo durante la adaptación y elaboración del MORT español, es una comparación entre las dos versiones de MORT estudiadas (NRI y DOE). Se trata de una reproducción de ambos diagramas de MORT en formato *Excel*, para comparar los sucesos básicos de los mismos. De esta forma, se logra tener una primera visión de las diferencias existentes entre ellos. En la siguiente TABLA/ FIGURA, se representa dicha comparación. Como se ha indicado en la sección 5.1 *Comparación de MORT*, se ha optado por la utilización de colores para un mejor análisis del diagrama.

Figura 11-1. Reproducción de MORT (1/9)

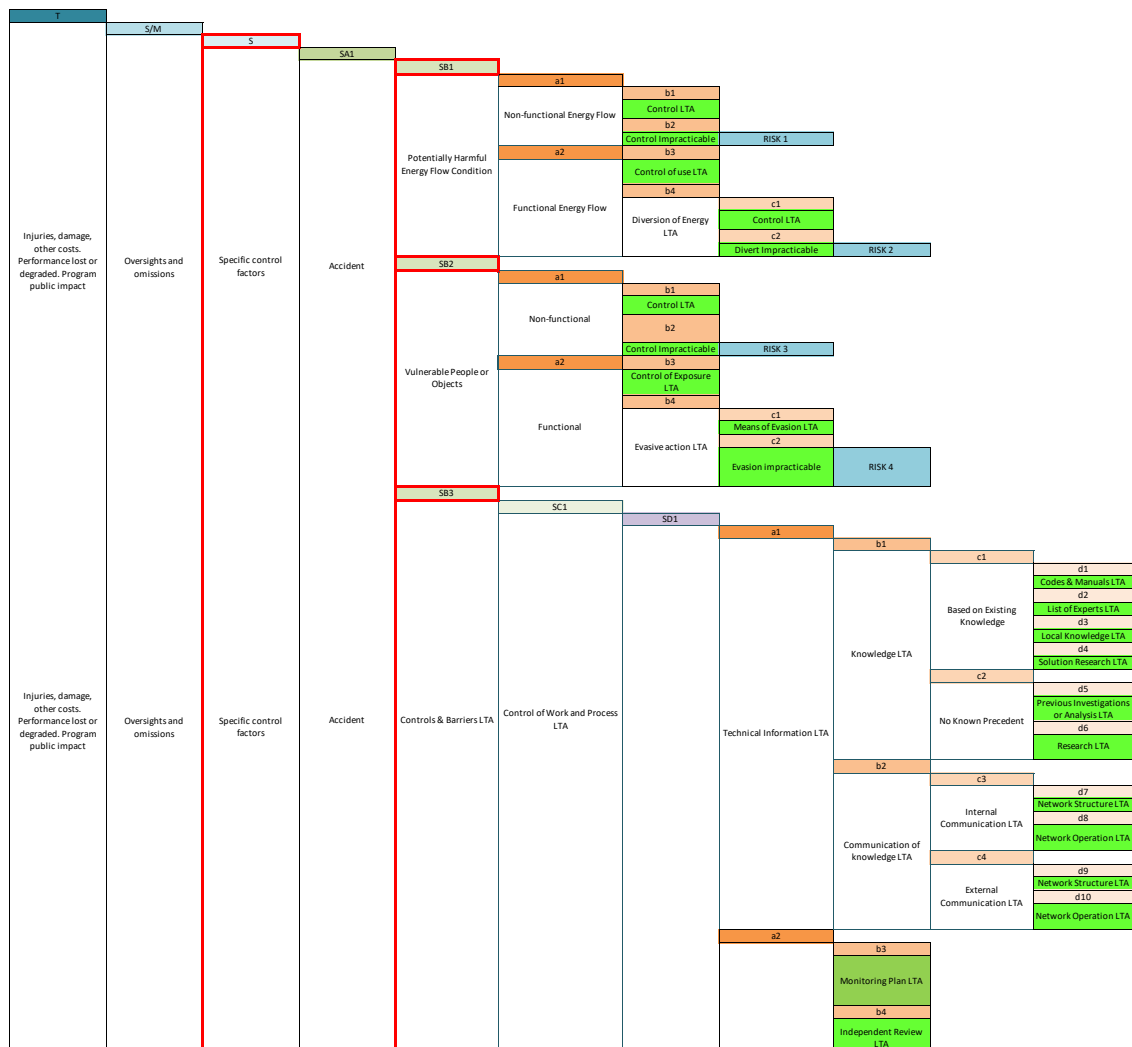
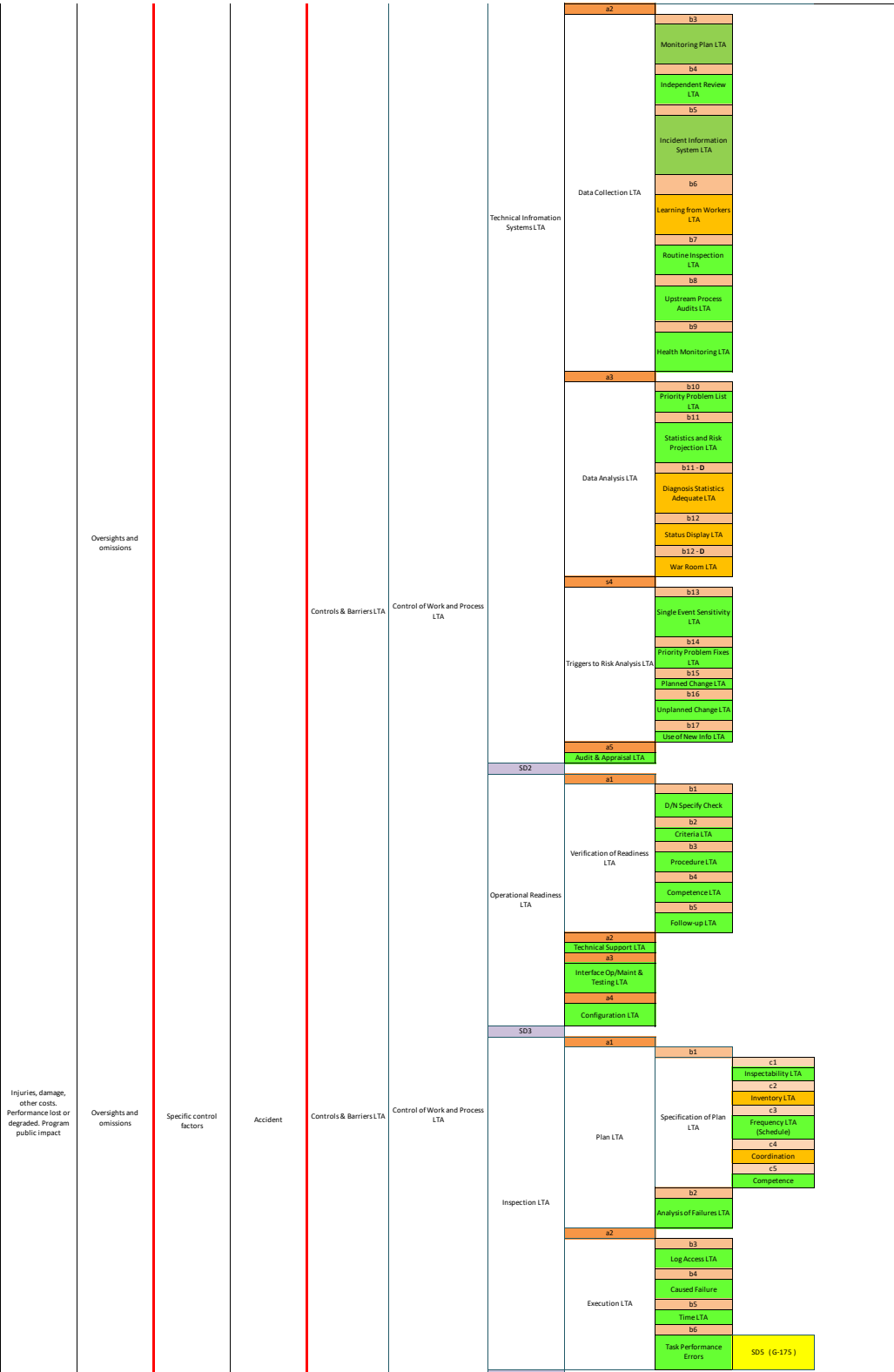


Figura 11-2. Reproducción de MORT (2/9)



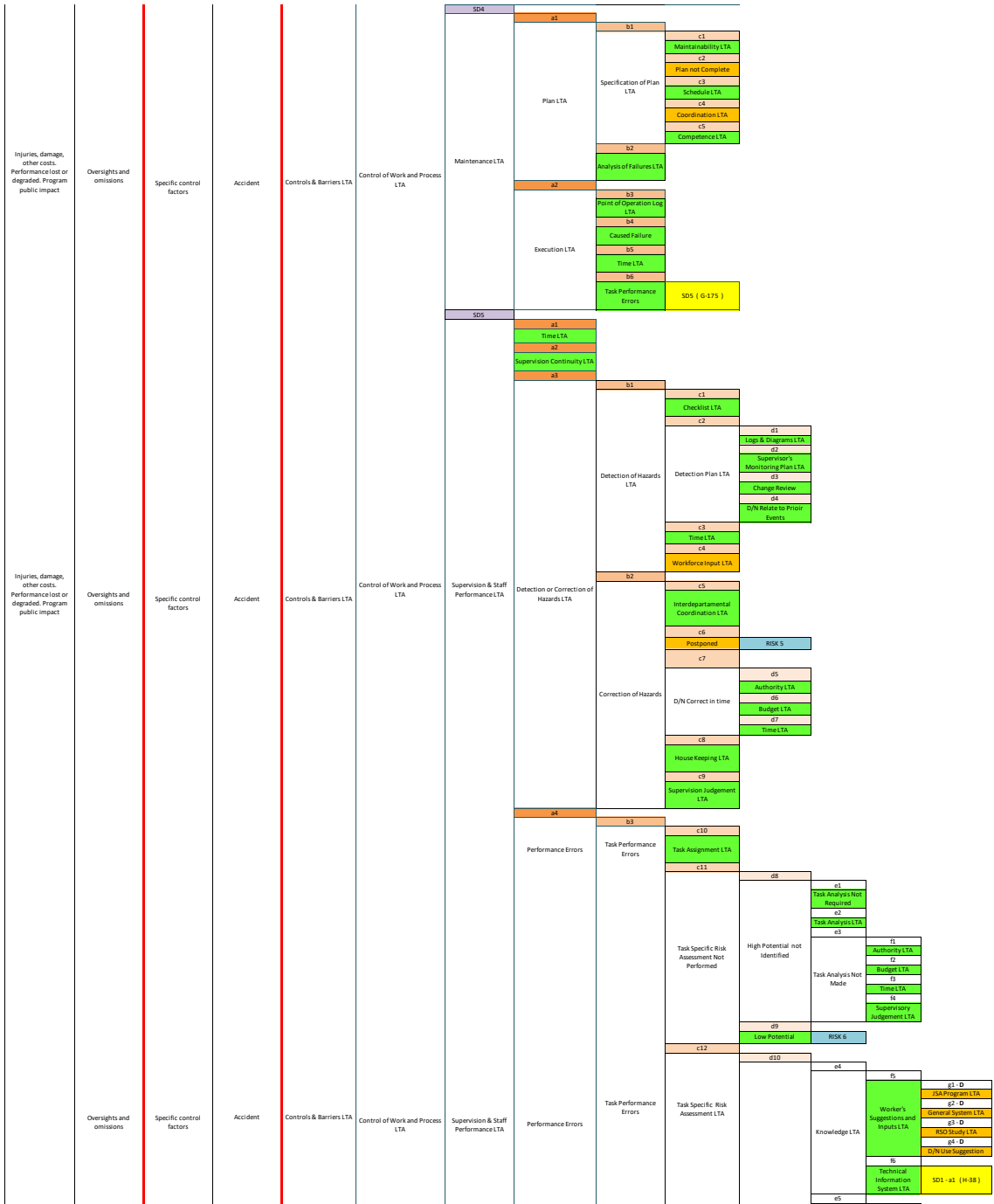


Figura 11-4. Reproducción de MORT (4/9)

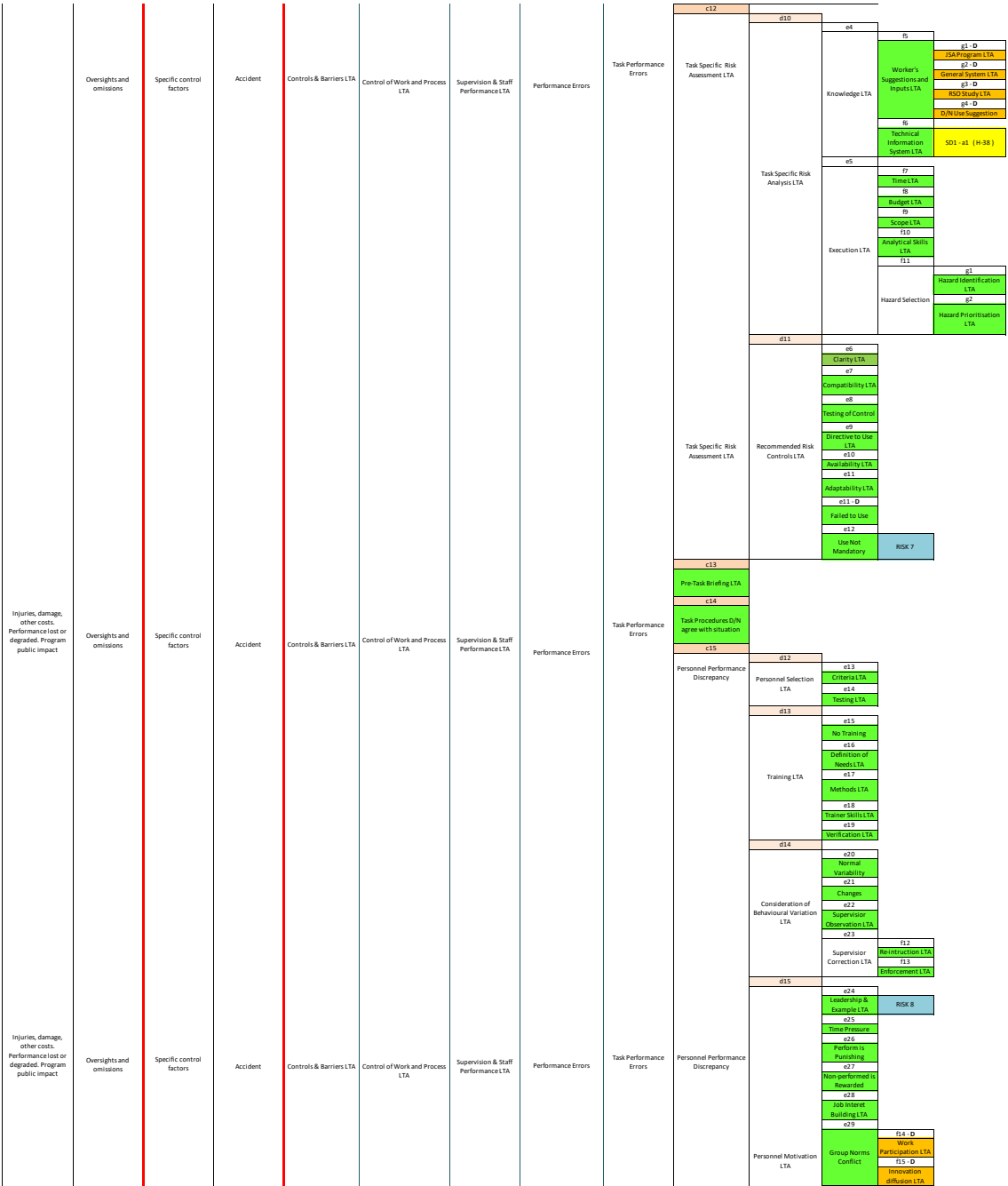


Figura 11-5. Reproducción de MORT (5/9)

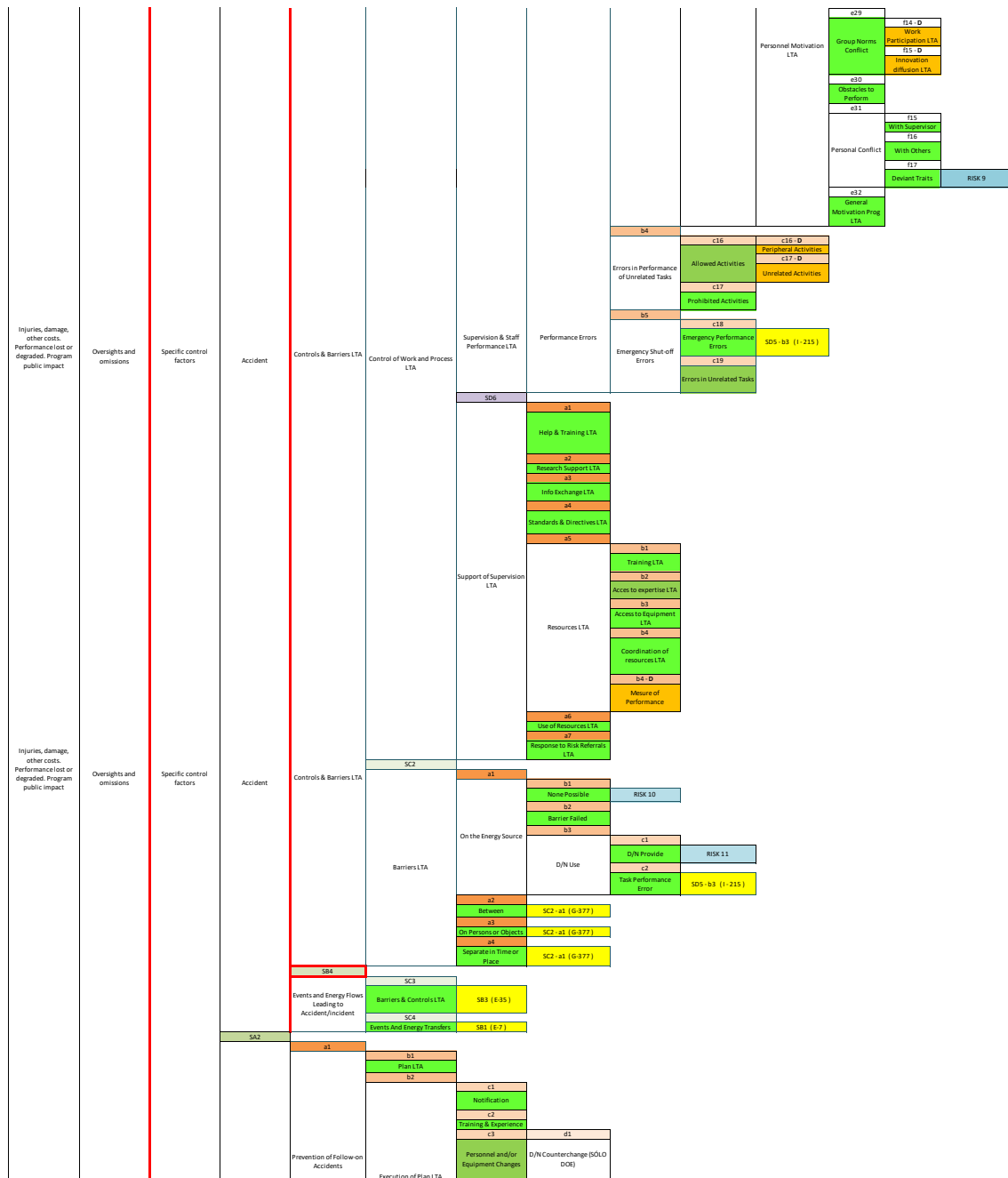
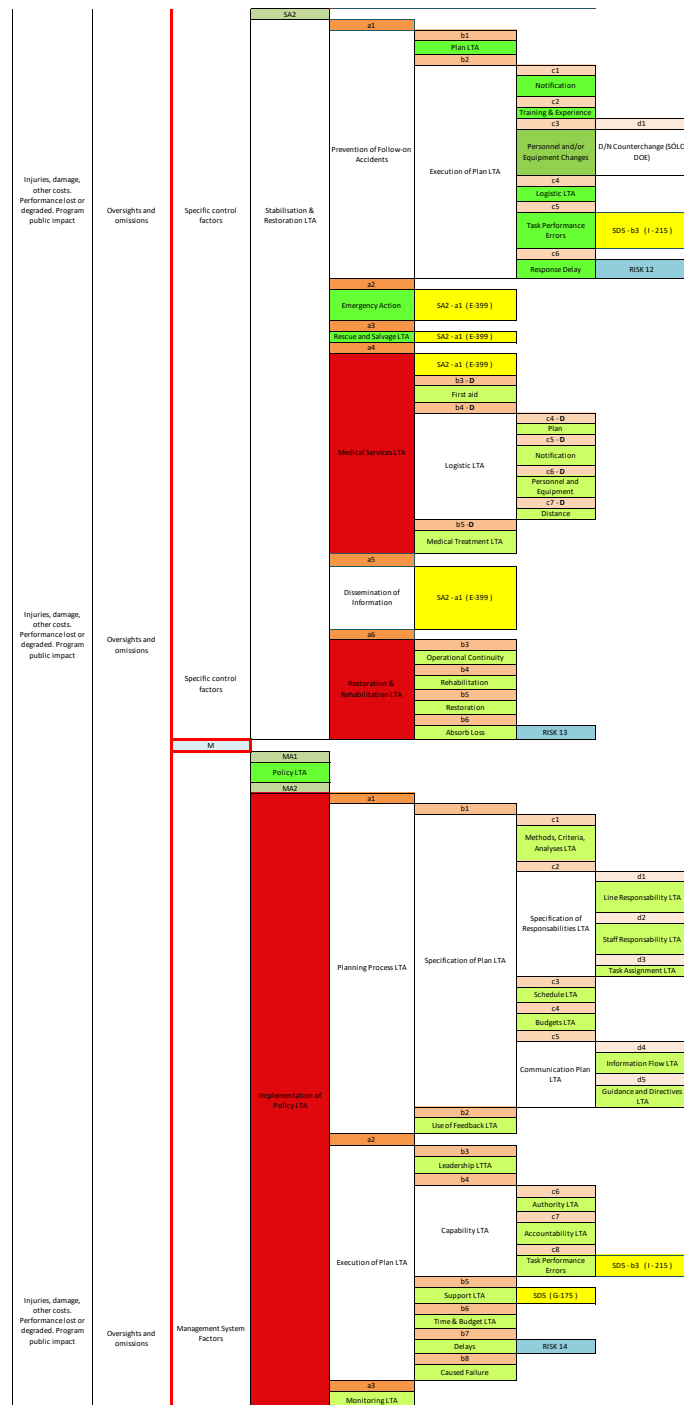


Figura 11-6. Reproducción de MORT (6/9)



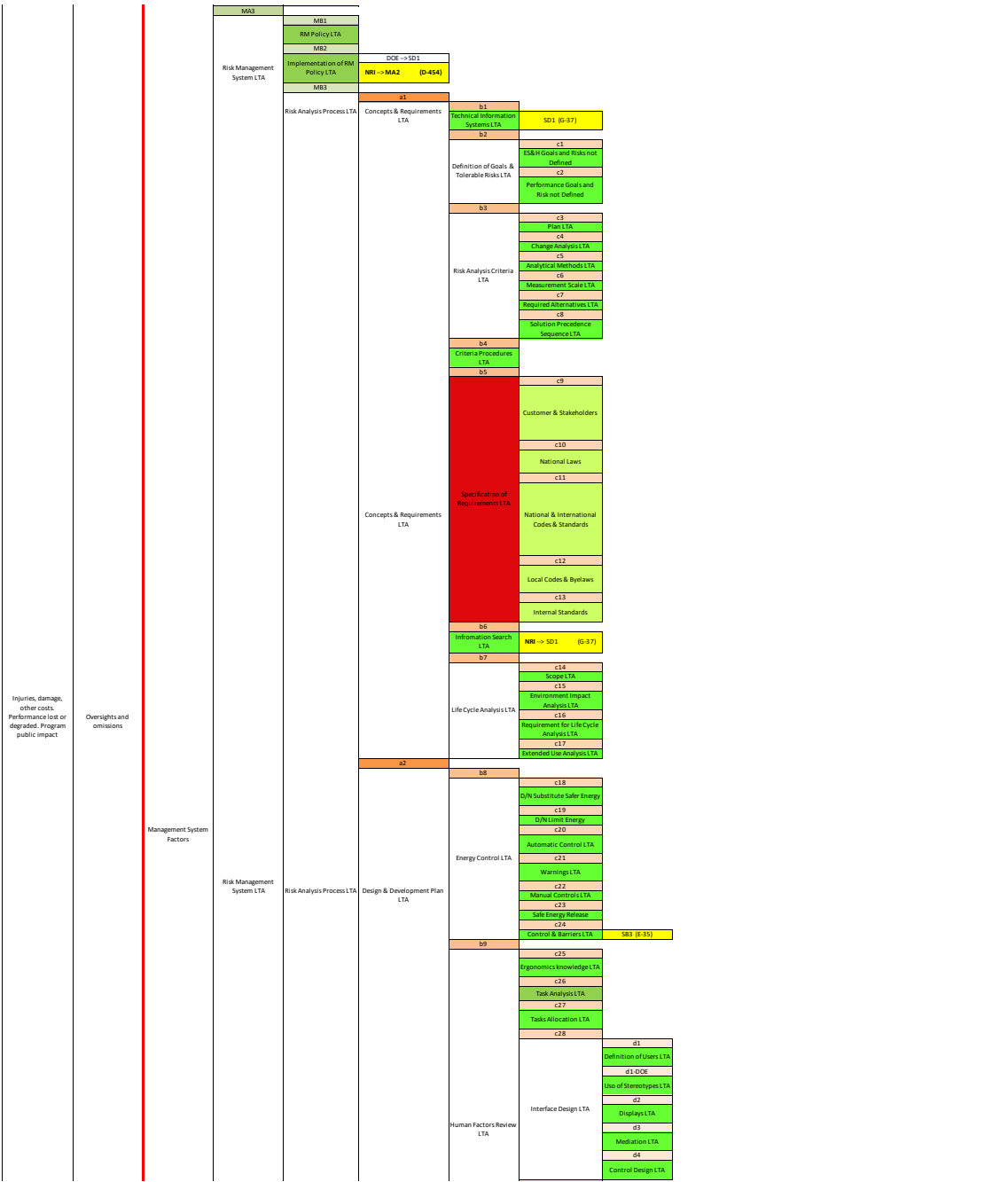
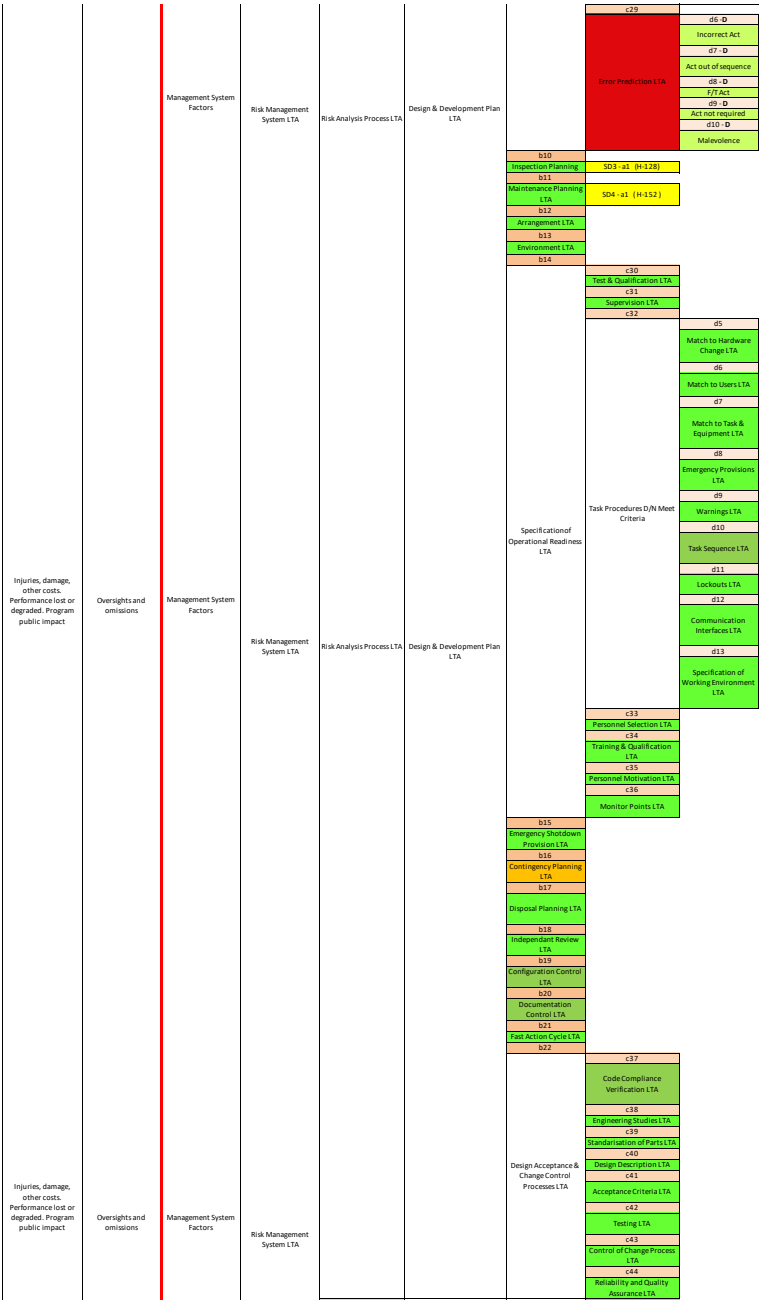
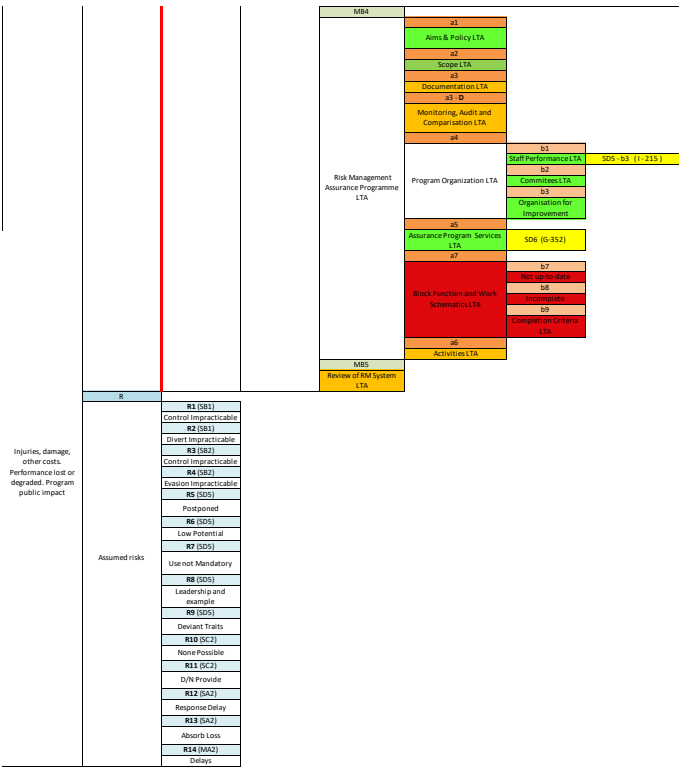


Figura 11-8. Reproducción de MORT (8/9)





Anexo II

Diagrama de MORT de NRI

Anexo III
Diagrama de MORT de DOE

**La Metodología de Análisis de Causa Raíz
MORT (*Management and Oversight Risk Tree*).
Propuesta de Modernización y Adaptación a
la Realidad Española**

Colección
Otros Documentos CSN